



Artículo original

# **IDENTIFICACIÓN DE PLAGAS EN EL CULTIVO DE OLIVO UTILIZANDO PERCEPCIÓN REMOTA CON UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO EN EL VALLE LA YARADA LOS PALOS**

IDENTIFICATION OF PESTS IN THE OLIVE CULTURE USING REMOTE PERCEPTION WITH AN AIR VEHICLE NOT TRIPULATED IN THE VALLEY LA YARADA LOS PALOS

Joe Edmundo Gallardo Torres<sup>1</sup>

Guillermo Eduardo Avalos Condori<sup>1</sup>

Tito Leoncio Córdova Miranda<sup>1,2</sup>

Información del artículo:

Recibido: 12/05/2018.

Aceptado: 17/11/2019

<sup>1</sup> Ingeniero Electrónico  
Magíster docente en la Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna

### *Resumen*

La investigación utiliza la percepción remota con un vehículo aéreo no tripulado para la identificación de plagas. Mostrará los alcances que se pueden lograr en el campo de la agricultura y que están siendo utilizados. El proyecto tiene como primera etapa el acondicionamiento a medida del vehículo aéreo no tripulado compuesto por una estructura de vuelo y un sistema de cámaras los cuales nos permitirán la adquisición de datos, en este caso imágenes aéreas. Una vez se tuvo acondicionado el vehículo aéreo se estableció los planes de vuelo para la adquisición de imágenes. Esta etapa está delimitada por el área de cultivo de olivo que se evaluó. Realizado el acondicionamiento y posterior a ejecutar los planes de vuelo se procedió al procesamiento de las imágenes bajo dos modelos de algoritmo cuyos resultados pasarán finalmente por ser interpretados en busca de la identificación de plagas en el cultivo del olivo.

**Palabras Clave:** Vehículo Aéreo no Tripulado, Sistemas de cámaras, Adquisición de datos, Algoritmo, Cultivo del Olivo.

### *Abstract*

This pest identification project using remote sensing with an unmanned aerial vehicle will show the scope that can be achieved in the field of agriculture and that are being used. The project has as its first stage the custom conditioning of the unmanned aerial vehicle composed of a flight structure and a camera system which will allow us to acquire data, in this case aerial images. Once the air vehicle is conditioned, the flight plans for the acquisition of images are established. This stage is delimited by the olive cultivation area that we want to evaluate. Once the conditioning has been completed and after executing the flight plans, the images are processed under two algorithm models, the results of which will eventually be interpreted in search of the identification of pests in the cultivation of the olive tree.

**Keywords:** Unmanned Aerial Vehicle, Camera Systems, Data Acquisition, Algorithm, Olive Growing

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la región de Tacna presenta la mayor superficie olivícola con 22906 hectáreas que representa el 81 % del total a nivel nacional dedicada a este rubro; de igual forma presenta los mayores niveles de producción de aceituna a nivel del país con 69254 toneladas de aceitunas. (Dirección Estadística Agraria, 2017). Considerando la densidad de plantación que en la actualidad existen los métodos de evaluación de diferentes tipos de plagas en las plantaciones

de olivo no son muy exactos, las evaluaciones que actualmente se llevan a cabo son estimaciones parciales que se proyecta a un total del número de plantas existentes en una determinada área, lo cual conlleva a presentar un margen de error, lo que hace que estos resultados no representen la realidad de la incidencia del daño ocasionado por las plagas.

En la actualidad se realizan inspecciones y evaluaciones de los campos de olivo para prevenir y detectar la presencia de plagas en las fases críticas del cultivo. La metodología que hoy en día se utiliza consiste en la segmentación del terreno en cinco partes proporcionales para la toma de muestras en cada una de ellas. (Quispe W,2016). Estas evaluaciones que actualmente se llevan a cabo son estimaciones parciales que se proyecta a un total del número de plantas existentes en una determinada área, lo cual conlleva a ciertos márgenes de error, estos resultados no representan la realidad de la incidencia del daño ocasionado por las plagas, conllevando a que las medidas de control a adoptarse no son las adecuadas para eliminar o disminuir las poblaciones de las plagas existentes. De igual forma los métodos de evaluación convencionales demandan de mayores costos en personal, así como la demanda de mayor tiempo y eficiencia de esta actividad. Es por ello que, se está potenciando el uso de plataformas móviles aéreas, las cuales permiten evaluar en un menor tiempo la misma área y a un menor costo en comparación al procedimiento convencional que se viene realizando en la actualidad. No obstante, no se cuenta con el desarrollo de un algoritmo para procesamiento de imágenes digitales (obtenidas por un vehículo aéreo no tripulado), así como su rectificación que permitan evaluar los índices de vegetación para la detección de plagas en el cultivo de olivo.

Apaza (2008), a través de imágenes digitales empleando la técnica de teledetección se hizo el análisis del estudio de procesamiento digital de imágenes. Lo destacable de este trabajo es el uso de imágenes satelitales y su procesamiento. Carretero (2011), realizó la integración de un sistema UAV con control autónomo en un equipo aéreo existente para agricultura de precisión. Túpac Yupanqui (2014) mediante el empleo de transformaciones proyectivas y un sistema de medición inercial. El uso de algoritmos para la rectificación de imágenes fue su aporte.

De las principales plagas detectadas en la región son la queresas móvil del olivo, gusano del brote del olivo, piojo harinoso, geométrido, nematodos y queresas o lapillas. La Queresas móvil, conocido como *Orthezia olivícola* succiona la savia de las hojas y el par a través de sus deposiciones cultiva un hongo que ennegrece el árbol. (Chávez y Arata, 2004). El Gusano del brote, conocido también como *margaronia*, reporta poblaciones muy elevadas durante la ocurrencia de Fenómenos del Niño (ingreso de masas de aguas calientes a la costa peruana). (Chávez y Arata, 2004). El Piojo Harinoso (*Pseudococcus adonidum*) afecta a las plantaciones sobre todo durante el verano. El desarrollo de Queresas es favorecido por el incremento de temperaturas, los fertilizantes nitrogenados y la poca aireación de las plantas. La escoba de bruja es causada por un hongo del suelo su nombre científico es *Verticillium Dahliae*, que luego de ingresar por la raíz del olivo, invade los vasos conductores de la planta. Este hongo inicia su ataque por las raíces aprovechando heridas recientes, producidas por herramientas o por nematodos. (Chávez y Arata, 2004). Pecho de Paloma, conocido también en la zona como taco, es producido por un complejo de hongos entre los cuales se encuentra *Alternaria sp.*, *Cercospora sp* y *Cladosporium sp.*, Se atribuye como factores que favorecen el desarrollo de esta enfermedad las heridas que dejan las picaduras de los insectos, y que sirven como

ventana de ingreso para los hongos, entre estos insectos estarían la mosca de la fruta. (Chávez y Arata, 2004)

## OBJETIVOS

- Identificar los parámetros para la detección de plagas en el cultivo de olivo.
- Comparar tres modelos algorítmicos para la localización y descripción de puntos de interés de las imágenes obtenidas por el vehículo aéreo no tripulado.
- Procesar e interpretar las imágenes obtenidas del vehículo aéreo no tripulado.

## METODOLOGÍA

Estudio de tipo explicativo. Se identificó las plantaciones de olivo que presenten presencia de plagas a través de la selección de datos con una clasificación supervisada y no supervisada. Previamente habiendo generado el mosaico con el algoritmo que mejor se adapte a las características que se busca obtener. Se estableció el sistema de percepción remota es un paso fundamental para lograr definir el alcance del análisis que podremos lograr, definiendo dos campos marcados como es la plataforma idónea que usaremos como medio para recolectar la información en este caso que tipo de vehículo aéreo no tripulado y la plataforma que usaremos para procesar y evaluar la información que obtengamos con la finalidad de determinar si hay presencia de alguna plaga en los cultivos de olivo a muestrear. Las imágenes satelitales que se utilizan para realizar análisis en cambio de cobertura y uso de la tierra según el estudio realizado por Zorogastúa, Quiroz, Garatuza(2011) refieren que la utilización de satélites como es LANDSAT permite evaluar la dinámica espacial temporal de los bosques secos, y a través de ellos cuantificar los retrocesos y mejoras de los mismos. (Sacristán, F. 2006). Para el desarrollo del presente trabajo se descargaron imágenes de LANDSAT -8 y imágenes de satélites SENTINEL. De las imágenes satélites SENTINEL Y LANDSAT-8 se pudo evaluar que las fechas de registro de las imágenes presentan intervalos amplios de captura, además de considerar el porcentaje de nubosidad, las resoluciones de las imágenes para poder realizar el análisis no se ajustan a las necesidades del estudio. Se hace uso de la cámara Mapir.

La elaboración del plan de vuelo (Fig. 1) para la recopilación de imágenes se elaboró con el software Mission planner, definido con una grilla de rejilla cruzada de los espacios

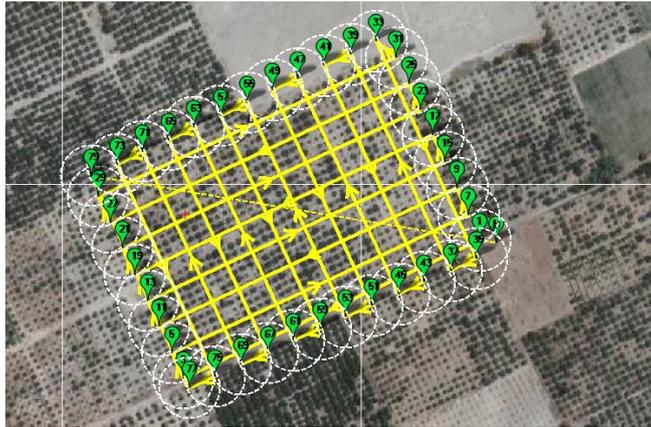


Figura 1: Plan de vuelo programado en rejilla cruzada

Por medio del sistema de navegación la plataforma se buscó de manera automática el inicio de la ruta ya planificada y la captura de imágenes se efectuó acorde a los parámetros ajustados en la planeación de vuelo.

## RESULTADOS

Las imágenes utilizadas fueron adquiridas el día 19 de Agosto del 2018. Estas imágenes corresponden a superficies de olivo de las variedades Sevillana Criolla y Ascolana, que se ubican aproximadamente a 5 km de la carretera costanera sur. (Fig. 2) También se considera un fragmento de una imagen satelital correspondiente al área analizada en una fecha cercana a la imagen adquirida con un vant.



Figura 2 Vista panorámica del área de estudio

Con dos imágenes (Fig. 3 y 4) se determinó la cantidad de números de control así como los tiempos de detección y descripción aplicando los diferentes algoritmos de reconocimiento de puntos clave.

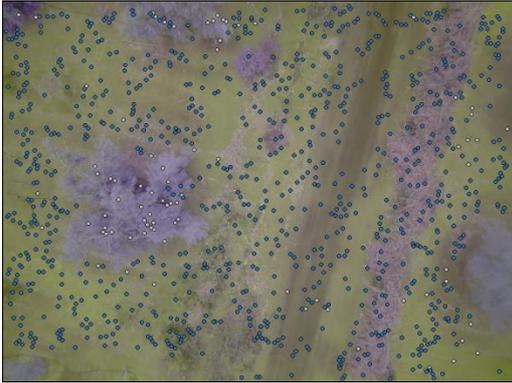


Figura 1: Imagen de prueba A

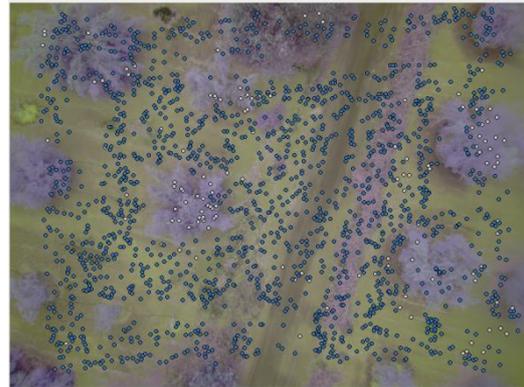


Figura 4: Imagen de prueba B

Tabla 1: Aplicación de algoritmo SIFT

DETALLE	ALGORITMO SIFT
Número de puntos de control	221
Tiempo de descripción (ms)	59.2251
Tiempo de detección (ms)	34.0055
Tiempo por punto (ms)	0.2665
Tiempo total (ms)	152.4556

Tabla 3: Aplicación de algoritmo BRISK

DETALLE	ALGORITMO BRISK
Número de puntos de control	88
Tiempo de descripción (ms)	4.1098
Tiempo de detección (ms)	11.565
Tiempo por punto (ms)	0.0521
Tiempo total (ms)	15.6748

Tabla 2: Aplicación de algoritmo SURF

DETALLE	ALGORITMO SURF
Número de puntos de control	726
Tiempo de descripción (ms)	296.1265
Tiempo de detección (ms)	136.022
Tiempo por punto (ms)	0.566
Tiempo total (ms)	432.1485

Tabla 4: Aplicación de algoritmo FREAK

DETALLE	ALGORITMO FREAK
Número de puntos de control	122
Tiempo de descripción (ms)	47.8406
Tiempo de detección (ms)	9.650
Tiempo por punto (ms)	0.3228
Tiempo total (ms)	57.4906

Seguidamente se muestra la correspondencia existente entre puntos de control de color azul y blanco correspondiente al algoritmo BRISK. (Fig. 5)

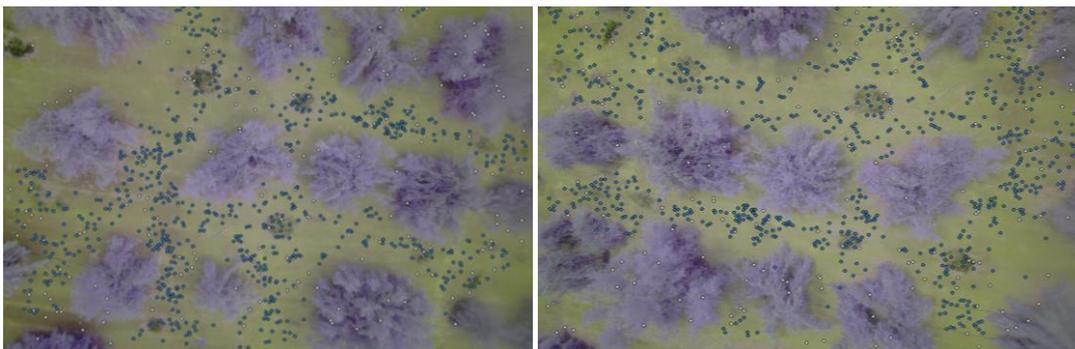


Figura 2: Correspondencia de puntos de control aplicando algoritmo BRISK

A continuación, evaluamos dos imágenes que tienen un área en común de 72%

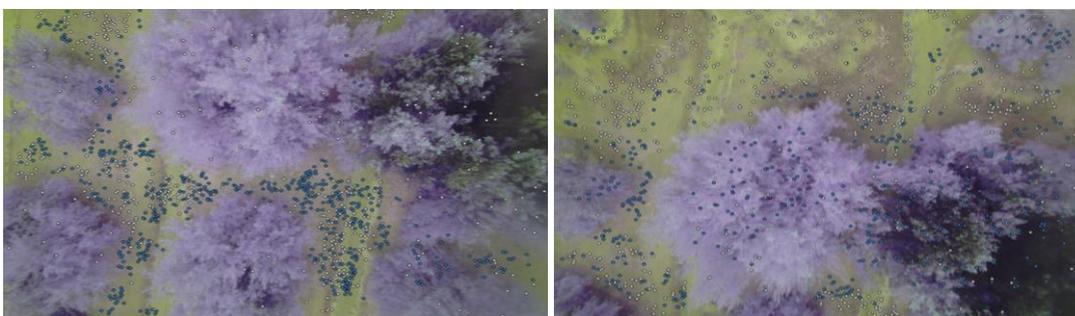


Figura 6: Correspondencia de puntos de control aplicando algoritmo FREAK

Tabla 1: Aplicación de algoritmo SIFT

DETALLE	ALGORITMO SIFT
Número de puntos de control	145
Tiempo de descripción (ms)	59.2251
Tiempo de detección (ms)	34.0055
Tiempo por punto (ms)	0.2665
Numero de correspondencias imagen 1	91
Numero de correspondencias imagen 2	84
Tiempo total (ms)	152.4556

Tabla 6: Aplicación de algoritmo SURF

DETALLE	ALGORITMO SURF
Número de puntos de control	120
Tiempo de descripción (ms)	296.1265
Tiempo de detección (ms)	136.022
Tiempo por punto (ms)	0.566
Numero de correspondencias imagen 1	75
Numero de correspondencias imagen 2	67

Tiempo total (ms)	432.1485
-------------------	----------

Tabla 7: Aplicación de algoritmo BRISK

DETALLE	ALGORITMO BRISK
Número de puntos de control	65
Tiempo de descripción (ms)	1.6995
Tiempo de detección (ms)	14.9751
Tiempo por punto (ms)	0.1251
Numero de correspondencias imagen 1	59
Numero de correspondencias imagen 2	45
Tiempo total (ms)	16.6746

Tabla 8: Aplicación de algoritmo FREAK

DETALLE	ALGORITMO FREAK
Número de puntos de control	50.0712
Tiempo de descripción (ms)	37.8607
Tiempo de detección (ms)	5.0712
Tiempo por punto (ms)	0.4319
Numero de correspondencias	21

imagen 1	
Numero de correspondencias	29
imagen 2	

Tiempo total (ms)	42.9319
-------------------	---------

Se aplicó el algoritmo SIFT para la creación del mosaico general que representa el área de estudio. La formación del mosaico es a través de la unión consecutiva de imágenes comparándola una tras otra, para esto se utilizaron 32 imágenes en formato JPG y RAW. (Fig.7)

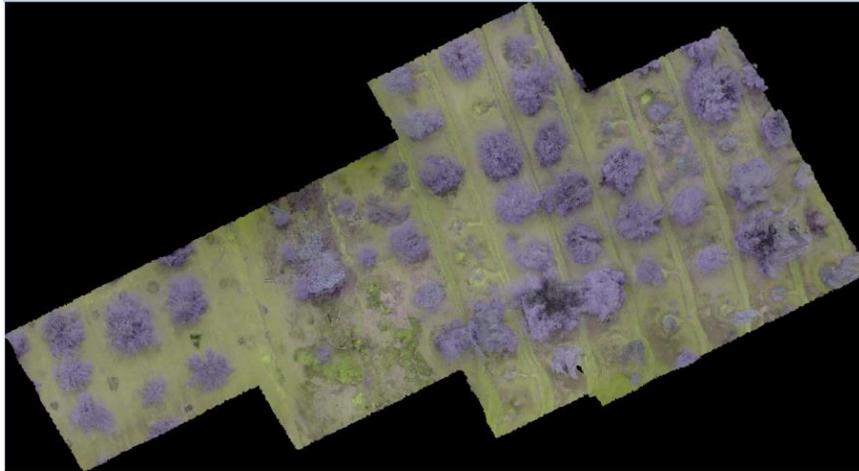


Figura 7: Mosaico del área de estudio

El mosaico presentado es resultado de la aplicación del algoritmo SIFT, que nos dio un tiempo de procesado de 287.8477 segundos para la generación de la imagen de mejor calidad, en la aplicación del algoritmo SURF con el mismo número de imágenes se obtuvo un tiempo de proceso de 140.545 segundos

Aplicando el algoritmo FREAK se generó el mosaico en un tiempo de procesado de 88.831 segundos; aplicando BRISK se procesó en 90.557 segundos para la obtención del mosaico de la figura 8. En todos los algoritmos se utilizaron 32 imágenes.



Figura 8: Mosaico del área de estudio referenciado

Se puede identificar la presencia de la plaga Queresa Móvil del olivo (*Orthezia Olivícola*) como se parecía en la figura 38 , donde el insecto succiona la savia de las hojas del olivo, sus secreciones azucaradas sirven como medio de desarrollo del hongo denominado como Fumagina que tiene como característica ennegrecer el árbol afectando de esta forma la captación de energía solar retrasando su desarrollo, menguando la producción, manchando las aceitunas lo cual desmerece la calidad y su valor comercial que pueda alcanzar. (Fig. 9)

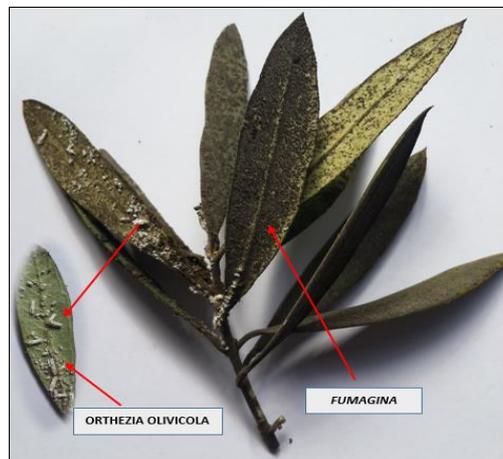


Figura 9: Presencia de F *Orthezia Olivícola* y Fumagina en hojas del olivo

Este ennegrecimiento de las hojas podemos analizarlo con la Cámara MAPIR generando una imagen con oscurecimiento en las partes afectadas por la *Orthezia Olivícola* como se aprecia en la figura 10. En la figura 11 vemos una hoja del olivo sana.



Figura 10: Hoja del olivo con *Orthezia Olivícola*



Figura 11: Hoja del olivo sin presencia de plagas

Se puede identificar en el mosaico NIR áreas en la que están afectadas presentado una coloración oscura. (Fig 12 y 14)

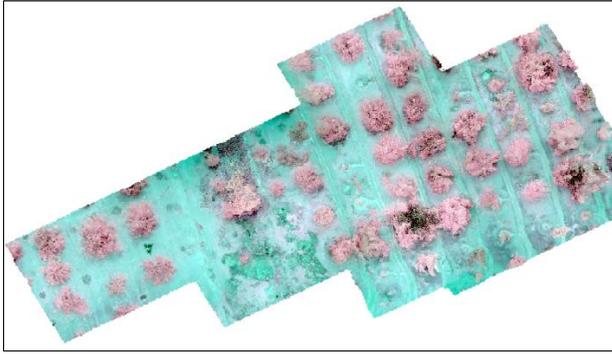


Figura 3 Mosaico del espectro infrarrojo cercano de cultivo de olivo

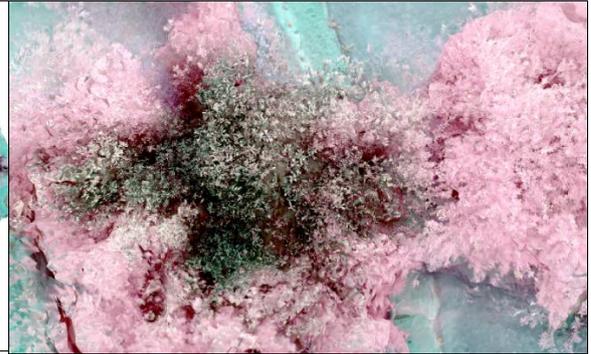


Figura 4 Presencia de plaga Orthezia Olivícola

Se analizó la presencia de la plaga Orthezia Olivícola la cual es presenta las características de coloración oscura en las hojas del olivo, el cual analizado en diferentes estados con pequeñas muestras que se presentan en la figura 14.



Figura 14: Área de presencia de plaga Orthezia Olivícola

Para la determinación de la presencia de alguna plaga está determinada por la característica propia que se observan en los olivos; como se observa en el mosaico creado. Fue determinada visualmente la alteración en algunas zonas que representan la presencia de la plaga Orthezia Olivícola. Esto se logra aplicando el análisis determinado por la clasificación basado en datos que determinamos individualmente.

Una vez seleccionados los grupos de interés se crea un archivo de firma de cada uno y partir de este se categorizarán automáticamente según los valores determinados para cada firma ingresada según características de cada pixel. De la misma forma se realizan la determinación y agrupamiento de características de hojas en buen estado. (Fig. 15)

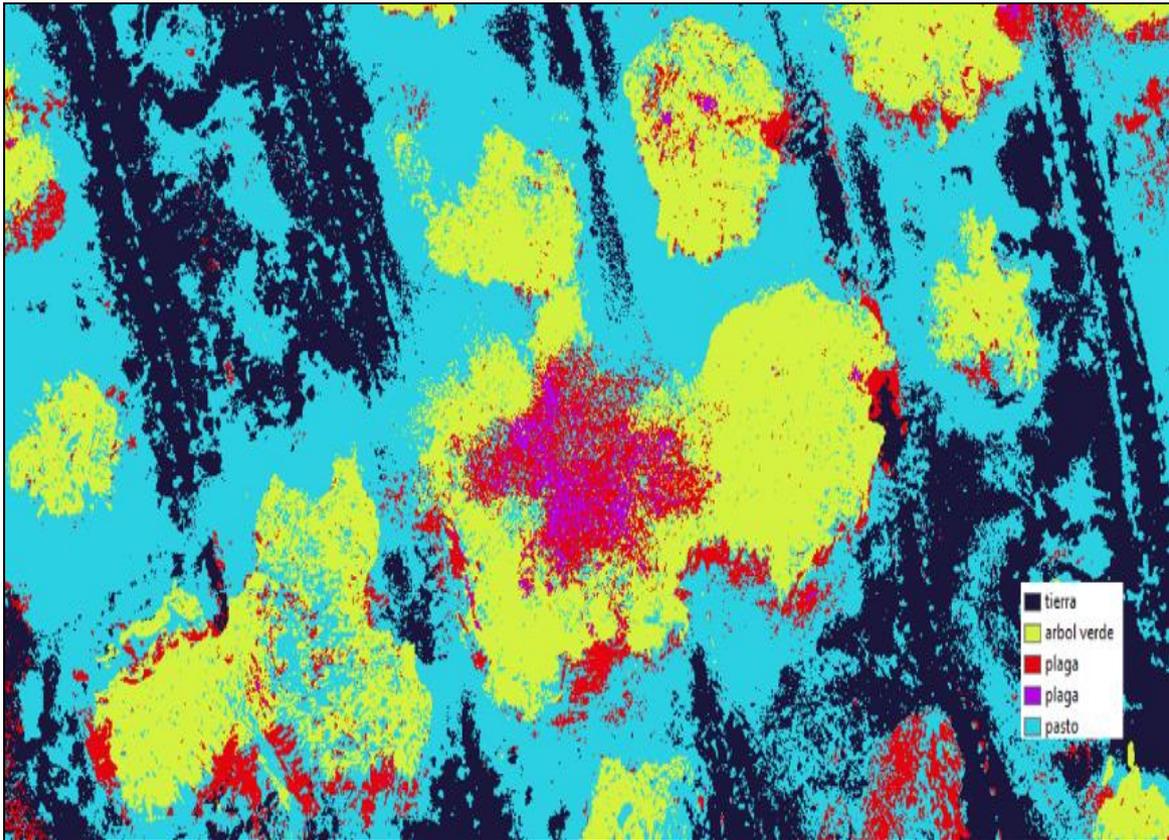


Figura 15: Clasificación supervisada en 5 grupos

En la aplicación de una clasificación no supervisada se proporciona una identificación de diferentes texturas en la imagen, que consiste en la asignación automática de cada pixel a una clase de pixel de valor ingresado previamente el cual esta resultara en una gráfica con un temática que diferenciara los diferentes grupos, dependiendo su cantidad se agruparan con características como homogeniedad, contraste, variabilidad; resultando una gráfica en la cual resalta las anomalías buscadas. Se identifican 5 grupos que son tierra, árbol verde, plaga1, plaga y pasto. (Fig. 16)

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$



Figura 16: Fotografía en infrarrojo cercano de árboles de olivo

De la figura 17 se destaca áreas de cobertura vegetal como son arboles de olivo, pequeñas malezas a los alrededores y cobertura de tierra. Aplicando a la gráfica una clasificación no supervisada con el análisis de índice NDVI obtenemos las siguientes graficas:

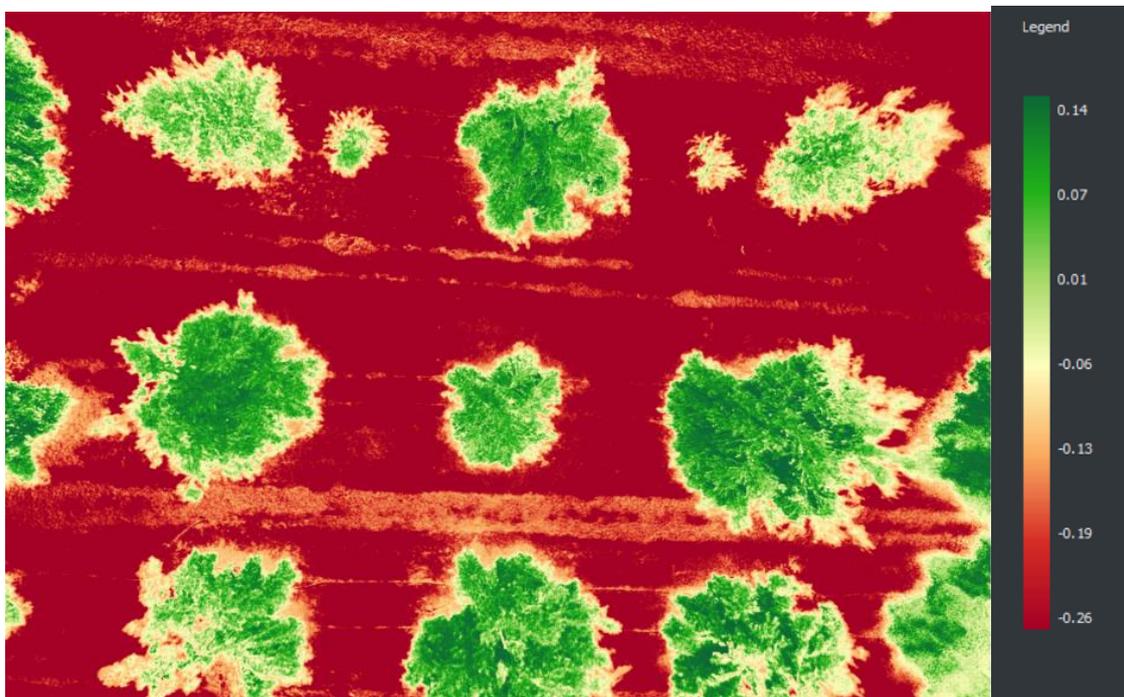


Figura 17: Clasificación supervisada de área 1

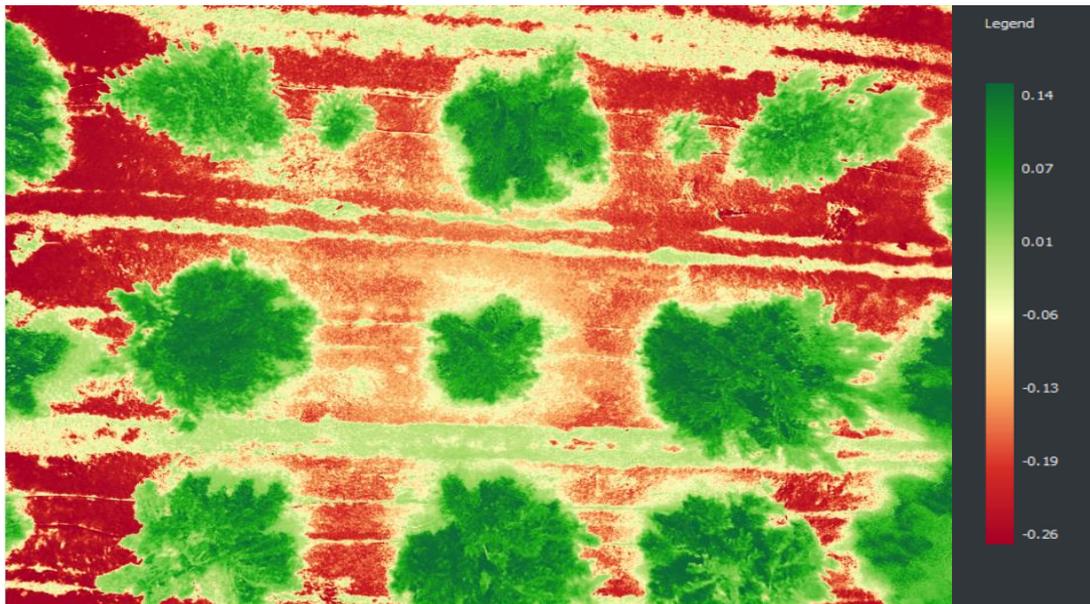


Figura 18: Clasificación supervisada de área 2

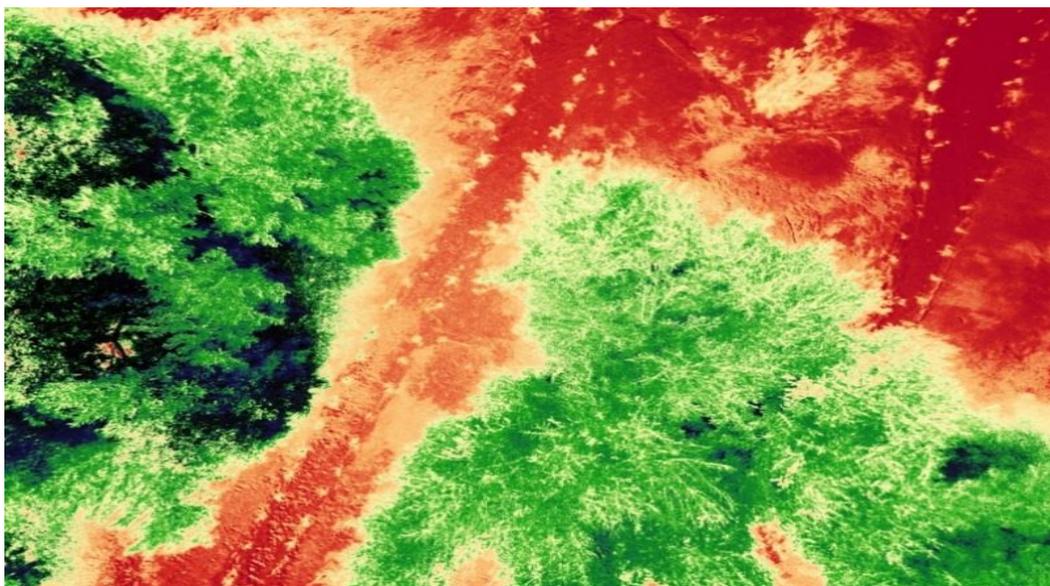


Figura 19: Clasificación supervisada área 3

En las figuras 18 y 19 resultantes donde la banda 1 es el valor RED y la banda 2 se asigna NIR en el cálculo del índice NDVI se tiene un rango que va desde -0.26 a 0.14, en donde los valores de 0 a 0.14 representan la vegetación verde o vigorosa reflejada más energía en la banda del infrarrojo cercano que de la zona visible, de 0 a -0.26 simbolizan áreas sin vegetación o poca contenido de clorofila o área foliar.

## DISCUSIÓN

Comprábamos que el procesamiento de imágenes que son adquiridas con un vehículo aéreo no tripulado nos brinda una mejor resolución ya que son captadas a una altitud que nosotros establecemos, así como el día del vuelo teniendo las condiciones climáticas adecuadas de acuerdo a las necesidades del estudio; en comparación de imágenes satelitales que se registran con una temporalidad muy alta, con una resolución de nivel de detalle bajo que no serían aptos para el objetivo del trabajo a realizar. Se logró evaluar cada algoritmo para hallar la mayor cantidad de puntos de interés para unir imágenes, resultando el algoritmo SIFT el que tiene mayor cantidad de puntos de interés, pero tomando un tiempo mayor en comparación del algoritmo FREAK que registra un procesamiento más rápido, pero encuentra menor cantidad de puntos de interés para encontrar un área en común. Se evaluó que a través de una clasificación supervisada se tiene que ingresar manualmente puntos comunes que agrupen una característica de interés para generar una imagen con la detección de la plaga *Orthezia Olivícola*, en comparación de una clasificación no supervisada en la cual se ingresa el número de grupos con características semejantes a detectar automáticamente. De esta manera se determinó que la identificación de plagas como la *Orthezia Olivícola* se realiza con mejor precisión mediante la clasificación supervisada. Concluimos que la hoja con alguna plaga se caracteriza por perder disminución de clorofila, por lo tanto, presenta mayor reflectividad en las bandas roja y azul y menor reflectividad en la banda verde del espectro visible, caracterizándolo a simple vista la hoja de color amarillenta. Con la cámara empleada determinamos que en el infra rojo cercano existe una reducción de la reflectividad.

Queda pendiente realizar el análisis con imágenes satelitales con mayor resolución para la detección de plagas en plantaciones de olivo, así como el uso de un GPS de mayor precisión que se integrado a la cámara para una exactitud centimétrica de las coordenadas de la foto. Sería recomendable el uso de un VANT de ala fija por las extensas áreas de olivo que existen para realizar el análisis. Se recomienda la utilización de cámaras con un mayor número de sensores con un diseño compacto y liviano para ser acoplado a un vehículo aéreo tripulado, permitiendo de esta forma la captura y proceso de las imágenes con mayor cantidad de datos para analizar. Para ampliar el análisis con algoritmos sería recomendable aplicar la transformada de Wavelet para resaltar las características similares que presentan dos imágenes, encontrando diferencias al aplicar los algoritmos FREAK, SIFT, SURF.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- La Yarada Los Palos: plaga afecta el 65% de las plantaciones de olivo en Tacna". (20 de mayo del 2016). Diario Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/tacna>
- MINAGRI utilizará drones para mejorar la calidad de la producción agrícola". (27 de febrero del 2018). Diario Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/peru>
- Quispe W. (2016). Metodologías de evaluación de plagas. Senasa –Tacna.
- Control de plagas y enfermedades en el cultivo del Olivo. Desco. Recuperado el 01 de agosto del 2004, de <http://www.desco.org.pe>
- Sensefly (2019). Carolina del Norte, USA. Recuperado de <https://www.sensefly.com/>

- Dirección Estadística Agraria (2017). Estadísticas de Olivo en la región de Tacna. DRAT
- Chartuni, E., Magdalena, C., (2014), Manuel de agricultura de precisión, Montevideo, Uruguay: Editorial Boscana.
- Labrador, M., Évora, J., Arbelo, M., (2012), Satélites de teledetección para la gestión del territorio, Canarias, España: Litografía Romero.
- Cuevas, E. (2010), Procesamiento digital de imágenes con Matlab y Simulink. 1era. Edición. DF, México: Editorial AlfaOmega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Bravo, N. (2017), teoría – teledetección espacial Landsat, Sentinel-2, Aster L1t y Modis. 1era. Edición, Huánuco, Perú: Geomántica Ambiental S.R.L.
- Apaza, M. (2008). Identificación de cultivos ilegales a través de imágenes digitales empleando la técnica de teledetección (tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.
- Rabanal, D. (2011). Integración de un sistema uav con control autónomo en un equipo aéreo para agricultura de precisión (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Yupanqui, R. (2014). Rectificación geométrica de imágenes mediante el empleo de transformaciones proyectivas y un sistema de medición inercial (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- La Yarada Los Palos: plaga afecta el 65% de las plantaciones de olivo en Tacna”. (20 de mayo del 2016). Diario Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/tacna>
- MINAGRI utilizará drones para mejorar la calidad de la producción agrícola”. (27 de febrero del 2018). Diario Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/peru>
- Quispe W. Metodologías de evaluación de plagas. Senasa – Tacna.
- Control de plagas y enfermedades en el cultivo del Olivo. Desco. Recuperado el 01 de agosto del 2004, de <http://www.desco.org.pe>
- Sobrino, J., (2000), Teledetección. Valencia, España: Guada impresores S.L.
- Chuvieco, E., (2015) Teledetección Ambiental. Barcelona, España: Ariel Planeta
- Aguilar Rivera, Noé. (2015). Percepción remota como herramienta de competitividad de la agricultura. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(2), 399-405
- Pino V., Edwin. (2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. Idesia (Arica), 37(1), 75-84. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000402>
- H. Bay et al. Speed-Up Robust Features (SURF), Computer Vision and Image Understanding, vol 110, 2008, pp 346- 359 (ISSN: 1077-3142)
- Lowe, D. G. (2004). “Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, Computer Science Department”. International Journal of Computer Vision 60(2), 91–110.
- García Barquero, Inés; Sánchez González, et al. Comparación de algoritmos detectores de puntos singulares para reconocimiento de objetos en vídeo quirúrgico. En: "XXX Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica CASEIB 2012. Libro de actas", 19/11/2012 - 21/11/2012, San Sebastián, España. p. 108.
- S.Leutenegger, M. Chli y R. Siegwart.” BRISK: Binary Robust Invariant Scalable Keypoints”, 2011
- Chartuni, E., Magdalena, C., (2014), Manuel de agricultura de precisión, Montevideo, Uruguay: Editorial Boscana.
- Labrador, M., Évora, J., Arbelo, M., (2012), Satélites de teledetección para la gestión del territorio, Canarias, España: Litografía Romero.
- Cuevas, E. (2010), Procesamiento digital de imágenes con Matlab y Simulink. 1era. Edición. DF, México: Editorial AlfaOmega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Bravo, N. (2017), teoría – teledetección espacial Landsat, Sentinel-2, Aster L1t y Modis. 1era. Edición, Huánuco, Perú: Geomántica Ambiental S.R.L.

- Apaza, M. (2008). Identificación de cultivos ilegales a través de imágenes digitales empleando la técnica de teledetección (tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.
- Rabanal, D. (2011). Integración de un sistema uav con control autónomo en un equipo aéreo para agricultura de precisión (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Yupanqui, R. (2014). Rectificación geométrica de imágenes mediante el empleo de transformaciones proyectivas y un sistema de medición inercial (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Sacristán Romero, Francisco (2006). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. AquaTIC, (24)
- Mapir.(2019). SanDiego, USA. Recuperado de <https://www.mapir.camera/community/contact>