

UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA

**FACULTAD DE CIENCIAS TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA
COMPUTACION**



Proyecto de la materia de Aplicaciones Inteligentes

Identificación de la madurez de frutas en Sucre mediante un modelo inteligente de segmentación

Leonel Avendaño Villarroel

Sucre, 20 de abril del 2023

Resumen

Este proyecto de investigación tiene como objetivo desarrollar un modelo inteligente de segmentación para identificar el estado de madurez de las frutas que se consumen en la ciudad de Sucre. La identificación precisa del estado de madurez de las frutas es esencial para garantizar su calidad y seguridad alimentaria. Consumir frutas que no están en un estado óptimo para el consumo puede llevar a complicaciones en la salud. A través del uso de técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático, se busca mejorar la precisión y eficiencia en la identificación del estado de madurez de las frutas.

El desarrollo de este modelo inteligente podría tener un impacto significativo en la industria alimentaria local y en la salud pública. Al mejorar la calidad y seguridad alimentaria de las frutas que se consumen en la ciudad, se podría reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos y mejorar la nutrición de la población.

Este proyecto se llevará a cabo mediante una revisión exhaustiva de la literatura científica sobre técnicas de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático aplicadas a la identificación del estado de madurez de las frutas. Además, se realizarán pruebas con diferentes tipos de frutas para evaluar la precisión y eficiencia del modelo desarrollado.

Antecedentes

La identificación del estado de madurez de las frutas es un tema de gran interés en la industria alimentaria y en la investigación científica. La calidad y seguridad alimentaria de las frutas depende en gran medida de su estado de madurez al momento del consumo. Por lo tanto, es esencial contar con métodos precisos y eficientes para identificar el estado de madurez de las frutas.

La revisión de la literatura reveló que hay una gran variedad de investigaciones dirigidas a la aplicación de redes neuronales artificiales y de visión artificial a la clasificación, inspección y predicción de los cambios físicos de las frutas y hortalizas (Redalyc, s.f.). Estas técnicas han demostrado ser efectivas en la identificación del estado de madurez de las frutas y en la mejora de la calidad y seguridad alimentaria.

Tradicionalmente, la identificación del estado de madurez de las frutas se ha realizado mediante la observación visual y el tacto. Sin embargo, estos métodos pueden ser subjetivos y poco precisos. La revisión de la literatura reveló que hay una gran variedad de investigaciones dirigidas a la aplicación de redes neuronales artificiales y de visión artificial a la clasificación, inspección y predicción de los cambios físicos de las frutas y hortalizas (Redalyc, s.f.). Estas técnicas han demostrado ser efectivas en la identificación del estado de madurez de las frutas y en la mejora de la calidad y seguridad alimentaria.

En los centros de abastos de la ciudad de Sucre, actualmente se utilizan métodos de identificación del estado de madurez de las frutas basados en la observación visual y el tacto. Sin embargo, estos métodos pueden ser subjetivos y poco precisos, lo que puede llevar a confiar en técnicas que no aseguran la madurez de las frutas. En algunas ocasiones, los consumidores solo pueden confiar en la buena fe de los vendedores de frutas, quienes pueden llegar a engañar al consumidor de manera intencionada o no intencionada con el fin de vender su producto y evitar pérdidas.

Problemática

En muchas ocasiones, debido a la falta de conocimiento o simplemente por descuido, la población tiende a consumir frutas en un estado de madurez inadecuado. Esto plantea un riesgo significativo para la salud, ya que las frutas no maduras pueden contener bacterias y parásitos perjudiciales para el organismo. La falta de una forma confiable y eficiente para determinar el estado de madurez de las frutas dificulta aún más la selección de frutas frescas y seguras para el consumo.

Además, en las diferentes temporadas del año, la ciudad de Sucre se abastece con una gran variedad de frutas. Esto hace que sea aún más difícil para los consumidores identificar el estado de madurez de todas las frutas disponibles. No todos los consumidores tienen las habilidades necesarias para identificar el estado de madurez de las frutas, lo que puede hacer que sean víctimas del engaño por parte de algunos vendedores.

Abordaje o Propuesta de Solución

Para abordar la problemática de la identificación precisa del estado de madurez de las frutas en la ciudad de Sucre, se propone el siguiente enfoque de solución:

1. Modelo de segmentación Yolo v8: Se utilizará el modelo de segmentación Yolo en su versión 8, que ha demostrado ser efectivo en la detección y clasificación de objetos en imágenes. Este modelo permitirá identificar y segmentar las frutas en las imágenes proporcionadas.
2. Plataforma web Roboflow: Se empleará la plataforma web Roboflow para la creación y etiquetado del dataset. Esta plataforma ofrece herramientas para etiquetar las imágenes y organizar los datos en conjuntos de entrenamiento, validación y prueba. Además, facilita la exportación del dataset en diferentes formatos, en este caso, se utilizará el formato de Yolo.
3. Interfaz de usuario a través de una página web: La interacción con el sistema se realizará mediante una página web accesible desde cualquier dispositivo que pueda almacenar imágenes. La página web estará desarrollada utilizando HTML, CSS y JavaScript, lo que garantizará una experiencia amigable para el usuario final.
4. Requisitos de las imágenes: Para utilizar el modelo de identificación semántica, será necesario subir imágenes con una dimensión de 640x640, ya que ese será el tamaño con el que se entrenará el modelo. Esto permitirá obtener resultados óptimos y precisos en la detección del estado de madurez de las frutas.
5. Backend con Flask: El modelo previamente entrenado estará montado en un servidor utilizando el framework Flask, el cual se encargará de gestionar las solicitudes y respuestas del sistema. La comunicación entre el frontend y el backend se realizará a través de una API en formato JSON, lo que permitirá la transferencia de datos de manera eficiente.

Con este enfoque, se busca desarrollar una solución integral que facilite la identificación del estado de madurez de las frutas de manera precisa y automatizada. Esto contribuirá a garantizar la seguridad alimentaria de los consumidores, promoviendo el consumo de frutas en su momento óptimo de madurez y evitando posibles enfermedades asociadas al consumo de frutas no adecuadas.

Objetivo General

Desarrollar un modelo inteligente basado en técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes que permita identificar el estado de madurez de las frutas en la ciudad de Sucre con una precisión del 88% o superior.

Objetivos Específicos

1. Identificar desde el punto de vista fruticultura los elementos y/o características necesarias para identificar el estado de madurez de las frutas en cuestión.
2. Identificar el estado del arte en la detección del estado de madurez de las frutas a través de modelos inteligentes.
3. Desarrollar un modelo inteligente que emplee diferentes técnicas.
4. Validar los resultados obtenidos por el software.

Fundamentos teóricos considerados en el trabajo.

a. Ámbito de la inteligencia artificial: Este proyecto se enfoca en el uso de técnicas avanzadas de inteligencia artificial en el campo del procesamiento de imágenes y aprendizaje automático. Se emplearán algoritmos y modelos para desarrollar un sistema inteligente capaz de identificar el estado de madurez de las frutas con alta precisión y eficiencia. Estudios previos han demostrado el potencial de estas técnicas para mejorar la precisión y eficiencia en la identificación del estado de madurez de las frutas. Por ejemplo, en el trabajo realizado por Diego Escobar Figueroa, “Sistema de visión artificial para la identificación del estado de madurez de frutas (granadilla)”, se logró una precisión del 92,6% en la identificación del estado de maduración. Esto proporciona una base sólida para aplicar esta técnica de identificación en nuestra región.

b. Ámbito al que se aplicó la inteligencia artificial: La identificación del estado de madurez de las frutas es un proceso crucial en la industria alimentaria. Tradicionalmente, este proceso se ha llevado a cabo mediante la inspección visual y manual por parte de expertos en la materia. Sin embargo, este método puede ser subjetivo y propenso a errores humanos. Además, puede ser un proceso lento y costoso, especialmente cuando se trata de grandes volúmenes de frutas. Por esta razón, se están explorando nuevas tecnologías para mejorar la precisión y eficiencia en la identificación del estado de madurez de las frutas.

Metodología

- a. Sustento metodológico:** La metodología utilizada en este proyecto se basa en el desarrollo de un modelo inteligente utilizando técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático. Se seguirá un enfoque iterativo para el desarrollo del modelo, con pruebas y ajustes constantes para mejorar su precisión y eficiencia.
- b. Técnicas de recolección de datos:** Para el proyecto, se recolectarán datos mediante la construcción de un conjunto de imágenes de frutas en diferentes estados de madurez. Esto se logrará a través de diversas técnicas, como la captura de imágenes con cámaras

de teléfonos móviles debido a su facilidad de uso y accesibilidad. También se pueden utilizar videos de internet que muestren frutas de nuestra región para complementar el conjunto de datos. Además, para mejorar la calidad y diversidad del conjunto de datos, se pueden aplicar técnicas de aumento de datos (data augmentation) para generar nuevas imágenes a partir de las existentes. Esto permitirá entrenar el modelo con un conjunto más completo y variado de datos.

c. Materiales y herramientas:

- i) Arquitectura software desarrollado: El software desarrollado seguirá una arquitectura modular, con componentes bien definidos y separados para facilitar su mantenimiento y escalabilidad.
- ii) Esquema y descripción de componentes del software: El software constará de varios componentes, incluyendo un módulo de procesamiento de imágenes para extraer características relevantes de las imágenes de frutas, un módulo de aprendizaje automático para entrenar el modelo inteligente y un módulo de interfaz de usuario para interactuar con el sistema.
- iii) Esquema y descripción de componentes de hardware: El hardware utilizado en el proyecto incluirá una computadora con capacidad suficiente para ejecutar el software desarrollado y una cámara para capturar imágenes de frutas.
- iv) Esquema y descripción de modelos o componentes inteligentes: En este proyecto se utilizará el modelo YOLO (You Only Look Once) en su versión 8 para realizar la segmentación semántica de las imágenes de frutas. YOLO es un modelo de detección de objetos en tiempo real que permite identificar y localizar múltiples objetos en una imagen. Su versión 8 ha mejorado en precisión y velocidad en comparación con versiones anteriores. Al utilizar este modelo, podremos identificar y segmentar las frutas en las imágenes para luego analizar su estado de madurez.
- v) Valores de parámetros e hiperparámetros aplicados: Los valores de los parámetros e hiperparámetros del modelo serán ajustados mediante pruebas y validación cruzada para mejorar su precisión y eficiencia.
- vi) Técnicas de depuración aplicadas: Se utilizarán técnicas estándar de depuración durante el desarrollo del software para identificar y corregir errores.
- vii) Especificaciones técnicas: Las especificaciones técnicas del proyecto incluirán los requisitos mínimos de hardware y software necesarios para ejecutar el sistema desarrollado.
- viii) Lenguajes de programación, frameworks, entre otros: El software será desarrollado utilizando lenguajes de programación y frameworks adecuados para el desarrollo de sistemas basados en inteligencia artificial, como Python y Pytorch.

Plan de trabajo: El plan de trabajo del proyecto incluirá las diferentes etapas del desarrollo del modelo inteligente, desde la recolección y organización de datos hasta la implementación del sistema en la industria alimentaria local.

Cronograma:

Actividad	Semana								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Definir el alcance y objetivos del proyecto.									
Recopilar y etiquetar datos.									
Desarrollar el modelo.									
Entrenar el modelo									
Evaluar el modelo y realizar mejoras.									
Finalizar el proyecto y preparar la documentación.									

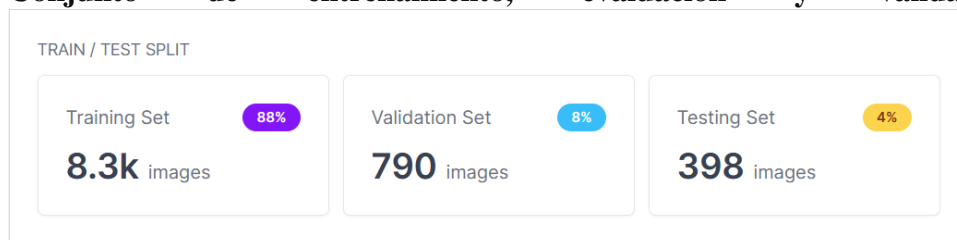
Resultados y Conclusiones:

a) Dataset:

- i) **Descripción y preprocesamiento realizado:** Para esta primera versión del sistema, se creó un conjunto de datos compuesto por 10 clases, con dos clases para cada una de las 5 frutas incluidas: mangos, mandarinas, naranjas, plátanos y limones. Para cada fruta, se capturaron imágenes en dos estados: consumible y no consumible. Este conjunto de datos fue construido utilizando la plataforma Roboflow.

Roboflow es una plataforma en línea que permite a los usuarios crear y gestionar conjuntos de datos para proyectos de visión por computadora. Ofrece herramientas para etiquetar y anotar imágenes, aplicar técnicas de preprocesamiento y aumento de datos, y exportar conjuntos de datos en diferentes formatos para su uso en modelos de aprendizaje automático. En cuanto al preprocesamiento de los datos, se aplicaron técnicas de normalización para asegurar que todas las imágenes tuvieran 3 canales (RGB) y dimensiones de 640x640 píxeles. También se utilizó la técnica de aumento de datos (data augmentation) para generar nuevas imágenes a partir de las existentes mediante operaciones como el volteo horizontal y vertical, la rotación, el recorte, el cambio de brillo y el cambio de contraste. Esto permitió aumentar el tamaño del conjunto de datos a más de 9.400 imágenes en total. Con este conjunto de datos y preprocesamiento, se espera mejorar la capacidad del modelo para identificar el estado de madurez de las frutas con alta precisión y eficiencia.

ii) Conjunto de entrenamiento, evaluación y validación



Conjunto de entrenamiento: Este conjunto de datos se utiliza para entrenar el modelo y ajustar sus parámetros. Por lo general, se utiliza la mayor parte del conjunto de datos para el entrenamiento.

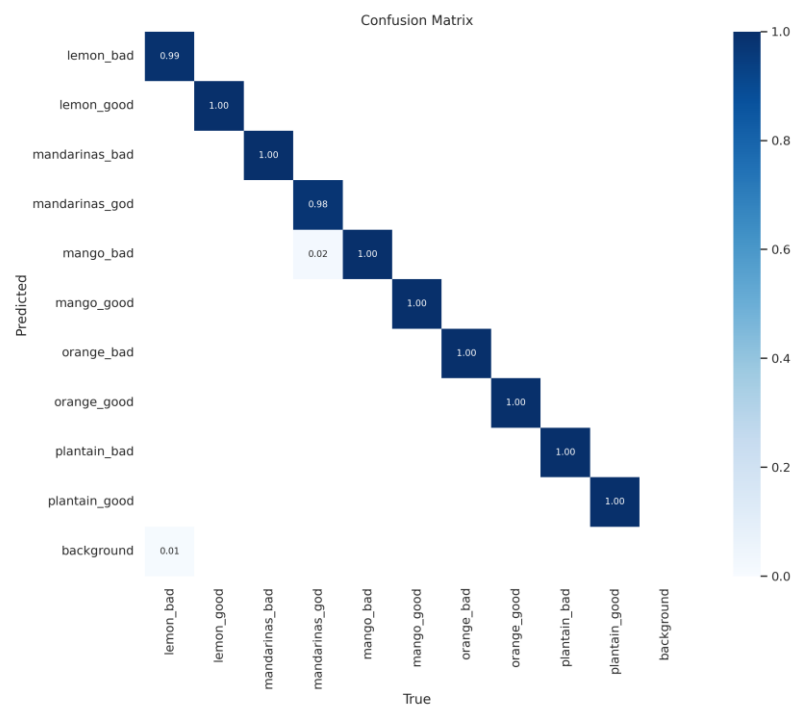
Conjunto de evaluación: Este conjunto de datos se utiliza para evaluar el rendimiento del modelo durante el entrenamiento y ajustar los hiperparámetros. Por lo general, se utiliza una pequeña parte del conjunto de datos para la evaluación.

Conjunto de validación: Este conjunto de datos se utiliza para evaluar el rendimiento final del modelo una vez que ha sido entrenado y ajustado. Por lo general, se utiliza una pequeña parte del conjunto de datos para la validación.

iii) **Técnicas, criterios y/o métodos aplicados para la conformación de los conjuntos de datos de entrenamiento, prueba y validación.** Para dividir el conjunto de datos en subconjuntos de entrenamiento, prueba y validación, se utilizó una división aleatoria con una proporción de 88% para el conjunto de entrenamiento, 8% para el conjunto de prueba y 4% para el conjunto de validación. Esta división permite utilizar la mayor parte del conjunto de datos para entrenar el modelo y ajustar sus parámetros, mientras que se reserva una pequeña parte para evaluar su rendimiento y realizar ajustes finales.

b) Resultados de entrenamiento y prueba:

i) **Matriz de confusión**



ii) **Precisión**

	Precision
--	-----------

Box	0.993
Mask	0.993

iii) **Sensibilidad**

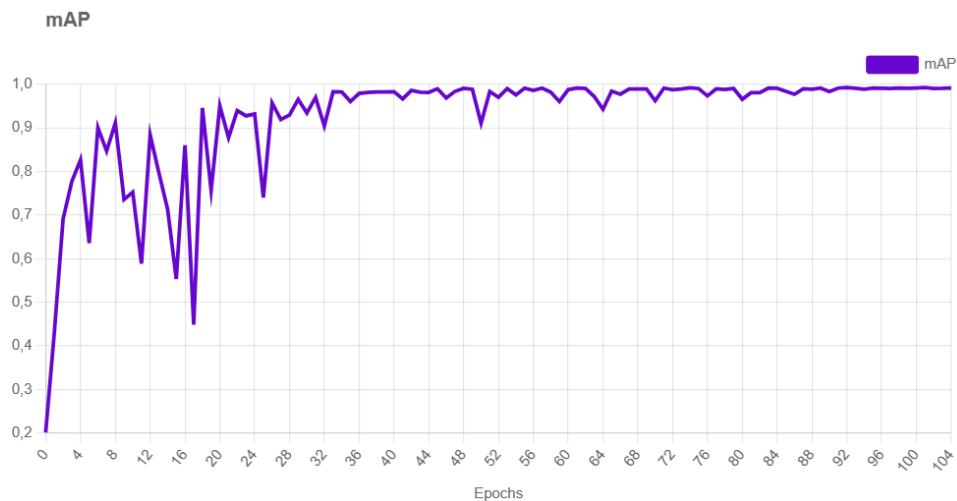
iv) **Especificidad**

v) **True Positive Rate**

vi) **False Positive Rate**

vii) **Curvas**

ROC



viii) **F-Score**

ix) **BLEU, entre otros específicos de cada trabajo realizado**

c) **Resultados de aplicación y utilización**

Durante la fase de recolección y construcción del conjunto de datos, se cometió el error de aplicar demasiadas operaciones de aumento de datos a un conjunto de datos pequeño. Esto provocó que en la etapa de entrenamiento del modelo, se presentara el fenómeno de sobreajuste (overfitting), en el que el modelo “memorizó” los datos de entrenamiento en lugar de aprender patrones generales que pudieran aplicarse a nuevos datos. Como resultado, el modelo perdió su capacidad para generalizar y su rendimiento en nuevos datos fue peor de lo esperado.

d) **Coincidencia de los resultados con los objetivos planteados**

Debido al problema de sobreajuste que se presentó en la etapa de entrenamiento del modelo, los resultados obtenidos no coincidieron completamente con los objetivos planteados. Aunque el modelo mostró un buen rendimiento en el conjunto de entrenamiento, su capacidad para generalizar a nuevos datos fue limitada y su rendimiento en el conjunto de validación fue peor de lo esperado. Esto indica que se deben realizar ajustes en el proceso de recolección y construcción del conjunto de datos y en el entrenamiento del modelo para mejorar su capacidad para identificar el estado de madurez de las frutas con alta precisión y eficiencia.

e) **Conclusiones y recomendaciones**

A partir de los resultados obtenidos en este proyecto, se pueden extraer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El uso de técnicas avanzadas de inteligencia artificial, como el procesamiento de imágenes y el aprendizaje automático, tiene un gran potencial para mejorar la precisión y eficiencia en la identificación del estado de madurez de las frutas.

- Es importante tener un conjunto de datos suficientemente grande y diverso para entrenar el modelo y evitar problemas como el sobreajuste. En este proyecto, se presentó un problema de sobreajuste debido a la aplicación excesiva de operaciones de aumento de datos a un conjunto de datos pequeño.
- Para mejorar el rendimiento del modelo, se recomienda revisar y ajustar el proceso de recolección y construcción del conjunto de datos. Esto podría incluir la obtención de más imágenes de frutas en diferentes estados de madurez y la aplicación adecuada de técnicas de preprocesamiento y aumento de datos.
- También se recomienda revisar y ajustar el proceso de entrenamiento del modelo para mejorar su capacidad para generalizar a nuevos datos. Esto podría incluir la selección y ajuste adecuado de los hiperparámetros del modelo y la aplicación de técnicas para evitar el sobreajuste.
- En general, este proyecto ha demostrado el potencial de las técnicas de inteligencia artificial para mejorar la identificación del estado de madurez de las frutas. Con los ajustes adecuados en el proceso de recolección y construcción del conjunto de datos y en el entrenamiento del modelo, se espera mejorar aún más su rendimiento y eficiencia.

Referencias

Redalyc. (s.f.). Identificación del estado de madurez de las frutas con redes neuronales artificiales. Recuperado el [fecha], de <https://www.redalyc.org/journal/5600/560062814010/html/>