

# ANÁLISIS Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE CLASIFICACIÓN DE PAPA NATIVA

Anggie Antuane Huaman Morales

*Escuela Profesional de Ingeniería Informática y de Sistemas*  
*Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco*  
Cusco, Perú  
160696@unsaac.edu.pe

Dylan Patrick Meza Chalco

*Escuela Profesional de Ingeniería Informática y de Sistemas*  
*Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco*  
Cusco, Perú  
211858@unsaac.edu.pe

Mei-ling, Biggerstaff Pumacahua

*Escuela Profesional de Ingeniería Informática y de Sistemas*  
*Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco*  
Cusco, Perú  
210919@unsaac.edu.pe

Rony Wilson Quinaya Mejia

*Escuela Profesional de Ingeniería Informática y de Sistemas*  
*Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco*  
Cusco, Perú  
113547@unsaac.edu.pe

**Resumen**—El presente proyecto busca desarrollar una aplicación móvil basada en aprendizaje automático para la identificación automática de variedades de papa nativa en las regiones andinas. Debido a la alta variabilidad visual de estas papas, su clasificación manual resulta difícil y propensa a errores, afectando la conservación de su biodiversidad y el manejo eficiente de estos cultivos. La aplicación móvil utilizará modelos de clasificación entrenados con imágenes capturadas por dispositivos móviles, facilitando su uso en campo por agricultores y especialistas.

El proyecto se desarrollará en varias fases, incluyendo la recopilación y preparación de un conjunto de datos de imágenes de papas, el diseño y entrenamiento de modelos de aprendizaje automático (como KNN, Árbol de Decisión, Naïve Bayes y Redes Neuronales Convolucionales), y la implementación de la aplicación móvil que integrará estos modelos. La investigación también aborda la selección de características visuales clave (como color, forma, brillo y rugosidad) para optimizar la precisión del modelo en la clasificación.

**Palabras clave**—Aprendizaje automatico, KNN, Redes Neuronales.

## I. INTRODUCCIÓN

### I-A. Formulación de problema de investigación

La identificación de variedades de papa nativa, un recurso agrícola clave en las regiones andinas, enfrenta desafíos debido a la variabilidad visual y la dificultad para realizar una clasificación precisa de manera manual. Este problema afecta la preservación de la biodiversidad y la gestión de los recursos agrícolas. La formulación del problema busca resolver esta limitación mediante el desarrollo de una aplicación móvil basada en modelos de aprendizaje automático, que extraiga características visuales de las papas para su identificación automática, mejorando la precisión y facilitando su uso en campo por parte de agricultores y especialistas.

### I-B. Justificación

La conservación de las variedades de papa nativa es fundamental para la biodiversidad agrícola y la sostenibilidad de las regiones andinas, donde la papa tiene un alto valor cultural, social y económico. La identificación correcta y eficiente de estas variedades es crucial para su preservación y uso adecuado. La aplicación móvil que se propone tendrá un impacto social positivo, al proporcionar a los agricultores y especialistas una herramienta de fácil uso para la identificación precisa de las variedades de papa, reduciendo la posibilidad de errores. Económicamente, la correcta identificación permitirá una mejor gestión de los cultivos, optimizando la comercialización y el mantenimiento de las variedades nativas, lo que puede mejorar los ingresos de los productores. Ambientalmente, contribuirá a la preservación de la biodiversidad, evitando la pérdida de variedades nativas por confusión o mal manejo.

### I-C. Impacto Social

El proyecto tendrá un impacto social significativo al empoderar a las comunidades rurales y agrícolas de las regiones andinas, permitiéndoles preservar su patrimonio agrícola y cultural. La aplicación móvil facilitará la identificación rápida y precisa de las variedades de papa nativa, promoviendo la educación y conciencia sobre la importancia de la biodiversidad. Los agricultores, que tradicionalmente dependen del conocimiento transmitido de generación en generación, tendrán acceso a una herramienta que complementará su experiencia y reducirá los márgenes de error en la identificación manual. Además, la aplicación contribuirá a mejorar la comunicación entre agricultores, instituciones educativas y centros de investigación, fomentando la transferencia de conocimientos y tecnologías hacia las comunidades más vulnerables.

**I-C1. Impacto Económico:** El desarrollo de esta aplicación móvil también generará un impacto económico positivo

al mejorar la eficiencia en la gestión de cultivos de papa nativa. La identificación correcta de las variedades permitirá una mejor clasificación y manejo de los productos, lo que puede incrementar la calidad y el valor de los cultivos en los mercados locales y nacionales. Los agricultores podrán tomar decisiones más informadas sobre la siembra, cosecha y comercialización de las variedades de papa, optimizando sus recursos y aumentando su competitividad. Además, la tecnología puede atraer la atención de mercados especializados y exportadores, interesados en variedades autóctonas y productos agrícolas diferenciados, contribuyendo así al crecimiento económico de las comunidades agrícolas.

*I-C2. Impacto Ambiental:* Desde una perspectiva ambiental, la correcta identificación y preservación de las variedades de papa nativa ayudará a mantener la biodiversidad agrícola en las regiones andinas. La diversidad genética de la papa es esencial para la adaptación de los cultivos a diferentes condiciones climáticas y de suelo, así como para la resistencia a enfermedades. La aplicación contribuirá a evitar la erosión genética al asegurar que las variedades nativas se identifiquen, preserven y cultiven adecuadamente. Además, un manejo más eficiente de los cultivos puede reducir el uso de insumos agrícolas como pesticidas y fertilizantes, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles que disminuyan el impacto ambiental en las zonas de cultivo.

#### *I-D. Alcances y limitaciones*

El proyecto tiene como alcance el desarrollo de una aplicación móvil funcional que permita la clasificación de hasta 84 variedades de papa nativa, entrenada con un conjunto de datos previamente recolectado y procesado. Se utilizarán diversas técnicas de aprendizaje automático para garantizar la precisión del modelo, y se realizará una evaluación comparativa de los diferentes algoritmos implementados.

Sin embargo, el proyecto está limitado por la cantidad y calidad de las imágenes disponibles en el dataset, lo que puede afectar la precisión del modelo. Además, la identificación se basará exclusivamente en características visuales, por lo que puede no ser suficiente en casos donde las variedades presentan variabilidad en factores no visibles.

## II. METODOLOGÍA

La metodología a seguir en este proyecto se basará en un enfoque experimental y de desarrollo. Se seguirán las siguientes fases:

1. **Análisis del Problema:** Se realizará un análisis detallado del problema de clasificación de papas nativas, identificando las características visuales relevantes y los retos técnicos asociados.
2. **Revisión Bibliográfica:** Se llevará a cabo una revisión de estudios previos relacionados con la clasificación de variedades de papa y el uso de técnicas de aprendizaje automático para tareas de identificación visual.

3. **Creación y Preparación del Dataset:** Se recolectarán imágenes de diferentes variedades de papa nativa, las cuales serán procesadas y etiquetadas para la creación del conjunto de datos.

4. **Diseño del Modelo:** Se diseñarán los modelos de aprendizaje automático, utilizando algoritmos de clasificación como KNN, Árbol de Decisión, Naïve Bayes, Redes Neuronales Convolucionales, y técnicas de ensamble.

5. **Entrenamiento y Evaluación del Modelo:** Se entrenarán los modelos con el conjunto de datos de imágenes, y se evaluará su rendimiento utilizando métricas como precisión, *recall* y *F1-score*.

6. **Desarrollo de la Aplicación Móvil:** Se implementará una aplicación móvil que permita la captura de imágenes y la identificación de variedades de papa utilizando el modelo entrenado.

7. **Pruebas y Validación:** Se realizarán pruebas de la aplicación en diferentes entornos para garantizar su funcionalidad y precisión en la identificación.

8. **Redacción del Artículo Científico:** El proyecto culminará con la redacción de un artículo científico que documente los hallazgos y resultados del trabajo, siguiendo el formato IEEE [9].

#### *II-A. Antecedentes*

1. **TuberVision: Descubriendo la Diversidad de la Papa a través de Técnicas Avanzadas de Clasificación**

Este estudio presenta un modelo híbrido que combina Redes Neuronales Convolucionales (CNN) y algoritmos de Bosque Aleatorio para clasificar seis variedades de papas. Utilizando un conjunto de datos de 6147 fotos, el modelo alcanzó una precisión del 78.94 %, con métricas similares en recuperación y puntuación F1. El conjunto de datos fue dividido en un 70 % para entrenamiento y 30 % para pruebas, lo que permitió evaluar adecuadamente la capacidad del modelo para generalizar. La investigación subraya la efectividad de la combinación de estos algoritmos y destaca la importancia de la curación de datos en la tecnología agrícola, sentando bases para futuras mejoras en el aprendizaje automático para la gestión de cultivos [1].

2. **Detección de Defectos en Patatas Andinas utilizando Aprendizaje Profundo y Aprendizaje Adaptativo**

La investigación aborda la clasificación automática de papas para mejorar su calidad, especialmente en el caso de la papa Huayro, una variedad andina originaria de Perú. Se utiliza una Red Neural Convolutiva para detectar defectos en su superficie, un desafío debido a sus ojos marcados que complican la identificación de

plagas. Se implementó un aprendizaje adaptativo para optimizar el rendimiento del modelo. Los resultados muestran una puntuación F1 del 88,2 %, indicando un buen desempeño en la detección de defectos, lo que contribuiría a mejorar la calidad del producto en la cadena de producción [2].

### **3. Predicción del rendimiento de la papa mediante técnicas de aprendizaje automático y datos de Sentinel 2**

En Bangladesh, las papas son un cultivo importante, pero su producción se ve afectada por diversas enfermedades que incrementan los costos de los agricultores. El artículo propone un sistema automatizado para detectar y clasificar enfermedades en las hojas de papa utilizando imágenes y tecnología de aprendizaje automático. Utilizan más de 2034 imágenes de hojas de papa enfermas y saludables de una base de datos pública. Al aplicar modelos preentrenados, lograron una precisión del 99.23 % en la clasificación de las hojas, usando un 75 % de los datos para entrenamiento y un 25 % para pruebas. Los resultados demuestran que el aprendizaje automático supera las tareas anteriores en la detección de enfermedades en papas [3].

### **4. Sistema avanzado basado en algoritmos de aprendizaje automático para el reconocimiento de enfermedades de las hojas de los cultivos**

Este estudio propone un sistema automatizado para detectar enfermedades en hojas de papa y maíz usando técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático. Se lograron precisiones entre el 92.8 % y el 98.7 %, superando técnicas previas. El sistema utiliza análisis de componentes principales (PCA) para reducir la dimensionalidad y clasificadores para identificar las enfermedades en imágenes del conjunto de datos Plant Village [4].

### **5. Usando aprendizaje profundo para la detección de enfermedades en tubérculos de papa basadas en imágenes**

Este estudio utiliza aprendizaje profundo para detectar enfermedades en tubérculos de papa mediante imágenes. El modelo alcanzó un 96 % de precisión al clasificar correctamente las imágenes. A pesar de algunas dificultades para distinguir entre papas sanas e infectadas con costra plateada, los resultados demostraron el potencial del aprendizaje profundo como una forma para la detección de enfermedades en la agricultura [5].

### **6. Detección y clasificación de enfermedades de la papa utilizando métodos de aprendizaje profundo**

Este estudio demuestra que el uso de visión artificial y procesamiento de imágenes es clave para detectar defectos en patatas. Este artículo presenta el uso de redes neuronales convolucionales para clasificar cinco

enfermedades de la papa: sana, sarna negra, sarna común, pata negra y podredumbre rosada, utilizando un conjunto de datos de 5000 imágenes. Al comparar nuestros resultados con otros métodos como Alexnet y GoogLeNet, logramos precisiones del 100 % y 99 % en algunas clases, superando otros estudios previos [6].

### **7. Detección de enfermedades de la papa mediante segmentación de imágenes y aprendizaje automático**

El estudio explora los métodos para diagnosticar enfermedades en plantas de papa mediante el procesamiento automático de imágenes. El enfoque implica principalmente la segmentación de imágenes de hojas para aislar las áreas enfermas, seguida de la aplicación de técnicas de aprendizaje automático, como las máquinas de vectores de soporte (SVM), para clasificar el tipo de enfermedad presente. Se utilizó un conjunto de datos de más de 300 imágenes de fuentes disponibles públicamente como PlantVillage, el modelo logró una impresionante precisión de clasificación del 95 %. Este trabajo ofrece un camino hacia métodos de detección de enfermedades más eficientes y escalables en la agricultura, lo que potencialmente reduce la necesidad de inspección manual y conocimiento experto. La investigación destaca la eficacia de combinar la segmentación de imágenes y el aprendizaje automático, lo que ofrece aplicaciones prometedoras en la seguridad alimentaria y la agricultura de precisión [7].

### **8. Detección de defectos de papa basada en visión computacional usando redes neuronales y máquinas de vectores de soporte**

El estudio se centra en el desarrollo de un sistema automatizado para la detección de defectos en papas utilizando técnicas de visión por computadora. Aborda la necesidad de un método eficiente y preciso para evaluar la calidad de las papas en el proceso de postcosecha, donde los métodos tradicionales de inspección manual resultan ser lentos y propensos a errores. Se implementan redes neuronales convolucionales (CNN) y máquinas de soporte vectorial (SVM) para clasificar diferentes tipos de defectos en las papas. El proceso incluye la recolección de imágenes de las papas y su posterior análisis para extraer características relevantes. Las CNN son especialmente efectivas para identificar patrones en imágenes, mientras que las SVM se utilizan para la clasificación de estos. Los resultados obtenidos muestran una alta precisión en la detección de defectos, alcanzando hasta un 96 % de efectividad. La combinación de redes neuronales convolucionales (CNN) y SVM ha demostrado ser eficaz, destacando la importancia del preprocesamiento de imágenes y la selección de características relevantes para optimizar el rendimiento del modelo [8].

## II-B. Descripción y Justificación de las Características Seleccionadas

Para desarrollar un modelo de aprendizaje automático que permita realizar predicciones efectivas sobre las papas, se han seleccionado diversas características basadas en propiedades visuales y geométricas de las imágenes de las papas. Estas características se eligieron debido a su relevancia en la identificación y diferenciación de las 84 variedades de papas, lo cual es fundamental para el modelo.

**II-B1. Color Predominante:** Estas tres características representan los valores promedio de los componentes rojo (R), verde (G) y azul (B) de los colores presentes en las imágenes de las papas, y constituyen el color principal de cada imagen. La elección de estas características se basa en que el color de la papa puede ser un indicador directo de su tipo, calidad, y estado de madurez. Estos factores son visualmente perceptibles y, por lo tanto, el análisis del color promedio es relevante para el modelo.

**Justificación:** Los tonos principales en RGB son esenciales para diferenciar variedades de papa que pueden variar en color debido a sus características genéticas, nivel de madurez o directamente su tipo.

Son invariantes a la traslación, rotación y escala.

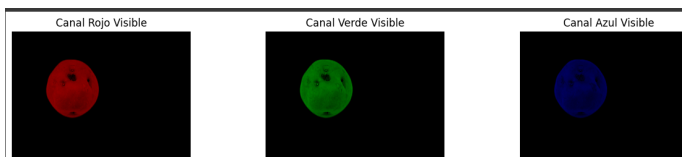


Figura 1. Separación de colores RGB

**II-B2. Color Secundario R, Color Secundario G, Color Secundario B:** Estas características corresponden a los valores de RGB de los colores secundarios, es decir, aquellos que están presentes en menor proporción en cada imagen de papa. Al incluir el color secundario, el modelo puede captar variaciones menores en la coloración de la superficie de la papa que pueden ser indicativas de irregularidades, defectos o particularidades de cada variedad.

**Justificación:** La coloración secundaria podría revelar indicios de factores de calidad, tales como la presencia de manchas, imperfecciones superficiales e incluso variedades que se caracterizan por tener mas de un solo color. Estas variaciones cromáticas son útiles para el modelo en la identificación de problemas o características específicas de cada muestra.

Estas también son invariantes a la traslación y a la rotación.

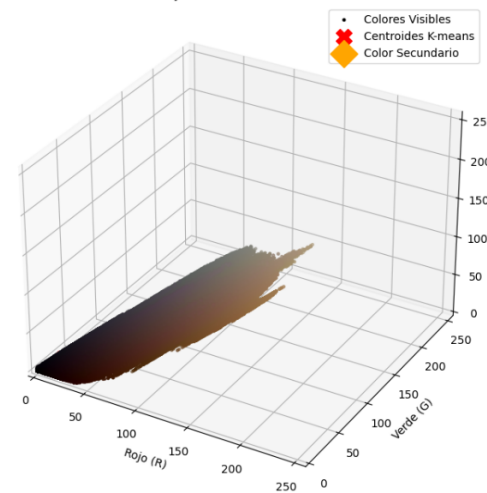


Figura 2. Obtención de colores secundarios

**II-B3. FORMA:** para poder definir por su forma lo que queríamos eran indicadores invariantes para la traslación, rotación y para la escala y por eso tomamos 2 indicadores que son:

- **Circularidad** La circularidad es una medida geométrica que describe qué tan cerca está la forma de la papa de ser circular. Este valor es útil para captar variaciones en la forma que pueden relacionarse con la genética de la papa o con deformaciones que indican algún problema durante el crecimiento o almacenamiento.

**Justificación:** La forma es un indicador visual que influye en la clasificación de las papas y puede ser útil para determinar a que características de un tipo de asemeja más, así como para diferenciar entre variedades que tienden a presentar diferentes proporciones y contornos. Invariante a la rotación y traslación

- **Relación de Aspecto** La relación de aspecto se refiere a la proporción entre el largo y el ancho de la papa. Esta característica es relevante porque algunas variedades de papa tienen formas más alargadas, mientras que otras son más redondeadas o esféricas. La relación de aspecto permite al modelo diferenciar entre tipos de papa y posibles deformaciones que afecten la calidad.

**Justificación:** La forma y las proporciones de la papa influyen en su aceptación comercial y su propósito de uso, como la preferencia de ciertas variedades para frituras o para consumo en fresco. Por lo tanto, incluir esta característica puede mejorar la precisión en la clasificación de calidad y uso.

Es invariante a la traslación y la escala.

**II-B4. Brillo Promedio :** El brillo promedio se calcula como la intensidad promedio de los píxeles visibles en una imagen en escala de grises, tomando en cuenta únicamente



Figura 3. Preservación de forma

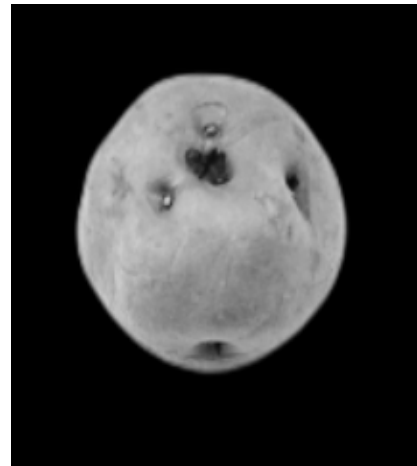


Figura 4. Transformación a escala de grises y medición de la entropía

aquellos píxeles dentro de una máscara de área de interés (la zona visible de la papa). Este valor representa la cantidad de luz reflejada por la superficie de la papa, lo cual puede estar influenciado por factores como la suavidad de la piel y la frescura.

**Justificación:** Un nivel adecuado de brillo promedio ayuda a evaluar la calidad visual de la papa, ya que una superficie fresca y lisa suele reflejar más luz y, por lo tanto, presenta un brillo más alto. Por otro lado, una papa con una piel más opaca o deteriorada tenderá a reflejar menos luz, afectando el valor del brillo. Incluir esta característica permite al modelo capturar variaciones relacionadas con el estado de la superficie, lo cual es relevante para diferenciar entre papas de alta y baja calidad visual.

Es invariante a la traslación y rotación.

**II-B5. Rugosidad (medida por la Entropía) :** La rugosidad de la superficie de la papa se determina mediante el cálculo de la entropía de la textura en la imagen. La entropía mide la cantidad de variación o desorden en los píxeles de la superficie de la papa, y valores altos de entropía indican una textura más rugosa o irregular. Esta medida ayuda a identificar irregularidades superficiales que pueden estar asociadas con problemas de calidad o daño físico.

**Justificación:** La entropía como indicador de rugosidad es útil para diferenciar entre papas de superficie lisa y aquellas que presentan irregularidades o daños. Las papas con menor entropía suelen percibirse como de mayor calidad, mientras que aquellas con mayor rugosidad pueden tener un valor comercial reducido. Incluir esta característica ayuda al modelo a clasificar las papas según la calidad visual y a detectar posibles defectos superficiales.

Invariante a la traslación, rotación y escala.

## REFERENCIAS

- [1] Yashu, Kukreja, Vinay, Srivastava, Prateek, and Garg, Ashish (2024). TuberVision: Unveiling Potato Diversity through Advanced Classification Techniques. In *2024 IEEE International Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation (IATMSI)*, vol. 2, pp. 1-6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IATMSI60426.2024.10502772>
- [2] De La Cruz Casaño, Celso, Cataño Sánchez, Miguel, Rojas Chavez, Freddy, and Vicente Ramos, Wagner (2020). Defect Detection on Andean Potatoes using Deep Learning and Adaptive Learning. *2020 IEEE Engineering International Research Conference (EIRCON)*, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/EIRCON51178.2020.9254023>
- [3] Gómez, Diego, Salvador, Pablo, Sanz, Julia, and Casanova, Jose Luis (2019). Potato yield prediction using machine learning techniques and sentinel 2 data. *Remote Sensing*, vol. 11, no. 15, p. 1745. MDPI.
- [4] Aurangzeb, Khursheed, Akmal, Farah, Khan, Muhammad Attique, Sharif, Muhammad, and Javed, Muhammad Younus (2020). Advanced machine learning algorithm based system for crops leaf diseases recognition. In *2020 6th Conference on Data Science and Machine Learning Applications (CDMA)*, pp. 146-151. IEEE.
- [5] Oppenheim, Dor, Shani, Guy, Erlich, Orly, and Tsrur, Leah (2019). Using deep learning for image-based potato tuber disease detection. *Phytopathology*, vol. 109, no. 6, pp. 1083-1087. Am Phytopath Society.
- [6] Arshaghi, Ali, Ashourian, Mohsen, and Ghabeli, Leila (2023). Potato diseases detection and classification using deep learning methods. *Multimedia Tools and Applications*, vol. 82, no. 4, pp. 5725-5742. Springer.
- [7] Iqbal, Md Asif, and Talukder, Kamrul Hasan (2020). Detection of potato disease using image segmentation and machine learning. In *2020 International Conference on Wireless Communications Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, pp. 43-47. IEEE.
- [8] Moallem, Payman, Razmjoo, Navid, and Ashourian, Mohsen (2013). Computer vision-based potato defect detection using neural networks and support vector machine. *International Journal of Robotics and Automation*, vol. 28, no. 2, pp. 137-145.
- [9] Watson, James and Crick, Francis (1953). Molecular structure of nucleic acids. *Nature*, vol. 171, no. 4356, pp. 737-738. Notas opcionales.