



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA,  
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, E  
INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.**

**INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.**

**“ANÁLISIS DE TÉCNICAS DE DEEP LEARNING  
PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN  
DE CULTIVOS”.**

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN TECNOLOGÍAS  
DE LA INFORMACIÓN.**

**AUTOR: HOVER HERNAN TORRES GUTAMA.**

**DIRECTOR: Ing. LUIS STALIN JARA OBREGÓN.**

**LA TRONCAL - ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



# **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

## **UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA, CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.**

### **“ANÁLISIS DE TÉCNICAS DE DEEP LEARNING PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE CULTIVOS”.**

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN TECNOLOGÍAS  
DE LA INFORMACION.**

**AUTOR: HOVER HERNAN TORRES GUTAMA.**

**DIRECTOR: Ing: LUIS STALIN JARA OBREGON.**

**LA TRONCAL - ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

# **UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA, CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

La Troncal, 29 de Abril del 2022

Sección: **UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA, CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.**

**ASUNTO: APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Magister.

**Marcos Geovany Orellana Parra**

**Unidad de titulación**

De mi consideración:

Con un atento y cordial saludo me dirijo a usted para desearle éxitos en sus funciones diarias.

El suscrito tutor del trabajo de titulación certifica que el trabajo titulado **“Análisis de técnicas de deep learning para la identificación y clasificación de cultivos”** desarrollado por el estudiante **HOVER HERNAN TORRES GUTAMA** con numero de cedula 0301797692, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad Católica de Cuenca.

Particular que pongo en conocimiento para los fines legales consiguientes.  
Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Stalin Jara Obregón Mgs.  
**TUTOR**

## **Agradecimiento.**

Primeramente agradecido con papá Dios por darme sabiduría, tranquilidad y seguridad en todo momento, luego mi eterno agradecimiento a mis complementos Elizabeth, Dylan, Hernán, Keyla y Marilyn son mi razón de ser; a mis padres: Orlando y Julia; a mis hermanos: Marisol, Juan, Carlos, Linda los que nunca me dejan solo, con sus consejos y apoyo.

También agradezco a mis estimados docentes Ing. Marcos Orellana, Ing. Stalin Jara, Ing. Guillermo Rodríguez, Ing. Anita Hinojosa, Ing. Cesar Vega, por guiarme en cada paso durante todos los años de estudio.

Hover Hernán Torres Gutama.

## **Dedicatoria.**

Este trabajo está dedicado a mi familia, a mi esposa a mis hijos y personas que me han inspirado en todo momento con sugerencias, consejos, han sido ellos quienes han inspirado a dar este enorme paso en el conocimiento.

Hover Hernán Torres Gutama.

## RESUMEN

El estudio tiene como finalidad dar a conocer la importancia del uso de técnicas computacionales en la agricultura, el uso del deep learning permite que las redes neuronales artificiales puedan realizar análisis de datos mediante el uso de la lógica preposición, esto hace que las computadoras sean capaces de identificar imágenes o realizar predicciones. Los métodos de investigación empleados en el estudio fueron la investigación exploratoria, bibliográfica y la descriptiva, fueron de mucha ayuda para analizar estas técnicas computacionales modernas. En la investigación se determinó que estos métodos son muy utilizados actualmente en la agricultura, siendo el algoritmo de redes neuronales convolucionales el más utilizado para este objetivo. El empleo de estas técnicas se muestra como una de las claves más importantes para el crecimiento de la agricultura de precisión.

*Palabras clave: Técnicas de deep learning, identificación, clasificación de cultivos, redes neuronales, agricultura.*

## **ABSTRACT**

The purpose of the study is to make known the importance of the use of computational techniques in agriculture, the use of deep learning allows artificial neural networks to perform data analysis through the use of preposition logic, this makes computers capable of to identify images or make predictions. The research methods used in the study were exploratory, bibliographical and descriptive research, they were very helpful to analyze these modern computational techniques. In the investigation it was determined that these methods are currently widely used in agriculture, being the convolutional neural network algorithm the most used for this objective. The use of these techniques is shown as one of the most important keys for the growth of precision agriculture.

*Keywords: Deep learning techniques, identification, crop classification, neural networks, agriculture.*

## Introducción

Posterior a la emergencia sanitaria declarada por la enfermedad de covid-19 a inicios del año 2020, el mundo ha vuelto la mirada a un sector importante para nuestra subsistencia como lo es la agricultura, pues hemos estado habituados a que todo marche bien en nuestra vida cotidiana, como abrir la llave de agua de nuestro fregadero, activar el interruptor de luz eléctrica, ir al supermercado a comprar vivieres y fruta fresca, sin pensar todos los procesos detrás de cada resultado que nos parece tan normal.

La agricultura al igual que muchos sectores en la actualidad ha sufrido cambios profundos como el desarrollo de la electrónica, y de las tecnologías de la información y comunicación que favorece a un término en difusión como es la agricultura de precisión. Este avance tecnológico ha alcanzado un nivel que le permite al agricultor medir, analizar, y manejar la variabilidad dentro de los lotes y extensiones de terreno de sus cultivos. (Garcia, Martínez, & Garcia, 2018).

Un tópico importante en la agricultura de precisión es la identificación y clasificación de cultivos a través de imágenes satelitales e imágenes capturadas por vehículos aéreos no tripulados (VANT), UAV (del inglés unmanned aerial vehicle) para esto se han desarrollado diferentes técnicas y métodos. En nuestro estudio nos enfocaremos al Deep Learning, el cual es un modelo computacional que permite que las redes neuronales artificiales puedan realizar análisis de datos mediante el uso de la lógica proposicional, esto hace que las computadoras sean capaces de identificar imágenes o realizar predicciones.

En el campo de la agricultura Herrera (2016) manifiesta que Deep Learning, es capaz de identificar plagas, hongos y otras enfermedades en las plantas. De acuerdo a los datos que ofrece este sistema informático, se puede dar tratamientos adecuados de acuerdo a los factores ambientales como el clima, el viento, inundaciones, sequías que afectan directamente al rendimiento de los cultivos. Por lo tanto, la tecnología permite que el agricultor pueda contar con información precisa lo cual, permite anticiparse a condiciones adversas para lograr cultivos con un alto rendimiento y su consecuente rentabilidad.

El estudio sobre análisis de técnicas de deep learning para la identificación y clasificación de cultivos, es importante porque permite un manejo eficiente de las extensiones de terrenos, para lo cual dividiéremos este paper en 3 secciones. La sección 1 nos permitirá introducir al lector a los principales conceptos y definiciones implicadas en el aprendizaje profundo (Deep learning). En la sección 2 analizaremos el estado del arte sobre el tema de estudio. En la sección 3 mostraremos las técnicas y algoritmos de Deep learning más aplicadas para la identificación y clasificación de cultivos. En la sección 4 expondremos las conclusiones y recomendaciones del estudio.

## **Estado de arte**

Debemos esclarecer que el primer concepto corresponde al machine learning. El aprendizaje automático es una rama en evolución de los algoritmos computacionales que están diseñados para emular la inteligencia humana aprendiendo del entorno circundante. Son considerados el caballo de batalla en la nueva era de los llamados big data. Las técnicas basadas en el aprendizaje

automático se han aplicado con éxito en diversos campos que van desde el reconocimiento de patrones, la visión por computadora, la ingeniería de naves espaciales, las finanzas, el entretenimiento y la biología computacional hasta las aplicaciones biomédicas y médicas. (El Naqa, 2015)

En generalidad los algoritmos de IA existentes hacen uso del poder de cómputo para resolver ciertos tipos de problemas, pero lo hacen de una manera específica. A través de unos datos de entrada un algoritmo aprende a clasificar la información o a hacer predicciones a través de patrones concretos. Es algo que da la figura de ser extraordinario, pero lo que hace es utilizar esos datos de entrada para afinar su identificación o predicción, siendo esta predicción del algoritmo, el cual, en vez de ser estático, es un proceso dinámico de aprendizaje que va variando a medida que entran nuevos datos.

Lo que diferencia a la Inteligencia Artificial de otros programas de ordenador es que no hay que programarla específicamente para cada escenario. Podemos enseñarle cosas (Machine Learning, aprendizaje automático), pero también puede aprender por sí mismo (Deep Learning). Si bien existen múltiples variantes de cada uno, se pueden definir de manera general de esta forma (Alonso, 2021):

- IA (Inteligencia Artificial): una máquina que es capaz de imitar el razonamiento humano.

- ML (Machine Learning): un subconjunto de Inteligencia Artificial donde las personas «entrenan» a las máquinas para reconocer patrones basados en datos y hacer sus predicciones.
- DL (Deep Learning): un subconjunto de ML en el que la máquina es capaz de razonar y sacar sus propias conclusiones, aprendiendo por sí misma.

### Deep Learning

El Deep learning, es un algoritmo de inteligencia artificial que busca el reconocimiento de imágenes que permite identificar patrones complejos. Una de sus principales características es que presenta un aprendizaje automático, es decir sin supervisión. (Herrera, 2016). En este sentido, la inteligencia artificial Deep Learning se fundamenta en redes neuronales inspiradas en redes humanas, que permiten realizar predicciones en función de las necesidades. Todo esto permite que el sistema pueda registrar los datos obtenidos mediante imágenes tomando en cuenta variables como clima, temperatura y la humedad de los cultivos, lo cual puede afectar su rendimiento en producción.

Por medio del aprendizaje Deep Learning se puede diseñar redes neuronales artificiales, utilizando una infinidad de datos para su adiestramiento. Es importante señalar que este sistema se puede implementar mediante programas de computación para crear neuronas artificiales y posteriormente utilizarlas para simular el funcionamiento de una red neuronal biológica. (Parraga, Alcivar, Riascos, & Becerra, 2020)

Las redes neuronales se encargan de procesar imágenes a través de un modelo computacional, el cual podrá identificar las características de las plantas, como hojas, manchas de diferentes colores lo cual, será de mucha utilidad para identificar o clasificar imágenes y detectar los patrones u objetos que permitirán la identificación y clasificación de los cultivos.

El Deep Learning cuenta con una amplia utilización en la agricultura ya que, permite realizar muchos procesos que hoy en día son automatizados. Con la ayuda de este sistema se puede detectar cualquier tipo de enfermedades en los cultivos, lo cual es fundamental para obtener una buena producción y economizar dinero y mano de obra. (Herrera, 2016).

Entre las principales ventajas que ofrece el Deep Learning, en la agricultura están:

- Mejorar el rendimiento de los cultivos
- Predecir la producción de los cultivos
- Conocer con anticipación el cambio climático, ya sean ondas de frío o de calor. (Marengo, y otros, 2020)

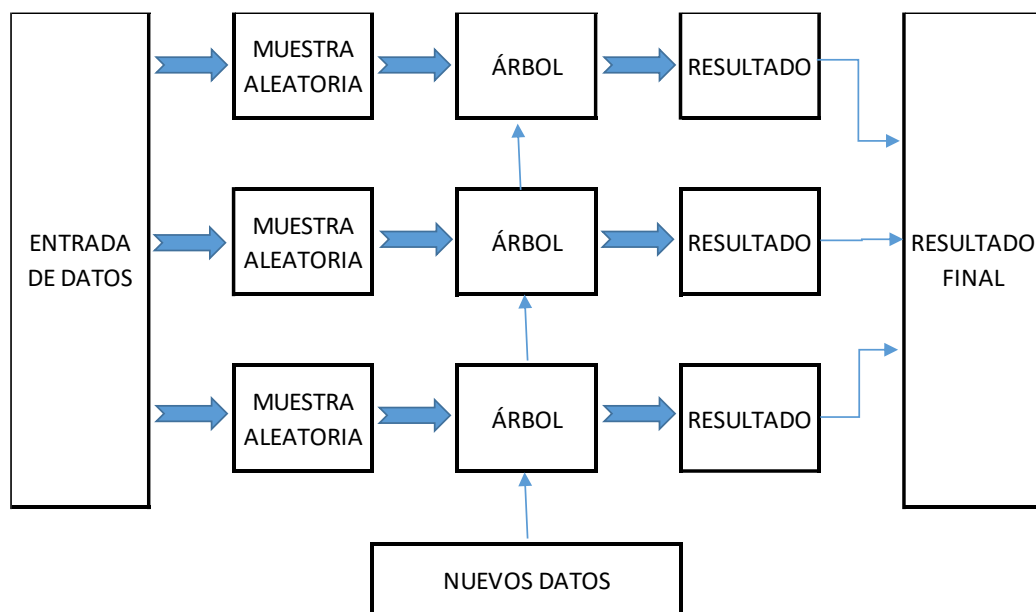
Por lo señalado Deep Learning en la agricultura, ofrece muchas ventajas ya que puede controlar extensas plantaciones agrícolas y mejorar el rendimiento de los cultivos y por su puesto sacarle el máximo provecho al terreno.

### Técnicas de Deep Learning para la identificación y clasificación de cultivos

Las técnicas de Deep learning, más utilizadas en la agricultura son:

## Bosque aleatorio

Se trata de un algoritmo de aprendizaje supervisado, crea un bosque y de manera aleatoria toma varios árboles, lo cual le permite predecir de forma precisa el estado del cultivo. Este sistema se lo puede utilizar en tareas de identificación y clasificación de los cultivos, por ello en la actualidad es uno de los algoritmos más utilizados en la agricultura.



**Fuente:** Autor (2022)

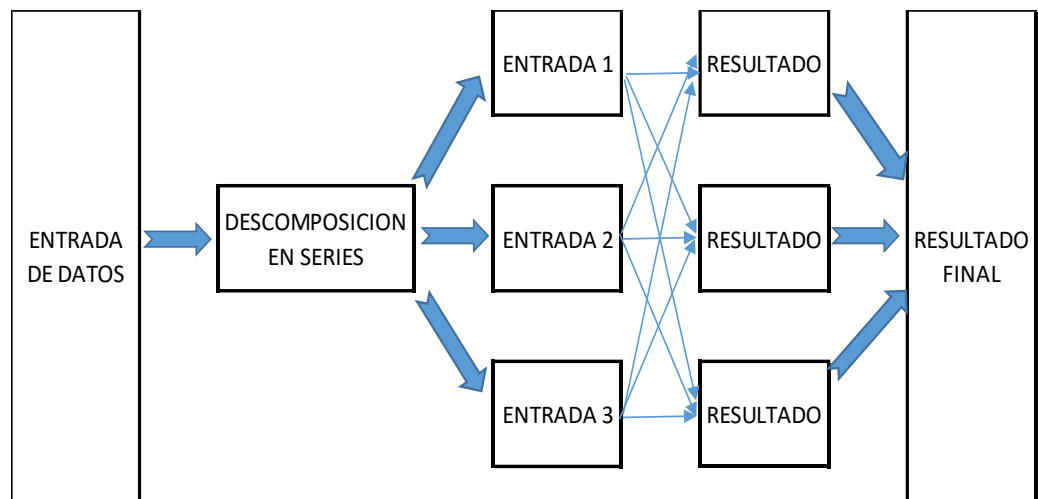
En la gráfica se muestra el modelo del algoritmo, (Jara Estupiñán, 2016) indica en su trabajo que los árboles de decisión preferentemente son binarios, en otras palabras tiene dos posibilidades, eso no quiere decir que no existan arboles con diferentes opciones. Para la representación generalmente se debe indicar el tipo o nombre asignado seguido de los nodos cuadrados que representan los puntos de decisión, de los cuales se deslizan las diferentes posibilidades o alternativas a las que comúnmente se denominan ramas; el conjunto de estos árboles agrupados dentro de un mismo algoritmo se denominan bosques o random forest en inglés.

Un ejemplo de los resultados de este método nos muestra (Asli Ozdarici Ok, 2012) donde el estudio tiene como objetivo examinar el rendimiento de Random Forest (RF) y el método de Clasificación de Máxima Verosimilitud (MLC) para la clasificación de cultivos a través de enfoques basados en píxeles y parcelas. Los análisis se realizan sobre una imagen SPOT 5 multiespectral. En primer lugar, la imagen SPOT 5 se clasifica utilizando los métodos de clasificación basados en píxeles.

A continuación, los mapas temáticos producidos se superponen con las parcelas agrícolas originales y se calculan las frecuencias de los píxeles dentro de las parcelas. Luego, la mayoría de los píxeles se asignan como etiqueta de clase a las parcelas. Los resultados indican que la precisión general del enfoque basado en parcelas calculado para el método Random Forest es del 85,89 %, que es aproximadamente un 8% mejor que el resultado correspondiente de MLC.

### **Sistemas de vectores de soporte (SVM)**

Este sistema de vectores es utilizado en tareas de clasificación y regresión, debido a que permite obtener imágenes de visión artificial. Una de las ventajas de este sistema es que su nivel de error es bajo y los resultados son fáciles para interpretar.



**Fuente:** Autor (2022)

Estos sistemas provienen del inglés support vector machine (SVM) pertenecen a las máquinas de aprendizaje y contenidas dentro de la inteligencia artificial, La máquina de soporte vectorial, se fundamentan en algoritmos que realizan el aprendizaje desde una serie de datos que se deseen clasificar o predecir en el futuro (Jara Estupiñan, 2016).

Poseen un alto nivel de clasificación en la traza un plano que divide y clasifica lo datos de entrada ingresados al algoritmo; si estos datos no pueden ser clasificados, la SMV está diseñada para llevar los datos a un plano en  $R^n$  y comparar a través de un hiperplano que divida y clasifique de manera correcta (Jara Estupiñan, 2016).

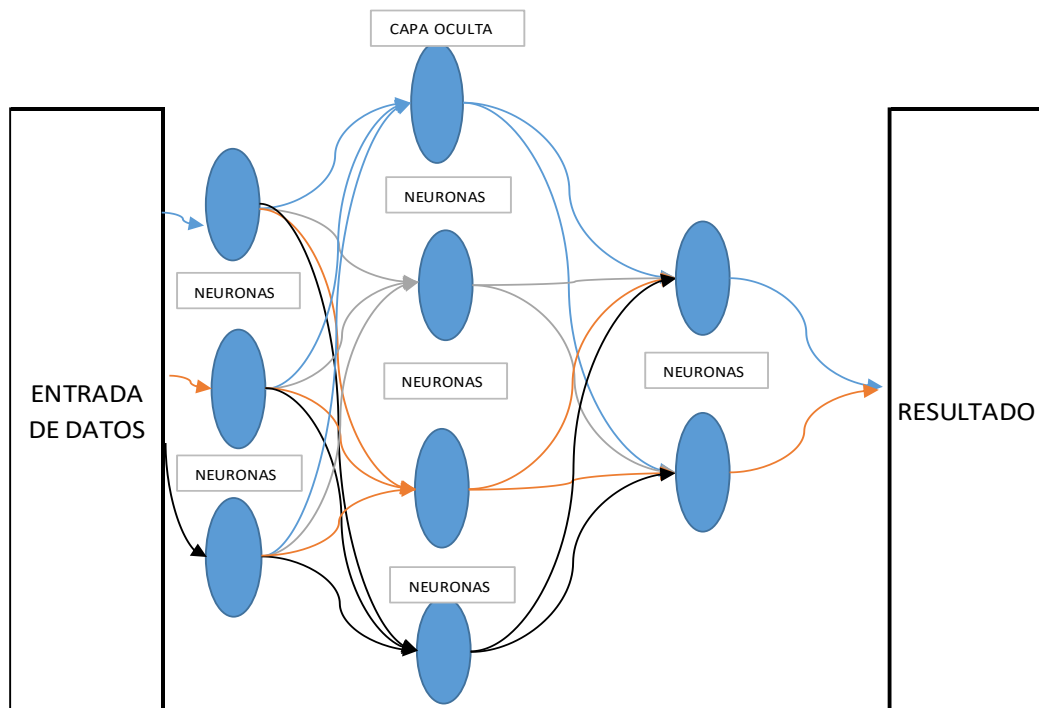
Como resultado de este tipo de método (Faisal Ahmed, 2012) nos indica: Un sistema de visión artificial automatizado que pueda distinguir cultivos y malezas en imágenes digitales puede ser una alternativa potencialmente rentable para reducir el uso excesivo de herbicidas. En otras palabras, en lugar de aplicar herbicidas de manera uniforme en el campo, se puede usar un sistema en tiempo real identificando y rociando solo las malezas. Máquina de

vectores de soporte (SVM) para la clasificación efectiva de cultivos y malezas en imágenes digitales.

Nuestro objetivo es evaluar si se puede obtener una tasa de clasificación satisfactoria cuando se usa SVM como modelo de clasificación en un sistema automatizado de control de malezas. En nuestros experimentos, se probaron un total de catorce características que caracterizan cultivos y malezas en imágenes para encontrar la combinación óptima de características que proporcione la tasa de clasificación más alta. El análisis de los resultados revela que SVM logra una precisión superior al 97 % en un conjunto de 224 imágenes de prueba. Es importante destacar que no existe una clasificación errónea de los cultivos como malas hierbas y viceversa.

### **Redes neuronales artificiales**

Este sistema se basa en la estructura del cerebro humano, lo cual le permite transmitir la información. Es decir que las redes neuronales artificiales pueden reconocer y enviar imágenes y voz.



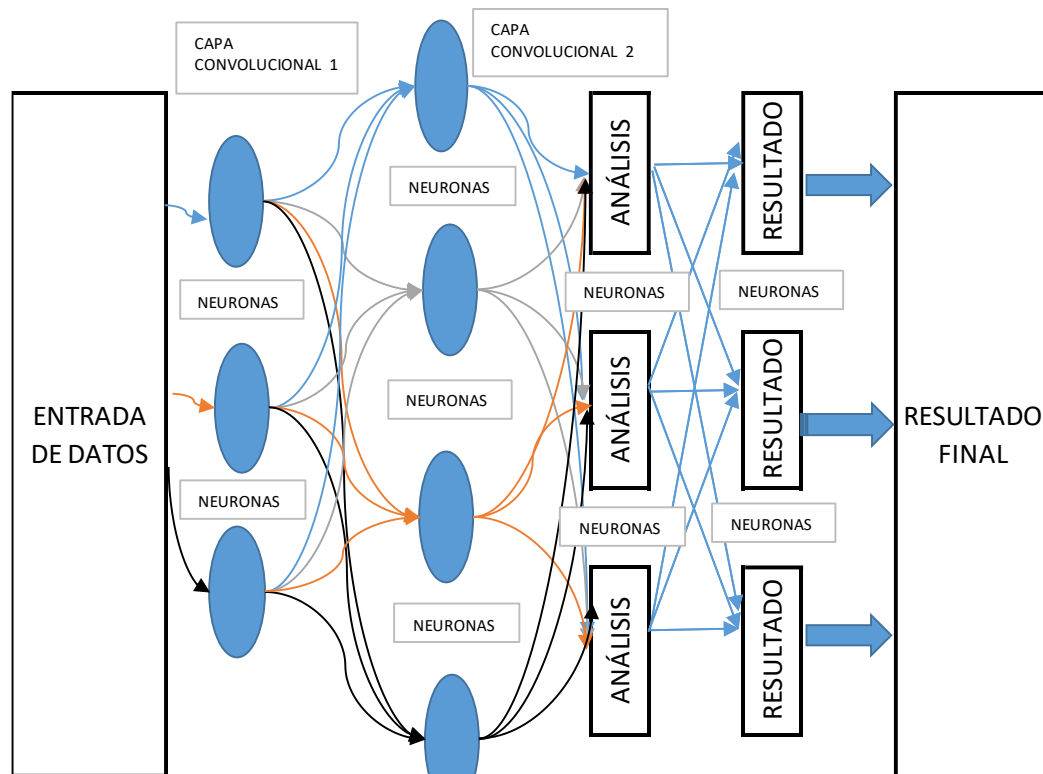
**Fuente:** Autor (2022)

Para lograr procesar y clasificar la información este sistema lo que realiza básicamente es simular el sistema de neuronas del cerebro humano, estas redes neuronales poseen elementos que simulan a una neurona biológica, a partir de estímulos llamados datos de entrada son capaces de procesar la información y dar un resultado, este resultado será el estímulo o el dato de entrada a la siguiente capa de neuronas una de las principales características es el aprendizaje con la experiencia (Jara Estupiñan, 2016).

La principal utilidad y aplicación es para el procesamiento de imágenes debido a su característica de generalizar de ejemplos previos a ejemplos nuevos su principal aplicación es el procesamiento de imágenes especialmente en la identificación y clasificación de cultivos (Jara Estupiñan, 2016).

## Redes convolucionales.

Estas redes son especializadas para procesar datos permiten localizar patrones en imágenes, objetos y escenas. Las imágenes pueden ser clasificadas y eliminar las que no sean necesarias para ser más precisas con los datos que se están buscando.



**Fuente:** Autor (2022)

Su funcionamiento se basa en tomar los datos de la imágenes entrada digital y en cada capa va subdividiendo o descomponiendo en capas cada vez más pequeñas en las cuales las neuronas van analizando, clasificando y descomponiendo, luego realiza la clasificación análisis y agrupamiento, hasta dar el resultado final del análisis o reconocimiento, estas capas de entrenamiento progresivo llamadas convolucionales (Santiesteban, 2018).

Cuando una imagen se procesa la red cada conjunto de filtros compuestos por neuronas se encargarán de identificar diferentes características. En las capas superficiales algunos identificarán por ejemplo las tonalidades de colores, otros podrán detectar líneas rectas y otros podrán detectar líneas curvas, y demás características, secuencialmente, la salida de la capa anterior lleva a unas capas más segmentadas llamadas capas profundas, las que permiten reducir la cantidad de datos, la cantidad de información, y permiten así extraer los datos más representativos de los filtros que se utilizaron en las capas anteriores (Santesteban, 2018).

Como resultado de este método es la investigación desarrollada por (Castelo-Cabay, 2021) con los siguientes resultados: se realizó la clasificación de la cobertura del suelo en el territorio ecuatoriano usando computación en la nube y RNA en la provincia de Chimborazo abarcando una superficie aproximada de 6500km<sup>2</sup> utilizando la plataforma GEE con imágenes Sentinel-2 adquiridas durante el año 2020, se clasificaron cinco tipos de cobertura que son: agua, no vegetativo, vegetativo, nieve y árboles.

Se preparó el modelo usando los datos de entrenamiento con 100 épocas mediante el ensayo error hasta tener el resultado con una tasa de aciertos (accuracy) del 92% y una pérdida (loss) de 31%. Se ha optimizado hardware mediante el uso de un computador local para conectarse a la nube que fue el lugar donde se almacenaron imágenes satelitales, se realizaron los respectivos procesos computacionales hasta obtener el producto final evitando utilizar infraestructura costosa en almacenamiento y capacidad de

procesamiento. El método utilizado fue más factible en términos de costo, tiempo, con resultados confiables, lo que facilitará futuras clasificaciones en extensiones más amplias y en distintas coberturas del territorio ecuatoriano, ahorrando dinero y tiempo a entidades gubernamentales o particulares que necesitan de este tipo de estudios.

En consecuencia, las técnicas de Deep Learning son utilizadas en la agricultura para ofrecer mejoras en los cultivos y que el agricultor pueda lograr mejores beneficios económicos ahorrando en la aplicación de los métodos tradicionales para identificar y clasificar cultivos.

### **Predicción del rendimiento.**

De igual manera mediante las técnicas de Deep Learning, el agricultor puede predecir el rendimiento de los cultivos con precisión, porque este sistema puede proporcionar datos importantes sobre el cultivo, como la calidad del producto y el posible precio en el mercado cuando el producto ya sea cosechado. Estos datos permiten que el agricultor conozca con anterioridad los productos que puede sembrar y si van a generar ganancia o no cuando ya sean cultivados (Sitio Big Data, 2019).

**Calidad del cultivo.** A través de las técnicas de Deep Learning, también se puede conocer la calidad de los cultivos y si el precio de los productos va a generar o no utilidad económica. En este sentido estas técnicas ofrecen muchas ventajas para los agricultores porque pueden conocer con anterioridad todo lo relacionado al cultivo, como es posibles enfermedades, factibilidad del cultivo, efectos por el clima, calidad y rentabilidad económica de la cosecha.

A continuación, se encuentra un resumen del estado de arte del estudio sobre análisis de técnicas de Deep Learning para la identificación y clasificación de cultivos, avalado por varios autores de publicaciones en artículos científicos y publicaciones en revistas.

Un estudio presentado por Andrés Calderón Romero y Hurtado Harold (2019) sobre uso de inteligencia artificial en la detección de enfermedades en plantas. El estudio da a conocer que la proliferación de enfermedades en los cultivos, ocasiona graves pérdidas al agricultor puesto que la identificación de enfermedades la realiza de forma manual, por lo que se requiere de personal especializado y sobre todo se necesita de mucho tiempo para realizar el diagnóstico. El estudio propone el uso de esta herramienta para identificar las enfermedades de las plantas, ya que este sistema permite identificar y diagnosticar las enfermedades en las plantas y cultivos, además permite que el agricultor tome medidas inmediatas para evitar la proliferación de la enfermedad.

Banchón Fajardo y Soriano Navas (2021), realizan un estudio sobre esta rama de la inteligencia artificial para producir cultivos aeropónicos. El estudio tiene como finalidad diseñar una plataforma que permita controlar la humedad y la temperatura de los cultivos. Es decir que a través de la aplicación de machine learning, se puede mejorar el uso adecuado del agua y herbicidas.

Al utilizar inteligencia artificial, el agricultor podrá conocer el estado de la plantación ya que, podrá controlar la calidad y fertilidad del suelo. El estudio concluye que el algoritmo fue entrenado con datos obtenidos durante tres semanas, se monitoreo a través de una plataforma con la finalidad de conocer si se obtuvo un crecimiento óptimo del cultivo. Los resultados arrojaron que si se obtuvieron los resultados esperados por lo que consideran que el sistema si es fiable, ya que está demostrado que este sistema aprende de la experiencia.

Andrade Vera Jaime Andrés (2018), realiza un estudio sobre técnicas de Inteligencia artificial, para detectar enfermedades y dar tratamiento a los cultivos ya que, este sistema permite a los propietarios de cultivos inspeccionar el terrero sin necesidad de trasladarse al sector, esto es mediante imágenes digitales en las cuales se podrá observar si las plantas se encuentran en perfecto estado o si requieren de un cuidado mucho más minucioso.

El estudio da a conocer que la tecnología está al servicio del agricultor, con el uso de deep learning, ya que mediante el uso de cámaras permite producir imágenes aéreas de los cultivos logrando identificar plagas y enfermedades. Además, destaca que se logró validar el correcto funcionamiento de este sistema ya que, se obtuvo el 70% de precisión al ponerlo a prueba obteniendo 10.000 imágenes en las que pudo identificar las plantas por medio de las hojas.

## **Metodología**

En el estudio sobre análisis de técnicas de Deep Learning para la identificación y clasificación de cultivos, es de enfoque cualitativo porque tiene

como propósito indagar e interpretar el tema de estudio por medio de fuentes bibliográficas puesto que, busca analizar cómo la tecnología puede ser utilizada para identificar y clasificar cultivos, mediante las cuales el agricultor podrá tomar las decisiones oportunas para evitar pérdidas económicas. Autores como Hernández, Fernández y Baptista (2014), mencionan que la investigación exploratoria permite observar desde los mismos actores en el proceso investigativo, lo que ha permitido conocer de cerca los hechos más importantes sobre la aplicación de la tecnología de redes neuronales convolucionales para identificar los cultivos a través de imágenes satelitales como Landsat-8, Sentinel-1 y Sentinel-2.

A través de la investigación bibliográfica se pudo obtener información de varios autores con la finalidad de encontrar solución a los problemas planteados por medio de un análisis de doble vía, en la que se ha relacionado con datos ya existentes que provienen de distintas fuentes. Es decir que las fuentes bibliográficas permiten al investigador conocer las coherencias que existen entre la teoría y los datos referentes al estudio, por lo que es necesario que el investigador utilice fuentes confiables y sea capaz de comparar cuidadosamente con los datos de autores similares.

El estudio es descriptivo, ya que permitirá describir de manera detallada el análisis de técnicas de Deep Learning para la identificación y clasificación de cultivos. Al respecto Gutiérrez y Rosas (2014), señalan que la investigación descriptiva permite analizar o describir los fenómenos en estudio, con la finalidad de conocer más a fondo el problema.

De acuerdo a Guevara, Verdesoto, y Castro (2020), mediante la investigación descriptiva el investigador puede conocer a profundidad el tema en estudio, ya que puede explicar paso a paso el proceso de la investigación a fin de analizar el cómo y el porqué del problema en estudio. Tal es el caso del estudio sobre análisis de técnicas de Deep Learning para la identificación y clasificación de cultivos.

Al respecto Hernández y Mendoza (2019), mencionan que en un estudio descriptivo se pueden seleccionar varios conceptos y variables, para medirlas independientemente, con la finalidad de describir cuales son las causas y consecuencias que originan los fenómenos. De acuerdo a lo mencionado los estudios descriptivos ofrecen la posibilidad de realizar las predicciones, para obtener una estimación de cómo los fenómenos que afectarán en el futuro.

Los métodos utilizados en el estudio sobre análisis de técnicas de Deep Learning para la identificación y clasificación de cultivos, fueron el método deductivo ya que permite analizar los postulados, teoremas, leyes, principios, entre otros. Tomando en cuenta que este método se basa en la aplicación universal de hechos o soluciones para aplicarlos a las soluciones particulares. Mientras que el método deductivo fue utilizado para elaborar las conclusiones por medio de apartados particulares, los cuales son aceptados como válidos.

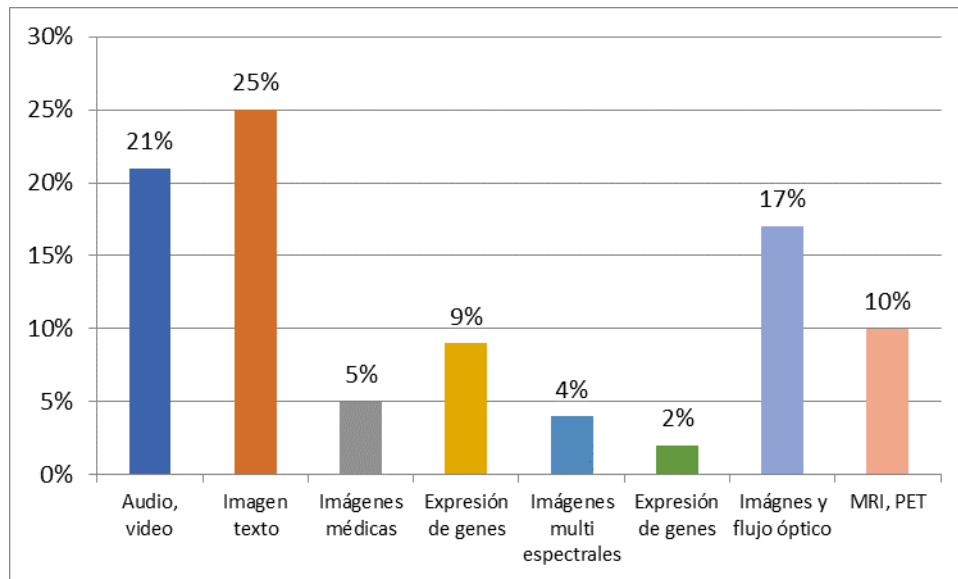
## **Resultados**

Según los resultados de Baruffaldi (2019), Las técnicas de Deep Learning permiten a través de un video que el agricultor pueda observar el

estado de los cultivos. Por ejemplo, puede identificar en qué lugar de la siembra se requiere limpieza de maleza, al igual que se puede conocer si el crecimiento del cultivo es el adecuado. En el estudio da a conocer que las técnicas de Deep Learning ofrecen muchas ventajas para la agricultura porque pueden identificar los cambios climáticos ya sea de frío o calor. Otro dato importante que presenta este estudio es que estas técnicas permiten predecir la calidad de los cultivos por lo que el agricultor puede aprovechar estas ventajas para optimizar la producción de diferentes cultivos.

En esta investigación se pudo evidenciar que Deep Learning, permite que los agricultores puedan rendir mucho más la producción de sus cultivos y bajando considerablemente las pérdidas económicas que pueden generar las malas cosechas. De hecho, al utilizar el agricultor Deep Learning este puede supervisar todo el proceso de siembra hasta el momento de la cosecha.

Al respecto Jácome (2021), afirma que los sistemas para la predicción de cultivos más usados son aquellos que realizan su aprendizaje en base a los datos de Imagen y texto, para garantizar su adecuado aprendizaje.

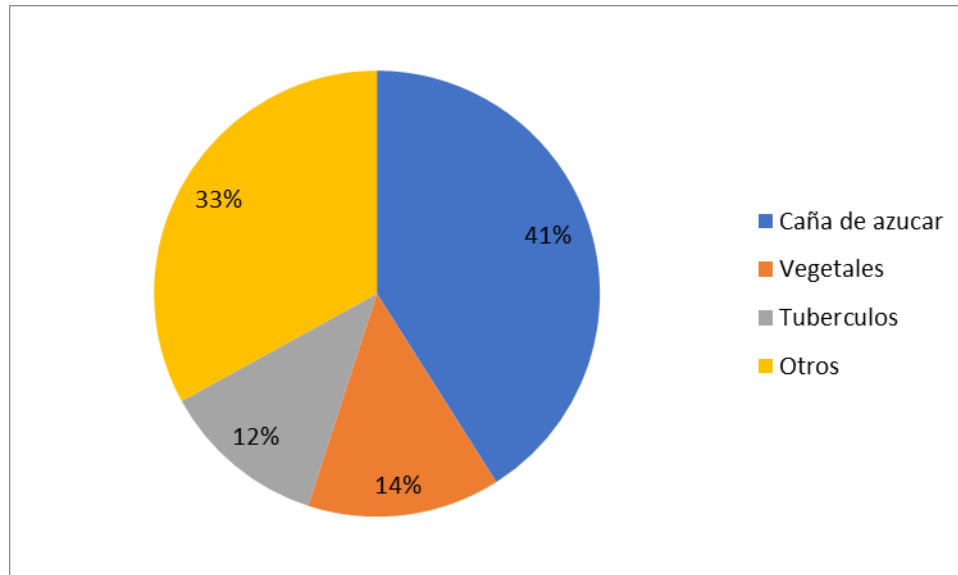


**Fuente:** Jácome (2021)

Los sistemas Deep Learning permiten realizar predicciones de los cultivos en un 25%, en base a datos obtenidos mediante imagen y texto, el 21% lo realiza por medio de audio y video, el 17% es realizado por medio de imágenes y flujos ópticos, el 10% lo realiza en base a estudios Blandos de tejidos tambien conocidos como MRI, PET. El 9% lo realiza por medio de expresión de genes, el 5% es realizado por medio de imágenes médicas, el 4% se realiza mediante el uso de imágenes multiespectrales y el 2% se lo realiza por medio de expresión de genes.

De acuerdo al estudio presentado por Banchón Fajardo y Soriano Navas (2021), señalan que al utilizar Deep Learning en los cultivos, el agricultor puede conocer con anterioridad las predicciones del tiempo como el invierno o verano y que producto puede ser el más adecuado para sembrar, para lograr mayor rentabilidad tanto en cultivo como económico. En este sentido Bonilla et al. (2021), menciona que el sistema machine learning, se puede aplicar en varios

tipos de cultivos como por ejemplo plantaciones de caña de azúcar, cultivo de vegetales, tubérculos y otros productos agrícolas.



**Fuente:** Bonilla et al. (2021)

De acuerdo a estos datos se puede apreciar que la aplicación del sistema Deep Learning en el cultivo de caña de azúcar está representado por un total del 41%, mientras que en el cultivo de vegetales se utiliza el 14%, en lo que tiene que ver con el cultivo de tubérculos este sistema es utilizado en un 12%, mientras que en otros cultivos se utiliza en un 33%.

Estos datos evidencian que Deep Learning es una herramienta tecnológica que aporta muchas ventajas para la agricultura, porque a través de videos y fotografías digitales el agricultor puede maximizar el rendimiento de los cultivos, logrando mayor rentabilidad económica. De igual manera puede controlar las enfermedades de los cultivos y actuar a tiempo para reducir las

pérdidas. Por esto y muchas razones más las Deep Learning, se han vuelto indispensables en la agricultura.

Por lo se puede señalar que el sistema Deep Learning es muy utilizado en la agricultura en todo el mundo, debido a que permite predecir con un alto grado de precisión sobre el rendimiento y las necesidades de los cultivos, por medio de datos visuales y texto que permiten mejorar las condiciones y rentabilidad de los cultivos.

## **Conclusión**

En la clasificación automática de cultivos empleando las nuevas técnicas de aprendizaje profundo, se muestra como una de las claves más importantes para el crecimiento de la agricultura de precisión. Permitiendo reducir el número de trabajadores, la cantidad de productos químicos aplicados entre otros.

La bibliográfica consulta en gran parte basa sus estudios en el tratamiento de imágenes satelitales, pero actualmente tenemos un crecimiento de estudios aplicando imágenes UGV (Vehículos aéreos no tripulados) como plataforma de detección remota y algoritmos clásicos de aprendizaje automático con lógicas de clasificación, agrupamiento y detección.

La técnica más utilizada para este tipo de detección y clasificación son las redes neuronales convolucionales, presentan mejores resultados que una red tradicional feedforward multicapa.

El principal inconveniente para mejorar los resultados con imágenes de vehículos aéreos no tripulados, es que estos dispositivos tienen poca capacidad de memoria y almacenamiento, se podrían realizar estudios para el envío de datos a plataformas en la nube, pero se presentaría un inconveniente en la transmisión de los datos del dispositivo hacia la base de datos en la nube.

Cómo recomendación de trabajo a futuro, se podría señalar que se realicen estudios para implementar las Técnicas de Deep Learning en la agricultura con la finalidad de obtener beneficios en los cultivos, debido a que en el Ecuador esta técnica es muy poco utilizada.

El uso de las técnicas de Deep Learning, permiten que el agricultor pueda obtener mejor rendimiento en la agricultura y lograr mayor rentabilidad. Además, se puede aplicar las técnicas permitiendo de esta forma hacer más eficiente el control de las malezas, sobre todo en áreas extensas, lo cual simplifica los costos y reduce el uso de herbicidas.

## **Bibliografía**

- AgemPapa. (2021). Información Técnica: ¿Cómo predecir el rendimiento en el cultivo de papa con agricultura de precisión? Obtenido de <https://www.argenpapa.com.ar/noticia/10197-informacion-tecnica-como-predecir-el-rendimiento-en-el-cultivo-de-papa-con-agricultura-de-precision>
- Andrade, J. A. (2018). Aplicación móvil para detección y tratamiento de daños de los cultivos de la parroquia Taura del cantón Durán, mediante el uso de software de análisis de imagen basado en técnicas de Machine Learning. Obtenido de

- <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11769/1/T-UCSG-PRE-ART-IPM-150.pdf>
- Banchón, D. A., & Soriano, G. K. (2021). Diseño de plataforma tecnológica basada en machine learning para controlar los factores que intervienen en la producción de cultivos aeropónicos. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/52322/1/B-CINT-PTG-N.660%20Banch%c3%b3n%20Fajardo%20David%20Alberto%20.%20Soriano%20Navas%20Geomara%20Katherine.pdf>
- Baruffaldi, J. M. (2019). Redes neuronales adversarias para el reconocimiento de malezas. Obtenido de <http://www.clei2017-46jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/Mem/EST/est-05.pdf>
- Bonilla, J. S., Dávila, F. A., & Villa, M. W. (2021). Estudio del uso de técnicas de inteligencia artificial aplicadas para análisis de suelos para el sector agrícola. Obtenido de <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/978/1672>
- Carderón, A., & Hurtado, H. (2019). Arquitectura basada en micro-servicios para aplicaciones web. TIA (Tecnología e Investigación Academia) 7(2), 55-61.
- García, J. J., Zambrano, J. J., Alcivar, R., & Zambrano, W. D. (2020). Predicción del rendimiento de cultivos agrícolas usando aprendizaje automático. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7672167.pdf>
- Guevara, G. P., Verdesoto, A. E., & Castro, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Revista científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7591592.pdf>
- Gutiérrez Ríos, Y., & Rosas de Martínez, A. I. (2014). El lugar de la oralidad en la escuela: exploraciones iniciales sobre las concepciones de los docentes. Caldas: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2019). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Obtenido de <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. México D.F: Mc Graw Hill.
- Herrera, C. A. (2016). Implementación de un módulo de análisis estadístico y predictivo para agricultura utilizando bigdata y machine learning, integrado al sistema lotmach.
- Jácome, R. (2021). Predicción de rendimiento de cosechas utilizando aprendizaje profundo multimodal. Obtenido de [http://refbase.cidis.espol.edu.ec/files/robertojacomegalarza/2021/150\\_RobertoJacomeGalarza2021.pdf](http://refbase.cidis.espol.edu.ec/files/robertojacomegalarza/2021/150_RobertoJacomeGalarza2021.pdf)
- Jara Estupiñán, J. G. (2016). Implementación de algoritmos basados en máquinas de soporte vectorial (SVM) para sistemas eléctricos: revisión de tema. Revista Tecnura, 20(48), 149-170.
- Laurentin, H. (2020). Importancia de la predicción del rendimiento en caña de azúcar en un contexto de transformación digital. SofOS.
- Marengo, J., Chou, S., Torres, R., Giarolla, A., Alves, L., & Lyra, A. (2020). Climate change in Central and South America: Recent trends, future projections, and impacts on regional agriculture.
- Ochoa, C. (2015). Implementación de las tecnologías de la información y la comunicación TIC para la mejora de la gestión contable y financiera en la Empresa Fundimetales. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1551/1/TGT-287.pdf>
- Parraga, J., Alcivar, R., Riascos, J., & Becerra, M. (2020). Aphids Detection on Lemons Leaf Image Using Convolutional Neural Networks.
- Sitio Big Data. (2019). Aprendizaje automático en agricultura: aplicaciones y técnicas. Obtenido de <https://sitiobigdata.com/2019/12/24/aprendizaje-automatico-en-agricultura/#>
- Zanelli, E. A. (2019). Desarrollo de un método de estimación de rendimiento de cultivos agrícolas utilizando imágenes satelitales ópticas en la provincia de Buenos Aires. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/16505/Alvarez%20Zanelli%2C%20E.%20Desarrollo%20de%20un%20m%C3%A9todo%20de%20estimaci%C3%B3n%20de%20rendimiento%20de%20cultivos..%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>