

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**Sistema de apoyo para el ahuyentamiento de palomas en sembríos de frijol
caupí**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

Victor Manuel Huertas More

ASESOR

Karla Cecilia Reyes Burgos

<https://orcid.org/0000-0003-3520-5076>

Chiclayo, 2025

**Sistema de apoyo para el ahuyentamiento de palomas en sembríos
de frijol caupí**

PRESENTADA POR
Victor Manuel Huertas More

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR

Luis Augusto Zuñe Bispo
PRESIDENTE

Juan Antonio Torres Benavides
SECRETARIO

Karla Cecilia Reyes Burgos
VOCAL

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, en agradecimiento por guiar mi camino y ser mi fuente de inspiración.

A mis queridos padres y a toda mi familia, cuyo apoyo inquebrantable, consejos y ejemplo me han permitido llevar a cabo esta tesis. Su amor y dedicación son mi motor.

Agradecimientos

Expreso mi sincero agradecimiento a la Mg. Karla Cecilia Reyes Burgos, mi asesor de tesis, cuya disposición constante para brindar apoyo y orientación fue fundamental en la realización de este trabajo de investigación.

Al predio “Penacho”, quiero expresar mi gratitud por su colaboración y apoyo en este proyecto de investigación. Su respaldo ha sido un pilar fundamental para el éxito de este trabajo.

Artículo - Victor Huertas

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	15%	4%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Centro Europeo de Postgrado - CEUPE Trabajo del estudiante	1%
4	www.amazon.com Fuente de Internet	1%
5	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	Submitted to University of Ulster Trabajo del estudiante	1%
7	wseas.com Fuente de Internet	1%
8	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	1%
9	oa.upm.es Fuente de Internet	

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	9
Materiales y métodos.....	12
Resultados y discusión.....	13
Conclusiones.....	19
Recomendaciones.....	20
Referencias.....	21
Anexos.....	23

Resumen

El presente proyecto de investigación se enfoca en la visión artificial con el propósito de crear un sistema de apoyo basado en una red convolucional para controlar las plagas de palomas en los cultivos de frijol caupí. Los objetivos incluyen la preparación de un dataset con numerosas imágenes para entrenar el modelo, la obtención de una alta precisión en la detección de palomas y la capacidad de detectarlas en tiempo real para su repulsión en momentos específicos. La metodología utilizada se basó en los pasos propuestos por el autor Nilson para desarrollar un nuevo modelo de red convolucional basado en Yolo versión 5, gestionando el proyecto mediante la metodología SCRUM. Los resultados del proyecto consisten en un nuevo modelo de red convolucional capaz de detectar palomas cuculí o de ala blanca en los campos de frijol caupí. Se empleó una tarjeta Orange Pi 5 como controlador de la solución. Además, se implementó un módulo de ahuyentamiento que reproduce efectos de sonidos, como aves de caza y escopetas, cuando se detecta la presencia del ave. Esta investigación se concluye con la recopilación de 1832 imágenes para entrenar el nuevo modelo convolucional, logrando una precisión del 97%. Finalmente, se alcanzó la detección en tiempo real de la paloma cuculí en el 85% de los ensayos realizados.

Palabras clave: Inteligencia artificial, visión artificial, YoloV5, NPU, Orange PI 5, OpenCV.

Abstract

This research project focuses on artificial vision with the purpose of creating a support system based on a convolutional network to control pigeon pests in cowpea crops. The objectives include the preparation of a dataset with numerous images to train the model, obtaining high precision in the detection of pigeons and the ability to detect them in real time for their repulsion at specific times. The methodology used was based on the steps proposed by the author Nilson to develop a new convolutional network model based on Yolo version 5, managing the project using the SCRUM methodology. The results of the project consist of a new convolutional network model capable of detecting cuculí or white-winged pigeons in cowpea fields. An Orange Pi 5 card was used as the solution controller. In addition, a scaring module was implemented that reproduces sound effects, such as game birds and shotguns, when the presence of the bird is detected. This research is concluded with the collection of 1832 images to train the new convolutional model, achieving an accuracy of 97%. Finally, real-time detection of the cuculí pigeon was achieved in 85% of the trials carried out.

Keywords: Artificial intelligence, computer vision, YoloV5, NPU, Orange PI 5, OpenCV.

Introducción

Desde la llegada de la agricultura, los seres humanos han podido evidenciar que sus cosechas son frecuentemente destruidas por organismos biológicos que consumían o estropean el producto [1]. La paloma cuculina o paloma de ala blanca, cuyo nombre científico es “Zenaida Meloda”, es un ave pequeña con una alimentación balanceada para conservar su salud. Las palomas silvestres, en su hábitat natural suelen comer semillas y granos, como maíz, lentejas, arroz, frijol, etc. [2]. Debido a ello, en campos agrícolas de sembríos de frijol, existe el problema de las palomas como ave granívora, ya que se alimenta del frijol causando pérdidas de producción entre los agricultores, lo que conlleva a pérdidas económicas.

Es casi imposible tener cifras precisas de las pérdidas que se tienen en el sector agrícola a nivel internacional, ya que son las mismas empresas u organizaciones quienes manejan sus propios datos y rara vez estos son publicados, sin embargo, se estima que solo en los Estados Unidos las pérdidas económicas atribuidas a las aves pueden llegar entre 50 y 100 millones de dólares [3]. En el Perú, la quinua es un cultivo de mucha importancia económica para los agricultores del altiplano. La región de Puno es el principal productor de este cultivo, teniendo una cosecha de 29,331 toneladas para el año 2013, ocupando el 56% del total nacional. Lamentablemente la producción se ve afectada por plagas, siendo las aves granívoras las que últimamente causan serios problemas y que pueden ocasionar daños que superen el 30% de la producción [4].

El problema las palomas como plaga, en un contexto urbano, representan un posible daño para la salud pública y contaminación ambiental, ya que produce enfermedades provenientes de la materia fecal, afectando a los pulmones, como en las heces infectadas son, siendo los principales agentes que se encuentran son *Cryptococcus neoformans*, *Chlamydomphila psittaci* e *Histoplasma capsulatum* [5].

Según el Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Riego (MIDAGRI) señala que, de junio del 2021 a noviembre del mismo año, el Servicio Nacional de Saneamiento Agropecuario (SENASA) ha certificado 35.108 toneladas de arándanos producidos en la región Lambayeque para el mercado internacional. Este volumen de producción corresponde a la actividad de exportación de arándanos de junio del 2021 a enero de 2022, un aumento del 25% en comparación con el volumen de exportación del año anterior de 26.350 toneladas [6].

Actualmente, en el predio “Penacho” ubicado en el distrito de Olmos, se siembra el del frijol caupí o boca negra, como lo conocen internamente, existiendo el problema de las palomas como plaga para este sembrío, llegando una vez a perder hasta la octava parte de su cosecha total. Teniendo en cuenta la importancia de la agricultura en nuestra región, sin dejar de lado la paloma como ave que causa daño a la plantación de frijol caupí, se planteó el siguiente problema

de manera interrogativa: ¿Cómo mejorar el proceso de ahuyentamiento no dañino de la paloma en cultivos de frijol caupí aplicando la visión artificial? Para dar respuesta a esta problemática, se definió como objetivo general implementar un sistema de apoyo basado en una red convolucional para ahuyentar a palomas como plaga en cultivos de frijol caupí. Se plantearon como objetivos específicos preparar un dataset con un alto número de imágenes para su posterior uso en la fase de entrenamiento, alcanzar un alto nivel de precisión del modelo propuesto para la detección de palomas y lograr la detección de palomas en tiempo real para el ahuyentamiento en momentos precisos.

En el trabajo de Silva y Cobos [7], se menciona que un gran porcentaje de las aves ecuatorianas están en riesgo de extinción debido a la actividad humana. Dicha cuestión genera una alerta que hace que todas las herramientas desempeñen un papel protector, pero a su vez, dando lugar a problemas que requieren medios tecnológicos para permitir su detección y así obtener información sobre dichos animales sin causarles daño o un impacto negativo en el medio ambiente. Se logró tener la solución de detecciones de aves en imágenes y así poder capturar a las aves en riesgo de extinción sin tener acercamientos peligrosos para ellas o cazarlas. Se obtuvo un resultado de un promedio 85% de precisión en la detección de aves en imágenes.

En la investigación de Pachacama [8], presenta que, en el año 2017 en la provincia de los Ríos, que es la principal región productora de maíz en Ecuador, comenzaron a observarse problemas en las mazorcas de maíz. Algunas presentaban daños por picaduras y otras estaban vacías debido a que las aves se alimentaban de ellas. Como resultado, los agricultores se vieron obligados a descartar las mazorcas dañadas y recolectar las que estaban en buen estado. Sin embargo, un estudio realizado ese mismo año reveló que en los campos donde solían cosecharse hasta 180 quintales de maíz duro, la cosecha se redujo en 30 quintales, lo que representa una pérdida económica de alrededor de \$447 dólares. Debido a ello, el autor presenta un dispositivo ahuyentador como solución para evitar la aglomeración de las aves sin la necesidad de matarlas o causar daño a su salud, implementando métodos por láser y por ultrasonidos. Como resultado, se obtiene que ambos métodos mencionados alcanzan una efectividad del 87.62%.

Revisión de literatura

Antecedentes

En el trabajo de Silva y Cobos [7], se menciona que un gran porcentaje de las aves ecuatorianas están en riesgo de extinción debido a la actividad humana. Dicha cuestión genera una alerta que hace que todas las herramientas desempeñen un papel protector, pero

a su vez, dando lugar a problemas que requieren medios tecnológicos para permitir su detección y así obtener información sobre dichos animales sin causarles daño o un impacto negativo en el medio ambiente.

La investigación propuesta, es de índole experimental, surge de la investigación y estado del arte, logrando tener la solución de detecciones de aves en imágenes y así poder capturar a las aves en riesgo de extinción sin tener acercamientos peligrosos para ellas o cazarlas. Se obtuvo un resultado de un promedio 85% de precisión en la detección de aves en imágenes. Se concluye que, la presente investigación se ha centrado en la implementación de un sistema detector de aves en imágenes mediante redes neuronales convolucionales en YOLOv5, además que para una buena detección e incremento de precisión se debe de optar por tener imágenes con buena resolución y calidad, teniendo un total de 8800, siendo 7300 para entrenamiento, 990 de validación y 495 para pruebas.

En el trabajo de Roihan et al. [9], se mencionan los ataques de las aves en los entornos de arrozales como principal problema para el control automático de las plagas. Se precisa que los agricultores utilizan equipos tradicionales como cuerdas de plástico y espantapájaros para ahuyentar a las aves y sus ataques. Los métodos usados consisten en observaciones, entrevistas y estudio de la literatura. En esta investigación se comparan varios métodos de detección de aves mediante sensores de cámara y se elige el mejor método en términos de precisión. Su objetivo es diseñar un prototipo para el proceso de monitorización y control automático de las aves para optimizar el rendimiento de cultivos. Los resultados que se obtuvieron fueron significativos en términos de velocidad y precisión utilizando YOLOv3 y R-CNN.

La investigación se concluye con el diseño de un prototipo, consiste en un Raspberry PI, como controlador principal del dispositivo repelente aves conectado al sensor de la cámara como entrada. Se toma en cuenta esta investigación ya que guarda relación con la investigación en proceso, teniendo en cuenta el mejor modelo de detección y el diseño del prototipo. Lo que plantea el presente documento es no solo el diseño, sino también lograr la implementación para obtener mejores resultados.

En la investigación de Pachacama [8], presenta que, en el año 2017 en la provincia de los Ríos, que es la principal región productora de maíz en Ecuador, comenzaron a observarse problemas en las mazorcas de maíz. Algunas presentaban daños por picaduras y otras estaban vacías debido a que las aves se alimentaban de ellas. Como resultado, los agricultores se vieron obligados a descartar las mazorcas dañadas y recolectar las que estaban en buen estado. Sin embargo, un estudio realizado ese mismo año reveló que en los campos

donde solían cosecharse hasta 180 quintales de maíz duro, la cosecha se redujo en 30 quintales, lo que representa una pérdida económica de alrededor de \$447 dólares. Debido a ello, el autor presenta un dispositivo ahuyentador como solución para evitar la aglomeración de las aves sin la necesidad de matarlas o causar daño a su salud, implementando métodos por láser y por ultrasonidos. Como resultado, se obtiene que ambos métodos mencionados alcanzan una efectividad del 87.62%.

Bases Teóricas

Machine Learning: El aprendizaje automático representa una subdisciplina de la IA y la informática que se enfoca en emplear datos y algoritmos para replicar el proceso de aprendizaje humano, con el propósito de mejorar de manera progresiva su nivel de precisión [10].

Visión artificial: La visión artificial se realiza de forma similar a los procesos relacionados con la visión humana, y su entrada básica es una imagen obtenida por una cámara [11]. La visión artificial es la esencia de esta investigación, ya que se requiere determinar la presencia correcta de palomas cuculí o ala blanca en sembríos de frijol caupí.

Redes Neuronales: Las redes neuronales son un subconjunto del aprendizaje automático que se inspira en el cerebro humano para imitar el proceso de aprendizaje. Después de un entrenamiento inicial, estas redes se convierten en poderosas herramientas de inteligencia artificial para clasificar y agrupar datos rápidamente [12].

Redes Neuronales Convolucionales: Las redes neuronales convolucionales (CNN) se aplican principalmente en tareas como el reconocimiento de imágenes, la identificación de patrones y la visión artificial. Estas redes utilizan conceptos del álgebra lineal, especialmente la multiplicación de matrices, para detectar patrones en imágenes [12].

You Only Look Once (YOLO): Es una red convolucional extremadamente rápida con un buen rendimiento en precisión y velocidad para la detección de objetos en tiempo real. Supera significativamente a los métodos de detección como R-CNN y DPM [13].

RKNN Toolkit Lite: Es una versión simplificada de RKNN Toolkit, que nace para ejecutarla solo en dispositivos en computadoras de una sola placa, como es el caso de RK3399Pro, RK1808, RK1806, V1109, RV1126, etc [14].

Orange PI: Minicomputadora de la placa de código abierto de 5 microcontroladores puede ser ampliamente utilizada en tabletas, computación de borde, inteligencia artificial, computación en la nube, AR/VR, seguridad inteligente, entre otras áreas de la computación [15].

Plaga: Se caracteriza como toda criatura que causa daño al ser humano, a sus posesiones o a su entorno. En el contexto agrícola, se refiere a cualquier comunidad de seres vegetales o animales que obstaculizan el crecimiento de los cultivos [3].

Ahuyentamiento: Es el proceso de alejar a los animales de áreas donde podrían correr el riesgo de sufrir daños o perder la vida, generalmente mediante la utilización de ruidos, luces o la presencia y movimiento de personas [16]. Para esta investigación, se requiere alejar la presencia de palomas cuculí o de ala blanca de cultivos de frijol caupí con efectos de sonidos.

Materiales y métodos

Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que se hizo uso de conocimientos previos para la solución de un problema en un contexto específico [17].

Métodos de investigación

Como primer método se propuso el método de experimento [18], ya que hubo un proceso de validación bajo ciertos criterios como precisión y rendimiento de los modelos de detección resultantes. También se propuso el método de implementación [18]; ya que la presente investigación logró desarrollar un sistema inteligente de detección.

TABLA I
Métodos de investigación

Método	Descripción
Experimento	Se entrenó al modelo convolucional propuesto con una data de imágenes de palomas de ala blanca, además que hubo un proceso de validación bajo ciertos criterios como precisión y rendimiento de los modelos de detección resultantes
Implementación	El sistema inteligente fue puesto en ejecución

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se plantearon técnicas como la entrevista [19] propuesta, ya que se establece un contacto directo con las personas que viven el problema día a día y que nos brindaron la información como fuente primaria. Se utilizó entrevistas a las personas involucradas en el lugar de estudio para conocer la problemática, así como también la técnica de observación [19], para conocer el actuar de las palomas y su influencia en el cultivo de frijol caupí y, por último, el análisis de la literatura [18] para una mayor calidad investigativa.

TABLA II
Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Entrevista	Guía de entrevista	Dueño y trabajadores del predio	Se requiere conocer mediante las personas a cargo la problemática a detalle a través de una entrevista elaborada
Observación	Ficha de observación	Palomas de ala blanca	Se requiere conocer el actuar de la paloma y su influencia en los sembríos de frijol caupí
Análisis de la literatura	Fichas bibliográficas	Artículos científicos, libros, documentos bibliográficos	Se buscó antecedentes y bases teóricas para poder argumentar la presente investigación

Resultados y discusión

Resultados

Se hizo uso de los pasos proporcionados por Nilson [11] para la obtención del modelo de detección y SCRUM [20] para la gestión del proyecto.

Sprint 1

Para el iniciar con este primer sprint se tomó en cuenta la metodología de desarrollo Nilson [11] en la iteración de representación de imagen.

Iteración #1: Representación de imagen

En esta primera iteración, se tomó muestras fotográficas de la paloma cuculí o paloma de ala blanca (zenaida meloda). Se optó por la toma de fotografías en diferentes circunstancias del día, diferentes ángulos y en ambientes distintos para una mayor eficiente representación del ave. Por otro lado, es importante recalcar que la resolución de las imágenes a usar sea de buena calidad, preferiblemente no menor a 1080p, ya que esto ayudaría a un mejor entrenamiento del modelo.

Las imágenes obtenidas para esta primera iteración tienen dos distintas procedencias, en las cuales se incluye la descarga de imágenes de internet y también fotografías de fuente propia, ya que se necesita tener imágenes de referencia en lugar de la problemática o en ambientes parecidos a ello.

El set de imágenes obtenido se divide en dos partes, siendo un grupo de imágenes para entrenar al modelo y otro grupo para validar las inferencias. Para este caso, se obtuvo un total de 1832 imágenes de la paloma cuculí, en la cual se optó por repartir una cierta

cantidad de imágenes para el entrenamiento, y otra cantidad para la validación del modelo, obteniendo un 80% del total para entrenar y el 20% restante para las validaciones.

Sprint 2

Para iniciar con este segundo sprint se tomó en cuenta nuevamente la metodología de desarrollo Nilson [11] en la iteración de procesamiento de imagen.

Iteración #2: Procesamiento de imagen

Al ser un modelo nuevo, pero basado en YoloV5, se preparó el data set de imágenes de tal forma que sean aceptadas por los pesos del pre-entrenado, utilizando la herramienta labelImg para el etiquetado del objeto a seleccionar en cada imagen.

Se obtuvo un total de 1832 archivos etiquetados con el objeto a reconocer.

Para poder entrenar al modelo en cuestión, se optó por usar máquinas virtuales gratuitas optimizadas para tratar proyectos de inteligencia artificial, lo que en este caso constituye un alto procesamiento de imágenes.

Se hizo uso de la herramienta Colab, proporcionada por google en su versión gratuita. Como resultado se obtuvo cuatro diferentes pruebas usando ambos modelos como base para obtener un modelo óptimo capaz de detectar al ave sin problemas, consiguiendo los siguientes resultados como se muestra en la tabla III.

Tabla III. Modelos obtenidos después de entrenamiento

MODELOS (Exp_n)					
Experiencia (Exp)	MODEL YOLO	Épocas	Entrenamiento (N° imágenes)	Validación (N° imágenes)	Resultado (Precisión)
Exp1	Yolov5x	70	1800	32	97%
Exp2	Yolov5l	65	1800	32	98%
Exp3	Yolov5l	55	1500	332	97%
Exp4	Yolov5x	55	1500	332	98%

Para las cuatro experiencias, se pudo visualizar que a partir de la época de entrenamiento número 40 aproximadamente, el resultado de precisión de los modelos oscilaba entre 96% y 98%, debido a la buena calidad de imágenes de entrenamiento. Consecuencia de ello, se optó por tomar las dos últimas experiencias de entrenamiento, como se muestra en la tabla IV, ya que no había la necesidad de tener modelos entrenados con muchas más épocas con los mismos resultados.

Tabla IV. Modelos obtenidos después de análisis de selección.

MODELOS (Exp_n)					
Experiencia (Exp)	MODEL YOLO	Épocas	Entrenamiento (N° imágenes)	Validación (N° imágenes)	Resultado (Precisión)
Exp3	Yolov5l	55	1500	332	97%
Exp4	Yolov5x	55	1500	332	98%

Para elegir el modelo óptimo, se tuvo en cuenta lo siguiente criterios:

- Criterio 1: Precisión
- Criterio 2: Robustez de la red VS hardware (PC y Orange PI 5)

Análisis para el criterio 1: Después de analizar ambos modelos teniendo en cuenta la eficiencia de detección y la robustez del modelo, se llegó a la conclusión que, según el resultado de precisión para el primer criterio en ambos modelos son lo suficientemente estables y eficientes para lograr una óptima detección de palomas cuculí.

Análisis para el criterio 2: Para el segundo criterio, se toma en cuenta el hardware en que se va a ejecutar el modelo en tiempo real. El equipo final viene siendo una tarjeta Orange PI 5 con NPU integrada lo que ayuda a un óptimo procesamiento de imágenes sin la necesidad de una tarjeta gráfica dedicada. Por ello, se optó por el modelo 3, como se muestra en la tabla V, ya que tiene un alto nivel de precisión siendo un 97%, siendo esta una red menos robusta que la experiencia 4, pero no deficiente, lo que permite una mayor ligereza al momento de procesar las imágenes.

Tabla V. Modelo resultante después de análisis de selección.

MODELOS (Exp_n)					
Experiencia (Exp)	MODEL YOLO	Épocas	Entrenamiento (N° imágenes)	Validación (N° imágenes)	Resultado (Precisión)
Exp3	Yolov5l	55	1500	332	97%

Sprint 3

Para el iniciar con este tercer sprint se tomó en cuenta la metodología de desarrollo Nilson [11] en la iteración de inferencia de imagen.

Iteración #3: Análisis/inferencia de imagen

Para esta tercera iteración, se toma el modelo de detección de palomas cuculí resultante y se procede a realizar la inferencia de acuerdo con las necesidades del caso.

Debido a la necesidad y naturaleza que demanda el presente proyecto, las pruebas de inferencia se hicieron en dos dispositivos como se muestra en las figuras 1 y 2:

Dispositivo 1: Computadora



Figura 1. Especificaciones de laptop

Dispositivo 2: Computadora de una sola placa Orange PI5

SoC	Rockchip RK3588S (8nm LP process)
CPU	<ul style="list-style-type: none"> • 8-core 64-bit processor • Big.Little Architecture: 4xCortex-A76 and 4xCortex-A55, Big core cluster is 2.4GHz, and Little core cluster is 1.8GHz frequency.
GPU	<ul style="list-style-type: none"> • Arm Mali-G610 MP4 "Odin" GPU • Compatible with OpenGL ES1.1/2.0/3.2, OpenCL 2.2 and Vulkan 1.2 • 3D graphics engine and 2D graphics engine
NPU	Built-in AI accelerator NPU with up to 6 TOPS, supports INT4/INT8/INT16 mixed operation
PMU	RK806-1
RAM	4GB/8GB/16GB /32GB (LPDDR4/4x)

Figura 2. Especificaciones de computadora de una placa Orange PI 5

Sprint 4

Se obtuvo una serie de sonidos ahuyentadores de palomas cuculí, como es el caso de aves rapaces y sonido de escopetas, siendo estos reproducidos de manera aleatoria.

Se creó una función que permite acceder a los archivos multimedia y reproducirlos a través del módulo "mixer" del paquete "pygame".

Sprint 5

Para lograr la conexión de audio desde la tarjeta OrangePi 5 hacia el sistema de altavoces se tuvo en cuenta los siguientes materiales

- Tarjeta Orange PI 5
- Amplificador de sonido
- Megáfono / parlante
- Cable de conexión aux.
- Panel solar de 5v.
- Panel solar de 12v.

Lo que se requirió para este sprint es la conexión para la salida de audio de la tarjeta hacia los altavoces, esto debido a que cuando el modelo de detección detecte la presencia

de palomas cuculí en el área, se pueda escuchar los sonidos ahuyentadores por los altavoces conectados a la tarjeta



Figura 3. Gráfico de conexión de Orange PI 5 con altavoces

Como se puede visualizar en la figura 3, se hizo uso de monitor, teclado y mouse para realizar las pruebas de salida de audio, ya que en el momento en que se ejecute el modelo de detección, este lo hará por sí solo y no se hará uso de los componentes mencionados anteriormente.

El sistema de altavoces está compuesto por el amplificador y el parlante/megáfono. Cabe resaltar que, tanto el sistema de detección como el de los altavoces cuenta con alimentación de energía distinta, ya que este último requiere de mayor potencia energética a comparación de la tarjeta Orange PI 5.

La tarjeta cuenta con un panel solar de 5V como fuente de alimentación y para el caso de amplificador y altavoces, se requirió una fuente de 12V para su funcionamiento.

Finalmente se hicieron un total de 121 ensayos de detección, divididos en 100 ensayos de laboratorio en una primera oportunidad, 20 ensayos de laboratorio en una segunda

oportunidad y un ensayo de campo, los cuales reportaron un 85% de resultados exitosos tal y como se aprecia en el anexo N° 2.

Conclusiones

A continuación, se plantean las siguientes conclusiones de acuerdo con los objetivos específicos de la presente investigación:

1. Para concluir con el objetivo específico número uno, se analizaron y depuraron imágenes innecesarias o que simplemente no sirvieron para esta solución; se planteó un mínimo de 800 imágenes para la solución, pero de acuerdo con las pruebas realizadas, hubo la necesidad de superar este margen de número de imágenes en más del cien por ciento, puesto que se llegaron a recopilar 1832 imágenes para el entrenamiento del nuevo modelo convolucional. Cabe resaltar que no existe un número de imágenes o cantidad exacta definida para obtener un modelo eficiente, sino una cantidad que sea suficiente como menciona Bobadilla[21] en su libro Machine Learning y Deep Learning. Finalmente, también se cuidó que todas las imágenes usadas en el entrenamiento para esta investigación fuesen de alta resolución y se pudiera apreciar a detalle el objeto a detectar, lo que benefició la calidad de la nueva red convolucional.
2. Con respecto al objetivo específico número dos, el nuevo modelo convolucional resultante, tiene un nivel de precisión del 97%, superando por mucho a lo planteado siendo el 80% en un inicio, tomando como referencia a los resultados de las investigaciones mencionadas en los antecedentes y la naturaleza de la presente investigación. Cabe resaltar que, para alcanzar dicho resultado de precisión, se hicieron cuatro entrenamientos, producto de los cuales se obtuvieron cuatro modelos para poder comparar en ejecución la calidad de estos y que tan precisos eran para detectar a la paloma cuculi.
3. Para finalizar, de acuerdo con el objetivo número tres, se logró detectar a la paloma cuculí o de ala blanca en tiempo real, se hizo un total de doce ensayos para lograr evidenciar el presente objetivo; cada ensayo tuvo cuarenta y cinco minutos de duración, realizándose dos ensayos por día, durante seis días; obteniendo un promedio de todos los ensayos un 85% de aciertos en las detecciones de palomas cuculi. Por otro lado, también se concluye que se logró el ahuyentamiento después que el algoritmo evaluó la presencia de dicha ave, reproduciendo automáticamente sonidos aleatorios de aves depredadoras como es el caso de águilas y halcones, así como también efectos de sonidos de armas.

Recomendaciones

A continuación, se formulan propuestas para completar o mejorar la investigación, así como para incentivar la ejecución de otros proyectos de aplicación.

Recomendaciones temáticas

- Para esta investigación, se estudió la problemática de la presencia del ave cuculí como motivo de preocupación para los agricultores que ven peligrar sus sembríos debido a su endémica presencia; sin embargo, a lo largo de la investigación se descubrió que existen otras especies de aves propias de la zona norte del Perú que también generan preocupación tales como las tórtolas peruanas, los tordos entre otros.
- También se descubrió que, en una fábrica de producción ubicada cerca de la zona estudiada, se tienen frecuentes invasiones de palomas cuculi y tórtolas las cuales se acercan atraídos por las pepas del maracuyá, producto de la producción de la fábrica, soluciones como la realizada en esta investigación, bien podrían ser implementadas en este tipo de empresas.

Recomendaciones técnicas

- De acuerdo con los modelos o redes bases de Yolo (figura 5), se recomienda usar la versión de acuerdo con la capacidad del hardware que hará la prestación de controlador del modelo, la mejor opción es utilizar componentes con tarjetas gráficas dedicadas, sin embargo, también se recomienda, el uso de componentes con NPU incorporado, lo que beneficia en la ejecución del modelo y reduce los costos de producto.
- Con respecto al entrenamiento de los modelos, se recomienda usar los servicios en la nube como google colab, ya que usan máquinas virtuales especializadas en procesar grandes cantidades de datos.
- En relación con el sensor de la cámara, se recomienda optar por cámaras que cuenten con una excelente resolución, mínimo Full HD. Como adicional a ello, se prefiere que tenga funcionalidad de zum óptico, ya que ayudará mucho para cubrir mayores distancias sin que la imagen sufra distorsiones como lo haría el zum digital.

Referencias

- [1] Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, «Introducción a las plagas». Accedido: 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.uacj.mx/ICB/UEB/documentos/1.%20PLAGAS.pdf>
- [2] «¿Qué comen las PALOMAS? - ¡Todo sobre su Alimentación!», [expertoanimal.com](http://www.expertoanimal.com). Accedido: 2 de julio de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.expertoanimal.com/que-comen-las-palomas-24369.html>
- [3] A. J. C. Balderas, A. G. T. Tellez, y J. A. G. Salas, «Las aves como plaga, controles y manejo», n.º 1, p. 7, 2003.
- [4] A. L.-D. Carpio, J. Clavitea, y P. Delgado, «Incidencia de aves granívoras y su importancia», p. 12, 2016.
- [5] E. P. Zúñiga Mendizabal, D. León Córdova, y N. Falcón Pérez, «Plagas Urbanas: Las palomas y su impacto sobre el ambiente y la salud pública», *Salud Tecnol. Vet.*, vol. 7, n.º 2, pp. 25-32, abr. 2020, doi: 10.20453/stv.v7i2.3695.
- [6] SENASA, «Lambayeque: Exportación de arándanos alcanza las 35 mil toneladas durante campaña 2021 - SENASA al día», SENASA Contigo. Accedido: 17 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/lambayeque-exportacion-de-arandanos-alcanza-las-35-mil-toneladas-durante-campana-2021/>
- [7] L. M. Silva-Labanda y J. C. Cobos-Torres, «Sistema de detección de aves mediante análisis de imágenes», *Dominio Las Cienc.*, vol. 7, n.º 6, pp. 1464-1484, nov. 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i6.2404>.
- [8] W. W. Pachacama Estrella, «SISTEMA ELECTRÓNICO AUTOMÁTICO AHUYENTADOR DE PALOMAS», UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO, Ecuador, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19098/1/UPS%20-%20TTS087.pdf>
- [9] A. Roihan, M. Hasanudin, y E. Sunandar, «Evaluation Methods of Bird Repellent Devices in Optimizing Crop Production in Agriculture», *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1477, n.º 3, 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/3/032012>.
- [10] «What is Machine Learning? | IBM». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/topics/machine-learning>
- [11] N. Nilsson, «(PDF) Inteligencia Artificial Una Nueva Sintesis Nils j. Nilsson», dokumen.tips. Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/inteligencia-artificial-una-nueva-sintesis-nils-j-nilsson.html>
- [12] «¿Qué son las redes neuronales? | IBM». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/topics/neural-networks>
- [13] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, y A. Farhadi, «You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection», en *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, jun. 2016, pp. 779-788. doi: 10.1109/CVPR.2016.91.
- [14] «3. RKNN Toolkit Lite — Firefly Wiki». Accedido: 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://wiki.t-firefly.com/en/3399pro_npu/rknn_toolkit_lite.html
- [15] «Amazon.com: Orange Pi Rockchip RK3588S - Computadora de placa única de 8 núcleos de 64 bits, placa de desarrollo de frecuencia de 2.4 GHz, placa de desarrollo de código abierto, mini PC de escritorio Run Orange Pi OS, Android12, Debian11 (Pi 5 16 GB+5V4A Tipo C): Electrónica». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.amazon.com/Orange-Pi-Frequency-Development-Android12/dp/B0BN15SS83?th=1>

- [16] «SGA-BIOpr0001 Ahuyentamiento de Fauna en las instalaciones de SMCV.pdf». Accedido: 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://publicportal.fmi.com/sites/publicportal/files/Files/cerro_verde_files/medio_ambiente/SGA-BIOpr0001%20Ahuyentamiento%20de%20Fauna%20en%20las%20instalaciones%20de%20SMCV.pdf
- [17] OECD, *Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2018. Accedido: 18 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-frascati-2015_9789264310681-es
- [18] M. Berndtsson, J. Hansson, B. Olsson, y B. Lundell, *Thesis Projects: A Guide for Students in Computer Science and Information Systems*. 2008. doi: 10.1007/978-1-84800-009-4.
- [19] C. Bernal, «Metodología de la Investigación 3edición Bernal - Páginas de Flipbook 1-50 | AnyFlip», anyflip. Accedido: 22 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://anyflip.com/vede/ohla/basic>
- [20] «What is Scrum?», Scrum.org. Accedido: 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.scrum.org/resources/what-scrum-module>
- [21] J. Bobadilla Sancho, *Machine Learning y Deep Learning*. Madrid , España: Rama Editorial, 2020. Accedido: 11 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www-digitaliapublishing-com.usat.lookproxy.com/viewepub/?id=110216>

Anexos**ANEXO N° 01. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS****Guión de entrevista:**

Título de la Entrevista: “Conocimiento de problemática de plagas de palomas en sembríos de frijol caupí

Entrevistado: Pedro More Soplopuco

Lugar de la Entrevista: Dist. Olmos

Entrevistador: Victor Manuel Huertas More

Sección 1: Conocimiento de la problemática

Hablemos sobre las palomas cuculí y su cultivo de frijol caupí. ¿Cómo descubrió que tenía un problema con esta ave en su cultivo?

¿Qué daños han causado las palomas cuculí en tus cultivos de frijol caupí? ¿Cómo afecta esto a tu cosecha?

¿Qué porcentaje del total de su cosecha pierde por el problema de la paloma cuculi como plaga?

¿Has intentado alguna medida de control de plagas hasta ahora? ¿Puedes describirlas y su eficacia?

Sección 2: Estrategias de Control de Plagas

¿Cuáles son las medidas específicas que has tomado para controlar la plaga de palomas cuculí en tu cultivo? ¿Puedes hablarnos de su eficacia?

¿Has considerado utilizar métodos de control natural o biológico para manejar las palomas cuculí? ¿Por ejemplo, espantapájaros, depredadores o productos naturales?

¿Has buscado asesoramiento o apoyo de expertos en agricultura o agronomía para abordar este problema?

ANEXO N° 02. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

	Ensayo 1	Ensayo 2	PROMEDIO %
Total de imágenes	100	20	-
Nro de exposición de imágenes con palomas cuculi	20	5	-
Nro de detecciones exitosas	18	4	-
Total %	90%	80%	85%