

Identificación de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (bacterial leaf streak of rice) en las hojas de arroz mediante visión por computador

Angely Yahayra Mendez Cruz
Escuela de Informática
Universidad Nacional de Trujillo
La Libertad, Perú
t052701020@unitru.edu.pe

Ciara Solange Mendez Cruz
Escuela de Informática,
Universidad Nacional de Trujillo,
La Libertad, Perú
t022700920@unitru.edu.pe

Resumen—Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema de identificación de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* en hojas de arroz mediante visión por computador. Se recopiló un conjunto de datos de imágenes de hojas afectadas y sanas, aplicando técnicas de preprocesamiento de imágenes para mejorar su calidad y uniformidad. Luego, se extrajeron características visuales y patrones específicos utilizando bibliotecas de Python como Numpy y OpenCV. Y se desarrolló e implementó un modelo de aprendizaje automático para clasificar las imágenes, utilizando Scikit-learn. Además, se diseñará una interfaz de usuario intuitiva con Tkinter para que los usuarios puedan cargar imágenes. Se documentan y presentan los resultados, resaltando la viabilidad y efectividad del sistema. Este proyecto tiene el potencial de beneficiar a los agricultores y la industria del arroz al permitir un diagnóstico temprano y un manejo eficiente de la enfermedad.

Palabras Claves—visión por computadora, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*, preprocesamiento de imágenes, aprendizaje, Python.

INTRODUCCIÓN

La detección temprana y precisa de enfermedades en las hojas de las plantas de arroz es de vital importancia para garantizar la salud y el rendimiento de los cultivos que permitan promover una agricultura de alta calidad. En particular, la identificación de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*, la bacteria responsable de la enfermedad de la mancha bacteriana en las hojas del arroz, es fundamental para implementar medidas de manejo efectivas frente a ella.

En este contexto, la visión por computadora ha surgido como una herramienta prometedora para el diagnóstico rápido y no destructivo de enfermedades en las plantas. De acuerdo a Tian et al. (2019), visión por computadora es un campo que consiste en hacer que una máquina “vea”, esta tecnología utiliza imágenes y una computadora en lugar del ojo humano para identificar, rastrear y medir para un mejor procesamiento de imágenes y soluciones de problemáticas.

Por ello en el presente proyecto, presentamos un enfoque basado en visión por computador para identificar *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* en las hojas del cultivo de arroz. A través de la utilización de procesamiento de imágenes y técnicas de aprendizaje automático, extraemos

características relevantes de las imágenes de las hojas afectadas y las clasificamos para determinar si están infectadas o no. Nuestro objetivo principal es ofrecer una solución precisa y eficiente que pueda asistir a los agricultores en la rápida detección y control de la propagación de esta enfermedad, reduciendo así las pérdidas en los cultivos de arroz.

I. GENERALIDADES

1.1 Realidad problemática

A nivel internacional, según USDA-Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2022), la producción mundial de arroz pilado alcanzó las 513.7 millones de toneladas en la campaña 2021/2022, -0.2% respecto a la campaña 2020/2021. Esto se debe por sufrir el impacto climático en continentes como Asia, también señalan que se debe a especies o plagas que degeneran o dañan la producción de arroz, generando pérdidas económicas. Una de estas plagas es la *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*, la bacteria causante de la enfermedad conocida como mancha bacteriana en las hojas del arroz, que representa una problemática significativa de estos cultivos a nivel mundial. Esta enfermedad provoca daños extensos en las hojas, afectando el crecimiento y desarrollo de las plantas de arroz, y resulta en una disminución en la calidad de los cultivos.

Hasta ahora, la identificación y manejo de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* han sido desafiantes para los agricultores y especialistas en agricultura. Las técnicas tradicionales de diagnóstico y monitoreo de la enfermedad suelen ser laboriosas, subjetivas y requieren conocimientos especializados y de mucho esfuerzo. Además, la detección temprana de la enfermedad es crucial para prevenir su propagación, pero a menudo resulta difícil de lograr.

A nivel nacional, de acuerdo al informe emitido por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MINAGRI (2019), se estima que el arroz, contribuye cerca del 6% al Producto Bruto Interno (PBI) del sector agropecuario. Los principales departamentos que producen son La Libertad, Lambayeque, Cajamarca y San Martín. Representa la principal actividad económica en el Departamento La Libertad, con 12.62% de la producción de arroz a escala nacional.

Sin embargo, este sector siempre tiene que enfrentar desafíos como la disminución de producción de arroz, debido a diversos factores. Tales como el clima y patógenos, en el año 2017, según RPP, los agricultores del distrito de Guadalupe (provincia de Pacasmayo) expresaron su preocupación por el descenso de la producción de arroz, debido a las plagas que dejó el Niño costero durante ese año. Donde los hombres de campo pasaron de cosechar 14 mil kilos de arroz por hectárea, a recoger solo 5 mil kilos.

Algunos factores fueron analizados también en la Feria del Arroz Guadalupe-Valle Jequetepeque en el 2016 en el distrito de Guadalupe, provincia de Pacasmayo, región La Libertad. Donde se indicó que la disminución de la producción de arroz, ocasionada por el clima y patógenos, ocasionó pérdidas de hasta 50%. También indica que no solo las plagas alteraron la producción, sino también el aumento del calor. Ante estos hechos el Servicio Nacional de Sanidad Agraria -SENASA realizó la evaluación en el cultivo de arroz en La Libertad y Lambayeque, con la finalidad de brindar posteriormente las recomendaciones a los integrantes de la comisión de usuarios de agua para enfrentar las plagas y enfermedades, antes de iniciar una nueva campaña de siembra de este cereal.

Por los antecedentes de las plagas en cultivos de arroz, y las consecuencias graves a la economía y fuente de trabajo de los agricultores nos planteamos el objetivo de generar una identificación de la plaga: *mancha bacteriana en las hojas del arroz*, para un control y prevención, así contribuir a la rápida acción e intervención de los agricultores usando visión por computador.

1.2 Antecedentes

1.2.1 A Nivel Internacional

El artículo titulado: “Classification of Plant Leaf Diseases using Machine Learning and Image Preprocessing Techniques”, en español “Clasificación de enfermedades de las Hojas de las Plantas utilizando Técnicas de Aprendizaje Automático y Preprocesamiento de Imágenes”, de Sharma, P., Hans, P., & Gupta, S. C. (2020). Este documento presenta la detección y clasificación automática de enfermedades de hojas de plantas que utiliza una red neuronal convolucional para fines de clasificación, para realizar remedios necesarios y curar la enfermedad en los cultivos de la India. Con el objetivo de aumentar la productividad de los cultivos en la agricultura. La metodología que emplearon fue, una secuencia de pasos, recopilación de imágenes, conjunto de datos de más de 20.000 imágenes con 19 clases en total; *preprocesamiento de imágenes*, imágenes se redimensionan, el ruido se elimina con filtro (Gaussian Blur) y se convierte de RGB a HSV; *segmentación*, separar las hojas del fondo mediante el agrupamiento de K-means con 2 centros de clúster, uno para el fondo y otro para el primer plano y *clasificación*, con aprendizaje automático y algoritmos de aprendizaje profundo. El modelo se puede implementar en Android y en iOS para que los agricultores hagan uso real del sistema propuesto.

Otra investigación titulada “Rice Disease Identification and Classification by Integrating Support Vector Machine With Deep Convolutional Neural Network”, en español “Identificación y clasificación de enfermedades del arroz por Integración de la máquina de vectores de soporte con DeepRed neuronal convolucional”, de Hasan, M. J., et al. (2019). Este trabajo, presenta un enfoque para detectar

enfermedades del arroz mediante la aplicación de una Inteligencia Artificial (IA) y técnicas efectivas de visión por computadora como ayuda a los agricultores evitando pérdida de tiempo y esfuerzo humano. Se adoptó el clasificador SVM para combinarlo con un modelo de IA llamado CNN profundo. Se utilizan 1080 imágenes de un conjunto de datos de nueve enfermedades diferentes del arroz para entrenar el modelo propuesto. El clasificador SVM se entrenó con las características que se extraen del modelo DCNN. El modelo identificó y clasificó de manera competente las enfermedades del arroz de nueve tipos diferentes y logró una precisión del 97,5 %.

1.2.1 A Nivel Nacional

La tesis titulada: “Sistema Inteligente de reconocimiento de imágenes para apoyar el Diagnóstico de Plagas y Enfermedades en el cultivo de arroz en el departamento de Lambayeque en el año 2019” de Galán Zapata, J. L. (2021). El cultivo de arroz en Lambayeque como toda producción en agricultura padece plagas y enfermedades que la afectan y muchas veces es tardía su detección. Por ello, se desarrolló un sistema inteligente de aplicación móvil apoyado en un modelo de reconocimiento de imágenes basado en redes neuronales, con la intención de apoyar a un diagnóstico más específico de plagas y enfermedades mediante gráficos con porcentajes del campo evaluado. También se determinó un modelo secuencial de reconocimiento de imágenes, Keras, cuyos cuatro pasos son: convolución, agrupación, aplanamiento y conexión completa. Para el desarrollo del software se hizo uso de las metodologías CommonKads y RUP. Como resultados finales, esta investigación ayuda al ámbito de la agricultura, apoyando a evitar pérdidas económicas y distribución de un alimento tan consumido como es el arroz.

Otra tesis titulada “Sistema de visión computacional para la Identificación de Heliothis Virescens en Plantas de Arándano en una empresa agroindustrial, Chao 2020”, de González Rafael, M. Y., & Lifonso Zavaleta, M. (2020). El tipo de estudio realizado fue de naturaleza pre experimental, involucrando un grupo de 36 lotes de plantación de arándanos. Se empleó la observación para recopilar datos sobre el tiempo y la precisión del proceso de detección de plagas en los arándanos. Para el análisis de datos, se utilizó la herramienta Excel. Las variables abordadas en la identificación de plagas en las plantas de arándanos fueron la ejecución del proceso y la precisión, mientras que en el sistema de visión computacional se consideraron la adecuación funcional y la usabilidad. Los resultados obtenidos mostraron una efectividad del 70% en la identificación de plagas, además de una reducción de 30 minutos en el tiempo necesario para llevar a cabo el proceso. En base a esto, se concluyó que la incorporación de un sistema de visión computacional tiene un impacto significativo en la identificación de plagas. Esta afirmación se respalda mediante la prueba Z, donde se obtuvo un valor de $p < 0.05$ con un nivel de confianza del 95%.

1.3 Importancia del proyecto

Xanthomonas oryzae pv. *oryzicola* es la bacteria responsable de la enfermedad en las hojas del arroz. Esta enfermedad puede tener un impacto significativo en los cultivos de arroz, causando daños en las hojas. Por lo tanto, la importancia del proyecto radica en contar con una herramienta precisa y eficiente para identificar y monitorear la presencia

de esta bacteria en las hojas del arroz es esencial para implementar medidas de control y manejo adecuadas.

Además, la detección temprana de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* es fundamental para prevenir la propagación de la enfermedad y minimizar los daños en los cultivos de arroz. Las técnicas de detección tradicionales suelen ser laboriosas y requieren experiencia especializada, lo que dificulta la identificación oportuna de la enfermedad. La visión por computador ofrece la capacidad de analizar imágenes de las hojas afectadas y utilizar procesamiento de imágenes y aprendizaje automático para detectar patrones específicos asociados a la presencia de la bacteria. Esto permite una detección rápida y precisa de la enfermedad, lo que a su vez permite a los agricultores tomar medidas oportunas para controlar su propagación.

También, la visión por computador ofrece la ventaja de ser un enfoque no destructivo, lo que significa que no se requiere la extracción o destrucción de muestras de hojas para realizar la detección. La implementación y realización de este proyecto permitirá un monitoreo continuo y no invasivo de los cultivos de arroz, lo que a su vez ayuda a reducir los costos y el tiempo asociados con los métodos de detección tradicionales. Esto otorgará a los agricultores tener una mayor productividad tanto en cantidad como en calidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema de identificación de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* en las hojas del cultivo de arroz utilizando visión por computador, con el fin de proporcionar una herramienta precisa y eficiente para el diagnóstico temprano y no destructivo de la enfermedad.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recopilar un conjunto de datos de imágenes (datasets) en CABY Digital Library y Kaggle de hojas de arroz afectadas por *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*, así como imágenes de hojas sanas como referencia.
- Aplicar técnicas de preprocesamiento de imágenes para mejorar la calidad y la uniformidad de las imágenes, eliminando el ruido y resaltando las características relevantes.
- Extraer características visuales y patrones específicos de las imágenes de las hojas afectadas por *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* utilizando librería Numpy, OpenCV de Python para el procesamiento de imágenes y técnicas de visión por computador.
- Desarrollar e implementar un modelo de aprendizaje automático capaz de clasificar las imágenes de las hojas sanas o afectadas utilizando librerías Numpy, OpenCV, Scikit-learn de Python.
- Diseñar una interfaz de usuario intuitiva usando la librería Tkinter de Python que permita a los usuarios cargar imágenes de hojas de arroz y recibir la identificación correspondiente, indicando si están sanas o infectadas por la enfermedad.
- Documentar y presentar los resultados del proyecto, destacando la viabilidad y efectividad del sistema de identificación desarrollado, así como sus beneficios potenciales para los agricultores y la industria del arroz.

1.5 Alcance y limitaciones

1.5.1 Alcance

El alcance del proyecto se centra en la recopilación de un

conjunto de datos de imágenes de hojas de arroz afectadas por *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*, así como imágenes de hojas sanas. Con estos datos, se aplicarán técnicas de preprocesamiento de imágenes para mejorar la calidad de las imágenes.

Además, en el procesamiento de imágenes se buscará extraer características visuales y patrones específicos de las hojas afectadas utilizando las librerías Numpy y OpenCV de Python. Con base en esto, se desarrollará e implementará un modelo de aprendizaje automático capaz de clasificar las imágenes de las hojas como sanas o afectadas utilizando las librerías Numpy, OpenCV y Scikit-learn de Python.

El alcance también incluye el diseño de una interfaz de usuario intuitiva utilizando la librería Tkinter de Python, que permita a los usuarios cargar imágenes de hojas de arroz y recibir la identificación, con un mensaje si están sanas o infectadas. Finalmente, se presentarán los resultados del proyecto, resaltando la viabilidad y efectividad del sistema de identificación desarrollado.

1.5.2 Limitaciones

Consideramos como principal limitación, la dataset que solo contiene 700 Imágenes entre sanas y enfermas, debido a que no hay una cantidad suficiente de imágenes disponibles en los repositorios de datos, lo que podría afectar la capacidad de entrenar y evaluar el modelo de aprendizaje automático de manera efectiva. Otro desafío es que se implementará con fotografías de cultivos no peruanos en una interfaz sencilla, esto al no tener acceso a una empresa del sector agrícola del país o departamento donde podamos realizar la adquisición de captura de imágenes con una cámara digital. Como tercera limitación tenemos a la especificidad de una sola plaga porque existen otras enfermedades y plagas que también pueden afectar las hojas de arroz y presentar síntomas similares. El sistema de identificación puede tener obstáculos para diferenciar entre diferentes tipos de enfermedades y plagas.

II. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Análisis inicial

El proceso de la identificación de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* en las hojas del cultivo de arroz basado en visión por computadora se muestra en la Figura 1.

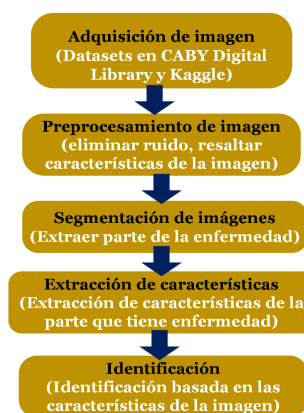


Fig. 1. Enfoque general de identificación de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* en las hojas del cultivo de arroz.

El proceso de detección de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* en las hojas del cultivo de arroz inicia con el

método de adquisición de imágenes que sirve para entrenar y evaluar el sistema de visión por computador, por ello, fue necesario recopilar un conjunto de datos de imágenes que contengan hojas de arroz tanto sanas como infectadas por *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*. Continua con el preprocesamiento de las imágenes que requiere un análisis exhaustivo de las imágenes recolectadas. Este método incluye técnicas de preprocesamiento para mejorar la calidad de las imágenes, corregir el contraste, reducir el ruido y resaltar las características relevantes. Una vez que las imágenes han sido preprocesadas y segmentadas, se deben extraer características relevantes que ayuden a distinguir las hojas sanas de las que no lo están. Finalmente, se identifica las hojas de arroz infectadas y que imágenes tienen hojas de arroz sanas.

2.2 Diseño de alto Nivel

En el diagrama de Cajas Negras, obsérvese en la Figura #, la estructura, implementación o escenario interno, que asume el sistema de visión por computador para la identificación de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (bacterial leaf streak of rice) en las hojas del cultivo de arroz. En primer lugar, al lado izquierdo se indica la entrada al sistema, la cual es la imagen de arroz sana o enferma. En la primera fila del proceso se detallan los pasos a seguir para lograr las dos primeras etapas las cuales son el preprocesamiento y la segmentación de imágenes. En la segunda fila, se observa lo correspondiente a la extracción de características y finalmente, la última fila a lo que se realiza para lograr la identificación de la enfermedad.

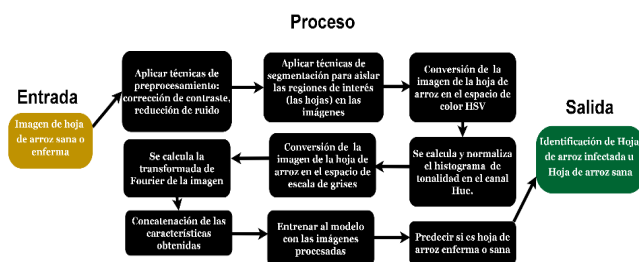


Fig. 2. Diagrama General de Cajas Negras para la identificación de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* en las hojas del cultivo de arroz.

2.3 Diseño detallado

2.3.1 Adquisición de imágenes

Las imágenes son obtenidas desde los dos datasets: CABY Digital Library y Kaggle. Recolectamos un total de 700 imágenes: 350 corresponden a imágenes de hojas de arroz sanas y 350 a hojas de arroz con *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*. Todas las imágenes encontradas en las datasets tienen dimensiones de 2400x1700 píxeles. Las imágenes presentan fondo blanco y con una iluminación casi uniforme, ya que algunas de ellas tienen sombra. El formato de todas las imágenes es JPG.

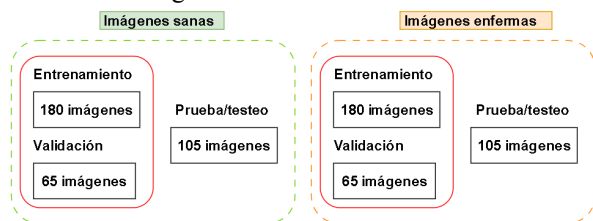


Fig. 3. Diagrama Comparativo de Asignación de Cantidad de Imágenes Sanas y Enfermas para entrenamiento, validación y prueba.

Como se observa en la Figura 3, de las 350 se destinó 180 para entrenamiento, 65 para la validación y 105 para prueba y testeo. (Ver Figura 4)

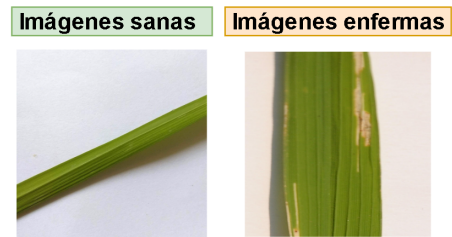


Fig. 4. Ejemplos de fotografías de imágenes sanas y enfermas.

2.3.2 Preprocesamiento de imágenes

Inicialmente se obtuvo imágenes a través de las datasets con tamaño de 2400x1700 píxeles, lo que generaba un alto consumo de memoria y coste computacional, por lo que se redujo a 1600x1600 píxeles. Además, estas imágenes tienen varios pasos del procesamiento de imágenes que incluyen la eliminación del fondo de la imagen, eliminación de ruido, cambio de tamaño de imagen. Para la eliminación de fondo se utiliza el algoritmo de sustracción de fondo (Background Subtraction) que detecta y elimina el fondo de las imágenes. A través la librería OpenCV de Python se obtendrá las funciones `cv2.createBackgroundSubtractorMOG2()` y `cv2.createBackgroundSubtractorKNN()` para este propósito. Además para la eliminación de ruido, se utiliza el filtro de media (Average/Box filter) de la función `cv2.boxFilter()` para aplicar un filtro de media y reducir el ruido en la imagen, también el filtro Gaussiano (Gaussian filter) que emplea la función `cv2.GaussianBlur()` y el filtro de mediana (Median filter) que utiliza la función `cv2.medianBlur()` para aplicar un filtro de mediana y eliminar el ruido impulsivo de la imagen. Finalmente, para la redimensión de las imágenes se utiliza la función `cv2.resize()` para cambiar el tamaño de la imagen según una escala específica.

2.3.3 Segmentación de imágenes

De las imágenes se esperan tres grupos de una imagen de hoja de arroz: fondo, parte enferma y parte verde de la hoja. Por ello, se aplica tres técnicas de segmentación de imágenes para extraer la parte enferma de la imagen de la hoja. Inicialmente, la agrupación de k-medias basada en el espacio de color LAB, luego la técnica de segmentación de Otsu y finalmente, la agrupación de k-medias basada en el espacio de color HSV. Se usa el agrupamiento de K-means en el componente Hue de la imagen HSV. Se usa el umbral de Otsu para eliminar la porción verde innecesaria presente en el grupo enfermo, obtenido como resultado del agrupamiento de K-means.

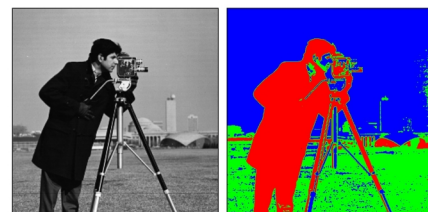


Fig. 5. Ejemplo de Segmentación K-means en el componente Hue de la imagen HSV..

2.3.4 Extracción de características

Primero, las imágenes se convierten a imágenes de espacio de color HSV usando librerías y funciones de Python, ya que el espacio de color HSV separa la información de tonalidad, saturación y valor, lo cual puede ser útil para detectar enfermedades en las hojas de arroz. Luego se calcula el histograma de tonalidad de la imagen en el canal de tonalidad (Hue) utilizando `cv2.calcHist()` y se normaliza el histograma para asegurarnos de que las características estén en el rango correcto. Luego, convertimos la imagen a escala de grises utilizando. A partir de la imagen en escala de grises, calculamos la transformada de Fourier. Por último, se concatena las características obtenidas del histograma de tonalidad y el espectro de magnitud para formar un vector de características final.

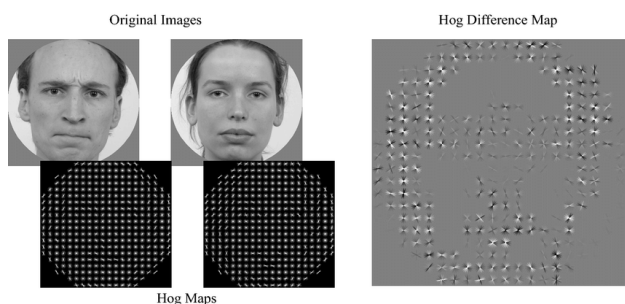


Fig. 6. Visualización de la extracción de características de Fourier que muestra un ejemplo de dos imágenes utilizadas en una prueba, sus respectivas características de Fourier muestreadas y el mapa de diferencias de características de Fourier.

2.3.5 Clasificación de imágenes

Para la identificación de hojas sanas y enfermas se usa SVM, el cual es un algoritmo de aprendizaje supervisado que puede manejar tanto problemas de clasificación lineal como no lineal. Esto es beneficioso en el caso de identificar enfermedades de la hoja del arroz, ya que la relación entre las características de las imágenes y la presencia de la enfermedad puede no ser lineal. Para ello, se utiliza la biblioteca Scikit-learn en Python para crear un clasificador SVM, donde se configura los parámetros del SVM y se entrena el modelo utilizando el conjunto de imágenes de las hojas de arroz.

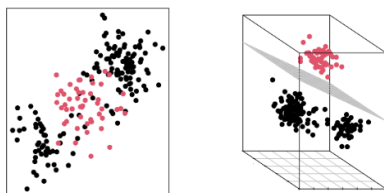


Fig. 7. El Support Vector Classifier descrito consigue buenos resultados cuando el límite de separación entre clases es aproximadamente lineal. Si no lo es, su capacidad decae drásticamente. Una estrategia para enfrentarse a escenarios en los que la separación de los grupos es de tipo no lineal consiste en expandir las dimensiones del espacio original (3D)

REFERENCIAS

- Sharma, P., Hans, P., & Gupta, S. C. (2020). Classification Of Plant Leaf Diseases Using Machine Learning And Image Preprocessing Techniques. 2020 10th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence). doi:10.1109/confluence47617.2020.90
- Hasan, M. J., Mahbub, S., Alom, M. S., & Nasim, M. A. (2019, May). Rice disease identification and classification by integrating support vector machine with deep convolutional neural network. In 2019 1st international conference on advances in science, engineering and robotics technology (ICASERT) (pp. 1-6). IEEE.
- Galan Zapata, J. L. (2021). Sistema inteligente de reconocimiento de imágenes para apoyar el diagnóstico de plagas y enfermedades en el cultivo de arroz en el departamento de Lambayeque en el año 2019.
- González Rafael, M. Y., & Lifonso Zavaleta, M. (2020). Sistema de visión computacional para la identificación de heliothis virescens en plantas de arándano en una empresa agroindustrial, Chao 2020.
- Redacción RPP. (2017, October 27). Baja producción de arroz por plagas del Niño costero en Guadalupe. Rpp.pe; RPP. <https://rpp.pe/peru/la-libertad/baja-produccion-de-arroz-por-plaga-s-del-nino-costero-en-guadalupe-noticia-1085148?ref=rpp>
- Agencia Agraria de Noticias (2022). La producción mundial de arroz pilado alcanzó las 513.7 millones de toneladas en la campaña 2021/2022. <https://acortar.link/IMqmGP>
- Agencia Agraria de Noticias (2019). MINAGRI: Plaga, enfermedades y malezas pueden causar pérdidas en promedio de 30% en el rendimiento productivo del arroz. <https://agraria.pe/noticias/plaga-enfermedades-y-malezas-pueden-causar-perdidas-en-promo-20303>
- SENASA (2016). Evaluación de cultivo de arroz - SENASA al día. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/lambayeque-evaluacion-de-cultivo-de-arroz/>

ANEXOS

ANEXO 1

Fig. 1. (a)

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Resultados obtenidos

3.2 Discusión

IV. CONCLUSIONES