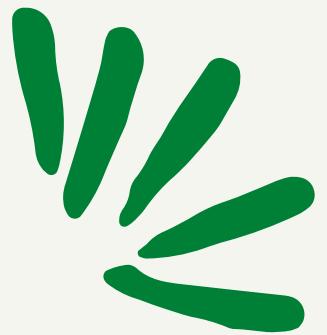




20 de Mayo del 2022



DRONES Y APRENDIZAJE DE MÁQUINA EN LA AGRICULTURA

CARTILLA DE DIVULGACIÓN
UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
NOVIEMBRE 2022

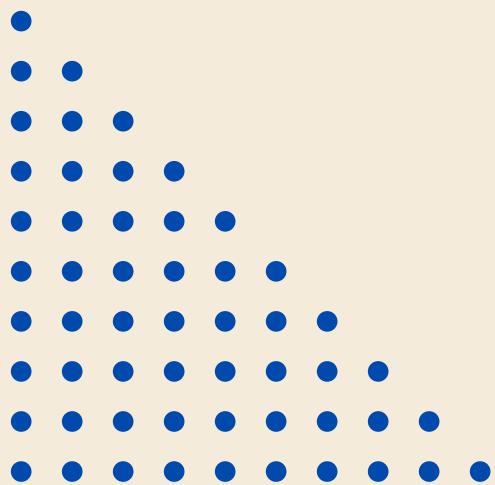




UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES

CARTILLA DE DIVULGACIÓN

DRONES Y APRENDIZAJE DE MÁQUINA EN LA AGRICULTURA



AUTORES

ANDRES F. JIMÉNEZ
AMANDA SILVA
DAYRA Y. GARCÍA

PROYECTO: DESARROLLO DE UN SISTEMA BASADO EN RESPUESTA
ESPECTRAL DE IMÁGENES PARA LA DISCRIMINACIÓN DE ARVENSES EN
CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO HERRAMIENTA DE AGRICULTURA
DE PRECISIÓN

VILLAVICENCIO, META, NOVIEMBRE 2022

CONTENIDO

- 
- 01** *Qué son los Drones*
 - 02** *Tipos de Drones*
 - 03** *Aplicación de los drones*
 - 04** *Aprendizaje de máquina y
Aprendizaje profundo*
 - 05** *El aprendizaje profundo en la
agricultura*
 - 06** *Caso de investigación
realizada por Unillanos*

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes desafíos a nivel mundial es producir cultivos para alimentar a una población creciente. Hoy se encuentra en cerca de los 7,8 millones y se proyecta alcanzar los 9,8 millones de personas en el año 2050. Ésto en cada vez menos tierras, haciendo frente al cambio climático y disminuyendo los impactos al medio ambiente y a la salud humana.

En el sector agropecuario se viene haciendo uso de diferentes tecnologías, e incorporando diversos desarrollos realizados en el marco de la revolución digital, buscando aumentar la eficiencia en cada uno de los procesos. Entre ello se encuentra el uso de drones adaptados para fumigación o riego, que hace más precisas las aplicaciones, y drones equipados con sensores como RGB, multiespectrales, LIDAR, o térmicas, que sumado a técnicas de procesamiento o a la aplicación de técnicas de inteligencia artificial, permiten obtener información relevante de los cultivos o el suelo, que después de analizada es útil para la toma de decisiones.

Entre las múltiples aplicaciones de los drones en la agricultura, con su respectivos sensores y procesamiento se encuentra el mapeo de campos, el seguimiento y monitoreo de los cultivos, plagas y enfermedades, la aplicación de agroquímicos más precisa, localizada y en áreas de difícil acceso. Todo ello en busca de aumentar la productividad del agricultor.



1

¿Que Son los Drones?

También denominados: "**RPAS**- Remotely Piloted Aircraft System, **VANT**-Vehículos Aéreos no Tripulados o **UAV**-Unmanned Aerial Vehicle"

Son aviones o multirrotores que vuelan sin tripulación, impulsado por un motor eléctrico, de explosión o de reacción. Están provistos de fuselaje, telemetría, control remoto, sensores de proximidad, computador que incluye GPS, unidad de medición inercial (IMU) dispositivo que mide e informa acerca de la velocidad, orientación y fuerzas gravitacionales de un aparato, usando una combinación de acelerómetros y giróscopos, sensor de presión y data log del vuelo (operado por software instalado en la estación de control en tierra), Estación de control en tierra (PC con software que transmitir coordenadas y recibir información del vuelo), Batería y Cámaras que pueden funcionar en diferentes rangos del espectro electromagnético, desde el visible hasta el infrarrojo cercano, cámaras térmicas o sensores LIDAR (Meneses et al., 2015). Pueden ser controlados de forma remota o autónoma, siguiendo una línea de vuelo preprogramada o no (Torres-Sánchez, 2013).

Autonomo

Están equipados con un sistema que permite planificar la ruta de vuelo y fijar parámetros desde una aplicación o software.



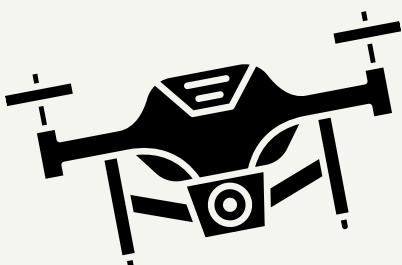
Manual

Requieren ser manipulados por un piloto a través de un radio control, y no llevan una ruta de vuelo preestablecida.



Supervisado

Pueden realizar algunas cosas de forma autónoma pero siempre bajo la supervisión de un piloto



“En palabras simples es un robot volador, sin tripulación”

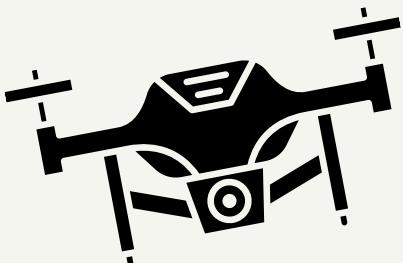


2

Tipo de Drones

Dependiendo de la actividad que se requiera realizar con ellos y el campo de acción donde se vaya a trabajar se debe seleccionar el tipo de dron más adecuado.

Se pueden clasificar desde diferentes perspectivas, una de ellas es según su tipo de ala: se tiene de ala rotativa y de ala fija.



Ala Fija

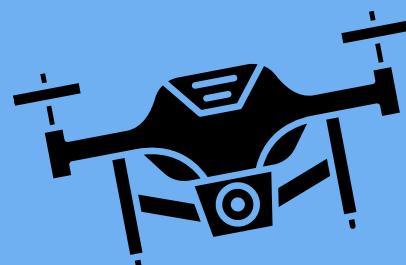
Se caracterizan por tener un diseño similar a los aviones, con dos alas que les permiten planear y un rotor en cola cuya propulsión puede ser eléctrica o de combustión. Su perfil alar y aerodinámica le permite aprovechar el aire y generar fuerzas sustentadoras para mantenerse en el aire.

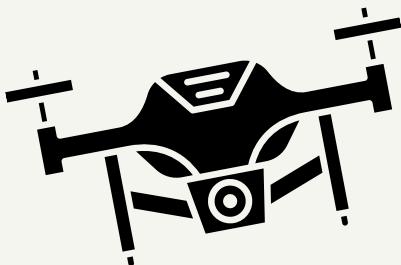
Su principal ventaja es la autonomía de vuelo, que le permite tiempo de vuelo de 30 a 60 minutos y cobertura por vuelo 120 a 300 ha por vuelo, en un día se pueden estar cubriendo alrededor de 1.800 ha (Pino, 2019), ideal para trabajos en grandes superficies en especial para fotogrametría y agricultura de precisión (Pino, E. 2019).

Su desventaja es que no pueden despegar por sí solos, necesariamente requieren de una persona o mecanismo que los lance, no pueden despegar ni aterrizar en forma vertical y a la hora del aterrizaje ya existen drones que lo hacen de forma autónoma sin embargo requieren de una superficie grande y en buen estado para que el drone no sufra ningún percance. Otras desventajas es que puede soportar poca carga, tiene menos agilidad de maniobras y no pueden realizar vuelos estacionarios, mantener estabilidad y equilibrio en un punto.

Ala Rotativa

Estos drones consiguen la sustentación gracias a las fuerzas que generan las hélices. Los más conocidos y utilizados tanto a nivel de ocio como profesional son los multirrotores, pero también existen los drones helicópteros.





Multirrotores

Se caracteriza por tener varios motores independientes ubicados en los extremos de cada brazo que le dan movimiento a las hélices lo que permite la estabilidad y movimiento del equipo. Pueden ser empleados en diversidad de labores en fotogrametría, inspección, agricultura de precisión, cinematografía, entre otras, gracias a su versatilidad, al poderles instalar diferentes cámaras o sensores y poder ser adaptados con tanques y sistemas para aspersión de productos fitosanitarios, agua o semillas. Presentan diferentes tamaños acorde a su funcionalidad.

“Cuantos más brazos y más motores tenga un dron, le permite tener mayor estabilidad y más potencia, sin embargo su peso y dimensión hace más difícil su manejo en espacios pequeños y genera mayor consumo de baterías”.

Ventajas

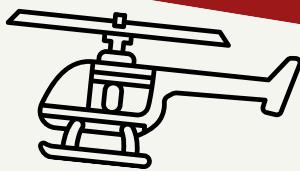
Las ventajas de este tipo de dron, es que presenta gran estabilidad y puede realizar gran cantidad de maniobras, en cualquier dirección, con facilidad, con la posibilidad de realizar vuelos estacionarios, es decir detenerse en puntos determinados y sobrevolar en un mismo sitio. Despegan y aterrizan de forma vertical, con mayor rapidez que un dron de ala fija, casi desde cualquier superficie, y pueden continuar en aire en caso de presentarse la avería de alguno de los motores.

Desventajas

Su principal desventaja es la poca autonomía de vuelo, debido al elevado consumo energético que requieren los rotores para que la aeronave permanezca en el aire. Aunque este aspecto ha ido mejorando con las innovaciones en baterías y diseño de los drones, encontrando rangos de autonomía entre 15 a 30 minutos con coberturas de aproximadamente 65 ha por vuelo (Pino, 2019). Por tanto si el trabajo a realizar es en grandes extensiones es indispensable contar con varios juegos de batería, lo que resulta en un aumento de costos y tiempo.



Helicópteros



Aunque son equipos menos conocidos y con menor popularidad de uso y comercialización, presentan ventajas frente a los multirrotores.

Funcionan con un rotor de giro lento, incluso algunos funcionan con motor de combustión interna. Actualmente, cuentan con similar equipaje tecnológico que los multirrotores, como lo es computador, GPS, sensores, pudiendo configurar su control.

Ventajas

Utilizan menos energía para elevarse, son más estables ante vientos fuertes, tienen más eficiencia a altas velocidades y tienen capacidad superior de transportar cargas pesadas

Desventajas

Entre las desventajas se encuentra que los rotores al ser de mayor tamaño producen más ruido, son más susceptibles a dañarse ante un choque y al presentar alguna falla en el rotor, provoca su caída inminente.

Aplicación de los drones



Militar



Búsqueda y rescate



Topografía



Estudios ambientales y Forestales



Cinematografía y Televisión



Fotografía profesional y aficionada



ALGUNAS APLICACIONES DE LOS DRONES

MILITAR

Inicialmente los Drones fueron desarrollados para uso militar y actualmente presentan diversidad de aplicaciones en éste campo. Como visibilidad aérea en misiones de espionaje, combate, transporte de explosivos, municiones, suministros en combates, cuando se requiere incursionar en zonas donde el vuelo tripulado es riesgoso, contribuyen a la vigilancia, la seguridad pública, como herramienta en monitoreo de actividades criminales e ilegales, como contrabandistas de migrantes, droga entre otros, monitoreo fronterizo, entre otras. En éste medio son conocidos como Unmanned Combat Air Vehicle-UCAV, en español, aviones no tripulados de combate.

BUSQUEDA Y RESCATE

Gracias a sensores térmicos instalados en los drones, se puede tener visión nocturna útil en la localización de personas perdidas o víctimas de algún accidente o desastre natural, en condiciones o terrenos de difícil acceso. Unido a ello pueden arrojar elementos como agua, alimento, ropa, medicamentos, gps, radios, entre otros, en lugares inaccesibles, en tanto los equipos de rescate puedan actuar.

CINEMATOGRAFÍA Y TELEVISIÓN:

En éste medio ha tenido gran acogida, dado que permiten realizar tomas en escenas de acción y ciencia ficción, de forma más económica, con mejores ángulos y con mayor facilidad que de la forma tradicional. Hoy en día se cuenta con cámaras de alta resolución, con alta calidad de video y modos autónomos específicos para diversas tomas.

Las escenas de acción y ciencia ficción de ritmo rápido se filman con drones aéreos, lo que facilita la cinematografía.

FOTOGRAFÍA PROFESIONAL Y AFICIONADA

En ésta área existe diversidad de campos en los que se utilizan los drones para captura de imágenes o videos, por ejemplo en publicidad, en eventos deportivos, en ventas inmobiliarias, en celebración de fechas especiales, para capturar imágenes de naturaleza, en el cubrimiento de noticias. También es usado de forma aficionada para fotografiar temas de interés personal.

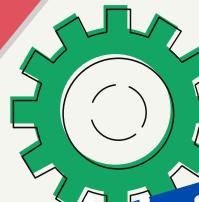
ESTUDIOS AMBIENTALES Y FORESTALES

Monitoreo de especies, monitoreos de deforestación, de fuentes hídricas, inventario de árboles, planificación de celdas en rellenos sanitarios.

TOPOGRAFÍA

Se emplean para realizar planos o mapas a través de técnicas de fotogrametría de precisión, también se utilizan en la inspección de estructuras, y para levantamientos de catastro multipropósito.

AGROPECUARIO



Qué aplicación tienen los drones en la agricultura ?

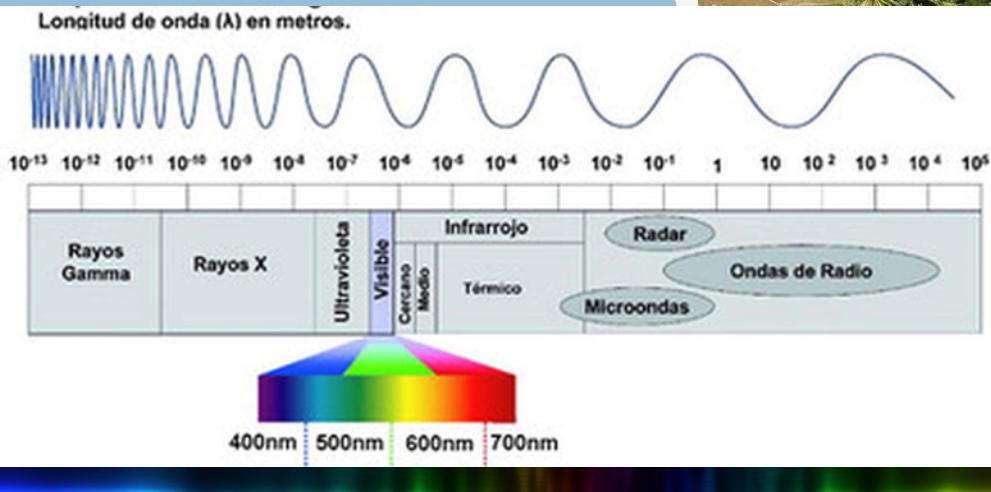
El sector agrícola no ha sido ajeno a los avances en el uso de drones, los cuales pueden cumplir múltiples funciones gracias a los diferentes sensores que pueden ser adaptados a ellos o a los sistemas con los cuales vienen equipados.

Hafeez et al., 2022

SENSORES

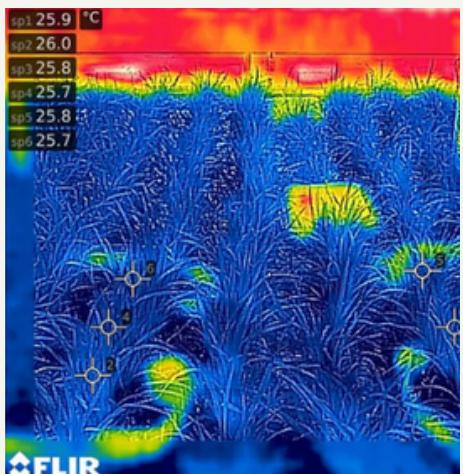
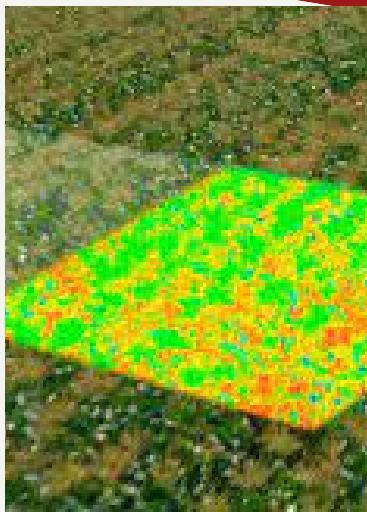
SENSOR RGB O DEL ESPECTRO VISIBLE

Es un sensor que permite captar imágenes en el espectro visible y su composición de bandas permite observar los colores, como normalmente el ojo humano los capta. Con éste tipo de sensores se pueden hacer levantamientos fotogramétricos, es decir se puede mapear campos de cultivos, medición de áreas, trazar parcelaciones. Hacer inventarios en cultivos perennes. Con estas imágenes también es posible hacer desarrollos de visión artificial o aprendizaje de máquina, que permitan obtener información importante para la gestión de los cultivos, como por ejemplo áreas despobladas, cantidad de espacios para resiembra, inventario de árboles, detección de malezas y estimación de producción.



SENSOR MULTIESPECTRAL

Con este tipo de sensor además de captar el espectro visible también pueden captar las longitudes de onda del infrarrojo cercano-NIR, el infrarrojo Medio-MIR. Es posible hacer composición de bandas para obtener índices de vegetación que permiten hacer monitoreo de los cultivos, verificando el estrés hídrico, vigorosidad, rendimiento y tomar decisiones como la cantidad y lugar donde agregar los abonos, en busca de hacer una fertilización eficiente y eficaz



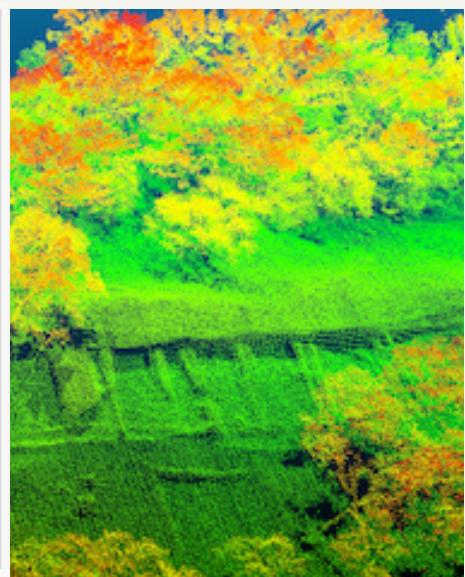
INFRARROJO LEJANO O TÉRMICO-FIR

Con este sensor es posible hacer monitoreo de paneles solares, captar información que puede ser procesada para monitoreo de suelos incluyendo incluye la predicción del estrés hídrico y nutricional en los cultivos, la planificación de la programación del riego, la detección de enfermedades y patógenos en las plantas.

SENSOR LIDAR

(Laser Imaging Detection And Ranging, por sus siglas en inglés)

Es un laser, permite generar una nube de puntos continua de las elevaciones del terreno con las que se puede generar modelos 3d, modelos digitales del terreno y cartografía de alta precisión. En la agricultura los mapas generados con LIDAR permiten medir y observar las variaciones de pendientes en el terreno, información útil por ejemplo para la gestión de riegos y drenajes.



DRONES PARA FUMIGACIÓN Y SIEMBRA

Por otra parte también se han desarrollado drones para realizar fumigación, aplicar agua para riego y para dispersar semillas. Estos son equipos más robustos diseñados con tanque de almacenamiento con capacidad de 10 a 30 Lt, mangueras, boquillas. Con estos drones se pueden realizar aplicaciones precisas en menor tiempo, en áreas de difícil acceso y cuando el cultivo tiene una altura tal que los tractores no pueden ingresar. Las ventajas frente a realizar aplicaciones manuales, es la seguridad del usuario en términos de salud, al no tener contacto directo con el agroquímico, también al llevar una ruta programada, y volar automáticamente guiado con gps con corrección RTK, no deja áreas sin fumigar. La ventaja frente a fumigar con una avioneta, principalmente es la disminución de pérdida por deriva.



4 Aprendizaje de máquina

El aprendizaje de máquina o Machine learning es un campo en la Inteligencia Artificial el cual consiste en el entrenamiento a base de experiencia de una red neuronal (máquina) con el fin de proporcionar cierta capacidad cognitiva para realizar una tarea. (Hinestrosa; et al., 2018, Valdez; et al., 2018)

Aprendizaje Profundo (Deep learning)

El aprendizaje profundo es un subconjunto perteneciente al aprendizaje de máquina y hace referencia a redes neuronales con gran cantidad de capas ocultas permitiendo hacer predicciones más precisas y autónomas. (Sotelo; et. al. 2021)



Redes Neuronales Convolucionales

Son un tipo de redes neuronales sin embargo en estas se someten a operaciones de convolución (filtros) y son utilizadas principalmente para análisis y reconocimiento de imágenes (Bonilla; et al., 2020).



Consideraciones

Requieren gran capacidad de procesamiento.

Para esto se desarrollaron las redes neuronales que permiten trabajar con datos no estructurados y hacer procesos de transformación de datos no estructurados a estructurados.

Se trabaja con algoritmos existentes los cuales se entrena con imágenes acordes los patrones que se desean reconocer.

Se colocan etiquetas a las imágenes como por ejemplo imágenes de hojas con algún hongo y otras sanas, para que la red aprenda de las imágenes y sus correspondientes etiquetas

Aplicaciones Agrícolas

Dependiendo el entrenamiento que se haga con los algoritmos de deep learning se puede por ejemplo:

- Saber si una planta está infectada o no.
- Si tiene presencia de alguna enfermedad.
- Identificar si un producto debe cosecharse o no, acorde a la madurez del fruto.
- Conocer si una zona está densamente poblada o no.
- Reconocer la presencia de agua, presencia de calor y con ello optimizar el uso de agua.



5

El Aprendizaje profundo en la agricultura

Algunas Investigaciones

Clasificación de manzanas con Redes Neuronales Convolucionales

Olguin-Rojas et al., 2022

Con una arquitecturas de red neuronal convolucional (CNN) clasificaron manzanas sanas y dañadas de tres variedades en el proceso en postcosecha. una exactitud del 97 %



Deep neural network based date palm tree detection in drone imagery

Jintasuttisak et al., 2022

Usaron la Red Neuronal Convolucional CNN de última generación, YOLO-V5, para detección de Palmera datileras, con una precisión promedio de 92.34 %. La imágenes para entrenamiento, validación y prueba fueron capturadas con un dron de ala fija-ebee.



Determinación de la madurez de mazorcas de Cacao, haciendo uso de redes neuronales convolucionales en un sistema embebido

Heredia-Gómez et al., 2020

Hicieron la determinación de madurez, usando redes neuronales convolucionales. Para el entrenamiento validación y prueba usaron tres conjuntos de datos de 1992 imágenes cada uno



Comparison of Object Detection and Patch-Based Classification Deep Learning Models on Mid- to Late-Season Weed Detection in UAV Imagery

Veeranampalayam et al., 2020

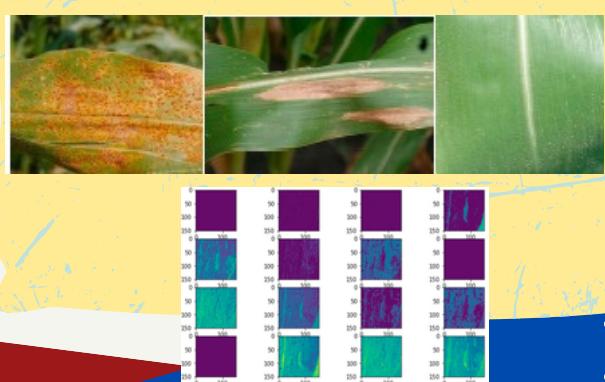
Usaron Redes Neuronales Faster RCNN y Single Shot Detector (SSD), para la detección de malezas en cultivo de soja



Deep Convolutional Neural Network based Detection System for Real-time Corn Plant Disease Recognition

Mishra et al., 2020

Usaron Red Neuronal Convolucional, para detectar presencia de enfermedades en la hoja de maíz, una precisión del 88,46 %



Caso de investigación realizada por Unillanos

6

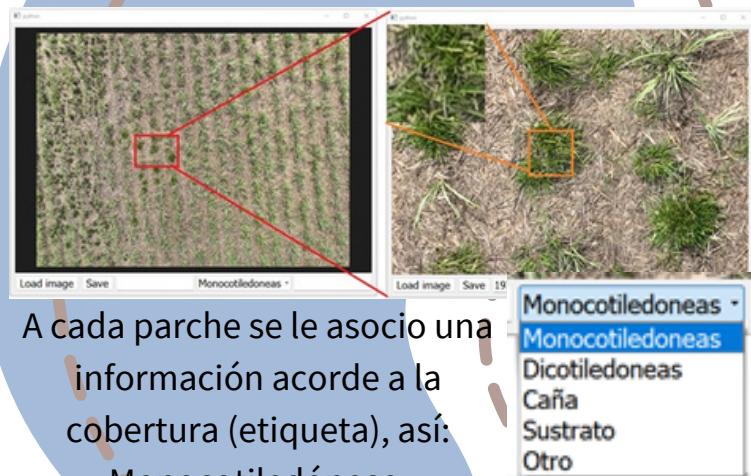
Desarrollo de un sistema basado en respuesta espectral de imágenes para la discriminación de arveses en cultivo de caña de azúcar como herramienta de Agricultura de Precisión

El trabajo de campo se realizó en Puerto López, Meta. En lotes de cultivo de caña soca, es decir, que son producto del rebrote después de la cosecha. Los cuales se encontraban a 45 días después del corte.

Se adquirieron 478 imágenes, a 20 metros de altura, con un dron DJI Mavic 3, equipado con un sensor RGB.



Se generó un banco de imágenes mediante un proceso de extracción de secciones de una cantidad de píxeles definido (100x100). Al cual se le denominó "Parche".



A cada parche se le asocio una información acorde a la cobertura (etiqueta), así:
Monocotiledóneas,
Dicotiledóneas, Caña, Sustrato,
Otro

Se diseño un módulo para extracción de parches en lenguaje de programación Python

Se evaluaron seis modelos de redes neuronales convolucionales (CNN), con objeto de definir cual de ellas detectaba mejor las arveses, diferenciándolas del cultivo de caña de azúcar y el sustrato o suelo.

Total imágenes	11461
Entrenamiento	60%
Prueba	20%
Validación	20%



REFERENCIAS

Hafeez, A., Husain, M. A., Singh, S. P., Chauhan, A., Khan, M. T., Kumar, N., ... & Soni, S. K. (2022). Implementation of drone technology for farm monitoring & pesticide spraying: A review. *Information Processing in Agriculture*.

Heredia-Gómez, J. F. , Gómez, J. P. R., Sarmiento, L. H. T., Acuña, J. S. R., & Silva, R. A. C. (2020). Determinación de la madurez de mazorcas de Cacao, haciendo uso de redes neuronales convolucionales en un sistema embebido. *Revista Colombiana de Computación*, 21(2), 42-55.

Olguín-Rojas, J. C., Vasquez-Gomez, J. I., López-Canteñs, G. D. J., & Herrera-Lozada, J. C. (2022). CLASIFICACIÓN DE MANZANAS CON REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(3), 369-369.

Mishra, S., Sachan, R., & Rajpal, D. (2020). Deep convolutional neural network based detection system for real-time corn plant disease recognition. *Procedia Computer Science*, 167, 2003-2010.

Veeranampalayam Sivakumar, A. N., Li, J., Scott, S., Psota, E., J. Jhala, A., Luck, J. D., & Shi, Y. (2020). Comparison of object detection and patch-based classification deep learning models on mid-to late-season weed detection in UAV imagery. *Remote Sensing*, 12(13), 2136.

Jintasuttisak, T., Edirisinghe, E., & Elbattay, A. (2022). Deep neural network based date palm tree detection in drone imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 192, 106560.