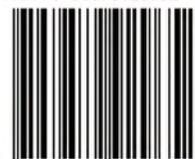


En las páginas de esta obra, se presenta un compendio académico que agrupa investigaciones en el campo de la conservación, el desarrollo sustentable y la gestión de riesgos en México. Se pueden encontrar estudios de caso que abordan temas diversos, desde la etnobotánica en comunidades Zoque hasta estrategias para la gestión del riesgo en áreas protegidas. Este compendio, fruto de la colaboración interinstitucional, no solo amplía el conocimiento sobre la biodiversidad mexicana y algunos de sus desafíos actuales, sino que también ofrece propuestas de soluciones prácticas basadas en la investigación para enfrentar la crisis socioambiental. Se pretende que esta obra contribuya ofreciendo una base para futuras investigaciones e incluso sentando un precedente de utilidad para la futura gestión de políticas públicas. Se espera que se convierta en un recurso para académicos, gestores ambientales y tomadores de decisiones comprometidos con el desarrollo sustentable y la preservación del patrimonio social y natural de México.

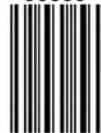


OIKOS:
Conservación y Desarrollo
Sustentable, A.C.

ISBN 9798879929652



90000



9 798879 929652

Rioja-Paradela y colaboradores

Conservación y sustentabilidad en México: Compendio de experiencias

Conservación y sustentabilidad en México:

Compendio de experiencias

Tamara M. Rioja Paradela
Arturo Carrillo Reyes
Carolina Orantes García
Jorge A. Paz Tenorio
S. Jordán Orantes Alborez
Eduardo E. Espinoza Medinilla
Editores

Conservación y sustentabilidad en México: Compendio de experiencias

**Tamara M. Rioja Paradela
Arturo Carrillo Reyes
Carolina Orantes García
Jorge A. Paz Tenorio
S. Jordán Orantes Alborez
Eduardo E. Espinoza Medinilla**
Editores

**Oikos: Conservación y Desarrollo Sustentable A.C.
San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México**

**Conservación y sustentabilidad en México:
Compendio de experiencias**

Primera edición 2024

© 2024, Tamara M. Rioja Paradela, Arturo Carrillo Reyes,
Carolina Orantes García, Jorge A. Paz Tenorio,
S. Jordán Orantes Alborez, Eduardo E. Espinoza Medinilla
(Editores)
San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México

ISBN: 9798879929652

Contacto: tamara.rioja@unicach.mx

Esta obra es producto del trabajo conjunto entre grupos de investigación y cuerpos académicos de la Facultad de Ingeniería, el Instituto de Ciencias Biológicas, la Facultad de Ciencias Humanas y Sociales de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, en colaboración con profesores e investigadores del Jardín Botánico Faustino Miranda de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural del estado de Chiapas, la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la Administración del Parque Nacional Cañón del Sumidero, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), así como Wildland Servicios Profesionales en Medicina Veterinaria y Zootecnia, y Oikos: Conservación y Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos, A.C.

Los contenidos de esta obra fueron sometidos a un proceso de evaluación y dictamen por pares externos, a fin de asegurar la calidad del contenido vertido en cada uno de los capítulos así como de la obra en lo general.

Cita sugerida:

Rioja-Paradela, T.M., A. Carrillo-Reyes, C. Orantes-García, J.A. Paz-Tenorio, S.J. Orantes-Alborez, & E.E. Espinoza-Medinilla (Eds.), *Conservación y sustentabilidad en México: Compendio de experiencias*. Oikos: Conservación y Desarrollo Sustentable A.C. Tuxtla Gutiérrez, México. 139 pp.

Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de la obra sin permiso por escrito del autor/editor.

Conservación y sustentabilidad en México: Compendio de experiencias

Editores

Tamara M. Rioja Paradela
Arturo Carrillo Reyes
Carolina Orantes García
Jorge A. Paz Tenorio
S. Jordán Orantes Alborez
Eduardo E. Espinoza Medinilla



Oikos: Conservación y Desarrollo Sustentable A.C.
San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México

Contenido

Prólogo.....	<i>i</i>
Huertos familiares de una comunidad de origen Zoque de Chiapas, México.....	5
<i>Carolina Orantes-García, Brenda Karina Pozo-Gómez, Rubén Antonio Moreno-Moreno, Oscar Farrera-Sarmiento, María Silvia Sánchez Cortés, Alma Gabriela Verdugo-Valdez.</i>	
Diversidad y abundancia de los tiburones costeros en Guerrero, México: una herramienta para reducir los riesgos de ataques de tiburón a seres humanos.....	29
<i>Arturo Carrillo Reyes y Tamara M. Rioja Paradela</i>	
Identificación de aves de humedal mediante inteligencia artificial: información clave para su conservación ...	53
<i>Eidi Alan Chaparro Caro, María Elena Torres Olave, Hugo Rojas Villalobos, Manuel Octavio González León, Víctor Manuel Salas Aguilar</i>	
Resiliencia de los productores de café (<i>Coffea arabica</i>) ante los efectos de la Roya, en El Pozo, San Juan Cancuc, Chiapas, México.....	70
<i>Flor de María Vázquez Argüello, Segundo Jordán Orantes Alborez y Tamara M. Rioja Paradela</i>	
Más allá de la Biología (Monodisciplina) para resolver un problema socioeconómico-ambiental complejo: Conservación de la biodiversidad en el Centro Ecoturístico Sima de las Cotorras (CESC), Chiapas, México.....	87
<i>Tamara M. Rioja Paradela, Arturo Carrillo Reyes y Segundo Jordán Orantes Alborez</i>	
Estudio de los procesos gravitacionales en el Cañón del Sumidero, Chiapas, México para la gestión del riesgo: caso sitio La Huella.....	112
<i>Jorge Antonio Paz Tenorio, Roberto Moreno Ceballo, Mario Gómez Ramírez, Irma de Jesús Serrano Sánchez, Arturo Chorley Sánchez, Carlos Alberto Paz Lara</i>	

Identificación de aves de humedal mediante inteligencia artificial: información clave para su conservación

Eidi Alan Chaparro Caro, Maria Elena Torres Olave*, Hugo Rojas
Villalobos, Manuel Octavio González León
& Víctor Manuel Salas Aguilar

Geoinformática-IADA, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Unidad Multidisciplinaria de la UACJ en Cuauhtémoc. Carretera Cuauhtémoc-Anáhuac Km 61.5. Calle Ejército Nacional 5220, C. P. 31600, Cuauhtémoc. Chihuahua, México. E-mail: eidialanchaparro07@gmail.com, elena.torres@uacj.mx, hlrojas@uacj.mx, octavio.gonzalez@uacj.mx, victor.salas@uacj.mx

* *Autor de correspondencia.*

Resumen

La visión artificial engloba métodos que permiten a una computadora adquirir, procesar y analizar imágenes de manera automática. En este estudio, se trabajó en el desarrollo de un sistema de detección mediante inteligencia artificial, utilizando fotografías aéreas capturadas desde un dron con el fin de identificar especies de aves (caso particular *Anas clypeata*) en las áreas de la Laguna Bustillos (Cuauhtémoc, Chihuahua). El proceso comenzó con la creación de cuadros delimitadores en Roboflow, seguido de la clasificación de las aves por especie para su entrenamiento. La generación de pesos fue crucial para alimentar el modelo YOLOv5, mejorando su rendimiento. Los resultados mostraron una clasificación precisa de las aves fotografiadas, con un asertividad superior al 70% de precisión, lo cual es adecuado para la identificación de especies. Estos resultados resaltan la efectividad de la inteligencia artificial en la identificación de especies, siempre y cuando el modelo se alimente adecuadamente con imágenes de entrenamiento. Este enfoque, respaldado por un alto porcentaje de precisión y asertividad, tiene el potencial de revolucionar las técnicas convencionales en la identificación de especies, destacando la importancia y el prometedor futuro de la implementación del modelo YOLOv5 en este contexto.

Palabras clave: Avifauna, modelo de detección, VANT, YOLO.

Cita sugerida:

Chaparro-Caro, E.A., M.E. Torres-Olave, H.Rojas-Villalobos, M.O. González-León, V.M. Salas-Aguilar (2024). Identificación de aves de humedal mediante inteligencia artificial: Información clave para su conservación. En: T.M. Rioja-Paradela, A. Carrillo-Reyes, C. Orantes-García, J.A. Paz-Tenorio, S.J. Orantes-Alborez, E.E. Espinoza-Medinilla (Eds.), *Conservación y sustentabilidad en México: Compendio de experiencias* (1ª ed., pp. 53-69). Oikos: Conservación y Desarrollo Sustentable A.C. Tuxtla Gutiérrez, México.

Abstract

Computer vision encompasses methods allowing a computer to acquire, process, and analyze images automatically. In this study, we worked on the development of a detection system through artificial intelligence, using aerial photographs captured from a drone in order to identify bird species (particular case *Anas clypeata*) in the areas of Laguna Bustillos (Cuauhtémoc, Chihuahua). The process began with creating bounding boxes in Roboflow and sorting the birds by species for training. The generation of weights was crucial to power the YOLOv5 model, improving its performance. The results showed an accurate classification of the photographed birds, with an accuracy greater than 70%, which is adequate for species identification. These results highlight the effectiveness of artificial intelligence in species identification as long as the model is adequately fed with training images. This approach, supported by a high percentage of precision and assertiveness, can revolutionize conventional techniques in species identification, highlighting the importance and promising future of implementing the YOLOv5 model in this context.

Keywords: Avifauna, detection model, UAV, YOLO.

Introducción

Las poblaciones de aves de humedal conforman uno de los ecosistemas más llamativos que se pueden encontrar en los humedales, a su vez, son un indicador del estado de salud y conservación del humedal (Buentello, 2021). Las aves son el indicador natural del estado en que se encuentra el ecosistema, la presencia o ausencia de las especies puede ayudar a identificar cierto tipo de patrones en los cambios ambientales (SEO BirdLife, 2013).

La identificación de aves puede llegar a ser complicado para las personas que no tengan un amplio conocimiento sobre las especies observadas, de igual manera esta actividad puede llegar a ser agotadora física y mentalmente después de varias horas de exposición a la intemperie (Provincia ART, 2023). En este sentido, métodos basados en inteligencia artificial pueden ayudar a la correcta identificación de especies, llegando a facilitar el proceso de monitoreo (González y Ponce, 2019).

La visión artificial cumple con la función que, mediante imágenes, pueda ser obtenida procesada y analizada la información que cada una contenga, la cual puede llegar a realizar procesos de identificación de forma automática sin la ayuda del hombre (Intel, 2023).

Se puede decir que, el concepto de inteligencia artificial apareció en los años 50's con un libro publicado por Alan Turing en donde se plantea con la pregunta ¿pueden pensar las máquinas, dando origen a una prueba conocida como “prueba de Turing” en el cual busca distinguir a un ser humano y una computadora partiendo de una serie de respuestas a preguntas abiertas (Warwick y Shah, 2015).

Con respecto a la inteligencia artificial, la finalidad de la visión es en algún sentido, la capacidad de percibir el entorno que las rodea, llegar a semejar el cerebro humano (Félix, 2009).

La inteligencia artificial está dividida en distintas categorías: inteligencia artificial estrecha, inteligencia artificial robusta y superinteligencia artificial (Figura 1), la primera de ellas son modelos informáticos los cuales solo están entrenados para realizar una o varias tareas específicamente (López, 2013), por otro lado, tenemos la inteligencia artificial robusta, la cual, igualmente son modelos informáticos, pero en ellos se crean la cual para tratar de simular la mente en su mayoría o totalidad (IBM, 2015), es decir, podría ser consciente y podrá entender y resolver problemas. La superinteligencia está destinada a ser superior a las anteriores mencionadas y a la capacidad del cerebro humano, pero solo está expresada teóricamente por investigadores.

Dentro de la inteligencia artificial se tienen dos ramas (Figura 2), la primera se conoce como Machine Learning, que es el estudio de como abastecer a las maquinas computacionales de la capacidad del aprendizaje (Universidad complutense Madrid, 2021), en el cual puede analizar diferentes tipos de datos e identificar patrones y poder tener una decisión basado en predicciones dentro del modelo. Por otro lado, tenemos el Deep

Learning, un modelo que utiliza la estructura de imitación de redes neuronales del cerebro, es decir redes neuronales artificiales, estando estas conectadas entre semejando al cerebro humano (Franco, 2019).

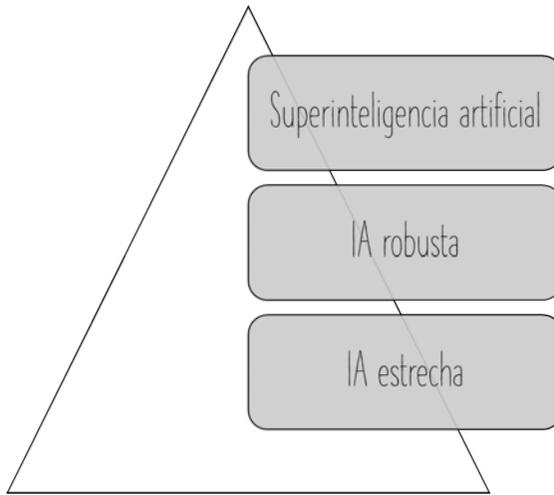


Figura 1. Tipos de inteligencia artificial.

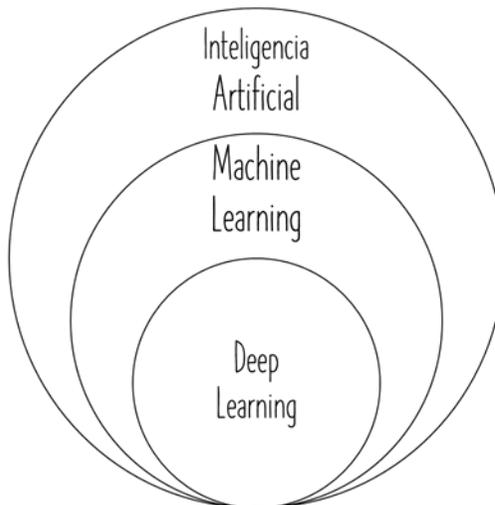


Figura 2. Ramas de la inteligencia artificial.

En el 2021 (Labanda) se desarrolló un sistema de detección de aves mediante fotografías y videos, donde el etiquetado de las imágenes para el entrenamiento fue realizado en Roboflow, para la parte final el cual llego a identificar distintos tipos de aves en una sola clasificación con un porcentaje algo de asertividad para es distinto tipo de especies de aves. El principal objetivo de identificar aves de humedal mediante IA es el de lograr colectar la información de la población de aves mediante imágenes aéreas de alta calidad y llegar a la automatización de los procesos de identificación.

Por ello, en el presente estudio, se trató de implementar esta nueva tecnología para eficientizar la manera en el que se lleva este tipo de actividad, de forma en que se minimice el tiempo requerido para la clasificación de la especie captada en las imágenes, y se contribuya a generar información básica clave (monitoreo biológico) para el adecuado manejo sustentable (conservación) de las aves.

Metodología

Descripción del área de estudio. El área de interés correspondió a la Laguna Bustillos (Figura 3), la cual se encuentra localizada entre las coordenadas 28°58'12" y 28°15' latitud norte y entre 107°09'36" y 106°15', con una extensión de 12,113ha con una altitud de 1967msnm; presenta un clima semiseco templado y semifrío subhúmedo con lluvias en las estaciones de verano e invierno (CONABIO, 2016), y se sitúa dentro del municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua.

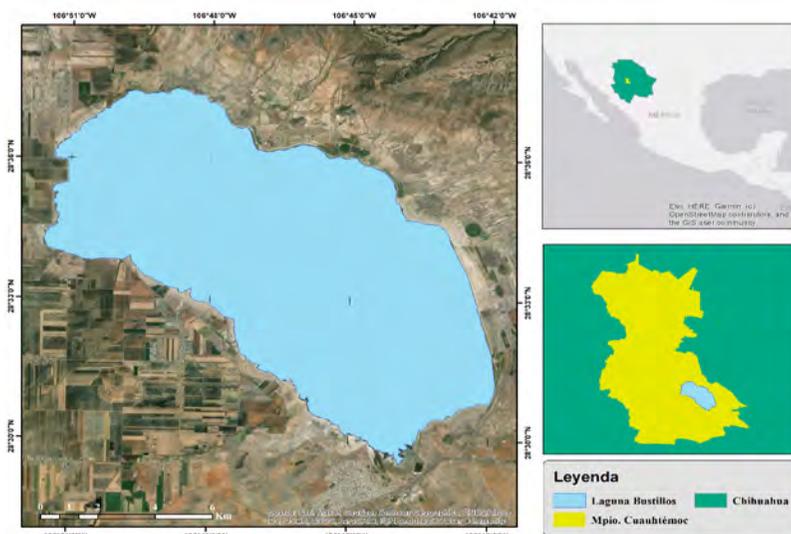


Figura 3. Localización del área de estudio.

La laguna se encuentra bajo amenaza por actividades como el crecimiento urbano, de industrialización y las actividades agrícolas (Álvarez y Cutillas, 2016); estas actividades conllevan a la contaminación de las aguas que terminan en la laguna, teniendo un impacto negativo sobre el hábitat de las aves, por lo que es de suma importancia el monitoreo de sus poblaciones. Respecto a la biodiversidad que alberga, se tiene un registro de 25 especies de aves, dónde la mayor población es residente de invierno con un 84%, mientras que el restante está conformado por residentes permanentes con 12% y un 4% lo tienen las aves sin estación definida (BirdLife International, 2000).

Características y especificaciones del VANT.

Un VANT es un vehículo aéreo no tripulado, el cual es controlado de forma remota y en ocasiones automática, donde su uso principal es recabar información mediante fotografías aéreas Addati, et al. (2014). La Real Academia Española en su 23.ª edición (2023) refiere el término dron para referirse a los VANT.

El DJI phantom 4 es un cuadricóptero es decir que opera con 4 hélices, el cual es dirigido por control remoto, sus principales características son las siguientes:

Aeronave: el peso total incluyendo sus accesorias es de 1.380Kg, la altura máxima que puede llegar es a 6000 msnm, con una resistencia al viento a no más de 10m/s, con un tiempo de vuelo aproximado a los 28 minutos en condiciones óptimas

Cámara: Cuenta con una cámara capaz de capturar fotografías y video en 4K o de fotografía de 12.4 megapíxeles, el cual para el modo de fotografía puede captar en disparo único, disparo en ráfaga y tomar un timelapse.

Control remoto: Cuenta con una distancia de transmisión de 5km de distancia en condiciones favorables sin obstáculos e interferencias de radiofrecuencias.

Transmisión en vivo: funciona mediante la aplicación propia de DJI GO 4 el cual transmite los objetos captados en la cámara con una calidad de 720p y 30fps (DJI, 2022).

Plan de vuelo del VANT.

Los meses en los cuales se realizaron los vuelos del VANT fueron de octubre de 2021 a abril de 2022. El horario de monitoreo fue de 7:30 am a 11:00 am ya que en este tiempo las aves (*Anas clypeata*) cuentan con mayor actividad (Lezcano y Maureira, 2018).

La altura de vuelo del VANT fue a 20 metros al azar y se verificó que no superara los cinco minutos de actividad para evitar o minimizar el estrés que puede ser provocado por la presencia del dron (Lyons et al., 2017).

Creación de archivos de peso a partir de imágenes base en páginas web.

Se obtuvieron imágenes de 409 imágenes de repositorios web como lo son iStock (2021), naturalista (2021), shutterstock (2021), alamy (2022), adobe stock (2022), bajo diferentes ángulos para tener una mejor perspectiva del ave y poder identificarla perfectamente.

Las 409 imágenes fueron utilizadas para el etiquetado, entrenamiento, validación, prueba y creación de los archivos de peso, los cuales fueron posteriormente utilizados al momento del funcionamiento de YOLO.

Descripción del software YOLO V5.

El YOLO V5 es un sistema de detección de objetos en tiempo real de última generación, el cual está basado en sus antecesores YOLOv1 y YOLOv4 (Redmon y Farhadi, 2016). Sus continuas actualizaciones han resultado en un mayor rendimiento en conjuntos de datos oficiales de detección de objetos, como lo es Pascal VOC y Microsoft COCO (common objects in context); esta versión de YOLO está desarrollada bajo el lenguaje de Python en PyTorch, lo cual facilita su empleo.

La arquitectura con la que la red de YOLOv5 está dividida en tres ramas principales: la primera con la que cuenta es una red parcial de etapas cruzadas (CSPNet) a darknet dando como nacimiento CSPDarknet (Lu, et al., 2022), lo cual está diseñado para asignar el problema a la información de gradiente duplicado en la optimización de la red, como consecuente reduce la complejidad a la vez que mantiene la precisión (Tsang, 2021).

La segunda rama es PANet la cual es la agregación de rutas que actúa como cuello para agilizar el flujo de la información, el cual se encuentra en el modelo para la mejora del proceso de segmentación por medio de la conservación de la información espacial de la imagen, el cual ayuda a la localizar convenientemente los píxeles para formar máscaras (Montenegro y Calero, 2022).

La última rama es la capa YOLO, encargada de generar tamaños diferentes de los mapas de las características para obtener un pronóstico de multiescala, el cual permite identificar objetos pequeños, medianos y grandes (Lu et al., 2022).

Dentro del modelo de YOLO v5 existen diferentes pesos para la evaluación de dataset (Tabla 1), teniendo desde la versión más ligera hasta la versión extragrande con mayor peso y teniendo cada una de estas unas mejoras específicas, a las cuales se les agrega el prefijo 6 en la terminación de cada uno. El cual para cada modelo tiene un límite de tamaño de píxeles

en la imagen, al igual que su mAP el cual indica la media del porcentaje de precisión y la velocidad, ya sea utilizando CPU o GPU, sus parámetros admitidos y por último FLOPs, que indica la potencia del procesador para realizar operaciones en coma flotante por segundo Roy *et al.*, (2023).

Tabla 1. Modelos y características de las distintas versiones de YOLO (Jiang *et al.*, 2022).

Modelo	Tamaño (píxeles)	Map 0.5:0.95	Ma p 0.5	Velocida d CPU (ms)	Velocida d v100 b1 (ms)	Velocidad v100 b32 (ms)	Parámetros (M)	Flops @640 (B)
Yolov5n	640	28	45.7	45	6.3	0.6	1.9	4.5
Yolov5s	640	37.4	56.8	98	6.4	0.9	7.2	16.5
Yolov5m	640	45.4	64.1	224	8.2	1.7	21.2	49
Yolov5l	640	49	67.3	430	10.1	2.7	46.5	109.1
Yolov5x	640	50.7	68.9	766	12.1	4.8	86.7	205.7
Yolov5n6	1280	36	54.4	153	8.1	2.1	3.2	4.6
Yolov5s6	1280	44.8	63.7	385	8.2	3.6	12.6	16.8
Yolov5m6	1280	51.3	69.3	887	11.1	6.8	35.7	50
Yolov5l6	1280	53.7	71.3	1784	15.8	10.5	76.8	111.4
Yolov5x6	1280	55	72.7	3136	26.2	19.4	140.7	209.8
+ TTA	1536	55.8	72.7	-	-	-	-	-

Roboflow.

Es una plataforma web dedicada a la visión por computadora, la cual es de gran ayuda al momento de etiquetar y entrenar los datos introducidos en él, haciendo de este proceso una forma sencilla, rápida e interactiva para utilizar modelos de aprendizaje automático y visión por computadora, siendo esta, una herramienta muy esencial para investigadores y profesionales en el campo del aprendizaje automático Alexandrova *et al.* (2015). Esta plataforma está diseñada para cargar las imágenes que el usuario desee y poder llegar a etiquetar cada una de ellas de forma manual o semiautomática, a su vez, ofrece

herramientas integradas para entrenar y optimizar los modelos de aprendizaje.

Una de las ventajas de esta plataforma es su capacidad de adaptarse a un gran número de arquitecturas de modelos de aprendizaje automático, como Tensor Flow, PyTorch, IBM Cloud, OpenAI, entre otros.

Para el estudio, se generó un dataset de 409 imágenes, las cuales fueron etiquetadas (Figura 4) para cada especie respectivamente y entrenadas de la manera que un 70% de las imágenes destinadas para el entrenamiento, un 20% para la validación y un 10% para prueba.

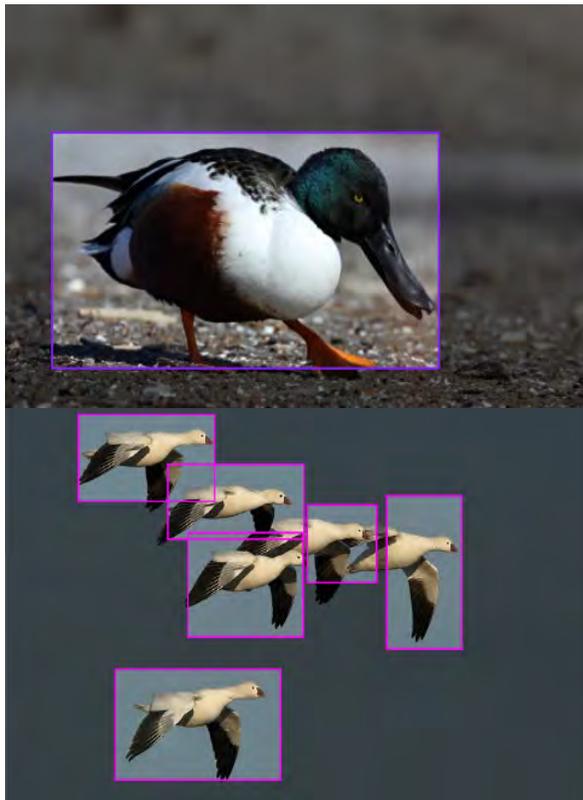


Figura 4. Creación de etiquetas, superior *Anas clypeata*, inferior *Chen rossii*.

Google Colaboratory.

Esta herramienta está destinada a escribir y ejecutar códigos en lenguaje python, pero trabajando en el navegador web, el cual es muy utilizada para trabajar en áreas de aprendizaje automático, análisis de datos y con fines de educación, el cual está basado en el entorno de cuaderno de Jupyter (Google, 2017).

Colab está dedicado para la escritura y ejecución de código en python, este es ejecutado en el navegador, con memoria extra y accesibilidad a un GPU de alto rendimiento, óptimo para la computación de inteligencia artificial. Estos recursos pueden tener limitaciones y no siempre están disponibles están priorizados para usuarios que interactúen de manera más activa y sin exceso de los recursos, ya que existen suscripciones como Colab Pro y Colab Pro+, las cuales tienen algunas ventajas que la versión gratuita como GPUs más rápidas, memoria extra y tiempos de ejecución más prolongados Bisong *et al.* (2019).

Para la estimación de la efectividad de los modelos, se debe tener en cuenta tanto la precisión como el recuerdo, por lo regular si se desea mejorar la precisión el recuerdo descenderá y en caso contrario si se opta por mejorar el recuerdo, la precisión disminuirá su porcentaje.

Para tomar la decisión de la creación de los pesos se desarrollaron cada una de las versiones de YOLOv5 con el dataset de aves que se conformó, se comparó cada uno con las validaciones de precisión, recall (recuerdo) y mAP@.5 (Figura 5), en donde precisión indica la proporción de identificaciones positivas que fue detectada correctamente, es decir muestra la exactitud al clasificar una muestra como positiva y con ello obtener la fiabilidad del modelo, en cuanto a recall, es la capacidad del modelo para detectar las muestras positivas, la proporción de positivos reales identificados correctamente, en cuanto a mAP@ es el indicador de la media del promedio de la precisión, esta métrica nos proporciona una medida general de la confiabilidad del modelo.

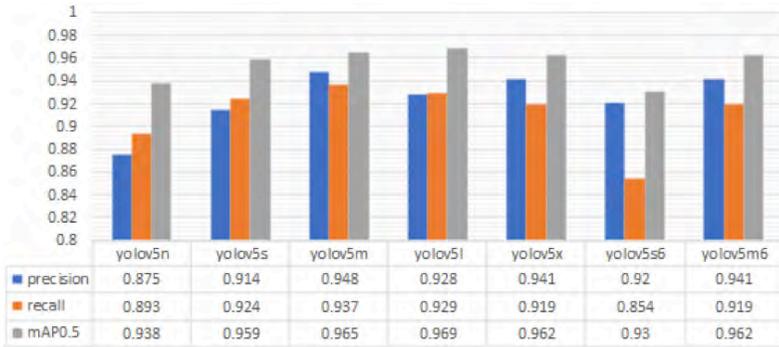


Figura 5. Resultados de la validación con los modelos entrenados.

Resultados

Los resultados de los modelos entrenados se observa que uno de los más fiables es la versión YOLOv5l el cual tiene una precisión y un recuerdo muy similares con 0.928 y 0.929 respectivamente, se obtiene una identificación muy confiable ya que dos están muy equivalentes, es decir tendremos una identificación correcta, precisa y confiable, en cuanto al mAP@ tenemos un alto porcentaje, el mejor entre todos los modelos con un total de 0.969 o un 96.9% para ser preciso, se verifico el procesamiento del modelo entrenado para cada una de las épocas con la precisión, el recuerdo y mAP@ (Figura 6).

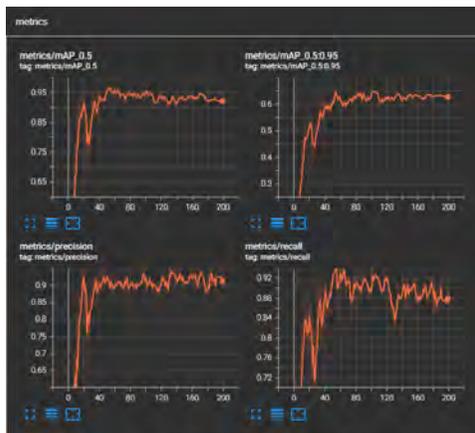


Figura 6. Métricas de evaluación.



Figura 7. Imágenes aéreas clasificadas.

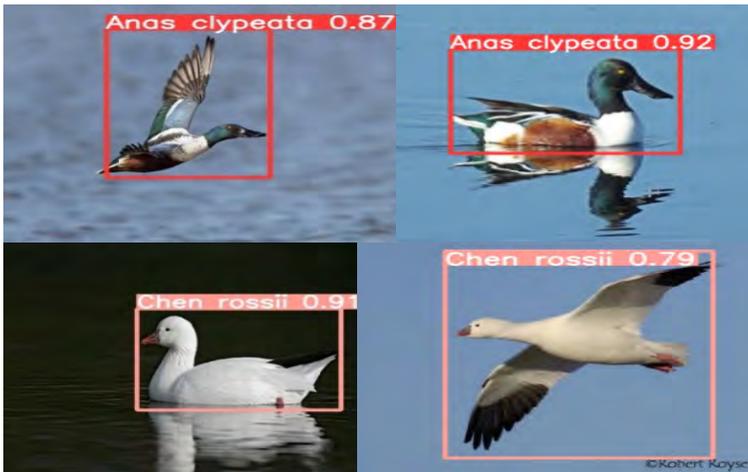


Figura 8. Resultados con las imágenes de prueba.

El resultado que se obtuvo de la validación obtuvo un alto porcentaje de asertividad, siendo como 1 el 100% de certeza del modelo, las imágenes fueron identificadas del porcentaje que se utilizó para la prueba del modelo obteniendo (Figura 7).

Se obtuvieron productos satisfactorios con resultados positivos con valores que van desde 0.79 al 0.92 que indica que la identificación es muy buena (los valores van de 0 a 1, entre más cercano a 1 mejor es el modelo), ya que las aves se observan con su etiquetado individual (Figura 8).

Discusiones

Con la elaboración de este estudio se llegó a cumplir con los objetivos planeados, obteniendo una serie de imágenes para la especie seleccionada *Anas Clypeata* en el área de la laguna Bustillos, en donde se cumplió la hipótesis planteada que hace mención que se pueden identificar y clasificar cada una de las aves de humedal existentes en la zona estudiada.

La calidad del algoritmo para una correcta identificación de aves depende de distintos factores, uno de ellos es la calidad de las imágenes, lo ideal es una amplia resolución e iluminación natural para una identificación precisa (Cuenca y Vázquez Martín, 2021). Un punto importante que destacar es la precisión de la identificación de YOLO depende de la calidad, la cantidad de imágenes y de la capacidad de la red neuronal para identificar las características únicas de la especie de aves. En consecuencia, es importante utilizar imágenes de alta resolución y realizar un entrenamiento adecuado para garantizar una identificación final precisa y confiable.

Para mejorar la identificación de las imágenes es posible aplicar filtros como el suavizado, transformaciones geométricas o transformaciones no lineales (García, 2022).

Zhang (2019) trabajó con YOLOv5 para identificar aves de humedal, y obtuvo resultados favorables en cuanto a precisión de la identificación y tiempo de procesamiento se refiere logrando así cumplir con el propósito de dicho trabajo y empleando tecnologías que están siendo populares.

El etiquetado del dataset de imágenes obtenidas fue muy importante, ya que éste permitió señalar las características más sobresalientes de la especie junto con la especie completa para tener una amplia señalización y no pasar por alto hasta el último detalle, tal como sugiere Andrade (2021).

En esta investigación se obtuvieron resultados de tiempo y precisión de las versiones de YOLOv5, obteniendo mejores variables la versión YOLOv5L, el cual es una de las mejores versiones sus características son que consumen poco más de tiempo, pero favorece la detección de los objetos estudiado, tal y como señala Zapico (2021), quien aclara que la versión de v5s es muy rápida pero genera poca precisión, mientras que v5x es un proceso con lentitud, pero más preciso que sus inferiores.

Los resultados obtenidos de la validación de los pesos entrenados fueron muy por encima del 75%, sugiriendo adecuada habilidad predictiva del peso trabajado para este caso, con un nivel satisfactorio y parecido al que indican Labanda y Torres (2021) quienes trabajaron por debajo de este umbral.

Mediante la herramienta YOLOv5 fue posible identificar la especie en su hábitat natural, logrando detectar de manera acertada las imágenes capturadas, en donde a si mismo se pueden observar las condiciones en las que se encuentra su hábitat. Con el uso de YOLO V5 y el uso de técnicas y estrategias es posible tener una comprensión completa y precisa de las poblaciones de las aves, Teniendo esto se puede llegar a desarrollar estrategias de monitoreo biológico adecuadas y rápidas que contribuyan a planes de conservación más efectivos (Gamero Borrego, 2023).

Conclusiones

La técnica fue adecuada para la detección de aves en la Laguna Bustillos. El VANT pudo acceder a lugares con difícil acceso para lograr las capturas fotográficas de alta resolución de estos individuos.

Con los vuelos de dron fotografiando estas aves, en futuros estudios sobre comportamiento de las aves, patrones de vuelo, alimentación y reproducción, monitoreo de su hábitat.

Es crucial destacar que la fotografía de aves con drones debe realizarse con sumo cuidado y consideración para minimizar cualquier impacto negativo sobre las aves. La combinación de UAV y sistemas de detección de objetos como YOLO presenta una herramienta eficaz, rápida y precisa. Esta tecnología no sólo ahorra tiempo y costes en el proceso de investigación, sino que también se proyecta como una contribución significativa y globalmente importante a la investigación futura en el campo de la biología de la conservación. Además, la incorporación de herramientas tecnológicas, como drones y sistemas de detección mediante inteligencia artificial, agrega eficacia y precisión a la cogeneración de conocimiento, al tiempo que respalda la búsqueda de un desarrollo sustentable y la atención de problemáticas ambientales. En este sentido, se establece una conexión fluida entre la innovación tecnológica y las metas del Pronaces-SSyS, posicionando a estas herramientas como contribuciones valiosas para el logro de los objetivos nacionales estratégicos en sistemas socioecológicos y sustentabilidad.

La identificación de aves de humedal mediante la implementación de este tipo de tecnología y las fotografías aéreas debe de ser implementada por personas expertas no sólo en el monitoreo de aves (quienes llegan a entender e interpretar los resultados y tomar acciones para un uso correcto y efectivo), sino por personas expertas en el vuelo del dron, capaces de manejar correctamente los límites de altura o llegar a hacer maniobras en caso de emergencia.