

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

Carrera de Software

“Aplicación web de control de fauna protegida utilizando imágenes adquiridas mediante un dron para mejorar el muestreo de las especies endémicas en la reserva ecológica Cotacachi – Cayapas”.

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Software presentado ante la ilustre Universidad Técnica del Norte.

Autor:

Vaca Espinoza Alexis Xavier

Director:

Ing. Marco Remigio Pusedá Chulde, PhD

Ibarra – Ecuador

2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003972096		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Vaca Espinoza Alexis Xavier		
DIRECCIÓN:	Princesa Cory Cory 3-57, Av. Atahualpa		
EMAIL:	axvacae@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	065017180	TELÉFONO MÓVIL:	0988009549

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Aplicación web de control de fauna protegida utilizando imágenes adquiridas mediante un dron para mejorar el muestreo de las especies endémicas en la reserva ecológica Cotacachi – Cayapas”.
AUTOR(ES):	Vaca Espinoza Alexis Xavier
FECHA:	28 de febrero de 2025
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Software
DIRECTOR:	Ing. Marco Remigio Pusdá Chulde, PhD
ASESOR:	Ing. Cosme McArthur Ortega Bustamante, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 días del mes de febrero de 2025

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal dashed line.

ESTUDIANTE

Alexis Xavier Vaca Espinoza

C.I 1003972096

CERTIFICACIÓN DIRECTOR

Ibarra 28 de febrero del 2025

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Por medio del presente yo Ing. Marco Remigio Pusdá Chulde, PhD. certifico que el Sr. Alexis Xavier Vaca Espinoza portador de la cedula de ciudadanía número 1003972096, ha trabajado en el desarrollo del proyecto de grado **“Aplicación web de control de fauna protegida utilizando imágenes adquiridas mediante un dron para mejorar el muestreo de las especies endémicas en la reserva ecológica Cotacachi – Cayapas.”**, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Software realizado con interés profesional y responsabilidad que certifico con honor de verdad.

Es todo en cuanto puedo certificar a la verdad

Atentamente

Ing. Marco Pusdá, PhD
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

CERTIFICADO DE PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS
“APLICACIÓN WEB DE RECONOCIMIENTO DE ESPECIES EXISTENTES”

El Parque Nacional Cotacachi Cayapas certifica que el Sr. Alexis Xavier Vaca Espinoza, con C.I. 1003972096, estudiante de la Universidad Técnica del Norte, Carrera de Software, ha realizado una valiosa contribución a nuestra institución mediante la presentación de la **aplicación web para el control y reconocimiento de fauna utilizando imágenes adquiridas mediante dron, con el objetivo de mejorar el muestreo de especies endémicas** en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas.

Este esfuerzo representa un importante avance en la preservación de la biodiversidad y el desarrollo de estrategias sostenibles para el manejo y conservación de las especies de la región.

Por lo expuesto, nuestra institución certifica y aprueba satisfactoriamente dicha presentación.

Cotacachi, febrero de 2025



Firmado electrónicamente por:
RICARDO PLUTARCO
MENDEZ CHALA

ING. PLUTARCO MENDEZ

Administrador (e) del PNCCa- Zona Alta

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mi madre, Myriam, cuyo esfuerzo y apoyo incondicional han sido fundamentales en mi camino. A mi hermana, Karen, quien ha sido un pilar en mi vida, brindándome su cariño y aliento para alcanzar mis metas y sueños. Y a mi sobrina, Emily, cuya luz y alegría me inspiran cada día a seguir creciendo, como persona.

Alexis Xavier Vaca Espinoza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por ser la institución que me ha permitido formarme como un profesional de calidad. A mi tutor, Ing. Marco Pusdá, PhD. por compartir su conocimiento y experiencia, como su confianza en mí y por su valiosa ayuda para la realización de este trabajo. De igual manera, extendiendo mi gratitud a cada uno de los docentes de la Carrera de Ingeniería en Software por su apoyo y dedicación a la enseñanza.

A mi familia, por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica, por sus consejos y por demostrarme su afecto en cada etapa de mi crecimiento profesional. En especial, a mis abuelos, Jorge y Ángela, con quienes crecí y de quienes he recibido siempre amor y respaldo.

También agradezco a mis amigos Byron, Kevin, José, Jessica, Patricia, Diego con quienes he compartido momentos valiosos en este camino. Sus mensajes de ánimo, colaboración y compañía han sido fundamentales. Espero que logren sus metas y que nuestra amistad perdure con el tiempo.

Alexis Xavier Vaca Espinoza

RESUMEN

El presente documento se encuentra conformado por tres capítulos, en el cual se detalla todo el proceso para realizar el Trabajo de Grado: “Aplicación web de control de fauna protegida utilizando imágenes adquiridas mediante un dron para mejorar el muestreo de las especies endémicas en la reserva ecológica Cotacachi – Cayapas.”

En la parte de introducción se definen los antecedentes, situación actual, prospectiva, planteamiento del problema, objetivo general y específico, alcance, y justificación.

En el capítulo 1, se presenta todo el marco teórico, se describen temas como el Sistema Nacional de Áreas protegidas y las tecnologías aplicables, modelos de redes neuronales y conjuntos de datos usados en Inteligencia Artificial (IA), herramientas de desarrollo empleadas para la construcción del sitio web, la Arquitectura de YOLO, una revisión a la Metodología KDD, y una descripción de diferentes trabajos relacionados.

En el capítulo 2, se detalla la planificación del proyecto de investigación, en la que se presentan los requisitos funcionales y no funcionales, casos de uso, la arquitectura de la aplicación web, el preprocesamiento de las imágenes, la base de datos, y su despliegue.

En el capítulo 3, se detallan la parte de pruebas de rendimiento de la aplicación web, la interpretación de resultados y el análisis de impacto.

Finalmente se encuentra las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

ABSTRACT

This document is made up of three chapters, in which the entire process to carry out the Degree Project is detailed: “Web application for the control of protected wildlife using images acquired through a drone to improve the sampling of endemic species in the Cotacachi – Cayapas ecological reserve”.

In the introductory part, the problem statement, objective general and specific objectives. It also includes the scope of the study made together with the justification of the realization of this.

In Chapter 1, the entire theoretical framework is presented, topics such as the National System of Protected Areas and applicable technologies, neural network models, datasets used in Artificial Intelligence (AI), development tools employed for the construction of the website, YOLO architecture, a review of the KDD methodology, and a description of related works.

In chapter 2, the planning of the research project is detailed, presenting functional and non-functional requirements, use cases, web application architecture, image preprocessing, the database, and its deployment.

In chapter 3, it describes performance tests of the web application, the interpretation of results, and impact analysis.

Finally, you will find the conclusions, recommendations, bibliographic references and annexes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	15
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	16
CAPITULO I.....	17
INTRODUCCIÓN.....	17
Tema.....	17
Problema.....	17
Objetivos.....	19
<i>Objetivo General</i>	19
<i>Objetivos Específicos</i>	19
Alcance.....	19
Metodología.....	21
Justificación.....	22
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 Áreas Protegidas.....	24
2.1.1 <i>Leyes para Áreas Protegidas.</i>	25
2.1.2 <i>Tecnologías aplicables en áreas protegidas.</i>	31
2.2 Inteligencia Artificial (IA).....	36
2.2.1 <i>Modelos de redes neuronales</i>	36
2.2.2 <i>Dataset</i>	41
2.3 Herramientas de desarrollo.....	44
2.3.1 <i>Características Dron</i>	45
2.3.2 <i>PostgreSQL</i>	45
2.3.3 <i>Python</i>	46
2.3.4 <i>Arquitectura de YOLO</i>	47
2.3.5 <i>NodeJS.</i>	48

2.3.6	<i>React</i>	49
2.3.7	<i>Vercel</i>	49
2.3.8	<i>Render</i>	49
2.3.9	<i>Google Drive</i>	50
2.3.10	<i>Metodología Knowledge Discovery in Databases (KDD)</i>	50
2.4	Trabajos Relacionados.....	51
CAPÍTULO III		53
DESARROLLO DEL PROYECTO.....		53
3.1	Requerimientos Funcionales.....	53
3.1.1	<i>Gestión de Usuarios</i>	53
3.1.2	<i>Gestión de Avistamientos</i>	54
3.1.3	<i>Procesamiento de Imágenes</i>	55
3.1.4	<i>Visualización de Datos</i>	57
3.1.5	<i>Integraciones Externas</i>	59
3.2	Requerimientos No Funcionales	59
3.2.1	<i>Seguridad</i>	59
3.2.2	<i>Rendimiento</i>	60
3.2.3	<i>Usabilidad</i>	61
3.3	Casos de Uso.....	62
3.3.1	<i>Registro de Usuario</i>	62
3.3.2	<i>Inicio de Sesión</i>	63
3.3.3	<i>Carga de Imágenes</i>	64
3.3.4	<i>Visualización de Datos Estadísticos</i>	65
3.4	Arquitectura de la aplicación web.	66
3.5	Obtención de imágenes.....	67
3.5.1	<i>Pruebas de vuelo dron</i>	67
3.6	Preprocesamiento de imágenes.	69
3.6.1	<i>Composición dataset</i>	69
3.6.2	<i>Etiquetado de Imágenes</i>	70
3.6.3	<i>Redimensionamiento</i>	72

3.6.4	<i>Normalización</i>	73
3.6.5	<i>Aumento de Datos</i>	73
3.6.6	<i>Entrenamiento con YoloV8:</i>	73
3.7	Base de Datos.....	76
3.8	API	77
3.9	Desarrollo de la interfaz de usuario	80
3.9.1	<i>Página de Login</i>	80
3.9.2	<i>Página de Registro</i>	81
3.9.3	<i>Página de Inicio</i>	81
3.9.4	<i>Página de Carga</i>	82
3.9.5	<i>Página de estadísticas</i>	85
3.9.6	<i>Página de Dashboard</i>	86
3.10	Despliegue.....	88
3.10.1	<i>Despliegue de la API y Frontend en Vercel</i>	88
3.10.2	<i>Despliegue del Modelo de Reconocimiento de Especies en Render</i>	89
CAPÍTULO IV		90
VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....		90
4.1	Validación del Modelo	90
4.1.1	<i>Métricas de Evaluación</i>	90
4.2	Rendimiento de la Aplicación Web	97
4.2.1	<i>Pruebas funcionales:</i>	97
4.2.2	<i>Pruebas de rendimiento:</i>	99
4.2.3	<i>Pruebas de compatibilidad:</i>	99
4.3	Interpretación de resultados.....	100
4.4	Análisis de impacto.....	103
4.4.1	<i>Impacto tecnológico</i>	103
4.4.2	<i>Desafíos y Limitaciones</i>	104
4.4.3	<i>Implicaciones para la Conservación y Gestión Ambiental</i>	104
4.4.4	<i>Validación de Metodologías y Tecnologías</i>	105
CONCLUSIONES.....		106
RECOMENDACIONES		107

BIBLIOGRAFÍA.....	108
ANEXOS.....	113
Anexo 1. Manual de usuario	113
Anexo 2: Transcripción entrevista Rafael Defas Administrador del Parque Nacional Ecológico “Cotacachi Cayapas”.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Árbol de problema</i>	18
Figura 2 <i>Proceso del sistema de control para especies protegidas</i>	20
Figura 3 <i>Resumen del desarrollo del proyecto.</i>	22
Figura 4 <i>Aumento de la cantidad de especies amenazadas de la IUCN (2000-2024)</i>	25
Figura 5 <i>Territorio Nacional Conservado a través del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.</i>	26
Figura 6 <i>Mapa del parque nacional Cotacachi - Cayapas.</i>	28
Figura 7 <i>Fases de la gestión de áreas protegidas.</i>	30
Figura 8 <i>Características de las Wireless Sensor Networks</i>	32
Figura 9 <i>Diagrama de bloques de la configuración tradicional del hardware y el control de sistemas individuales de pequeñas aeronaves no tripuladas.</i>	33
Figura 10 <i>Cámara trampa</i>	34
Figura 11 <i>Plataforma SMART</i>	35
Figura 12 <i>Funcionamiento iNaturalist</i>	36
Figura 13 <i>Detección de antílopes y cebras.</i>	37
Figura 14 <i>Arquitectura de red neuronal convolucional</i>	38
Figura 15 <i>Ejemplo dataset de alces</i>	41
Figura 16 <i>Especies Elegidas</i>	42
Figura 17 <i>Arquitectura del sistema PostgreSQL</i>	45
Figura 18 <i>Funcionamiento python</i>	46
Figura 19 <i>Arquitectura de análisis del modelo Tensorflow</i>	46
Figura 20 <i>Estructura del módulo para Keras</i>	47
Figura 21 <i>Modelo para detección de animales salvajes usando YoloV8</i>	48
Figura 22 <i>Estructura de Node.JS</i>	48
Figura 23 <i>Proceso de KDD</i>	50
Figura 24 <i>Diagrama caso de uso Registro de Usuario</i>	63

Figura 25 Diagrama caso de uso Inicio de Sesión	64
Figura 26 Diagrama caso de uso Carga de Imágenes	65
Figura 27 Diagrama caso de uso Visualización de Datos Estadísticos	66
Figura 28 Arquitectura de aplicación web	67
Figura 29 Preparación de vuelo del dron DJI Mavic 2 Pro	68
Figura 30 Comparativa entre la cámara de teléfono y el dron	69
Figura 31 DataSet de cervicabra.....	70
Figura 32 Etiquetado de oso de anteojos	71
Figura 33 Herramienta labelImg etiquetado de cervicabra.....	72
Figura 34 Configuración del archivo de datos.....	72
Figura 35 Aumento de datos de oso de anteojos	73
Figura 36 Proceso de entrenamiento del modelo	74
Figura 37 Imágenes de entrenamiento del modelo.....	75
Figura 38 Imágenes de validación del modelo	75
Figura 39 Detección de Zorro Culpeo.....	76
Figura 40 Diagrama entidad relación de la base de datos	77
Figura 41 Página de Login.....	80
Figura 42 Página de Registro.....	81
Figura 43 Página de inicio	82
Figura 44 Página de Carga	82
Figura 45 Página de Carga con archivos seleccionados	83
Figura 46 Página de Carga Selección Archivos	83
Figura 47 Página de carga en proceso de subida de imágenes	84
Figura 48 Página de carga con respuesta de la identificación de especies.....	84
Figura 49 Página de estadística con información de Condor.....	85
Figura 50 Gráfico estadístico de la Gallareta Andina establecido por mes	86
Figura 51 Página de dashboard mapa de avistamientos por especie	87

Figura 52 <i>Mapa de avistamiento de especie selección Zorro Culpeo</i>	87
Figura 53 <i>Gráfico estadístico de la cantidad de especies avistadas</i>	88
Figura 54 <i>Despliegue de Modelo en Render</i>	89
Figura 55 <i>Matriz de Confusión</i>	91
Figura 56 <i>Matriz de confusión normalizada</i>	92
Figura 57 <i>Curva de precisión</i>	94
Figura 58 <i>Recall-confidence Curve</i>	95
Figura 59 <i>F1-Confidence Curve</i>	97
Figura 60 <i>Imágenes sin acercamiento al objetivo</i>	101
Figura 61 <i>Resultados en la detección aplicando división y escalado de la imagen en 16 partes</i>	101
Figura 62 <i>Resultados en la detección para la gallareta andina</i>	102
Figura 63 <i>Gallareta camuflada con la naturaleza</i>	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Metodología para la conservación</i>	31
Tabla 2 <i>Comparación de modelos de detección de objetos.</i>	40
Tabla 3 <i>Gestión Usuarios</i>	54
Tabla 4 <i>Gestión de Avistamientos</i>	55
Tabla 5 <i>Procesamiento de Imágenes</i>	56
Tabla 6 <i>Visualización de Datos</i>	58
Tabla 7 <i>Integraciones Externas</i>	59
Tabla 8 <i>Seguridad</i>	60
Tabla 9 <i>Rendimiento</i>	61
Tabla 10 <i>Usabilidad</i>	62
Tabla 11 <i>Archivo de etiquetado</i>	71
Tabla 12 <i>Funcionalidades de la API</i>	78
Tabla 13 <i>Datos de Precisión</i>	93
Tabla 14 <i>Datos Recall</i>	95
Tabla 15 <i>Datos F1-Score</i>	96
Tabla 16 <i>Validación Requisitos Funcionales</i>	98
Tabla 17 <i>Tiempos de registro de carga</i>	99
Tabla 18 <i>Compatibilidad navegadores</i>	100

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Formula de la exactitud</i>	92
Ecuación 2 <i>Formula de la Precisión</i>	93
Ecuación 3 <i>Formula de Recall</i>	94
Ecuación 4 <i>Formula de F1-Score</i>	96

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Tema

Aplicación web de control de fauna protegida utilizando imágenes adquiridas mediante un dron para mejorar el muestreo de las especies endémicas en la reserva ecológica Cotacachi – Cayapas.

Problema

Ecuador es un país que cuenta con abundante fauna silvestre, muchas de sus especies enfrentan un alto riesgo de extinción debido a diversos factores, Entre las principales amenazas se encuentran el tráfico ilegal de animales, la introducción de especies exóticas, la destrucción de hábitats naturales, los habitantes que viven alrededor de las reservas, cazadores, incluso animales domésticos que atacan a la fauna local. (Sotomayor Weir, 2019)

Las áreas protegidas son espacios geográficos consagrados para la protección y mantenimiento de la diversidad biológica, al tener zonas accidentadas, y climas diversos, perjudica en la movilidad y reconocimiento de las especies protegidas (Gómez et al., 2021)

En el norte del Ecuador se encuentra el Parque Nacional Cotacachi – Cayapas, que abarca una superficie de 260.961,46 hectáreas. Esta área es una de las más ricas en biodiversidad del país y una de las más importantes a nivel mundial para la conservación. En su territorio habitan 1.258 especies de vertebrados, de las cuales 178 son endémicas y 136 están incluidas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). La gestión de la fauna en este ecosistema está a cargo del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAE), que ha identificado desafíos como el limitado muestreo de las poblaciones y la falta de precisión en la ubicación de las especies protegidas. Las reservas ecológicas utilizan trampas fotográficas y el conteo de huellas, establecidos en diferentes áreas

de la reserva para el control de las especies protegidas. La caza no regulada ha provocado una disminución en la zona. (IUCN Red List, 2024; Ministerio del Ambiente, 2019)

La fragmentación y contaminación de hábitats no permite la creación de un espacio controlado para la crianza de las especies protegidas. La reserva posee una extensa superficie geográfica que dificulta el control de especies protegidas, debido al terreno accidentado la movilidad en la zona es problemática, generando complejidad al realizar el muestreo de las especies protegidas. El proceso de muestreo es ineficiente, por el tiempo de espera que tardan en recolectar la información, causando que el inventario de la población de especies protegidas este desactualizado (Ministerio del Ambiente, 2015).

Figura 1

Árbol de problema



Fuente: Elaboración propia

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una aplicación web de control de la fauna protegida utilizando imágenes adquiridas mediante un dron para mejorar el muestreo de las especies endémicas en la reserva ecológica Cotacachi – Cayapas.

Objetivos Específicos

- Realizar un marco teórico fundamentado en base de datos científicas y otros documentos que aporten en el desarrollo del tema planteado.
- Diseñar la aplicación web de reconocimiento de especies protegidas mediante el procesamiento de imágenes adquiridas por un dron.
- Evaluar la aplicación web mediante métricas de rendimiento.

Alcance

Este proyecto tiene como finalidad desarrollar una aplicación web de control de especies protegidas mediante el análisis de imágenes y procesamiento de información almacenada en una base de datos que contendrá características sobre los animales protegidos y posibles intrusiones en el parque nacional.

En la primera fase se define un marco teórico basado en los aspectos en bases de datos científicas y otros documentos que aporten al tema, para el reconocimiento de especies protegidas, herramientas de desarrollo, modelos pre-entrenados que realicen la detección en tiempo real de especies protegidas (Mantau et al., 2022).

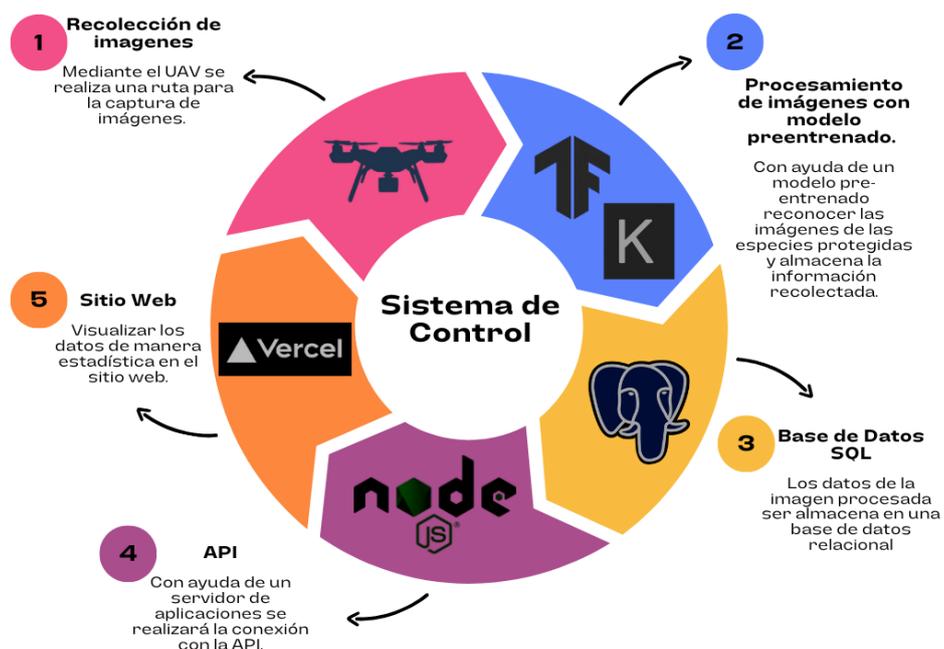
En la segunda fase se desarrolló la modificación del modelo pre-entrenado para adaptar a la fauna pertenecientes a la reserva ecológica Cotacachi – Cayapas, y analizar a las especies protegidas de manera óptima. Con ayuda del proceso KDD al ser interactivo nos permite la extracción de patrones redundantes o irrelevantes, para la identificación (Timarán Pereira et al.,

2016). Tensor Flow nos ayuda a probar modelos pre-entrenados con machine learning y conseguir el óptimo para el proyecto. Se realizó pruebas de vuelo del Dron en zonas y en alturas controladas que permitió el reconocimiento, evitando la perturbación de la fauna silvestre y obteniendo datos con precisión, se experimentó a diferentes alturas de vuelo para reducir la perturbación y evidenciar la tolerancia del Dron en las especies del parque (Schroeder et al., 2020). Los datos recopilados fueron almacenados en una base de datos PostgreSQL. NodeJS nos permite realizar el api para facilitar las consultas con la base de datos, React nos ayudó con la creación de la aplicación donde se presenta de manera interactiva los datos de ubicación, la población de cada especie.

En la última fase, se evaluó mediante métricas de rendimiento a través de un análisis estadístico en la fase de pruebas del modelo, se enfocó en la precisión y pérdida de visualización de las imágenes.

Figura 2

Proceso del sistema de control para especies protegidas



Fuente: Elaboración propia.

Metodología

El primer objetivo cumple mediante el análisis de literatura basada en fuentes bibliográficas como Scopus, Science Direct, Taylor & Francis, IEEE Explorer, AIS eLibrary, en las que se identifica el muestreo que realizan las áreas protegidas para el sondeo de los animales endémicos de sus zonas y ver que tan eficaz resulta el tránsito del terreno para conocer los métodos y técnicas realizados por el personal cualificado para sus respectivas tareas.

Para el segundo objetivo, se desarrolló un Modelo de Red Neuronal Convolutiva (CNN, por sus siglas en inglés), utilizando la metodología Knowledge Discovery in Databases (KDD), propuesta por (Fayyad et al., 1996), para la extracción y análisis de datos. La arquitectura del modelo se basó en redes previamente establecidas con alto rendimiento en el procesamiento de imágenes, empleando conjunto de datos de animales silvestres (Microsoft, 2023).

Para finalizar, se realizaron pruebas de rendimiento mediante una metodología de análisis estadístico de tipo exploratorio, presentando los resultados de las métricas obtenidas en el reconocimiento y muestreo de la población de las especies protegidas, utilizando gráficos estadísticos para la mejor comprensión de los datos (Pardo Matos, 2013).

Figura 3

Resumen del desarrollo del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Justificación

El siguiente proyecto tiene un enfoque hacia el objetivo de desarrollo sostenible de “Vida de ecosistemas terrestres”, donde se define:

15.7 Implementar acciones inmediatas para erradicar la caza furtiva y el tráfico ilegal de especies protegidas, tanto de flora como de fauna, y abordar de manera efectiva la demanda y oferta ilegales de productos derivados de la vida silvestre (Naciones Unidas, 2023).

Construir un prototipo de control mediante el uso de tecnologías de reconocimiento a través de la Inteligencia artificial, y mejorar el muestreo de los animales en zonas protegidas, enfocándose en conseguir de manera eficiente datos correspondientes a las diferentes especies del parque nacional.

Justificación Tecnológica. - El desarrollo de este trabajo fomenta el acceso a zonas que se encuentran en terrenos accidentados, encontrar mediante imágenes a los animales que se encuentren camuflados con el entorno, y reconocer la especie perteneciente mediante el uso de inteligencia artificial.

Justificación Ambiental. - El presente proyecto permite la protección de las especies endémicas, el control sobre la población existente y las zonas por las que se movilizan, facilitando al estudio de sus características y conductas. Logrando detectar los conflictos y relaciones positivas que se presentan en la reserva ecológica Cotacachi – Cayapas.

Justificación Social. - La intervención social permite contemplar la vulnerabilidad que presentan las especies protegidas y su relación con la comunidad, los aspectos que complican en el cumplimiento de salvar a especies que se encuentran en la lista roja.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se describe la teoría y conceptos fundamentales relacionados con el manejo de áreas protegidas para el muestreo de especies en condición de vulnerabilidad. Se describen las tecnologías utilizadas en estas áreas y se detalla la estructura del proyecto sobre la aplicación web desarrollada para este propósito.

2.1 Áreas Protegidas

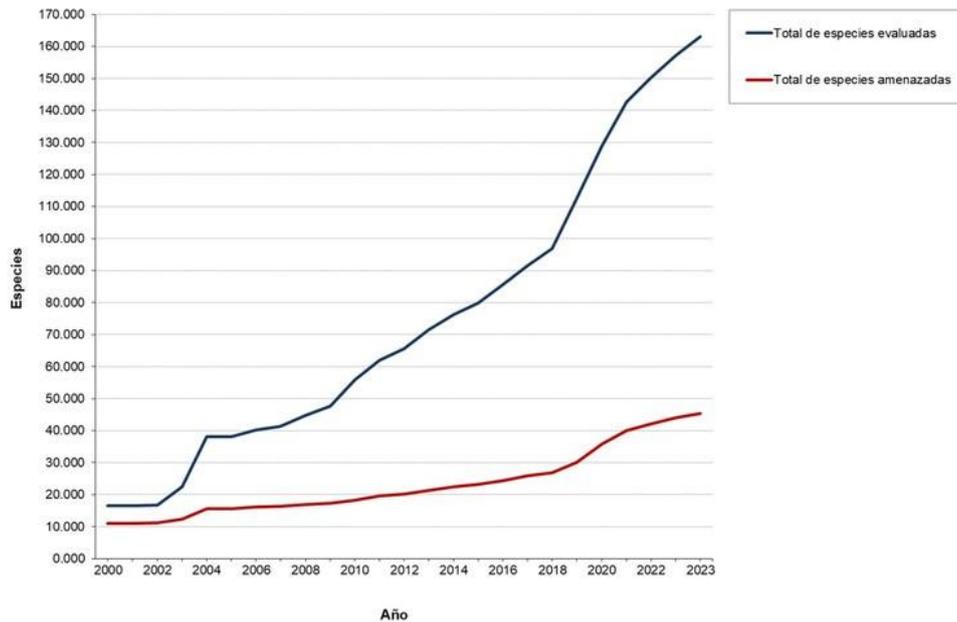
Para tratar de entender a las áreas protegidas debemos considerar lo que tratan de solucionar. Es la extinción de la biodiversidad que se acelera por diferentes motivos; una de las principales razones se encuentra en la actividad humana que altera consistentemente los ecosistemas, resultando en un 75% de la superficie terrestre ha sido modificada, y el 85% de humedales desaparecieron (Cazzolla Gatti et al., 2024; Shao et al., 2020).

Basado en la Lista Roja de Especies Amenazadas realizada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN Red List, 2024), en la *Figura 4*. Podemos visualizar más de 45.300 especies se encuentran bajo amenaza de extinción, lo que equivale a un 28% del total de las especies que se han evaluado.

Las áreas protegidas son el camino a la conservación y restauración de la integridad de áreas naturales, y obtener estructuras ecológicas libres de amenazas y sin perturbaciones por presiones humanas (European Commission, 2022).

Figura 4

Aumento de la cantidad de especies amenazadas de la IUCN (2000-2024)



Fuente: (IUCN Red List, 2024)

2.1.1 Leyes para Áreas Protegidas.

La Ley que establece a las especies en peligro de Extinción (ESA) se refiere a la protección de especies amenazadas, destaca la persistente falta de preservación adecuada por conflictos económicos, a pesar de la existencia de numerosos esfuerzos de conservación (Wilson, 2001).

En este contexto, Ecuador se centró en el Proyecto Paisajes – Vida Silvestre, enfocado en la gestión de paisajes dentro del SNAP del país, con el fin de incrementar la conservación de especies en peligro de extinción a nivel global. Se basa en tres componentes clave para obtener resultados significativos: en primer lugar, las áreas protegidas eficazmente conservan la fauna silvestre en riesgo; en segundo lugar, se involucran actores locales contribuyan activamente a la conservación de la biodiversidad en riesgo; por último, se fomenta la gestión

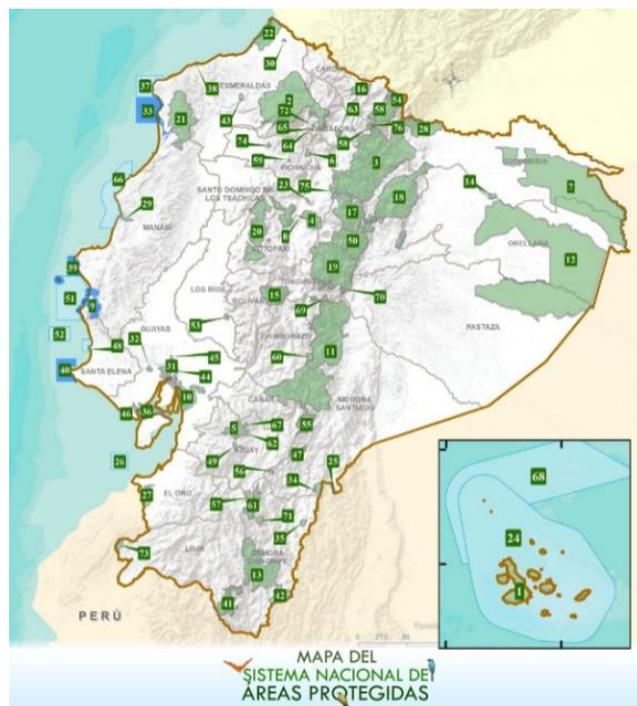
sostenible de la vida silvestre, abordando aspectos biológicos, sanitarios, sociales y económicos en las zonas de influencia del proyecto (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2019).

Las acciones estratégicas y la consolidación de alianzas del Proyecto Paisajes se centran en la capacitación técnica para la gestión de la vida silvestre en el terreno, la realización de censos poblacionales de especies prioritarias, y la atención médica veterinaria a la fauna afectada por el tráfico ilegal. Además, incluye el rescate y la atención inmediata de animales silvestres, el monitoreo biológico a través de trampas fotográficas y la implementación de campañas de sensibilización a nivel nacional (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2019). Cabe destacar que el proyecto se completó el 28 de febrero de 2019.

Ecuador alberga 76 Áreas Protegidas conservadas en el SNAP a nivel nacional; terrestre con 20,60%, marino 19,15% (Ministerio del Ambiente, 2023), Estas áreas protegidas se distribuyen en las cuatro regiones del país como se puede ver en la Figura 5.

Figura 5

Territorio Nacional Conservado a través del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.



Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2023)

Parque Nacional Cotacachi – Cayapas: Conservación de la Vida Silvestre en Ecuador.

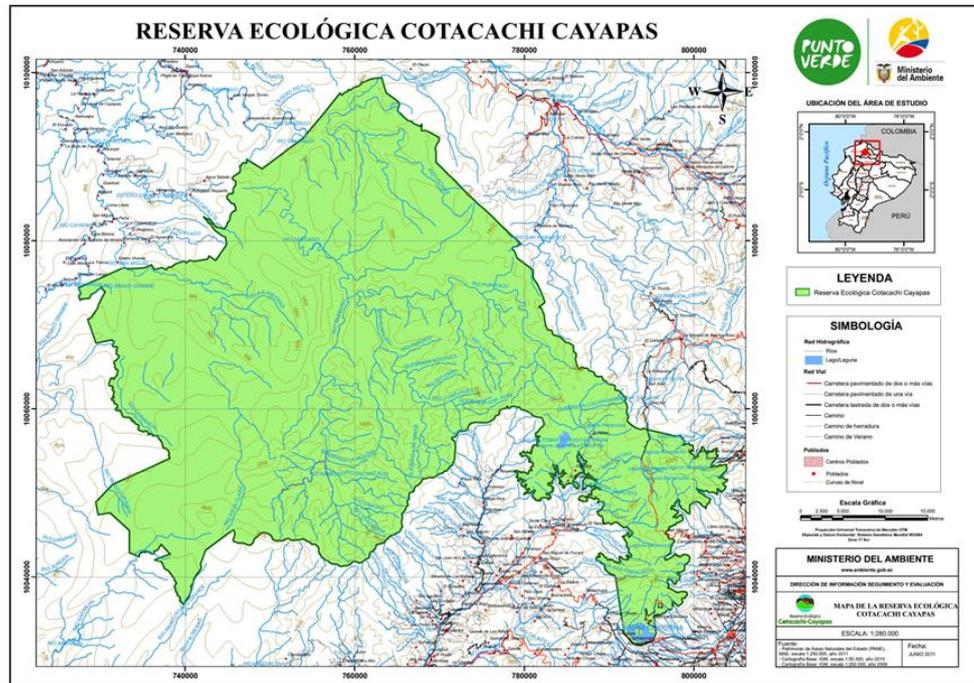
El parque nacional Cotacachi – Cayapas, fundado en 1968 tras el descubrimiento de diversos ecosistemas, flora, fauna y una amplia gama de pisos climáticos, abarcando altitudes desde 30 -1600 en la zona baja y para la zona alta se encuentra sobre el nivel del mar a unos 1601 - 4939 metros, es una de las más extensas e importantes en la región norte del país (Go Raymi, 2023; Gómez Araujo et al., 2020).

El estado de conservación de la flora y fauna en el Parque Nacional Cotacachi-Cayapas se organiza administrativamente en dos zonas: la baja, que se extiende desde los flancos de la Cordillera de los Andes hacia la Costa, y la alta, que abarca los Andes, cruzando la Cordillera de Toisán, como se muestra en la Figura 6. En el parque se encuentran diversas especies, entre las que destacan 139 mamíferos, entre 500 y 600 especies de aves, y 235 especies de herpetofauna, de las cuales 124 son anfibios y 111 son reptiles registrados. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2007). Entre los grandes mamíferos que habitan en esta área protegida se encuentran el tigrillo, el puma, el jaguar, el oso de anteojos, el perezoso, venado de cola blanca y la cervicabra (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2007; Ministerio del Ambiente Ecuador, 2014).

El administrador del parque de la Zona Alta Rafael Defas indico que hay varios inconvenientes en la gestión del monitoreo de especies. La falta de presupuesto y personal asignado obliga a depender de personal externo, como universidades o fundaciones, para realizar estas tareas. Además, el uso de cámaras trampa presenta problemas debido a la interferencia de los animales, que a menudo dañan o desactivan estos equipos. Las excursiones para verificar la presencia de especies son difíciles de realizar ya que requieren una preparación exhaustiva y pueden durar varios días, lo que aumenta la complejidad y los costos logísticos. Los métodos tradicionales, como el conteo de huellas o la recolección de desechos, también son ineficaces (Defas, 2023).

Figura 6

Mapa del parque nacional Cotacachi - Cayapas.



Fuente: (Gómez Araujo et al., 2020)

Causas en el peligro de fauna.

Actualmente, los fondos destinados a la protección de especies amenazadas son insuficientes para garantizar su adecuada conservación. Esto se debe, en parte, al desarrollo del entorno local, limita sus hábitats y provoca su desplazamiento, afectando el crecimiento y comportamiento natural. Determinar la población de las especies es un desafío, que requiere la recopilación de datos mediante observación y conteo. Además, algunas especies son difíciles de detectar debido al tamaño, color o edad, camuflaje para evitar a los depredadores (Cohen et al., 2015).

Las especies que se encuentran en mayor riesgo de extinción se debe al pequeño rango geográfico, baja abundancia y mayor susceptibilidad a cambios ambientales. Uno de los principales responsables en la distribución de especies en extinción es el cambio climático, afectando a la biodiversidad del ecosistema en diferentes escalas (Sousa-Silva et al., 2014).

La expansión urbana como es el desarrollo de viviendas causa gran amenaza a las áreas protegidas que se encargan de refugiar a especies amenazadas, al reemplazar áreas naturales con infraestructura humana. Algunas especies reducen su movilidad y aumenta el encuentro con humanos llegando a causas mortales (Blackburn et al., 2021).

El extraer animales de la naturaleza y criar una población cautiva puede ser solución para evitar la extinción, pero trae repercusión en la población de origen, estas especies al ser pequeñas cantidades o se encuentren aisladas, generan el riesgo de extinción. La supervivencia en cautiverio o el éxito reproductivo suele ser incierto, sin la evaluación oportuna los beneficios posteriores a una liberación en la población silvestre pueden generar una catástrofe, al ser criados en cautiverio puede tener consecuencias en un comportamiento anormal y desadaptativo (Heinrichs et al., 2019).

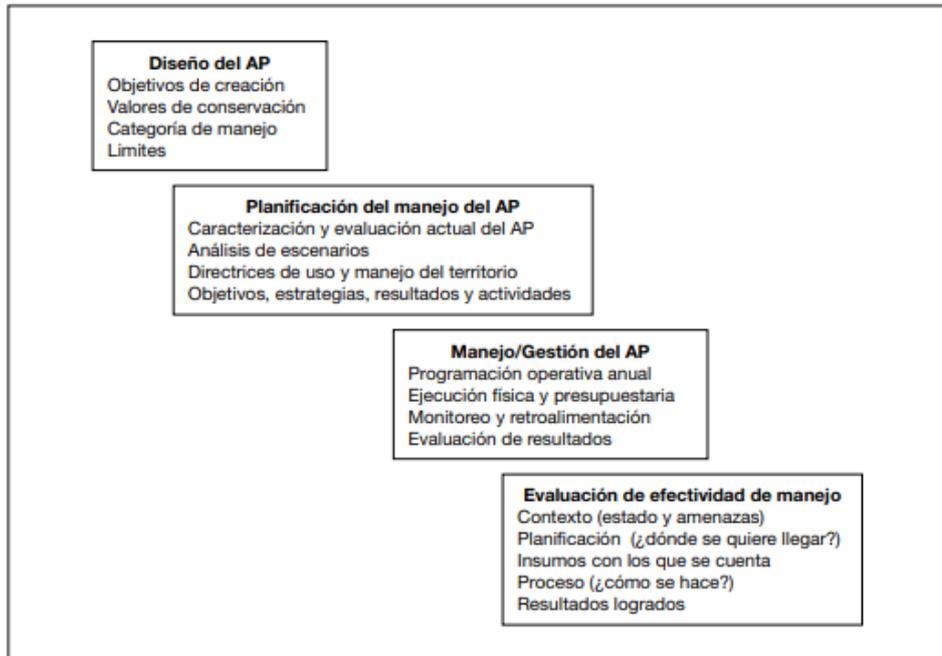
Control en la protección en áreas protegidas.

La administración para estas áreas es de origen político, administrativo, social, técnico, siendo importante utilizar fases para su correcto manejo, como se encuentra en la Figura 7. Primero, el diseño del área protegida donde se establecen los objetivos, manejo y límites. Luego, la planificación estratégica, que implica una evaluación integral del área y su entorno. A continuación, la gestión del área protegida, donde se implementan acciones para cumplir los objetivos, mediante una programación anual. Por último, la evaluación de efectividad de manejo, que mide el progreso en relación con los objetivos de creación del área. Evaluando, recursos, procesos y resultados a mediano plazo (Columba Zárate, 2013).

Para preservar la biodiversidad, es imperativo salvaguardar los hábitats naturales. En este sentido, se recurre a la legislación de especies en peligro de extinción, que se encarga de evaluar aquellas especies que se encuentran en riesgo. Además, diversas organizaciones no gubernamentales también se dedican a la protección de especies en peligro de extinción (Peters et al., 2023).

Figura 7

Fases de la gestión de áreas protegidas.



Fuente: (Columba Zárate, 2013)

Es fundamental destacar que la efectividad de las áreas protegidas puede variar significativamente, por esa razón se utilizan las metodologías para la conservación de las especies como se observa en la Tabla 1. La actividad humana presente en las áreas circundantes es un factor de impacto muy alto, así como la ganadería y la deforestación, para mitigar estos impactos, se implementan zonas de amortiguamiento, que son áreas de transición situadas alrededor de las áreas protegidas. Estas zonas tienen como objetivo reducir el impacto de las actividades humanas, proporcionando un entorno más seguro para la vida silvestre y promoviendo la sostenibilidad a largo plazo (Peters et al., 2023).

Tabla 1*Metodología para la conservación*

Paso	Descripción
Identificación de características	Identificar las características de los ecosistemas que representan una preocupación genuina, como la pérdida de especies.
Evaluación de Tendencias	Evaluar las tendencias asociadas a estas características, la disminución constante en la población de especies.
Confirmación de Robustez	Confirmar la robustez de estas tendencias, si son consistentes y significativas, y no esporádicas.
Exploración de Mecanismos Hipotéticos	Explorar posibles mecanismos hipotéticos que expliquen dichas tendencias, ya sea la pérdida de hábitat, caza furtiva, cambio en el clima o enfermedades.

Nota. Adaptado de (Peters et al., 2023).

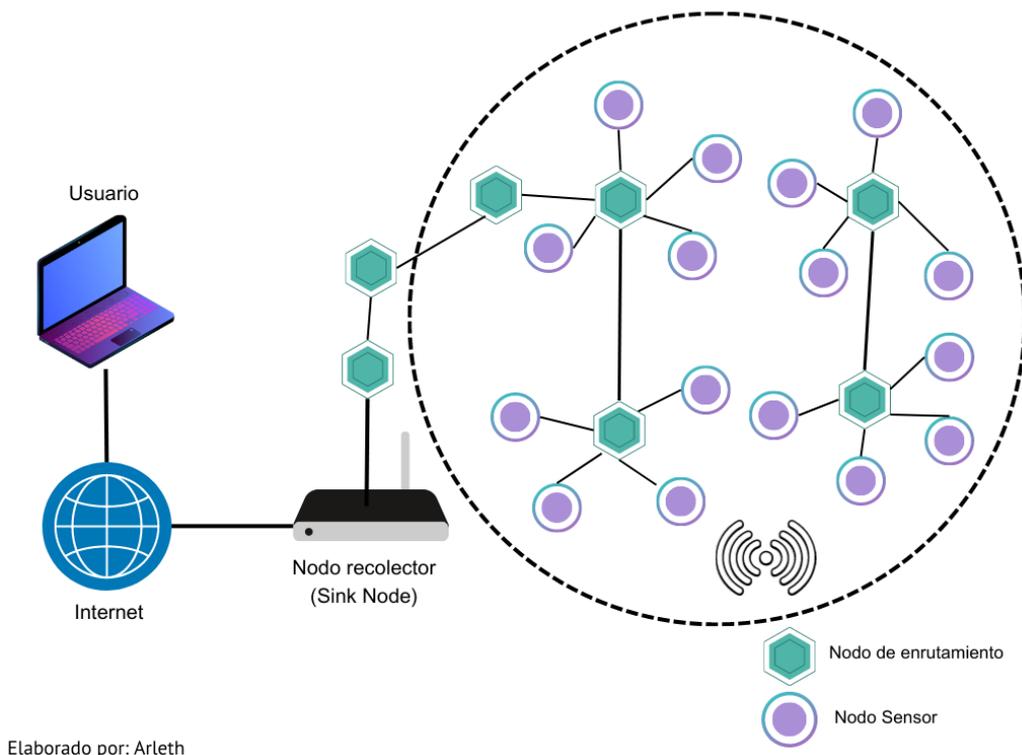
2.1.2 Tecnologías aplicables en áreas protegidas.**Sensores.**

En el monitoreo ambiental se ha presentado la una red inalámbrica que utiliza sensores (WSN) creando enormes beneficios potenciales para la sociedad. El propósito de estos sensores es el monitoreo, ya sea para catástrofes como: incendios o erupciones de volcanes, o en el uso agrícola y animal. Esta tecnología es de gran importancia porque se comparte la información hasta un recolector de una estación base, el monitoreo para los animales de la vida silvestre

utilizando WSN, permite obtener las rutas de migración o averiguar la existencia específica de especies en peligro de extinción en una zona (Xu et al., 2015).

Figura 8

Características de las Wireless Sensor Networks



Fuente: (Arleth, 2023)

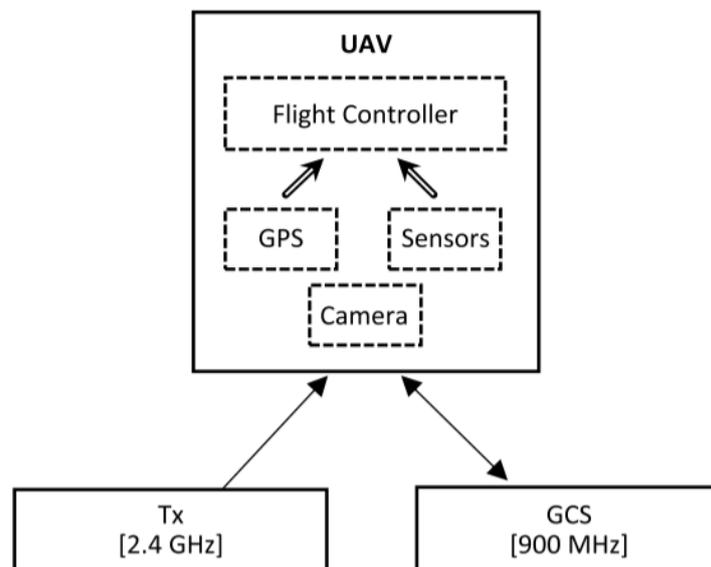
Vehículos aéreos no tripulados

Los drones se utilizan para distintas aplicaciones como agricultura de precisión, silvicultura, hidrología, arqueología y monitoreo ambiental, por lo que presentan posibilidades para realizar el monitoreo de la vida silvestre. Estas cuentan con grandes ventajas para recorrer terrenos accidentados en poco tiempo, no consumen muchos recursos y son de fácil manipulación. Las imágenes y videos que recolectan pueden ser revisados por distintas personas y ser almacenados. Los UAV tienen limitaciones como la resistencia al vuelo o el tiempo de operatividad, y la revisión de la cantidad de datos recopilados por estos requiere gran cantidad de tiempo para su procesamiento automático (Linchant et al., 2015).

La autonomía de los vehículos aéreos no tripulados se basa en la cantidad de tareas que este puede realizar sin la participación de un operador. Son seis niveles que van desde la ausencia de autonomía hasta la autonomía total. Se recomienda el nivel más alto de autonomía para trabajos que necesiten realizar tareas coordinadas entre múltiples UAV sin la intervención de un operador humano (Campion et al., 2019).

Figura 9

Diagrama de bloques de la configuración tradicional del hardware y el control de sistemas individuales de pequeñas aeronaves no tripuladas.



Fuente: (Campion et al., 2019).

Cámaras trampa.

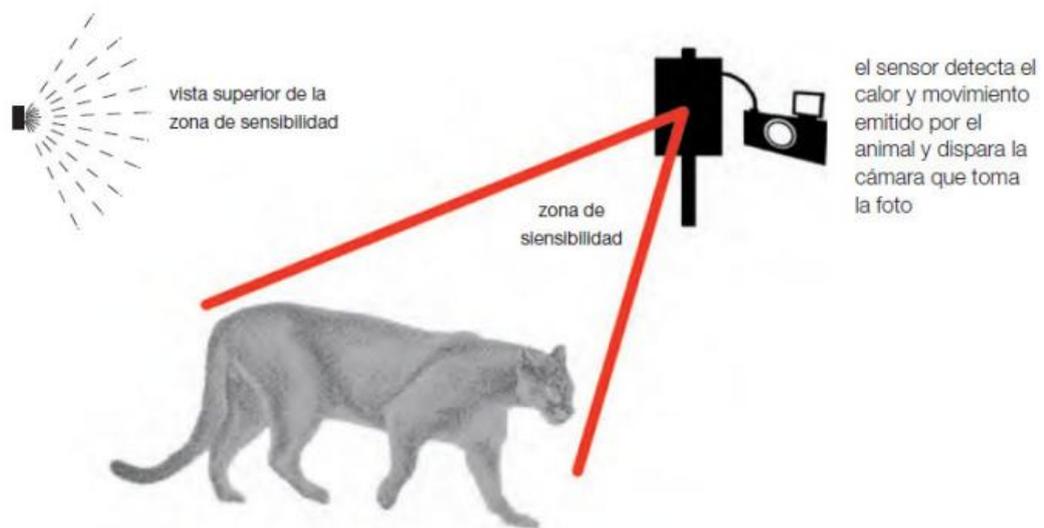
Existen distintos métodos para capturar imágenes de animales, los investigadores ya no se encuentran presentes al realizar estas fotografías remotas. Aparte de la observación de la vida silvestre, esta ayuda a estudiar la detección de especies raras, estimar el tamaño de una población y riqueza de especies, el hábitat y si se han establecido estructuras construidas por humanos. Estas cámaras se deben instalar en distintas áreas, por lo que debe ser resistente, confiable y capaz de capturar imágenes por gran cantidad de tiempo. Algunas cámaras trabajan

silenciosamente para no perturbar a la fauna, y evitar su destrucción, de igual forma con las condiciones climáticas como la alta humedad en un sitio (Swann et al., 2011).

El levantamiento de las imágenes puede llevar mucho tiempo, debido al gran volumen de datos, la mayoría de los recolectores utilizan discos duros extraíbles o integrados para el almacenamiento de datos, esto genera que los datos sean vulnerables a pérdida, estos datos no pueden ser analizados fácilmente (Ahumada et al., 2020).

Figura 10

Cámara trampa



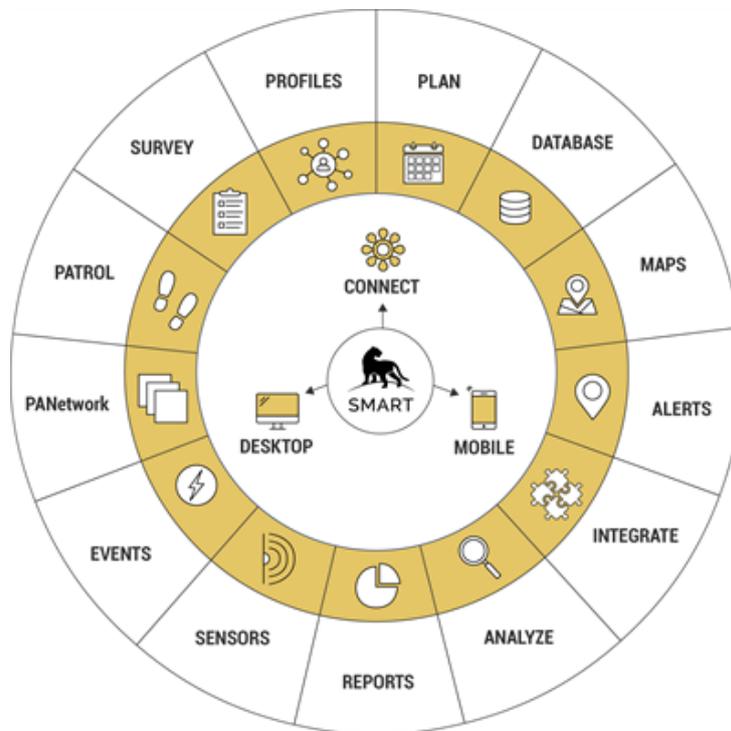
Fuente: (Quispe Iza, 2017)

Spatial Monitoring and Reporting Tool (SMART).

SMART es una Plataforma que trata sobre un conjunto de programas enfocados al manejo y protección de la fauna y áreas naturales. Permite mejorar la recopilación de datos y análisis. Es de código abierto, desarrollada por nueve organizaciones de conservación a nivel mundial, puede adaptarse a necesidades y contextos específicos, sea para el mar o tierra, mediante un dispositivo GPS se registran las amenazas halladas o avistamientos en los patrullajes facilitando el monitoreo y las actividades de control y vigilancia (SMART, 2024).

Figura 11

Plataforma SMART



Fuente: (SMART, 2024)

iNaturalist.

Es una plataforma que permite promover la cultura de observación, registro y divulgación de la biodiversidad, todo el que se encuentre interesado puede hacer uso de esta tecnología. Es de fácil uso ya que se hace el registro de la observación, se comparte con otros usuarios que son expertos en la identificación y reconocimiento. En la Academia nació en el 2014 como iniciativa, actualmente es una de las plataformas que permite el seguimiento sobre la biodiversidad más grande y popular del mundo. Cada País gestiona su propia plataforma y para Ecuador es el Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), Ecuador es reconocido como uno de los 17 países megadiversos, albergando una enorme diversidad biológica en sus 283,560 kilómetros cuadrados (iNaturalist, 2024).

Figura 12

Funcionamiento iNaturalist



Fuente: (iNaturalist, 2024)

2.2 Inteligencia Artificial (IA)

La Inteligencia Artificial (IA) fue un término de John McCarthy dado a un proyecto de Investigación de Verano de Dartmouth en 1956, describiéndolo como la ciencia e ingeniería son capaces de crear máquinas inteligentes. La IA tiene la capacidad de que las máquinas aprendan y muestran inteligencia. Las subdisciplinas de la IA se componen del aprendizaje automático (ML), que desarrolla algoritmos para sistemas puedan aprender de datos y permitan mejorar su rendimiento sin una programación explícita. También existe el aprendizaje profundo (DL), ésta utiliza redes neuronales artificiales para permitir a las máquinas aprender, y tomen decisiones de manera independiente (García-Vázquez, 2024).

2.2.1 Modelos de redes neuronales

Visión por computadora.

El objetivo de la visión por computador es comprender lo que se encuentra en una imagen, captar el significado de las cosas para reconocer el objeto e identificarlo en distintas imágenes. Las computadoras tienen la capacidad de extraer gran cantidad de información de una fotografía, por lo que automatizar el reconocimiento es la mejor opción, etiquetar en categorías o clases a los objetos que se procesen y comprender lo que hay en la imagen. El

sistema que se desarrolle puede identificar animales, puede ayudar a fotógrafos de vida silvestre, reconocer y diferenciar distintas criaturas, también puede ser utilizada para la seguridad, monitoreo o más aplicaciones. Algunos animales resultan difíciles de fotografiar y puede tardar mucho tiempo si estos se encuentran escondidos, esperando estar en el lugar y momento correcto para su encuentro (Battu & Reddy Lakshmi, 2023).

Se puede establecer un algoritmo de visión artificial para reconocer animales que se encuentran en la lista de peligro o amenazados, de esta manera lograr identificar animales sin necesidad de rastrearlos, conseguir un censo poblacional, y obtener imágenes que faciliten su estudio como se puede observar en la Figura 13. Para esto se requiere precisión en la exactitud, que permita una correcta clasificación. Un error puede causar discrepancia en la obtención de resultados y variar el análisis con la realidad (Foody, 2001).

Figura 13

Detección de antílopes y cebras.



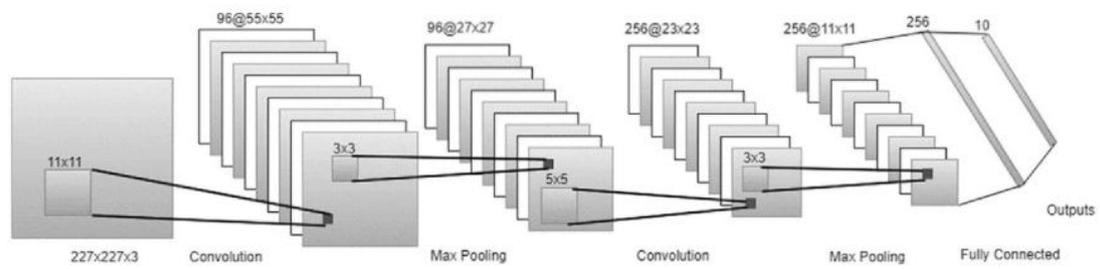
Fuente: (Fang et al., 2016)

Modelos de Redes Neuronales Convolucionales.

Una red neuronal convolucional (CNN) se basa en el procesamiento y análisis de datos con una estructura en forma de cuadrícula, como es el caso de las imágenes y los videos. Con esta red entrenada se puede utilizar para predecir etiquetas y ayudar a otros modelos a entrenar. Este tipo de redes permiten un efectivo uso en tareas de reconocimiento de imágenes, o clasificación de objetos (Battu & Reddy Lakshmi, 2023).

Figura 14

Arquitectura de red neuronal convolucional



Fuente: (Battu & Reddy Lakshmi, 2023)

En la

Tabla 2 se presenta una comparativa de modelos de detección de objetos, destacando a YOLO por su alta velocidad y eficiencia en tiempo real. Faster R-CNN con una alta precisión, pero más lento y requiere más recursos. UNet proporciona una alta precisión en segmentación de imágenes. Backbone CNN, puede ajustarse a diversas tareas de clasificación y segmentación.

Tabla 2*Comparación de modelos de detección de objetos.*

Modelo	YOLO	Faster R-CNN	UNet	Backbone CNN (ResNet, VGG)
Tipo de modelo	Detector de objetos	Detector de objetos	Segmentación de imágenes	Clasificación y segmentación
Eficiencia	Alto velocidad, tiempo real	Alta precisión, más lento	Alta precisión en segmentación	Depende del uso
Precisión	Buena en detección rápida	Alta precisión	Muy alta en segmentación	Alta precisión
Flexibilidad	Alta, adaptable a diferentes tipos de objetos	Alta, pero más compleja	Alta en segmentación	Alta, se puede ajustar a otros
Entrenamiento	Menos recursos y tiempo	Requiere más recursos	Requiere recursos moderados	Variable según el uso
Uso en el Proyecto	Ideal para detección rápida	Ideal para alta precisión	Ideal para segmentación precisa	Clasificación y base para otros.

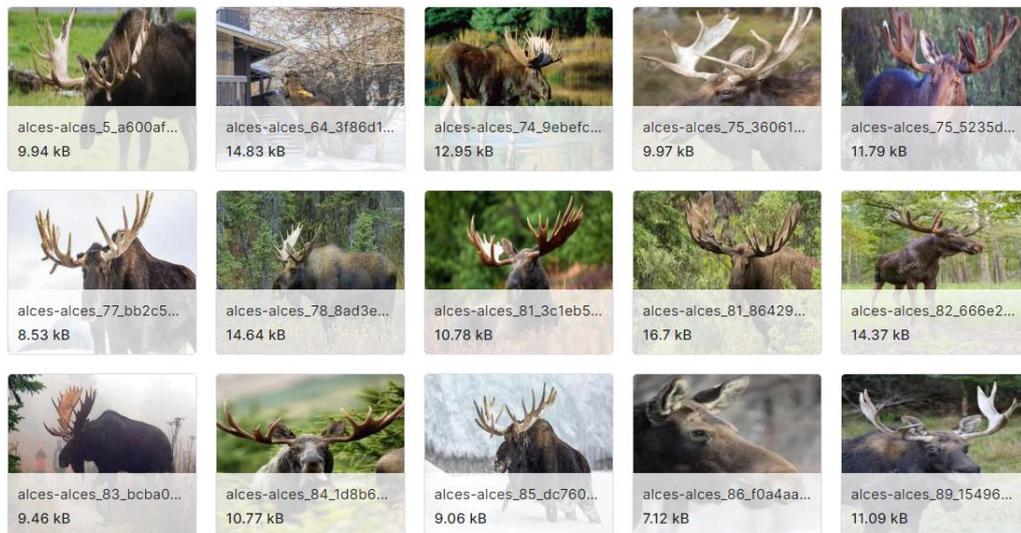
Fuente: (Xu et al., 2024)

2.2.2 Dataset

Es un conjunto de datos que contiene etiquetas relacionadas a un objeto como se ve en la Figura 15. Un ejemplo es ImageNet con más de 15 millones de etiquetas en imágenes de alta resolución. Para el aprendizaje de miles de objetos de millones de imágenes se necesita un modelo con gran capacidad de aprendizaje, al ser un conjunto de datos tan grande, el modelo desarrollado debería tener conocimientos previos de esta forma se compensa los datos que no tenemos. Las redes neuronales convolucionales (CNN) tienen la capacidad de controlarse variando su profundidad, amplitud y realizar suposiciones sobre la naturaleza de las imágenes (Krizhevsky et al., 2017).

Figura 15

Ejemplo dataset de alces



Fuente: (Google Images, 2022)

Recolección de datos de especies.

Para la recolección de imágenes en el área protegida se intentó obtener imágenes con dron y cámara, sin lograr buenos resultados por la extensión de la zona. Por ello se utilizaron fuentes como: Google Imágenes, Kaggle e iNaturalist. Estas plataformas facilitaron una amplia

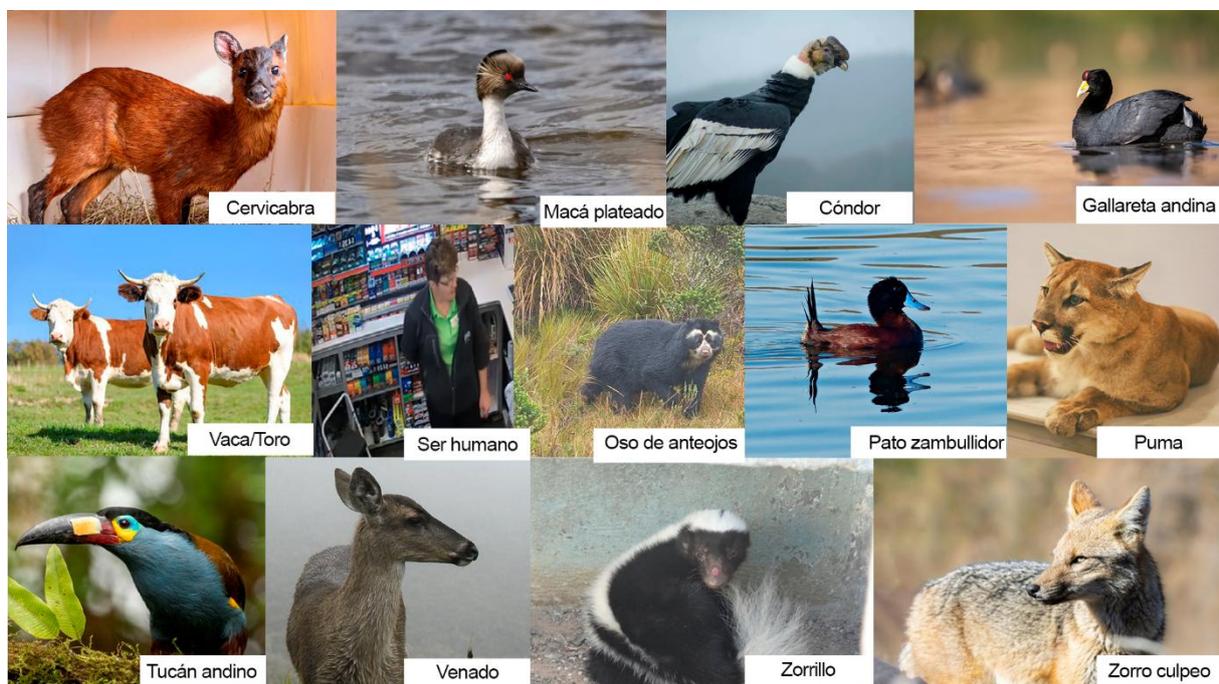
variedad de imágenes, fundamentales para la creación de un conjunto de datos completo con animales registrados en el parque.

Condiciones para la selección de especies.

Para la selección de las especies en este proyecto, se consideraron varios criterios clave. Primero, se eligieron especies que son representativas de la biodiversidad en la zona de estudio, principalmente el Parque Nacional Cotacachi Cayapas y sus alrededores. Además, se priorizaron aquellas especies que tienen algún grado de vulnerabilidad o interés especial para la conservación, así como aquellas que pueden ser indicadoras de la salud del ecosistema. También se seleccionaron especies que presentan características morfológicas distintivas que facilitan su identificación mediante técnicas de reconocimiento de imágenes.

Figura 16

Especies Elegidas



Fuente: Elaboración propia

Especies Elegidas.

Mazama rufina (Cervicabra). La cervicabra perteneciente a los cérvidos. Esta clasificada como Vulnerable (VU) según la IUCN. Esta especie habita en la zona andina de Colombia, Ecuador y Perú, prefiriendo bosques templados y altoandinos, y puede alcanzar la parte baja del páramo.

Podiceps occipitalis (Macá plateado). El macá plateado una ave podicipediforme pertenece a los Podicipedidae, con una longitud total de 28 cm. Clasificada como de Preocupación Menor (LC), se encuentra en gran parte del Cono Sur sudamericano, habitando diversos ambientes acuáticos, desde el nivel del mar hasta lagos y charcas a más de 4000 m.s.n.m.

Vultur gryphus (Cóndor). El cóndor, perteneciente a la familia Cathartidae, ave con gran tamaño de 3,3m y peso de 15 kg. Está clasificado como Vulnerable (VU). Su hábitat incluye pastizales y áreas elevadas de máximo los 5000 m s. n. m.

Fulica ardesiaca (Gallareta andina). La gallareta andina es un ave gruiforme perteneciente a Rallidae, nativa del sur de continente americano. Clasificada como de Preocupación Menor (LC), habita en lugares con agua dulce.

Bos taurus (Vaca/Toro). El vaca o toro es un mamífero artiodáctilo de la familia Bovidae. Este animal domesticado, con una altura de 1,2-1,5 m y un peso medio de 600-800 kg, está distribuido mundialmente.

Homo sapiens (Ser humano). Proveniente de los primates, pertenece a los Hominidae. Es un animal domesticado con una distribución mundial.

Tremarctos ornatus (Oso de anteojos). El oso de anteojos, perteneciente a la familia Ursidae, es nativo de las montañas de los Andes de Sudamérica. Este mamífero omnívoro, tiene un tamaño de entre los 1,30m y 1,90m de altura y un peso de 80kg hasta 125 kg. Clasificado como Vulnerable (VU), se encuentra en bosques húmedos.

Oxyura jamaicensis (*Pato zambullidor grande*). Un ave anseriforme perteneciente a los Anatidae. Su tamaño es entre 13,5 cm y 15,2 cm de longitud. Clasificado como Preocupación Menor, se encuentra en lagos en la parte norte del continente americano.

Puma concolor (*Puma*). Mamífero carnívoro pertenece a los Felidae, se encuentra por toda América. Clasificado como Preocupación Menor (LC), es adaptable y generalista, viviendo en los principales biomas de toda América.

Andigena laminirostris (*Tucán andino piquilaminado*). El tucán andino piquilaminado es un ave perteneciente a los Ramphastidae, se encuentra en los países de Colombia y Ecuador. Clasificada como Casi Amenazada (NT), habita en bosques húmedos montanos altos de los Andes, principalmente en bosques nublados, subtropicales y templados de montaña.

Odocoileus virginianus (*Venado cola blanca*). El venado cola blanca mamífero artiodáctilo perteneciente a los Cervidae. Clasificado como Preocupación Menor (LC), habita en diversos ecosistemas de América, desde regiones subárticas hasta selvas húmedas tropicales y bosques secos ecuatoriales.

Conepatus semistriatus (*Zorrillo de espalda blanca*). El zorrillo de espalda blanca es un mamífero carnívoro de la familia Mephitidae. Se alimenta de insectos, pequeños vertebrados y frutas, y está clasificado como de Preocupación Menor (LC). Habita en cañones, laderas y terrenos rocosos, desde matorrales desérticos hasta pastizales.

Lycalopex culpaeus (*Zorro culpeo*). cánido de Sudamérica. Clasificado como Preocupación Menor (LC), se encuentra en montañas o praderas en la Cordillera de los Andes.

2.3 Herramientas de desarrollo

En el desarrollo de proyectos tecnológicos, es fundamental contar con herramientas y tecnologías que faciliten la construcción, implementación y optimización de aplicaciones. En este proyecto, se han utilizado diversas herramientas y tecnologías clave, abarcando la

administración en base de datos y llegar a la implementación de modelos de aprendizaje profundo y el desarrollo de interfaces de usuario. Son tecnologías que desempeñan un importante aspecto para conseguir el éxito del proyecto y será examinada en detalle a continuación.

2.3.1 Características Dron

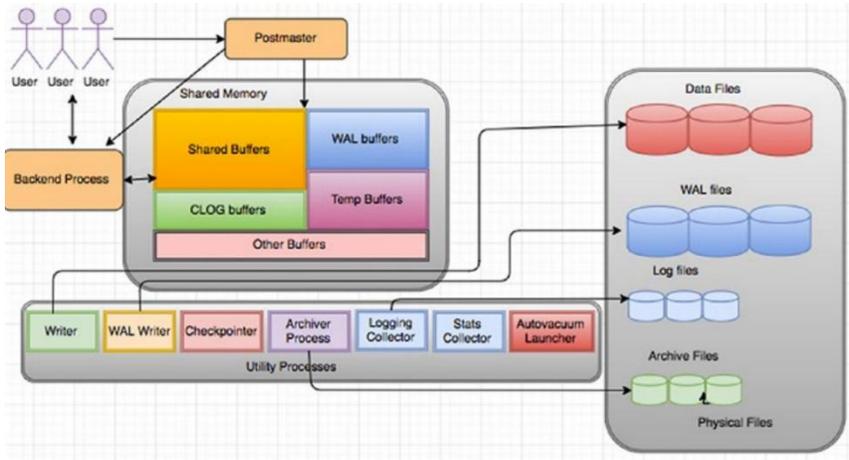
El dron utilizado para realizar las pruebas en la Laguna de Cuicocha es el DJI Mavic 2 Pro. Este dron cuenta con una cámara que permite la captura de videos en 4K y de imágenes con una resolución de 5472 x 3648 píxeles. Con un peso de 907g y dimensiones de 214x91x84 mm (largo x ancho x altura), el Mavic 2 Pro es compacto y fácil de transportar. Su batería ofrece una duración de vuelo de hasta 31 minutos sin viento a una velocidad constante de 25 km/h. Además, tiene un alcance máximo de 18km y puede operar a una altitud máxima de 6000m sobre el nivel del mar. Estas características lo hacen ideal para realizar vuelos largos y capturar imágenes de alta calidad en entornos diversos y desafiantes (DJI, 2024).

2.3.2 PostgreSQL.

Sistema que se encarga de la administración sobre la base de datos. Ideal para aplicaciones donde se requieren consultas complejas y operaciones transaccionales fiables.

Figura 17

Arquitectura del sistema PostgreSQL



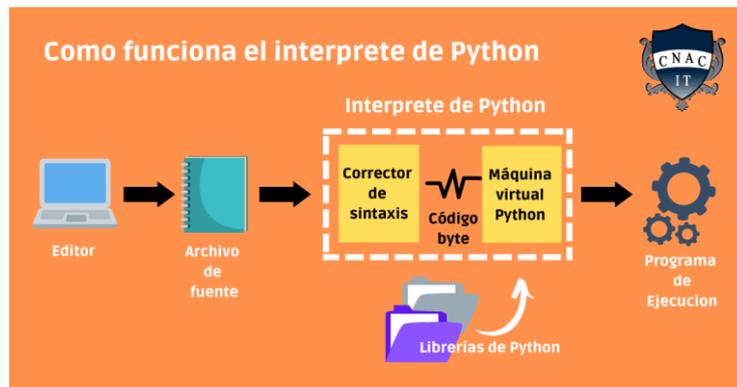
Fuente: (Shaik & Vallarapu, 2018)

2.3.3 Python

Lenguaje de programación, que es utilizado en la creación de aplicaciones web, análisis de datos y Machine Learning. Especialmente sirve para la implementación de algoritmos de visión por computadora, procesamiento de datos y desarrollo de scripts de automatización.

Figura 18

Funcionamiento python



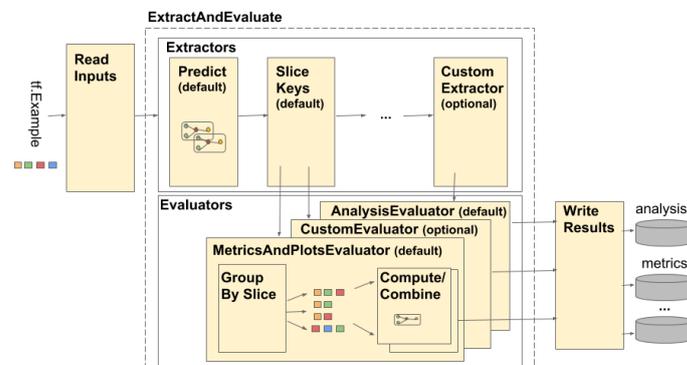
Fuente: (CNAC IT, 2019)

TensorFlow.

Diseñada para facilitar la implementación de modelos de ML y CNN a través de una amplia gama de herramientas, bibliotecas y recursos de la comunidad.

Figura 19

Arquitectura de análisis del modelo Tensorflow



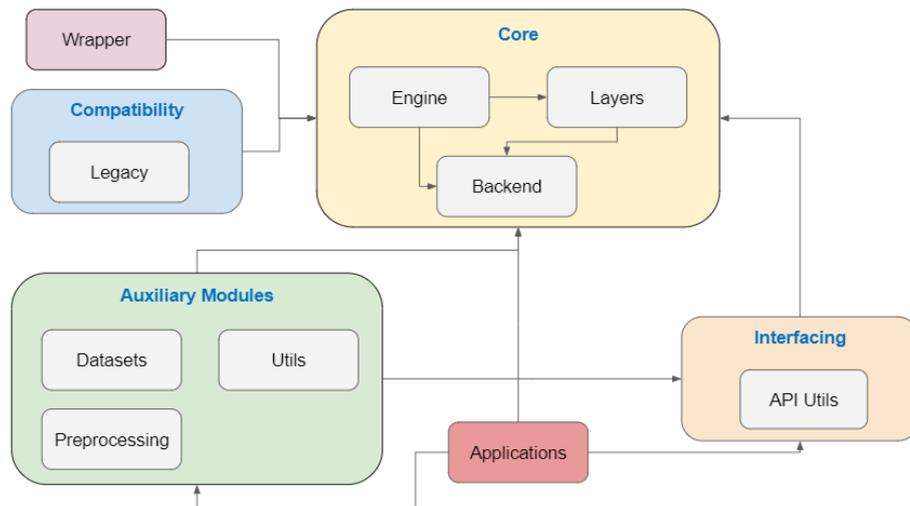
Fuente: (Tensorflow, 2023)

Keras.

Es una API para la construcción y entrenamiento sobre los modelos de aprendizaje profundo, fácil para realizar prototipos y con un diseño sencillo y modular.

Figura 20

Estructura del módulo para Keras



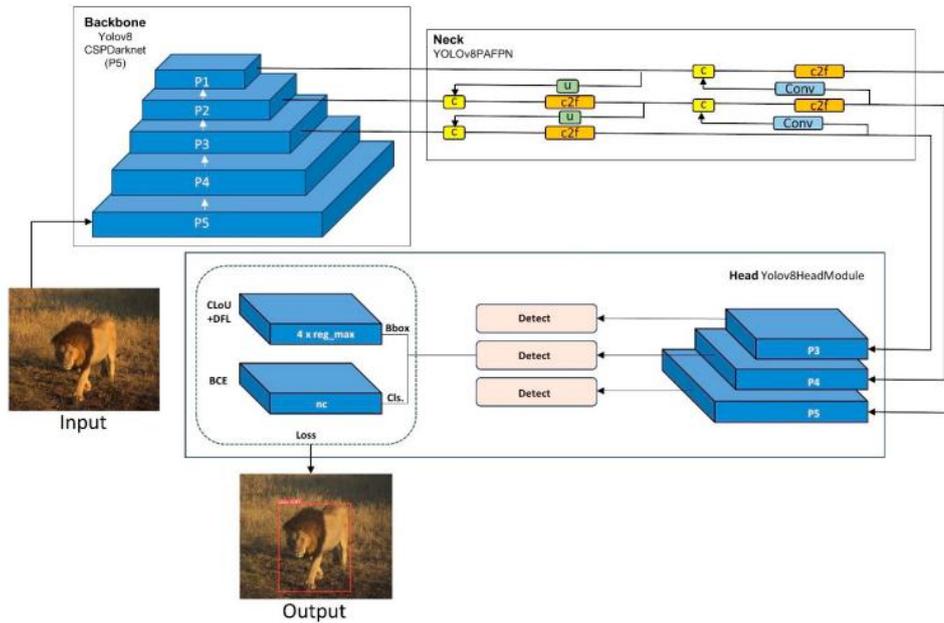
Fuente: (Delft Students On Software Arquitectura, 2019)

2.3.4 Arquitectura de YOLO

Se trata de modelos que permiten realizar la de detección de objetos en tiempo real. Esta incluye una red neuronal convolucional donde separa una imagen en distintas regiones y logra que los bounding boxes tengan una predicción ideal, con probabilidades para cada región. Esta capacidad resulta en una detección eficiente sobre diferentes objetos en imágenes o incluso videos.

Figura 21

Modelo para detección de animales salvajes usando YoloV8



Fuente: (Dave et al., 2023)

2.3.5 NodeJS.

Permite desarrollar aplicaciones del lado del servidor. Conocido por su eficiencia y capacidad para manejar aplicaciones escalables y de alto rendimiento.

Figura 22

Estructura de Node.JS



Fuente: (Plaza Jiménez, 2022)

2.3.6 React.

Permite la construcción de interfaces para el usuario de manera interactiva y dinámica. Permite la creación de componentes reutilizables que pueden actualizarse de manera eficiente cuando cambian los datos.

2.3.7 Vercel

Plataforma que permite el despliegue de aplicaciones web y alojamiento de frontend y backend, conocida por su integración fluida con frameworks como Next.js, React, Vue.js, entre otros. Ofrece despliegue continuo, escalabilidad automática lo que garantiza que las aplicaciones sean rápidas y estén siempre disponibles.

Vercel al trabajar con una integración con Github permite un despliegue automático, la API desarrollada con Node.js y Express se desplegó como una aplicación serverless en Vercel. El despliegue del Frontend que se desarrolló en React proporciona un entorno de previsualización para cada revisión.

Vercel también proporciona el acceso a PostgreSQL utilizado para el proyecto. Se integró fácilmente con la API desarrollada, permitiendo una conexión eficiente y fluida. La integración simplificada facilitó el almacenamiento y gestión de datos, mejorando la funcionalidad general de la aplicación.

Vercel tiene la siguiente dirección: <https://vercel.com/>

2.3.8 Render

Plataforma que ofrece el servicio para desplegar y hospedar aplicaciones web.

Render destaca por su integración con GitHub, lo que facilita el despliegue automático y continuo de aplicaciones. En este proyecto, Render fue utilizado para desplegar y alojar el modelo de detección de especies. Gracias a su capacidad de cómputo superior, Render se convirtió en la opción ideal para albergar y ejecutar el modelo de manera eficiente.

Render tiene la siguiente dirección: <https://render.com/>

2.3.9 Google Drive

Se utiliza para guardar archivos en la nube. Se empleó en el proceso de almacenamiento y compartición de imágenes utilizadas en la detección de especies, facilitando el acceso y procesamiento de datos.

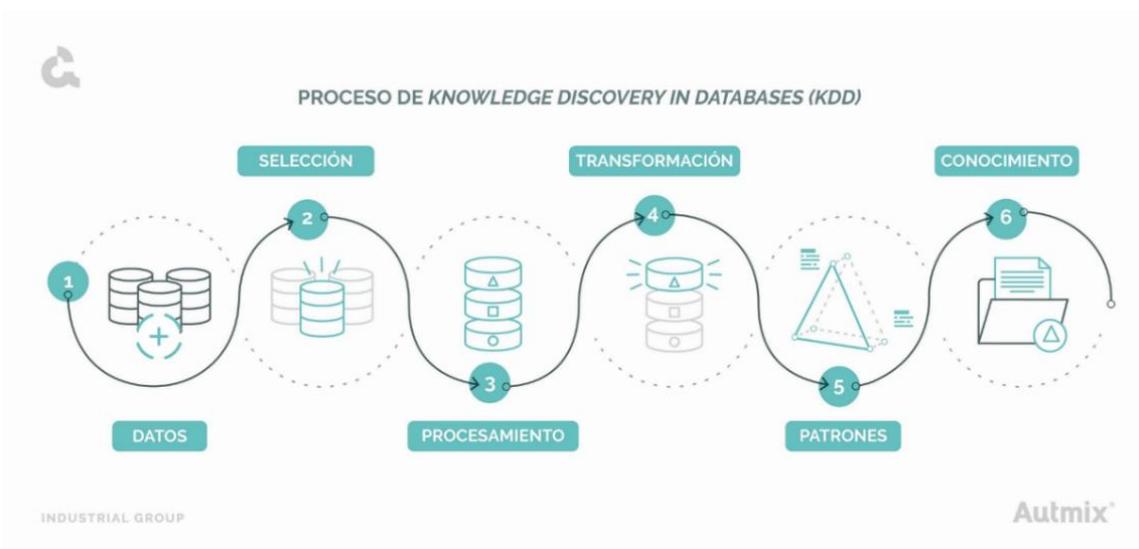
Google Drive tiene la siguiente dirección: <https://www.google.com/drive/>

2.3.10 Metodología Knowledge Discovery in Databases (KDD)

Identifica patrones y extrae conocimiento valioso a partir de grandes volúmenes de datos. Su proceso incluye la selección, preprocesamiento, transformación, minería de datos y evaluación de resultados. En este proyecto, KDD se aplica para analizar los datos recopilados, detectar tendencias y optimizar los modelos de reconocimiento de especies, mejorando así la precisión y eficiencia en la identificación de animales.

Figura 23

Proceso de KDD



Fuente: (Autmix, 2024)

2.4 Trabajos Relacionados

Los avances de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (UAV) han convertido a estos dispositivos en herramientas valiosas para el estudio de la vida silvestre, permitiendo investigar aspectos como el comportamiento, la morfometría y la condición física de los individuos. Sin embargo, existe preocupación sobre el impacto potencial de los UAV en las especies objeto de monitoreo. Un estudio realizado en el sur de Brasil evaluó cómo los UAV de baja altitud afectan el comportamiento de lobos marinos sudamericanos y leones marinos. Los resultados mostraron que la respuesta más común fue la falta de reacción, con una probabilidad superior al 0.89 tanto en aproximaciones verticales como horizontales con drones. En consecuencia, se recomienda que el monitoreo con UAV se realice a una altitud mínima de 30 metros en áreas no reproductivas, especialmente en zonas de descanso (Procksch et al., 2024).

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV) representan una mejora significativa frente a los métodos tradicionales de monitoreo de fauna silvestre, los cuales dependen de expertos para analizar grandes volúmenes de datos. En los últimos años, su uso ha demostrado ser eficaz en la detección y conteo de diversas especies, como aves, mamíferos marinos y grandes herbívoros. Un ejemplo destacado es la reserva natural de Kuzikus, que se extiende por 103 kilómetros cuadrados y alberga una amplia variedad de mamíferos de gran tamaño. Allí se ha implementado un sistema semiautomatizado que identifica áreas con alta probabilidad de presencia animal, utilizando un modelo para el reconocimiento de objetos para detectar especies con un alto índice de recuperación. La precisión del sistema mejora notablemente cuando un operador humano revisa las detecciones, reduciendo falsos positivos y confirmando verdaderos negativos, lo que facilita un nuevo entrenamiento del modelo de detección (Rey et al., 2017).

Modelos como Track R-CNN han demostrado ser eficaces en la detección, seguimiento y conteo de mamíferos herbívoros utilizando imágenes térmicas obtenidas por UAV bajo

diversas condiciones al aire libre. Los resultados sugieren que las convoluciones 3D superan a las convoluciones de memoria a largo y corto plazo (LSTM), especialmente en escenarios con alta complejidad espacial y baja variación temporal. No obstante, el estudio también identificó limitaciones de Track R-CNN en contextos de movimientos rápidos del UAV y sugiere la exploración de técnicas en entornos más variados para futuras investigaciones, contribuyendo al avance en el monitoreo automatizado de mamíferos herbívoros (Bárbulo Barrios et al., 2024).

EL uso de ZoneMinder, un software para la gestión y procesamiento de imágenes permite integrar diferentes tipos de cámaras (como IP o 4G) en un sistema de vigilancia flexible. Este software emplea una red neuronal para el reconocimiento de imágenes, clasificando los objetos o especies detectadas. Su capacidad para filtrar y enfocarse en elementos de interés facilita la identificación precisa de especies específicas y la eliminación de datos irrelevantes. Además, la geolocalización de los avistamientos es una característica clave, ya que en diversos proyectos se vincula la información de ubicación con los avistamientos registrados, lo que permite visualizar y analizar los patrones de movimiento de las especies a lo largo del tiempo (Reyes Peña & Catellanos Sanchez, 2020)

El tráfico de animales ocupa el tercer lugar entre los comercios ilegales más rentables, después del narcotráfico y el tráfico de armas, representando una problemática grave en varios países de Latinoamérica. En este contexto, la aplicación de redes neuronales convolucionales ha demostrado ser una herramienta efectiva para la identificación de aves, alcanzando una precisión promedio del 81%. Esta tecnología no solo contribuye a la conservación de la fauna silvestre, sino que también agiliza las intervenciones en el control de tráfico ilegal de animales. La investigación sugiere, el uso futuro de redes generativas antagónicas (GAN) para reconstruir partes faltantes de las especies, lo que ampliaría la capacidad de identificación y clasificación, permitiendo un monitoreo más completo y preciso de los ecosistemas (Narváez, 2019).

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta el desarrollo completo del proyecto, incluyendo una descripción detallada de los requerimientos funcionales y no funcionales, los casos de uso, así como el proceso de entrenamiento del modelo y su integración con la aplicación web.

3.1 Requerimientos Funcionales

Los requerimientos funcionales establecen las características específicas que la aplicación debe cumplir para satisfacer tanto las necesidades del usuario como los objetivos del proyecto. Estos detalles incluyen las funcionalidades clave y el comportamiento esperado de la aplicación en diferentes escenarios.

3.1.1 *Gestión de Usuarios*

Esta sección describe cómo la aplicación maneja la administración de usuarios, incluyendo el registro, inicio de sesión, Gestión de perfiles. La gestión de usuarios es fundamental para garantizar que cada individuo tenga acceso adecuado a las funcionalidades de la aplicación y que los datos estén protegidos de manera efectiva.

Tabla 3*Gestión Usuarios*

#	Descripción	Entrada	Salida
RF-1: Registro de usuario	La aplicación debe ofrecer la opción de que los nuevos usuarios se registren proporcionando su nombre, correo electrónico y contraseña.	Nombre, correo electrónico, contraseña	Confirmación de registro.
RF-2: Autenticación de Usuario	La aplicación debe permitir a los usuarios autenticarse utilizando su correo electrónico y contraseña	Correo electrónico, contraseña	Token de autenticación.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Gestión de Avistamientos

Esta sección detalla el sistema de gestión de avistamientos dentro de la aplicación. Se aborda cómo la aplicación captura, almacena y procesa la información relacionada con los avistamientos de especies. Esto incluye la recolección de datos como la ubicación, la fecha del

avistamiento, y la especie observada. La gestión eficiente de estos datos es crucial para realizar un seguimiento preciso de la fauna y para la generación de informes y análisis relacionados.

Tabla 4

Gestión de Avistamientos

#	Descripción	Entrada	Salida
RF-3: Registro de avistamientos	La aplicación debe permitir a los usuarios registrar avistamientos de especies, proporcionando detalles como la especie, ubicación, fecha y comentarios.	Detalles de avistamiento (especie, ubicación, fecha, comentarios)	Confirmación de registro de avistamiento.
RF-4: Visualización de Avistamientos	Los usuarios deben poder ver una lista de sus avistamientos registrados.	Solicitud de visualización de avistamientos	Lista de avistamientos registrados

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Procesamiento de Imágenes

Esta sección describe el sistema de procesamiento de imágenes utilizado en la aplicación. Se detalla cómo las imágenes son capturadas, cargadas, preprocesadas y analizadas para la detección de especies. El procesamiento de imágenes incluye técnicas de normalización,

redimensionamiento, y aplicación de algoritmos de reconocimiento para identificar y clasificar las especies presentes en las imágenes. Este componente es útil para lograr tener una garantía sobre la precisión y eficiencia en la identificación sobre la fauna.

Tabla 5

Procesamiento de Imágenes

#	Descripción	Entrada	Salida
RF-5: Carga de Imágenes	La aplicación debe permitir a los usuarios cargar imágenes para la identificación de especies	Imagen por cargar	Confirmación de carga de imagen.
RF-6: Análisis de Imágenes	La aplicación debe procesar las imágenes cargadas y utilizar modelos de aprendizaje profundo para identificar las especies	Imagen cargada	Resultado del análisis de la imagen (especie identificada y porcentaje de confianza)

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Visualización de Datos

Esta sección aborda el sistema de visualización de datos implementado en la aplicación. Se detalla cómo la información recopilada y procesada se presenta a los usuarios de manera clara y comprensible. La visualización de datos incluye gráficos estadísticos, mapas interactivos y paneles de control que muestran patrones de avistamientos, distribuciones geográficas de especies, y otros datos relevantes. Este componente es crucial para facilitar el entendimiento de la información registrada y apoyar en la toma de decisiones.

Tabla 6*Visualización de Datos*

#	Descripción	Entrada	Salida
RF-7: Visualización de Estadísticas	La aplicación debe proporcionar estadísticas e informes visuales sobre los avistamientos registrados, incluyendo gráficos y mapas.	Solicitud de estadísticas.	Visualización de estadísticas.
RF-8: Información de Especies	La aplicación debe proporcionar información detallada sobre las especies identificadas, incluyendo descripciones y datos relevantes.	Solicitud de información sobre una especie	Información detallada de la especie.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5 Integraciones Externas

Esta sección describe la integración externa del almacenamiento de imágenes, para el funcionamiento de la aplicación. Se detalla cómo la aplicación interactúa con el servicio externo para almacenar imágenes. La integración asegura que los datos sean manejados de manera eficiente y segura, permitiendo a la aplicación escalabilidad y funcionabilidad en diversas condiciones.

Tabla 7

Integraciones Externas

#	Descripción	Entrada	Salida
RF-9: Almacenamiento de Imágenes	La aplicación debe almacenar las imágenes cargadas por los usuarios.	Imagen por cargar	URL de la imagen almacenada.

Fuente: Elaboración propia

3.2 Requerimientos No Funcionales

3.2.1 Seguridad

Esta sección aborda las medidas de seguridad implementadas en la aplicación para proteger la información y garantizar la integridad de los datos. Se detallan las estrategias y tecnologías utilizadas para evitar conflictos con usuarios no autorizados, asegurar la transmisión de datos, y proteger la privacidad de los usuarios. Las prácticas de seguridad incluyen la encriptación de contraseña, la autenticación de usuarios.

Tabla 8

Seguridad

#	Descripción
RNF-1: Autenticación y Autorización	El sistema debe implementar mecanismos de autenticación robustos utilizando tokens JWT y asegurar que el acceso este solo para usuarios registrados.
RNF-2: Encriptación de Datos	Las contraseñas y tokens, deben ser almacenados y transmitidos encriptados utilizando técnicas estándar como HTTPS y bcrypt.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Rendimiento

Esta sección se centra en las métricas y estrategias utilizadas para asegurar un rendimiento óptimo de la aplicación. Se detallan los aspectos relacionados con la velocidad de carga, la eficiencia en el procesamiento de imágenes, y la capacidad de respuesta del sistema bajo diferentes condiciones de uso. Las prácticas de optimización son: la utilización de algoritmos eficientes y la infraestructura adecuada para manejar altos volúmenes de datos y solicitudes concurrentes.

Tabla 9*Rendimiento*

#	Descripción
RNF-4: Tiempo de respuesta	El sistema debe garantizar que el tiempo de respuesta para cualquier operación no supere los 2 segundos bajo condiciones normales de carga.
RNF-5: Escalabilidad Horizontal	La arquitectura del sistema debe permitir la escalabilidad horizontal para manejar incrementos en la carga de trabajo distribuyendo la carga entre múltiples servidores.

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Usabilidad

Esta sección aborda la usabilidad de la aplicación, enfocándose en cómo se ha diseñado para ser intuitiva y fácil de usar para los usuarios finales. Se detallan aspectos como la interfaz de usuario, la experiencia de usuario (UX), y las pruebas de usabilidad realizadas para asegurar que la aplicación sea accesible y eficiente. Las prácticas incluyen diseño centrado en el usuario, navegabilidad clara, retroalimentación del usuario.

Tabla 10*Usabilidad*

#	Descripción
RNF-6: Interfaz de usuario intuitiva	La interfaz debe conseguir que el usuario pueda manejar con facilidad y entienda todos los componentes, con un diseño responsive que se adapte a dispositivos de diferentes tamaños.
RNF-7: Documentación de usuario	El sistema debe proporcionar documentación clara y detallada para los usuarios finales, incluyendo un manual de usuario.

Fuente: Elaboración propia

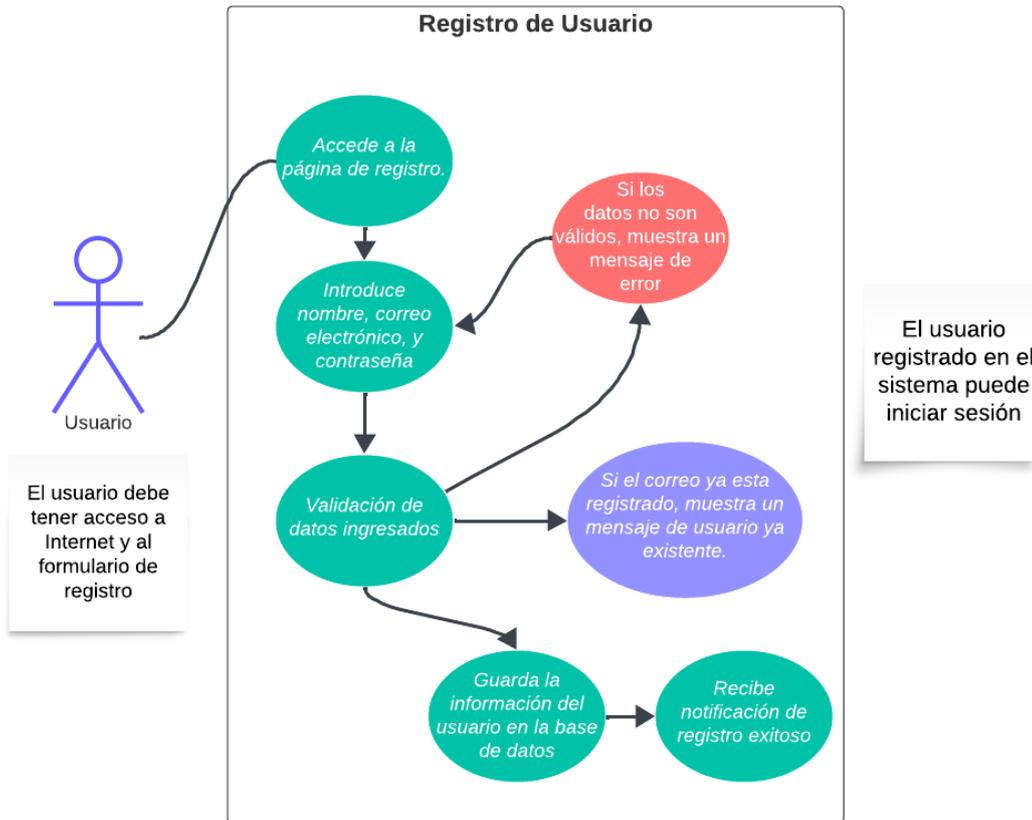
3.3 Casos de Uso

3.3.1 Registro de Usuario

El caso de uso mostrado en Figura 24 es sobre el registro de un nuevo usuario. El diagrama ilustra los pasos que un usuario sigue para crear una cuenta, incluyendo la introducción de información personal, la validación de datos, y la confirmación del registro. El objetivo es garantizar que el proceso de registro sea claro, seguro y eficiente, facilitando la incorporación de nuevos usuarios al sistema.

Figura 24

Diagrama caso de uso Registro de Usuario



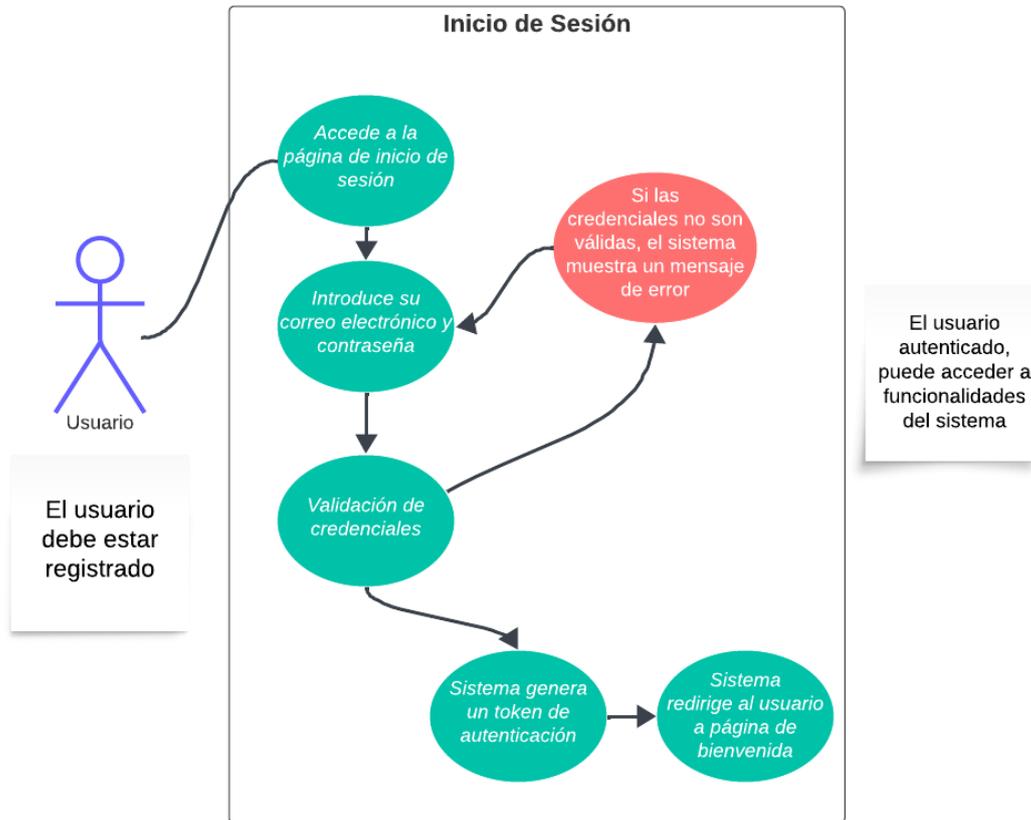
Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Inicio de Sesión

El caso de uso que se muestra en Figura 25, describe el inicio de sesión. El diagrama ilustra los pasos necesarios para que un usuario acceda a su cuenta, incluyendo la introducción de credenciales (correo electrónico y contraseña), la validación de estas credenciales, y el acceso exitoso al sistema. El objetivo es asegurar que el proceso de inicio de sesión sea seguro, rápido y fácil de usar, proporcionando una experiencia de usuario positiva.

Figura 25

Diagrama caso de uso Inicio de Sesión



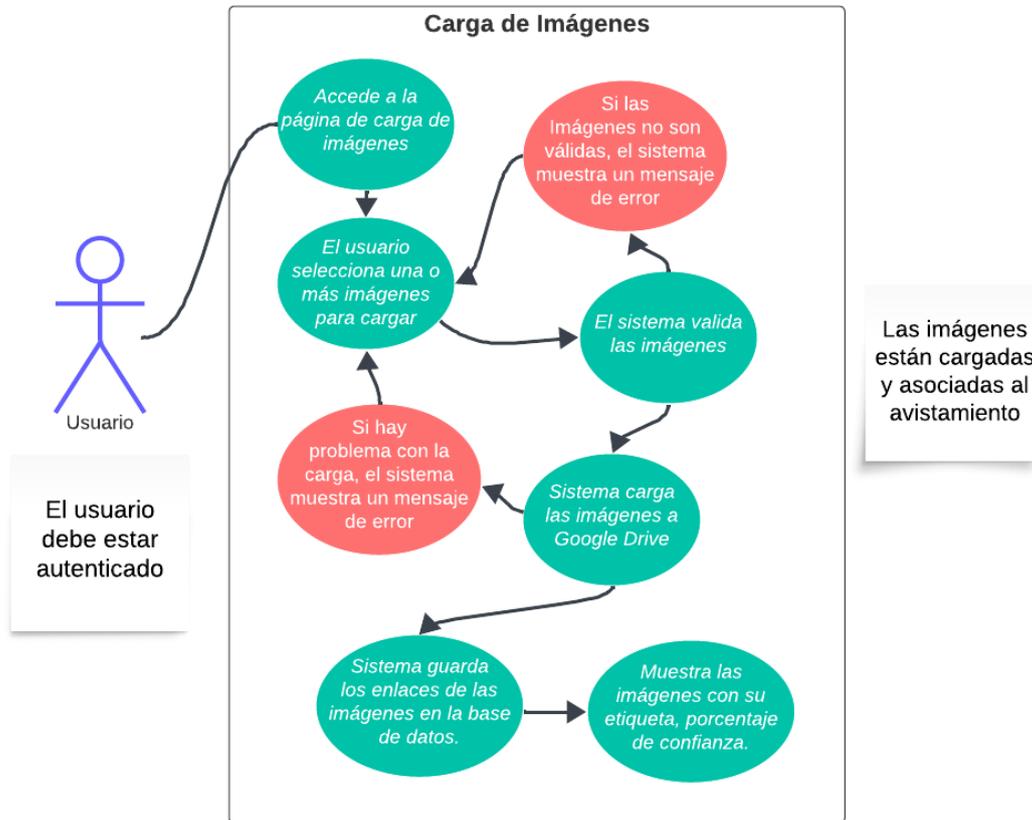
Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Carga de Imágenes

El caso de uso que se muestra en la Figura 26, indica como es la carga de imágenes. El diagrama ilustra los pasos que un usuario sigue para subir imágenes, incluyendo la selección de archivos, la validación de los formatos y tamaños permitidos, y la confirmación de la carga exitosa. El objetivo es garantizar que el proceso de carga de imágenes sea intuitivo, eficiente y seguro, permitiendo a los usuarios agregar imágenes para su procesamiento y análisis sin inconvenientes.

Figura 26

Diagrama caso de uso Carga de Imágenes



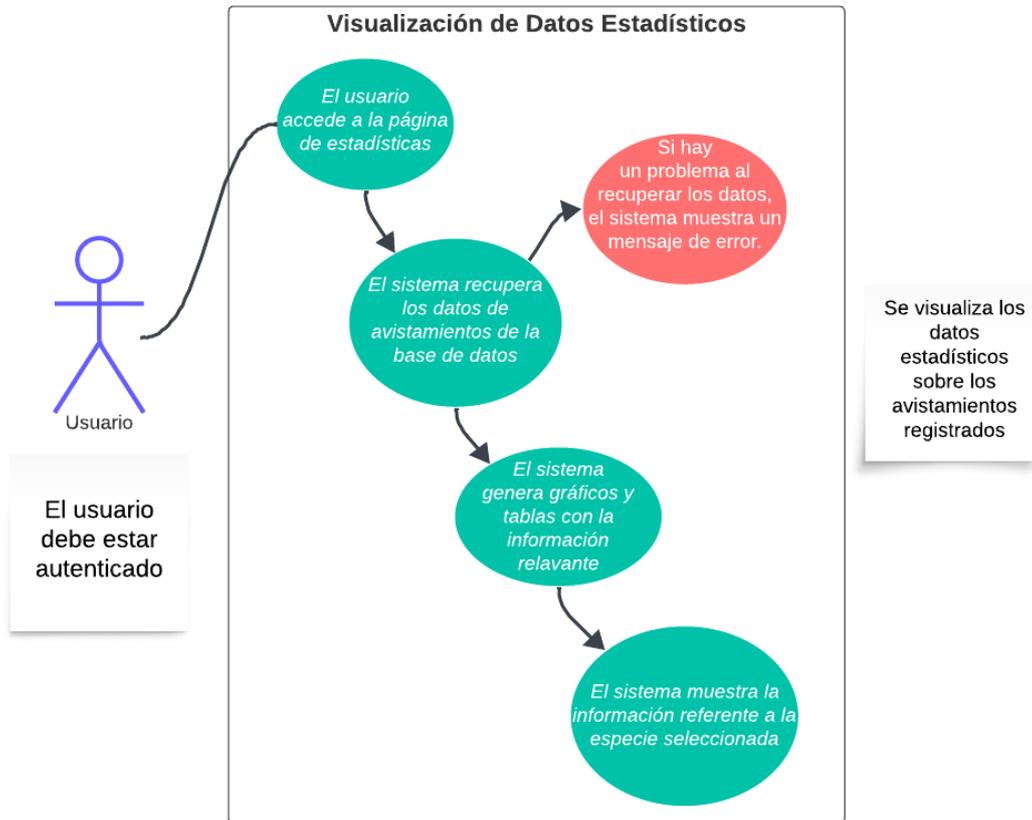
Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Visualización de Datos Estadísticos

El caso de uso que se muestra en la Figura 27, describe el proceso mediante el cual los usuarios visualizan datos estadísticos dentro de la aplicación. El diagrama muestra los pasos para acceder a diferentes tipos de datos, como gráficos y reportes, seleccionar los parámetros de visualización, e interpretar la información presentada. El objetivo es proporcionar a los usuarios herramientas efectivas para analizar y comprender los datos recolectados, facilitando la toma de decisiones informadas y el monitoreo de tendencias y patrones relevantes.

Figura 27

Diagrama caso de uso Visualización de Datos Estadísticos



Fuente: Elaboración propia.

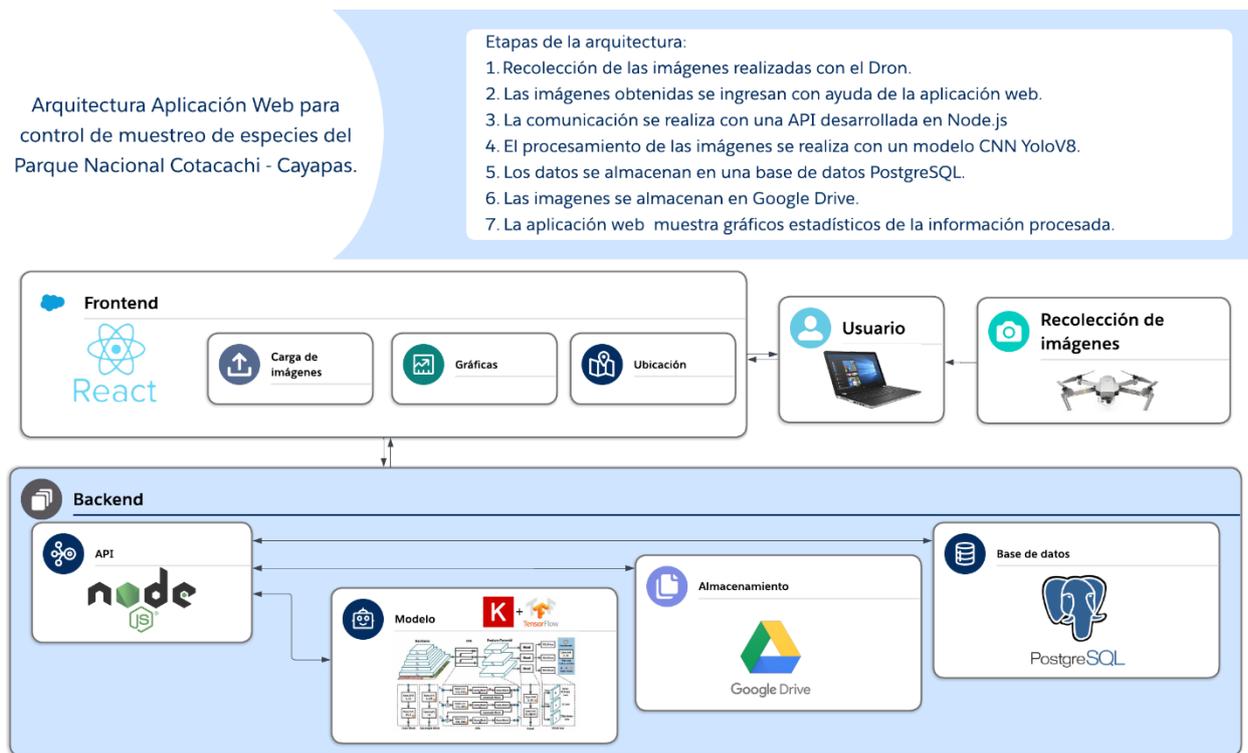
3.4 Arquitectura de la aplicación web.

El proyecto se centra en realizar una plataforma interactiva diseñada para permitir a los usuarios identificar diversas especies mediante la carga de imágenes recolectadas mediante un dron. La interfaz de la aplicación web se desarrolló en React, esta a su vez realiza la comunicación con el modelo de aprendizaje profundo para el reconocimiento de especies entrenado con la CNN de YoloV8, que entrenó con variedad de imágenes de especies pertenecientes al Parque Nacional Cotacachi – Cayapas mencionadas en el capítulo anterior, la gestión es a través de una API de Node.js. Una vez realizada la carga y procesamiento de imágenes, se procede con el registro de los resultados en PostgreSQL, proporcionando a los

usuarios información detallada y estadística sobre los avistamientos registrados. La arquitectura del proyecto se la puede observar en la Figura 28.

Figura 28

Arquitectura de aplicación web



Fuente: Elaboración propia.

3.5 Obtención de imágenes

El funcionamiento del dron se evaluó en términos de la calidad de las imágenes capturadas, la operatividad del dron a diferentes alturas y las medidas preventivas para evitar perturbar a las especies del Parque Nacional Cotacachi - Cayapas.

3.5.1 Pruebas de vuelo dron

Las pruebas del dron en el Parque Nacional Cotacachi-Cayapas se llevaron a cabo en la región de Cuicocha, con un enfoque específico en la gallareta andina que habita en la laguna. La prueba se realizó a las 9:00 de la mañana bajo condiciones climáticas ideales, con un piloto experimentado al mando, como se muestra en la Figura 29. A pesar de las condiciones

favorables, el vuelo del dron no logró capturar imágenes satisfactorias de la gallareta andina debido al ruido generado por el dron, que perturbó a la especie y la hizo esconderse. Sin embargo, el dron demostró su capacidad para capturar imágenes de alta calidad, aunque se destacó la necesidad de considerar métodos alternativos o tecnologías adicionales para reducir la perturbación de la fauna.

Figura 29

Preparación de vuelo del dron DJI Mavic 2 Pro



La Figura 30 muestra una comparación entre las imágenes obtenidas con un teléfono móvil y las capturas por el dron, ambas tomadas a 10 metros del objetivo. La imagen del dron revela una mayor claridad y detalle, especialmente al hacer acercamientos a la especie en cuestión. La superioridad de la cámara del dron en términos de resolución y calidad de imagen es evidente, permitiendo una visualización más precisa de los rasgos de la especie.

Figura 30

Comparativa entre la cámara de teléfono y el dron



3.6 Preprocesamiento de imágenes.

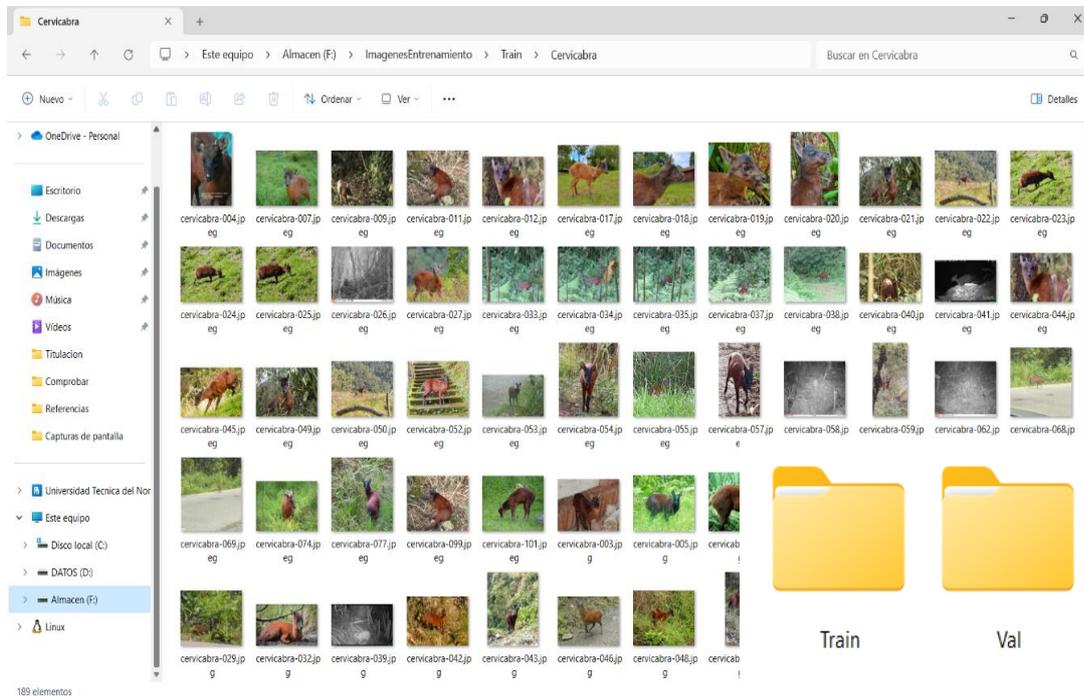
3.6.1 Composición dataset

Después de descargar todas las imágenes disponibles para la construcción del dataset, se procede a organizar estas imágenes en dos directorios principales: Train imágenes y Val. El directorio Train contiene las imágenes que el modelo utilizará durante el proceso de entrenamiento, mientras que el directorio Val almacena las imágenes destinadas a la validación del modelo.

Esta separación es crucial para evaluar de manera objetiva el rendimiento del modelo, asegurando que las imágenes de validación no hayan sido vistas por el modelo durante el entrenamiento. La estructura de estos directorios se ilustra en la Figura 31, destacando la importancia de una correcta organización para un entrenamiento eficiente y una validación precisa del modelo.

Figura 31

DataSet de cervicabra



Una vez establecido el dataset con las 13 especies seleccionadas, se procede al preprocesamiento de imágenes, adaptado para el modelo YoloV8, por lo que necesitamos que las imágenes se encuentren etiquetadas, redimensionadas a 640x640 píxeles, normalizadas, y utilizar el aumento de los datos.

3.6.2 Etiquetado de Imágenes

Las imágenes deben ser etiquetadas en el formato YOLO. Cada imagen tiene un archivo de texto correspondiente con el mismo nombre base, y en cada línea se representa una caja delimitadora.

Tabla 11

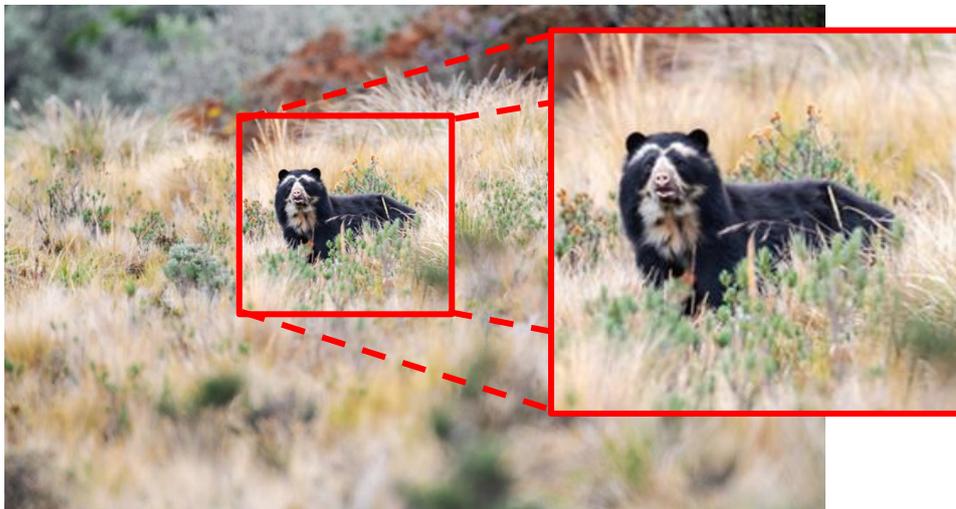
Archivo de etiquetado

Etiqueta	Descripción
<Class_id>	El identificador entero de la clase de la etiqueta.
<x_center> y <y_center>	Coordenadas pertenecientes a la parte central de la caja delimitadora ya normalizada con los rangos de 0 a 1.
<width> y <height>	Es el ancho y alto que delimita al objeto esta ya se encuentra normalizada de 0 a 1.

Fuente: Elaboración propia

Figura 32

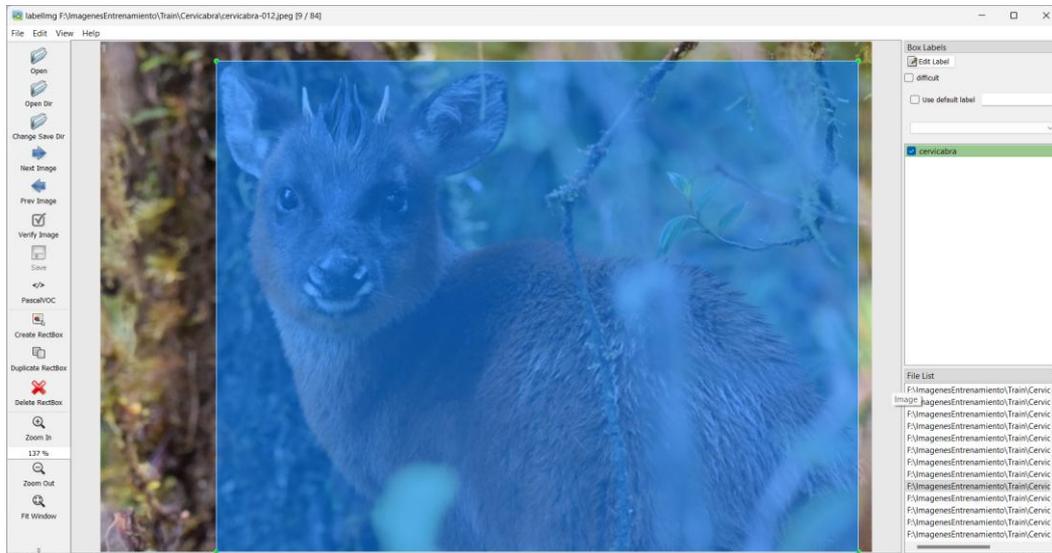
Etiquetado de oso de anteojos



Para facilitar el proceso de etiquetado se utilizó la herramienta labelImg como se muestra en la Figura 33. Esta herramienta nos permite etiquetar de manera eficaz y eficiente la ubicación del objeto que se desea detectar, optimizando así el proceso de preparación del dataset.

Figura 33

Herramienta labelImg etiquetado de cervicabra



3.6.3 Redimensionamiento

El tamaño de las imágenes se redimensiona a 640 x 640 píxeles, y cumplir con los requisitos de entrada de YoloV8. Este paso asegura que todas las imágenes tengan las dimensiones adecuadas para el modelo, facilitando el procesamiento durante la interferencia. En la configuración del entrenamiento del modelo, se puede asignar el tamaño de redimensionamiento, indicado en la Figura 34.

Figura 34

Configuración del archivo de datos

```
from ultralytics import YOLO

# Cargar el modelo YOLOv8 pre-entrenado
model = YOLO('yolov8n.pt')

# Configurar el archivo de datos y entrenar el modelo
model.train(
    data='/content/drive/MyDrive/Tesis/Deteccion/dataset/data.yaml',
    epochs=50,
    batch=16,
    imgsz=640,
    save=True,
    augment=True, # Habilitar data augmentation
)

# Guardar el mejor modelo
model.save('best_model_def.pt')
```

3.6.4 Normalización

Los valores de píxeles se normalizaron en un rango de 0 a 1. Se divide los valores de los píxeles por 255, lo que ayuda a mejorar la estabilidad y la velocidad del entrenamiento, permitiendo que el modelo converja de manera más efectiva.

Para este caso, la normalización se realiza dentro de las rutinas internas del modelo cuando se leen y procesan las imágenes antes de pasarlas por la red neuronal. Este paso asegura que los datos estén en el rango esperado, mejorando la estabilidad y eficiencia del entrenamiento.

3.6.5 Aumento de Datos

En la configuración del entrenamiento, se activa el aumento de datos, como se muestra en la Figura 34. Para comprender mejor estas técnicas, se puede observar la Figura 35, donde muestra al oso de anteojos con diferentes transformaciones, como rotaciones en distintas direcciones y volteo horizontal de la imagen.

Figura 35

Aumento de datos de oso de anteojos



3.6.6 Entrenamiento con YoloV8:

El entrenamiento con YoloV8 requiere una configuración cuidadosa para definir parámetros clave, como el número de épocas y el tamaño del lote. Esta configuración permite al modelo aprender las características distintivas de los objetos en las imágenes y mejore su capacidad de detección y clasificación en nuevos datos.

Entrenamiento del Modelo.

El conjunto de imágenes que se encuentra en dos subconjuntos: entrenamiento (80%), validación (20%). Asegura que el modelo pueda aprender de una amplia gama de datos y ser evaluado de manera efectiva en datos no vistos.

Figura 36

Proceso de entrenamiento del modelo

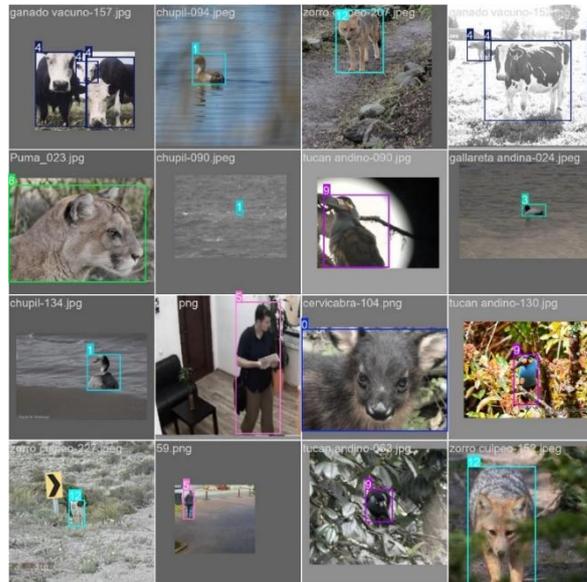
```
Ultralytics YOLOv8.2.51 Python-3.10.12 torch-2.3.0+cu121 CUDA:0 (Tesla T4, 15102MiB)
Model summary (fused): 168 layers, 3008183 parameters, 0 gradients, 8.1 GFLOPs
Class      Images  Instances  Box(P  R      mAP50  mAP50-95): 100% ██████████ 18/18 [00:15<00:00, 1.13it/s]
  all       563      736        0.889  0.83   0.89   0.68
  Cervicabra  21      22         0.968  0.773  0.889  0.682
  Chupil     38      71         0.893  0.915  0.962  0.722
  Condor     22      30         0.804  0.682  0.745  0.57
  GallaretaAndina  41      57         0.821  0.667  0.761  0.528
  GanadoVacuno  44      78         0.911  0.936  0.967  0.752
  Humano     110     161        0.931  0.917  0.95   0.673
  OsoAnteojos  22      28         0.84   0.714  0.776  0.523
  PatoZambullidorGrande  46      61         0.942  0.77   0.868  0.65
  Puma       41      43         0.819  0.884  0.938  0.79
  TucanAndinoPiquilaminado  78      78         0.935  0.962  0.982  0.837
  VenadoColaBlanca  24      32         0.906  0.938  0.965  0.743
  ZorrilloEspaldaBlancaSureño  23      23         0.815  0.768  0.781  0.563
  ZorroCulpeo  52      52         0.967  0.865  0.984  0.801
Speed: 0.2ms preprocess, 2.4ms inference, 0.0ms loss, 2.9ms postprocess per image
```

Ajuste de parámetros: Se configuraron parámetros clave para el entrenamiento, tales como la tasa de aprendizaje, el número de épocas, y el tamaño del lote (batch size). En este caso, se establecieron 50 épocas, un tamaño de lote de 16 y una resolución de imagen de 640 x 640 píxeles, como se muestra en la Figura 34.

Entrenamiento: El modelo fue entrenado utilizando el conjunto de entrenamiento. Durante este proceso, los pesos del modelo se actualizaron mediante retropropagación con el objetivo de minimizar la función de pérdida y optimizar la precisión de las predicciones.

Figura 37

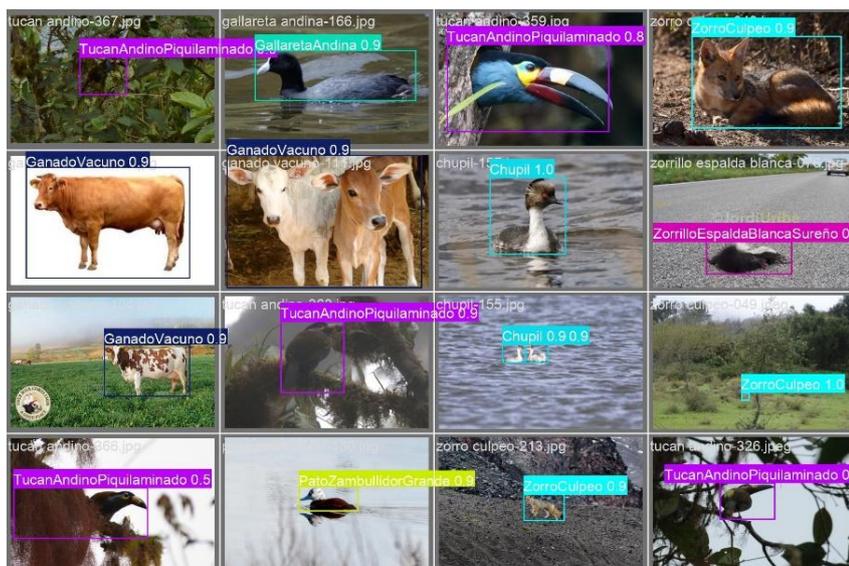
Imágenes de entrenamiento del modelo



Validación: Se realizó una evaluación continua del rendimiento para el conjunto de validación monitoreando el sobreajuste (overfitting) y poder ajustar los hiperparámetros según fuera necesario.

Figura 38

Imágenes de validación del modelo



Una vez completado el entrenamiento y realizada la validación del modelo, se procedió a la detección de las especies previamente mencionadas. El modelo es capaz de identificar y localizar las especies en imágenes nuevas, proporcionando varias salidas, como lo son la caja delimitadora donde se establece el área de la especie detectada, la etiqueta identificada por el modelo, y el porcentaje de confianza mostrando la certeza del modelo en su predicción. Esto se puede visualizar en la Figura 39, donde se muestra la detección de un Zorro Culpeo.

Figura 39

Detección de Zorro Culpeo

image 1/1 /content/drive/MyDrive/Tesis/Comprobar/ZorroCulpeo/zc03.jpg: 448x640 1 ZorroCulpeo, 9.9ms
Speed: 2.3ms preprocess, 9.9ms inference, 1.7ms postprocess per image at shape (1, 3, 448, 640)



3.7 Base de Datos

PostgreSQL permite gestionar de manera eficiente datos relacionados con el proyecto de reconocimiento de especies.

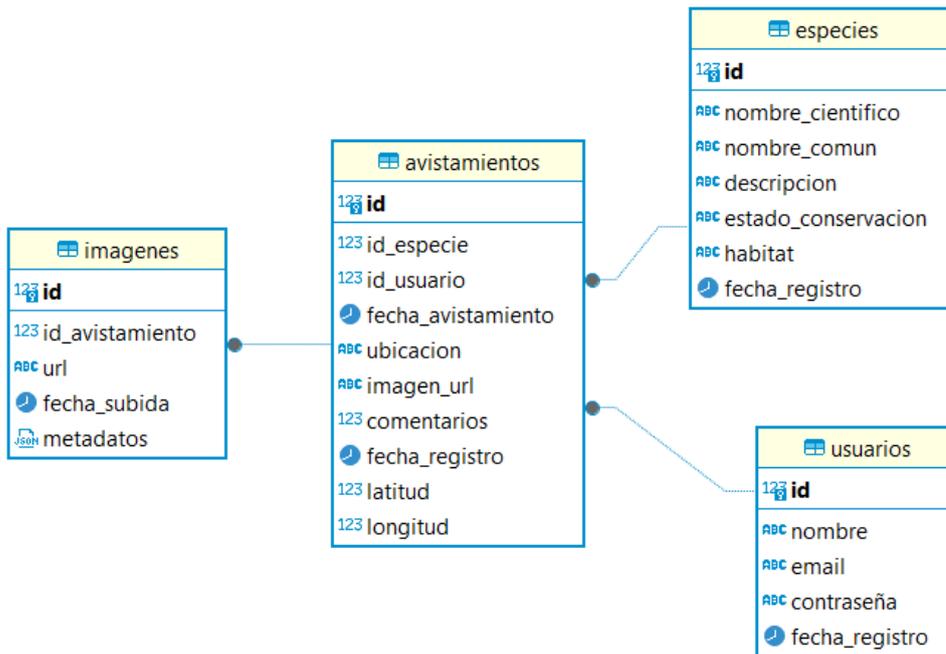
Esta base de datos está alojada en Vercel con el enlace de conexión:

`jdbc:postgresql://ep-lingering-voice-58429372-pooler.us-east-1.aws.neon.tech:5432/verceldb,`
que ofrece una infraestructura escalable y flexible para el manejo en la nube. Esta configuración permite manejar grandes volúmenes de datos y soportar un alto número de consultas simultáneas sin comprometer el rendimiento.

Se visualiza en la Figura 40 como es el diagrama entidad relación construido para la base de datos, proporcionando una visión detallada de las tablas, relaciones y esquemas que permiten el funcionamiento eficiente de la aplicación de reconocimiento de especies.

Figura 40

Diagrama entidad relación de la base de datos



3.8 API

La API del proyecto fue desarrollada utilizando Node.js junto con el framework Express. Este enfoque permite una gestión eficiente y flexible de las operaciones del backend, proporcionando una interfaz robusta donde se comunica el cliente con los datos que almacena el servidor. A continuación, se detallan las funcionalidades principales de la API.

Tabla 12*Funcionalidades de la API*

Método HTTP	Funcionalidad	Descripción
GET	/	Página principal del proyecto backend.
POST	/api/uploadDrive	Sube un archivo a Google Drive y devuelve información del archivo subido, incluyendo el enlace de vista previa.
POST	/api/uploadDriveMult	Sube varios archivos a Google Drive y devuelve información sobre cada archivo subido, incluyendo enlaces de vista previa.
POST	/api/detect	Envía una imagen a un servicio externo para detección de especies y guarda los resultados.
GET	/api/especies	Obtiene las especies.
GET	/api/especies/:id	Obtiene una especie específica por su ID.
POST	/api/especies	Crea una nueva especie en la base de datos.
PUT	/api/especies/:id	Actualiza una especie existente por su ID.
GET	/api/especies/:id/imágenes	Obtiene los avistamientos asociados a una especie específica.

GET	/api/especies/:id/chartdata	Obtiene datos de avistamientos agrupados por mes para una especie específica, útiles para gráficos.
GET	/api/usuarios	Obtiene los usuarios.
POST	/api/login	Inicia sesión, validando el email y la contraseña, y devuelve un token JWT.
POST	/api/usuarios	Registra un nuevo usuario en la base de datos con un email y una contraseña encriptada.
PUT	/api/usuarios/:id	Actualiza la información de un usuario existente por su ID.
GET	/api/locations	Obtiene información sobre ubicaciones de avistamientos, incluyendo coordenadas y cantidad de avistamientos por ubicación.
GET	/api/data	Obtiene datos de avistamientos por especie, incluyendo cantidad de avistamientos y precisión promedio.
GET	/api/avistamientos	Obtiene todos los avistamientos de la base de datos.

3.9 Desarrollo de la interfaz de usuario

Se diseñó la aplicación para ofrecer fluidez y efectividad, alineado con los objetivos del proyecto de facilitar la detección de especies en el Parque. El diseño se enfocó para la usabilidad, accesibilidad y eficiencia, asegurando a los usuarios tengan una interacción intuitiva y efectiva.

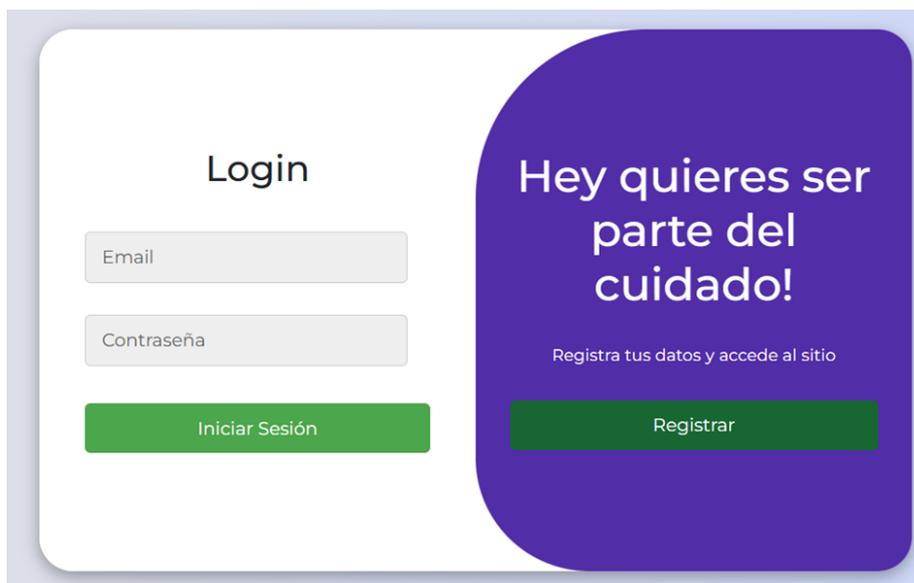
3.9.1 *Página de Login*

La página de login constituye el punto de entrada principal para los usuarios de la aplicación. Su diseño se enfocó en proporcionar una interfaz clara y fácil de usar. Es el primer contacto del usuario con el sistema, lo que hace crucial su diseño funcional.

En la Figura 41 muestra el diseño de la página de login, destacando sus componentes como: el correo electrónico, la contraseña, inicio de sesión y un botón donde redirige a la opción para registrarse en la aplicación web.

Figura 41

Página de Login



3.9.2 *Página de Registro*

La página de registro está diseñada para permitir que nuevos usuarios creen una cuenta y comiencen a utilizar la aplicación de manera rápida y sencilla. Este componente es fundamental para incorporar usuarios.

En la Figura 42 se ve el diseño de la página de registro, que cuenta con los campos como: nombre, correo electrónico y contraseña. El proceso de registro es lo más eficiente posible, con elementos visuales e instrucciones claras para rellenar el formulario. Se implementaron validaciones para asegurar la calidad de los datos ingresados.

Figura 42

Página de Registro



3.9.3 *Página de Inicio*

La página de inicio representa una de las primeras interacciones que los usuarios tendrán al autenticarse en la aplicación, es esencial para guiar a los usuarios hacia las principales funcionalidades de la aplicación y facilitar su navegación.

La Figura 43 cuenta con la página de inicio, ofrece una breve explicación sobre la funcionalidad de la aplicación y los beneficios que proporciona.

Figura 43

Página de inicio



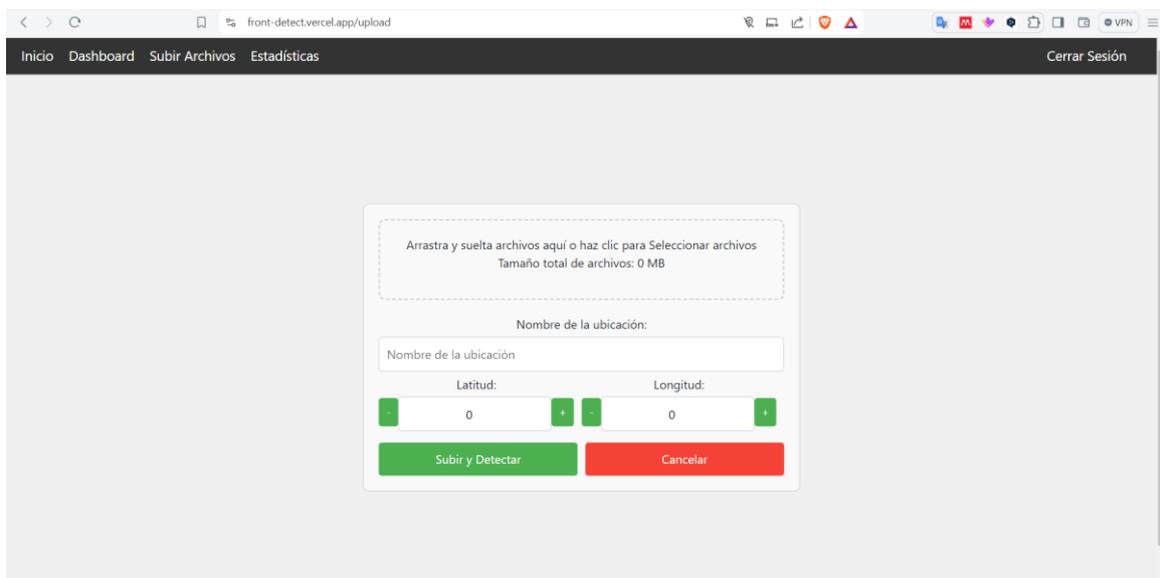
3.9.4 Página de Carga

La página de carga es fundamental para la aplicación, permite a los usuarios seleccionar y cargar imágenes para la detección de especies. Este componente permite una interacción fluida de los usuarios con el sistema de reconocimiento de especies.

Se presenta en la Figura 44 la página de carga, diseñada para que el usuario seleccione una imagen que desean cargar, escribir el nombre de la ubicación, y la posición con latitud y longitud.

Figura 44

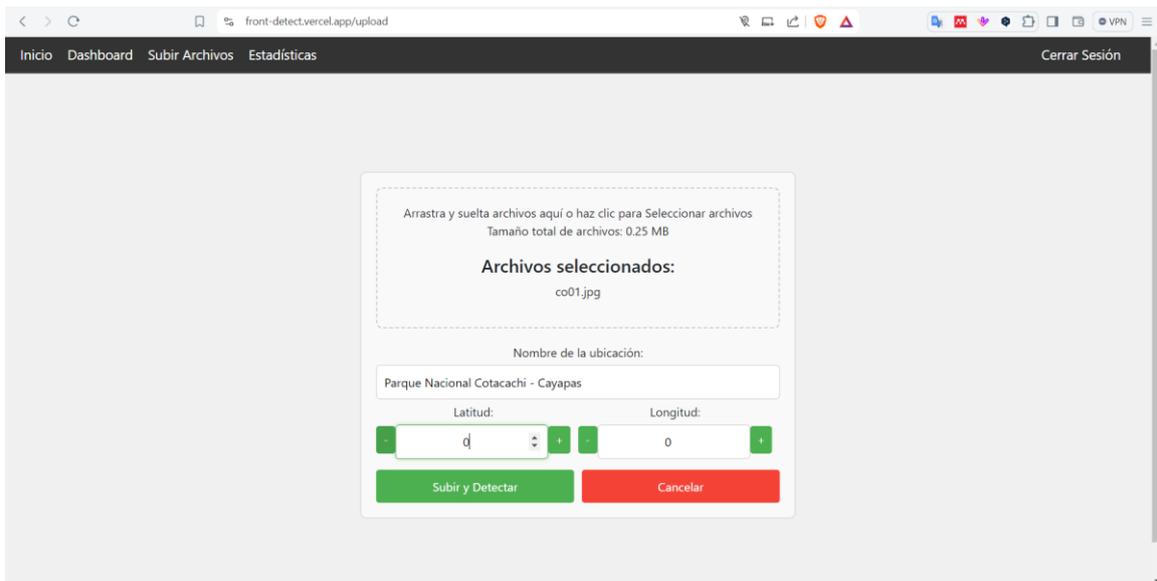
Página de Carga



La Figura 45 muestra cómo los archivos seleccionados son visualizados antes de su carga. Esto proporciona una confirmación visual de los archivos que el usuario ha elegido para cargar, reduciendo el riesgo de errores.

Figura 45

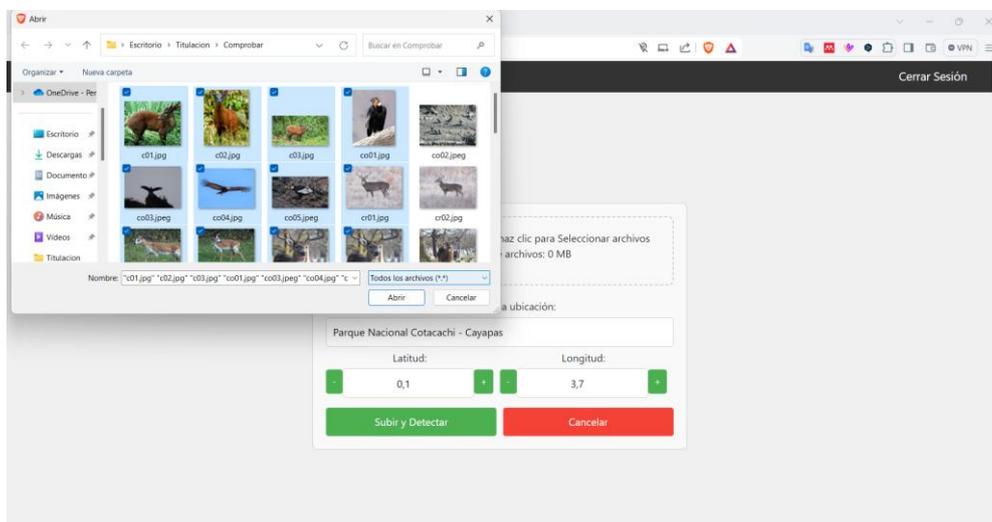
Página de Carga con archivos seleccionados



En la Figura 46 muestra el proceso de selección de archivos de manera más detallada, destacando la facilidad con la que los usuarios pueden añadir archivos a la aplicación.

Figura 46

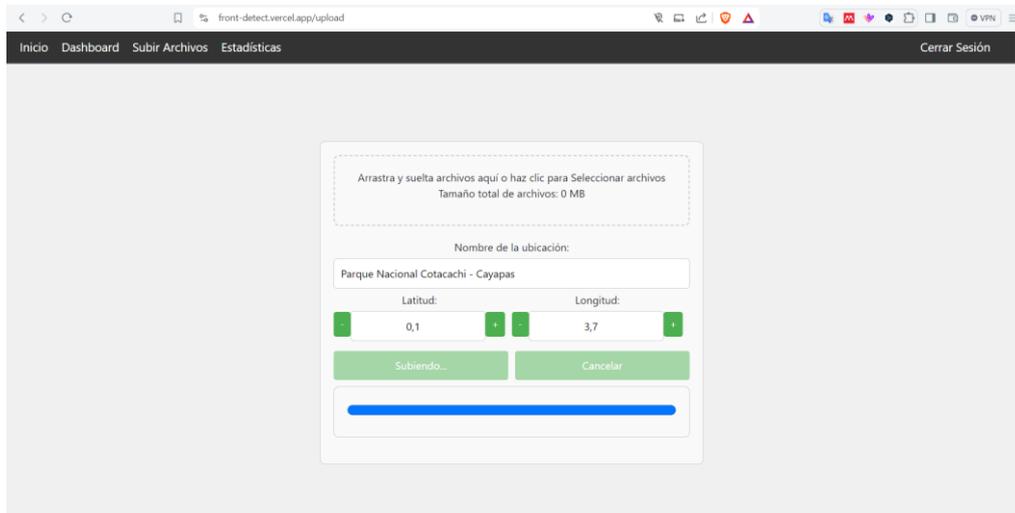
Página de Carga Selección Archivos



En la Figura 47 muestra el estado de la carga de imágenes, proporcionando una barra de progreso o indicador visual que informa a los usuarios sobre el progreso del proceso de subida.

Figura 47

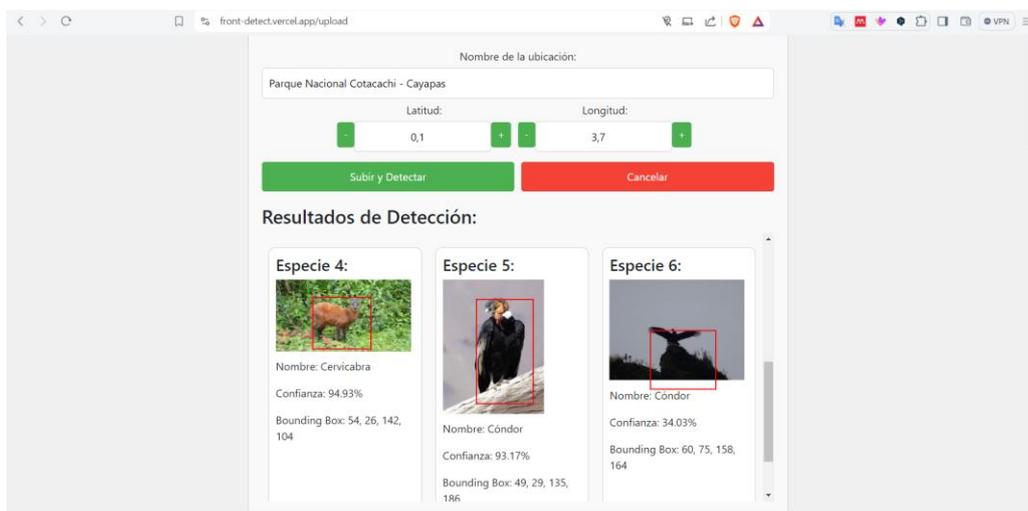
Página de carga en proceso de subida de imágenes



En la Figura 48 se visualiza que una vez las imágenes se han cargado y procesado, esta página muestra los resultados de la identificación de especies, incluyendo imágenes detectadas y la información correspondiente. Esto permite a los usuarios ver los resultados y confirmar que la detección se realizó correctamente.

Figura 48

Página de carga con respuesta de la identificación de especies



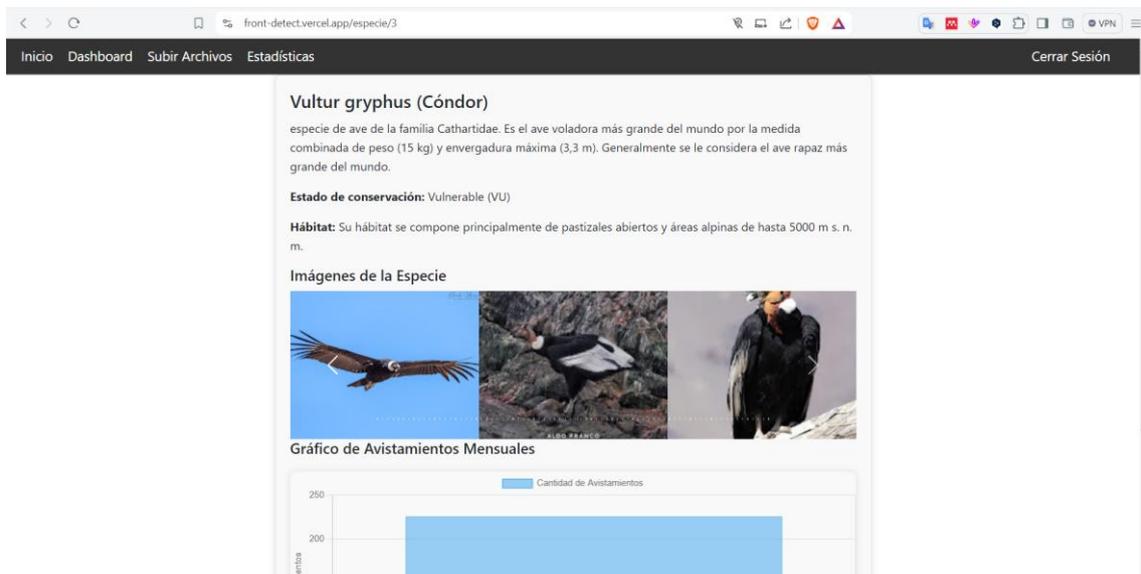
3.9.5 *Página de estadísticas*

La página de estadísticas está diseñada para ofrecer un resumen detallado y visualmente claro sobre la especie seleccionada. Esta página es esencial para el análisis y la gestión de la información relacionada con cada especie, proporcionando datos clave que facilitan la toma de decisiones informadas.

En la Figura 49, ilustra la página de estadísticas, se presenta la información de manera estructurada y accesible. Un compendio de datos relevantes sobre la especie seleccionada, como el número de avistamientos. Visualizar gráficos y tablas que permiten una interpretación rápida y clara de las estadísticas. Gestiona la información sobre el seguimiento de la especie.

Figura 49

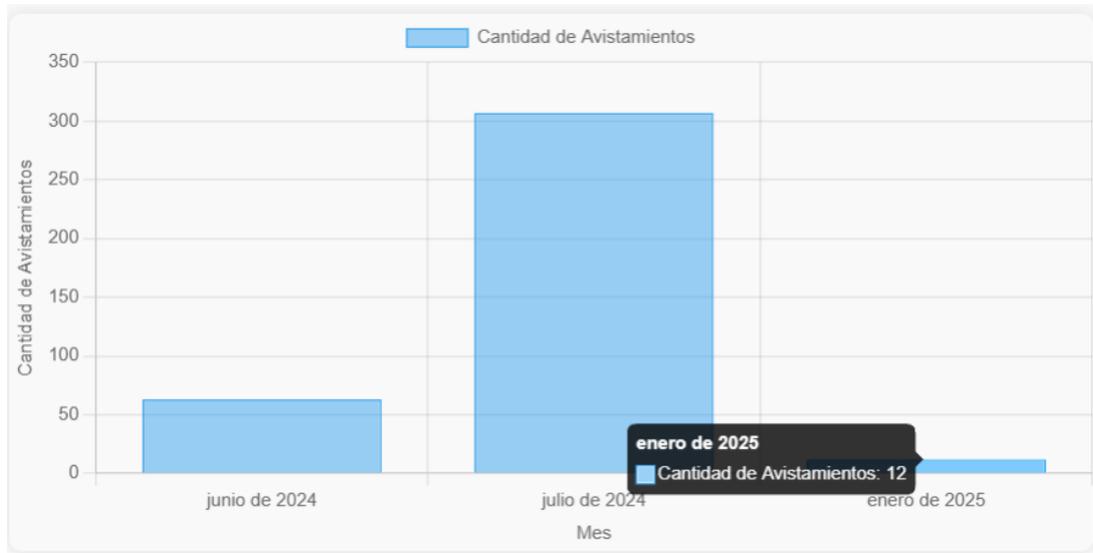
Página de estadística con información de Condor



El gráfico presentado en la Figura 50 indica las estadísticas mensuales de avistamientos del "Condor". Permite a los usuarios observar patrones y tendencias en los avistamientos a lo largo del tiempo.

Figura 50

Gráfico estadístico de la Gallareta Andina establecido por mes



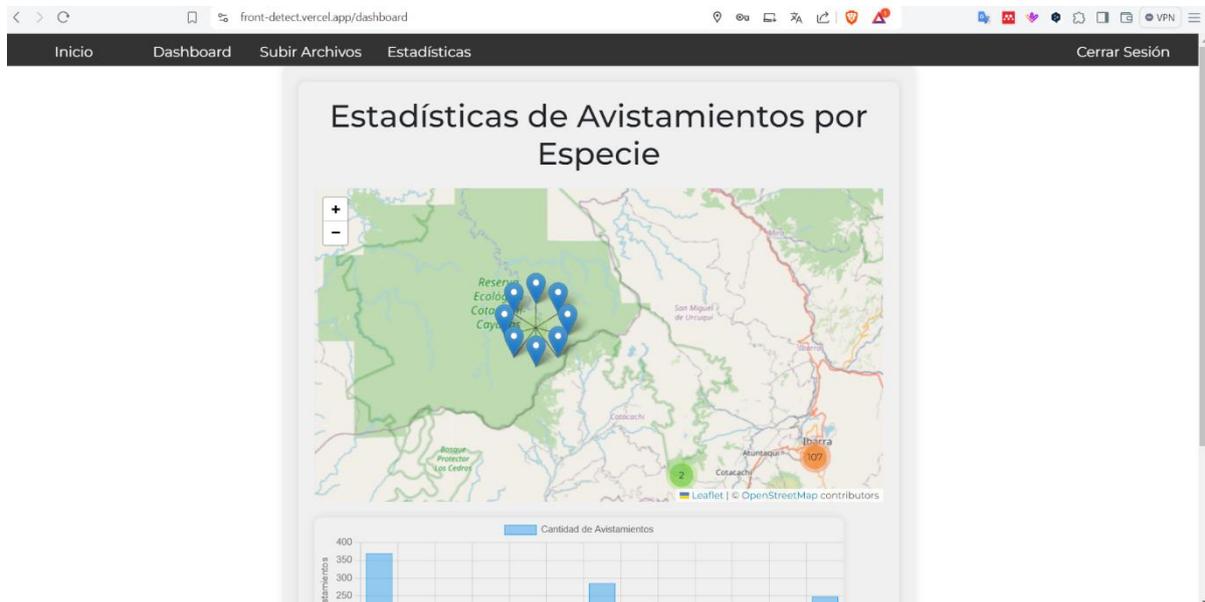
3.9.6 Página de Dashboard

La página de dashboard proporciona una herramienta visual interactiva para la monitorización y análisis de los avistamientos de especies en el parque. Esta página es crucial para visualizar la distribución geográfica de los avistamientos y para identificar áreas de alta actividad y patrones de comportamiento.

En la Figura 51 se muestra el diseño del dashboard, que incluye un mapa interactivo donde se visualiza de manera detallada que muestra la distribución de avistamientos por especie en el parque.

Figura 51

Página de dashboard mapa de avistamientos por especie



En la Figura 52 se muestra un mapa detallado centrado en los avistamientos del "Zorro Culpeo". Permite a los usuarios explorar la distribución geográfica específica de esta especie.

Figura 52

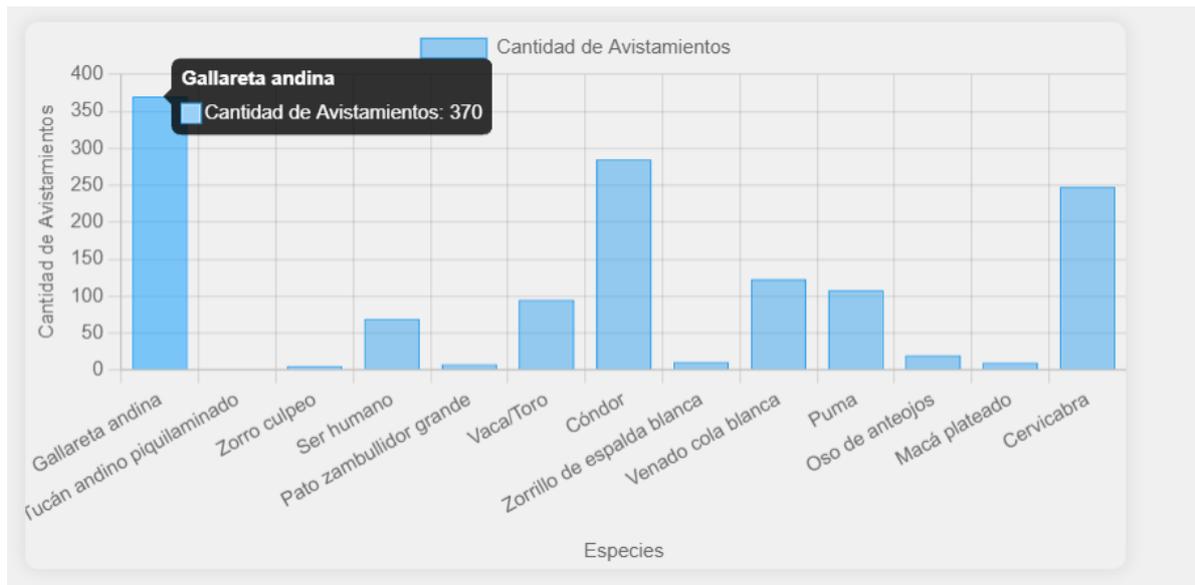
Mapa de avistamiento de especie selección Zorro Culpeo



En la Figura 53 se presenta un gráfico que resume el número total de avistamientos para diferentes especies. Ofrece una visión general de la diversidad y frecuencia de avistamientos dentro del área de estudio.

Figura 53

Gráfico estadístico de la cantidad de especies avistadas.



3.10 Despliegue

El despliegue del proyecto se realizó utilizando Vercel para la API y el frontend, mientras que el modelo de reconocimiento de especies fue desplegado en Render.

3.10.1 Despliegue de la API y Frontend en Vercel

Vercel es una plataforma que facilita el despliegue de aplicaciones web y funciones serverless, se reorganizó la estructura del proyecto para adaptarse a las funciones serverless de Vercel, creando una carpeta api con archivos independientes para cada ruta. Cada endpoint se definió como una función independiente en la carpeta api. Como la ruta /usuarios, cada función está diseñada para manejar solicitudes específicas y devolver respuestas adecuadas. Se creó un archivo vercel.json para definir las rutas y configuraciones de despliegue.

La página se encuentra en la dirección: <https://front-detect.vercel.app/>

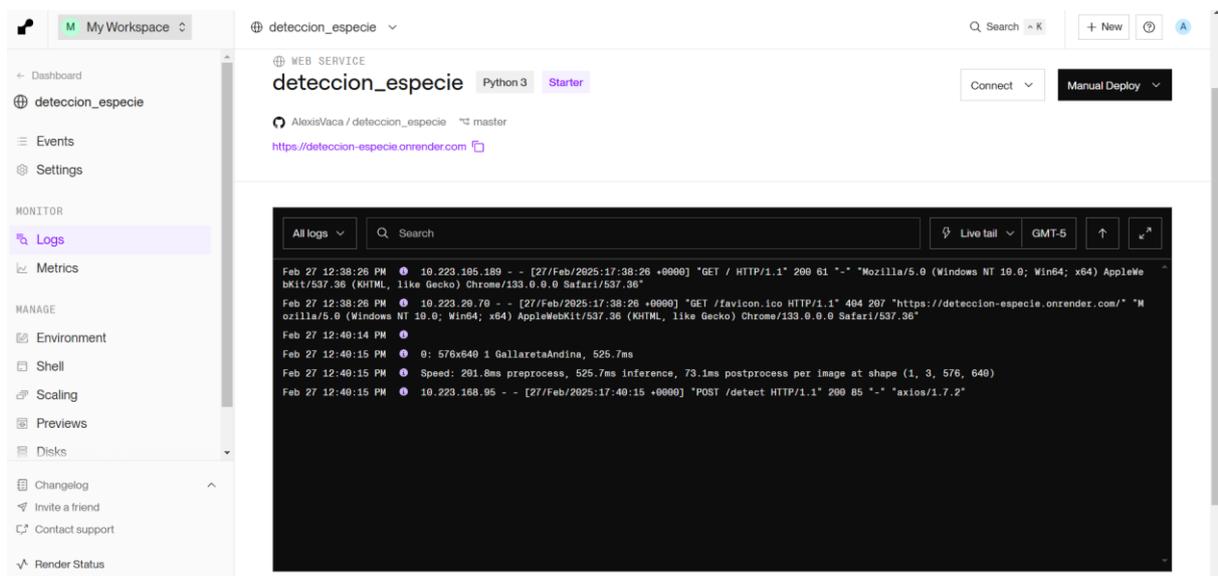
Para el despliegue del frontend se realizó con ayuda de Github ya que se ejecuta de manera automática.

3.10.2 Despliegue del Modelo de Reconocimiento de Especies en Render

Render es una plataforma que proporciona servicios de infraestructura para la ejecución de aplicaciones y modelos de machine learning. El modelo de reconocimiento de especies se desplegó, realizando la integración con Github, se preparó el entorno de ejecución para el modelo de reconocimiento de especies, asegurando que todas las dependencias y configuraciones necesarias estén disponibles. Una vez desplegado se permite hacer inferencias y predicciones se realicen en un entorno de producción, el enlace de render es <https://deteccion-especie.onrender.com>.

Figura 54

Despliegue de Modelo en Render



CAPÍTULO IV

VALIDACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se detallan los procesos de validación realizados para evaluar la eficacia y eficiencia del proyecto en sus diferentes componentes. Se abordaron tres áreas principales de validación: el rendimiento del modelo de detección de especies, la funcionalidad y usabilidad de la aplicación web, y la operatividad del dron para la adquisición de imágenes útiles para el reconocimiento de especies.

4.1 Validación del Modelo

Para realizar la evaluación del modelo debemos tener la precisión y exactitud del modelo de reconocimiento de especies utilizan métricas como la matriz de confusión, la precisión, recall, F1-score. Estas métricas ofrecen una visión detallada de la efectividad del modelo para identificar a las especies de manera correcta.

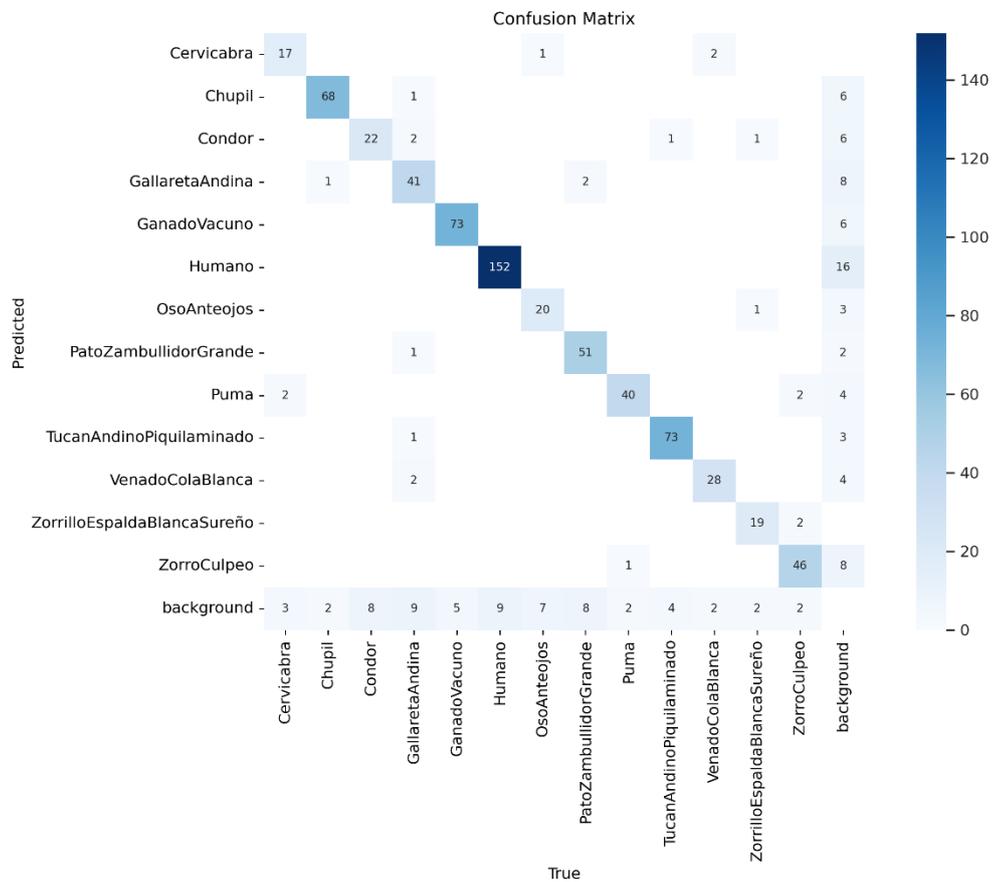
4.1.1 Métricas de Evaluación

Matriz de confusión. Es una herramienta utilizada para evaluar el desempeño de un modelo de clasificación. Presenta el conteo de predicciones correctas e incorrectas, organizadas según las diferentes clases.

La diagonal principal representa las verdaderas clasificaciones correctas, se suma las filas y columnas para obtener los totales por clase.

Figura 55

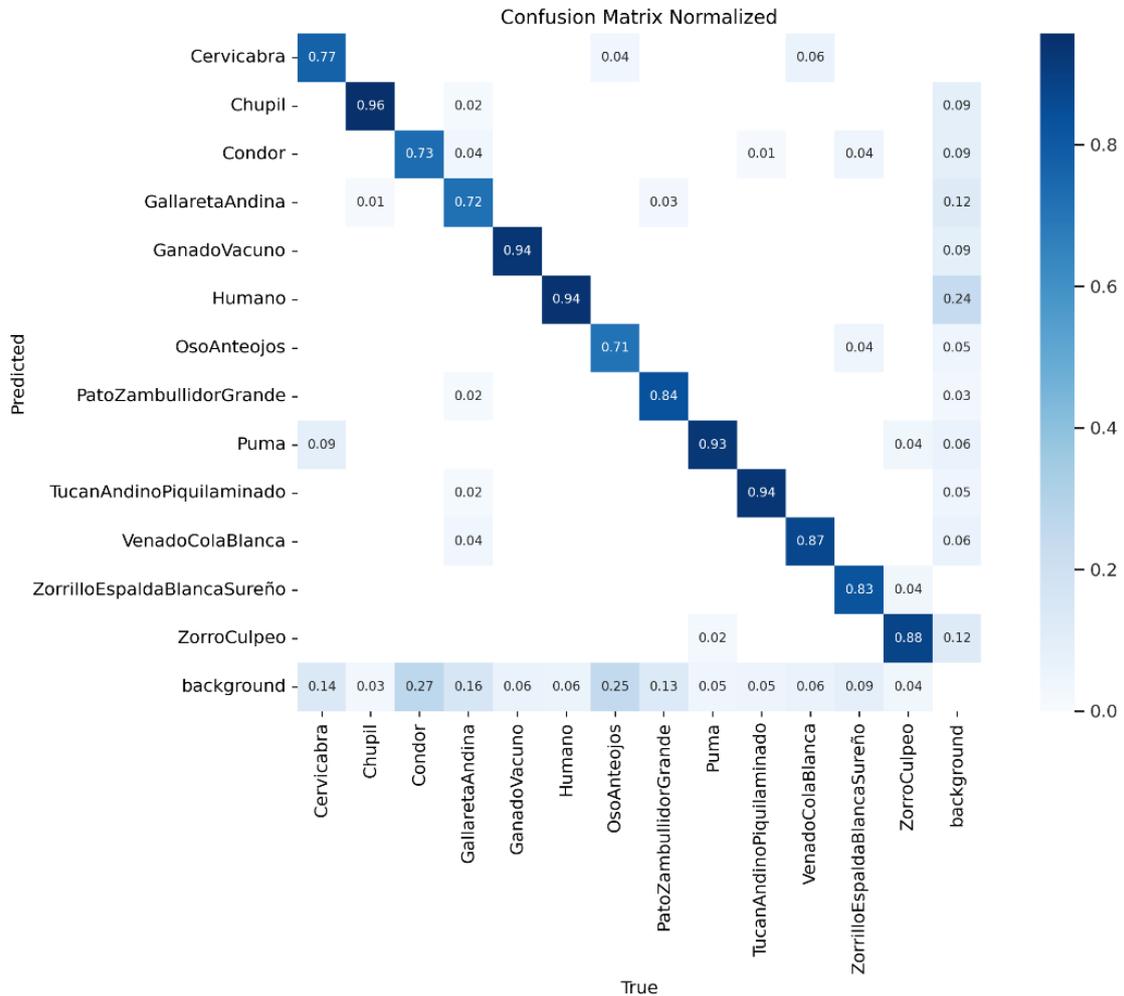
Matriz de Confusión



Se emplea el conjunto de datos de prueba para generar las predicciones del modelo y compararlas con las etiquetas reales. Se cuentan los Verdaderos Positivos, Falsos Positivos, Verdaderos Negativos y Falsos Negativos para cada clase en el conjunto de datos. Estos valores se organizan en una tabla, donde las filas corresponden a las etiquetas reales y las columnas a las etiquetas predichas, en la Figura 56 podemos ver los datos normalizados.

Figura 56

Matriz de confusión normalizada



Exactitud (Accuracy). Evalúa la proporción de predicciones acertadas realizadas por el modelo en comparación con el total de predicciones efectuadas. Esta métrica indica de forma general como el modelo permite hacer predicciones correctas.

Ecuación 1

Formula de la exactitud

$$Exactitud = \frac{\text{Número de predicciones correctas}}{\text{Número total de predicciones}}$$

Precisión (Precision). Es la proporción de verdaderos positivos sobre el número total de predicciones. Ayudando a evaluar la exactitud de las predicciones positivas.

Ecuación 2

Formula de la Precisión

$$\text{Precisión} = \frac{\text{Verdaderos Positivos}}{\text{Verdaderos positivos} + \text{Falsos Negativos}}$$

La precisión para el modelo se evaluó con datos de prueba, como se indica en la Figura 57, eje X representa el umbral de confianza que varía de 0 a 1, mientras que el eje Y es la precisión correspondiente para cada umbral de confianza.

Los verdaderos positivos es el número de predicciones correctas para la clase, y los falsos positivos son el número de veces que la clase fue predicha incorrectamente en la podemos ver la precisión para cada clase.

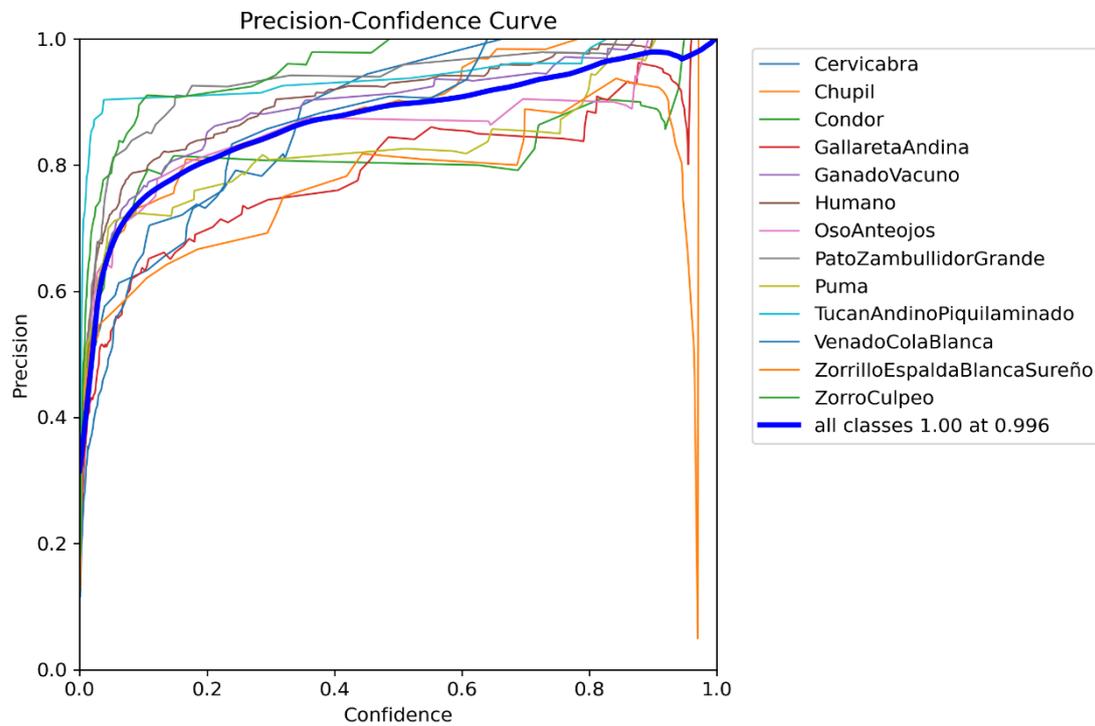
Tabla 13

Datos de Precisión

Precisión			
Cervicabra	0,77	Pato zambullidor grande	0,84
Chupil	0,96	Puma	0,93
Condor	0,73	Tucán andino	0,94
		piquilaminado	
Gallareta andina	0,72	Venado cola blanca	0,88
Ganado vacuno	0,94	Zorrillo espalda blanca	0,83
		sureño	
Humano	0,94	Zorro culpeo	0,88
Oso anteojos	0,71		

Figura 57

Curva de precisión



Recall (Sensibilidad). Mide la proporción de verdaderos positivos respetos al total de positivos reales. Esta métrica es clave para evaluar qué tan bien el modelo es capaz de identificar todas las instancias de una clase específica, minimizando los falsos negativos.

Ecuación 3

Formula de Recall

$$Recall = \frac{Verdaderos\ Positivos}{Verdaderos\ Positivos + Falsos\ Negativos}$$

Los falsos negativos son el número de veces que la clase no fue predicha cuando debería haberlo sido.

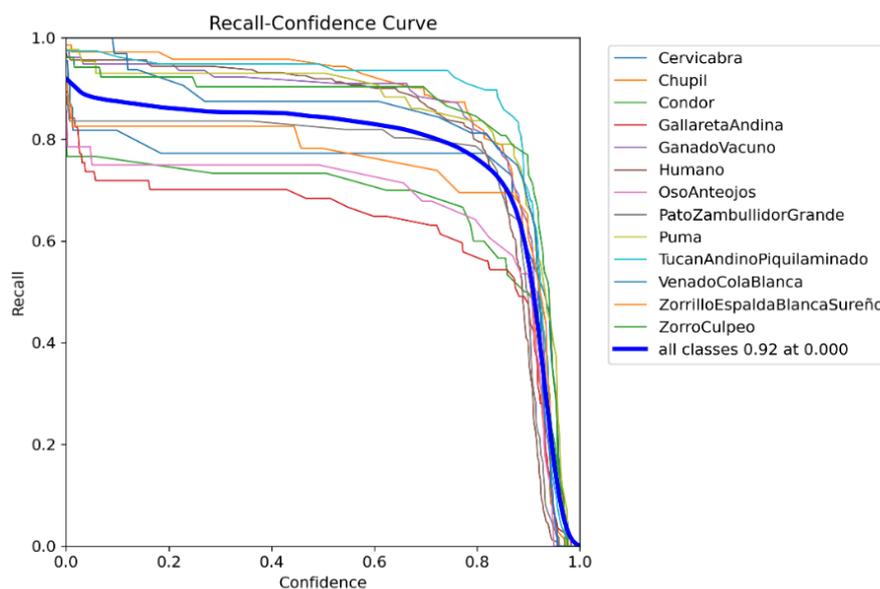
Tabla 14

Datos Recall

Recall			
Cervicabra	0,85	Pato zambullidor grande	0,94
Chupil	0,91	Puma	0,83
Condor	0,69	Tucán andino	0,95
		piquilaminado	
Gallareta andina	0,79	Venado cola blanca	0,82
Ganado vacuno	0,92	Zorrillo espalda blanca	0,90
		sureño	
Humano	0,90	Zorro culpeo	0,84
Oso anteojos	0,83		

Figura 58

Recall-confidence Curve



F1-Score. Es una métrica clave que combina la precisión y el recall en una sola medida armónica.

Ecuación 4

Formula de F1-Score

$$F1 - Score = 2X \frac{Precisión \times Recall}{Precisión + Recall}$$

Para calcularlo, se multiplica por 2 el resultado del producto de la precisión y el recall, luego se divide entre la suma de estos dos valores.

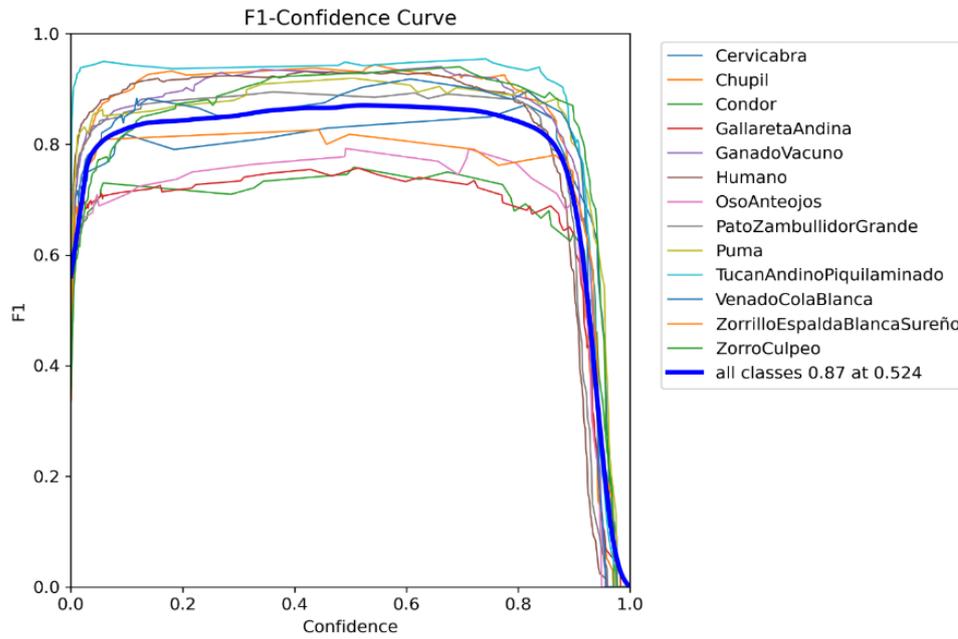
Tabla 15

Datos F1-Score

F1-Score			
Cervicabra	0,81	Pato zambullidor grande	0,89
Chupil	0,93	Puma	0,88
Condor	0,71	Tucan andino	0,94
		piquilaminado	
Gallareta andina	0,75	Venado cola blanca	0,85
Ganado vacuno	0,93	Zorrillo espalda blanca	0,86
		sureño	
Humano	0,92	Zorro culpeo	0,86
Oso anteojos	0,77		

Figura 59

F1-Confidence Curve



4.2 Rendimiento de la Aplicación Web

El rendimiento de la aplicación se evalúa considerando la experiencia del usuario, incluyendo la facilidad de uso, tiempos de respuesta y navegabilidad. Además, se realizan pruebas de carga para analizar cómo la aplicación maneja múltiples archivos y responde ante diferentes niveles de demanda. Estas pruebas permiten identificar posibles mejoras y garantizar que la aplicación cumpla con sus objetivos de manera eficiente.

4.2.1 Pruebas funcionales:

Se verificó que la aplicación funcione correctamente en todos sus procesos clave, como la subida de imágenes, ejecutar el modelo de clasificación y la observación de los resultados.

Pruebas de caja negra: Se aplicó este método para evaluar el comportamiento funcional del sistema sin analizar su implementación interna, asegurando que se cumplan los requisitos funcionales definidos.

Tabla 16*Validación Requisitos Funcionales*

Caso de prueba	Resultado obtenido	Estado	Administrador Parque	Observaciones
RF-1	Registro de usuario	Cumple	✓	N/A
RF-2	Autenticación de Usuario	Cumple	✓	N/A
RF-3	Registro de avistamientos	Cumple	✓	N/A
RF-4	Visualización de Avistamientos	Cumple	✓	N/A
RF-5	Carga de Imágenes	Cumple	✓	N/A
RF-6	Análisis de Imágenes	Cumple	✓	N/A
RF-7	Visualización de Estadísticas	Cumple	✓	N/A
RF-8	Información de Especies	Cumple	✓	N/A
RF-9	Almacenamiento de Imágenes	Cumple	✓	N/A

4.2.2 Pruebas de rendimiento:

Se midió el tiempo de respuesta y la eficiencia del sistema bajo diferentes cargas de trabajo simuladas, lo que permitió identificar posibles cuellos de botella y asegurar que la aplicación gestione los recursos disponibles de manera óptima. Se observó que la aplicación puede procesar un máximo de tres imágenes simultáneamente; al superar este límite, se genera un cuello de botella que impide que algunas imágenes sean procesadas por el sistema de reconocimiento.

Tabla 17

Tiempos de registro de carga

Cantidad de cargas	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Observaciones
1 imagen	7.07 seg	7.23 seg	5.81 seg	6.05 seg	
2 imágenes	8.18 seg	8.09 seg	7.12 seg	9.04 seg	
3 imágenes	12.15 seg	10.61seg	11.10 seg	12.73 seg	
5 imágenes	15.35 seg	14.06 seg	17.49 seg	18.52 seg	Reconocimiento parcial
10 imágenes	17.59 seg	18.20 seg	17.17 seg	17.98 seg	Reconocimiento parcial

4.2.3 Pruebas de compatibilidad:

Se verificó el funcionamiento de la aplicación en distintos navegadores web para asegurar su compatibilidad con diversas plataformas y entornos.

Tabla 18*Compatibilidad navegadores*

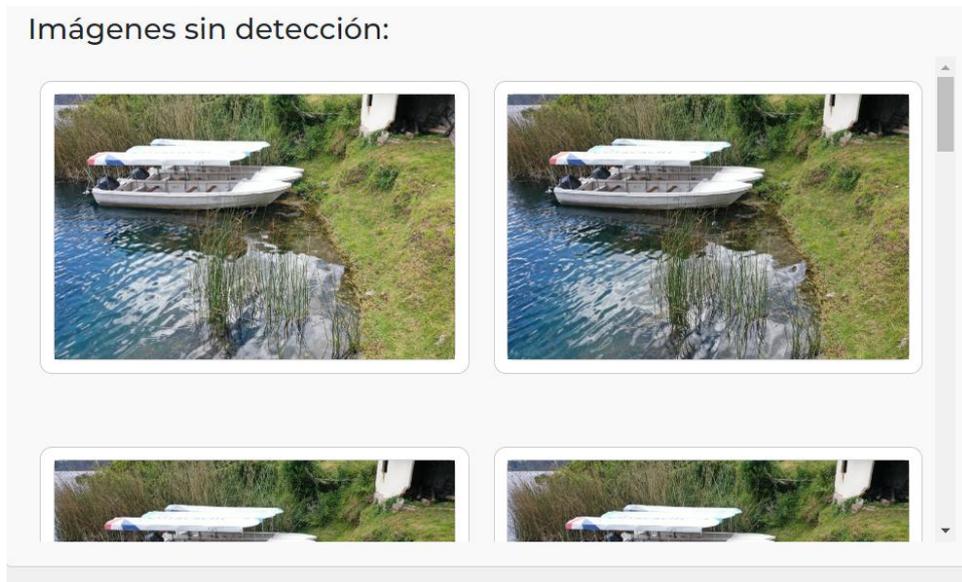
Navegador	Cumple
Chrome	✓
Firefox	✓
Edge	✓
Brave	✓

4.3 Interpretación de resultados

La carga de imágenes a la aplicación web sin un acercamiento adecuado impide una detección efectiva. En la Figura 56 se puede visualizar el porcentaje de verdaderos positivos que cuenta en este caso para la gallareta andina es de 72% de precisión, demostrando que el objetivo estando dentro del marco de la imagen a 10 metros, la detección falla, como se observa en la Figura 60.

Figura 60

Imágenes sin acercamiento al objetivo



Aplicar técnicas de división de la imagen puede proporcionar resultados deseados, aunque también puede generar falsos positivos. La división de la imagen en más partes incrementa el tiempo de detección, pero mejora el porcentaje de confianza, como se evidencia en la Figura 61.

Figura 61

Resultados en la detección aplicando división y escalado de la imagen en 16 partes.



Al tener un acercamiento al objetivo, se obtuvo un mejor reconocimiento de la gallareta andina. De 17 imágenes subidas a la aplicación. 14 dieron el resultado esperado con una confianza promedio de 80.27% como se evidencia en la Figura 62. Tres imágenes no lograron ser detectadas debido a su composición, se puede visualizar en la Figura 63.

Figura 62

Resultados en la detección para la gallareta andina



La presencia de flora en la laguna puede dificultar el reconocimiento de la gallareta andina, como se observa en la Figura 63. Además, comportamientos como la inmersión de la gallareta pueden no ser detectados por la IA.

Figura 63

Gallareta camuflada con la naturaleza



4.4 Análisis de impacto

4.4.1 Impacto tecnológico

El empleo de drones con cámaras de alta resolución se ha establecido como una herramienta eficaz y valiosa para el monitoreo de especies en su entorno natural. Este enfoque ofrece varias ventajas significativas sobre los métodos tradicionales:

Eficiencia y precisión. Comparado con métodos tradicionales como el conteo de huellas y las cámaras trampa, los drones ofrecen una mayor eficiencia con una recolección rápida y extensa de datos geospaciales y visuales, mejorando la precisión de los datos. Los operadores pueden controlar el movimiento del dron, esto facilita la identificación directa de especies y la vigilancia en diversos espacios, a diferencia de las cámaras trampa que están limitadas a una ubicación fija.

Reducción de Costos. La implementación de drones puede disminuir los costos relacionados con las excursiones prolongadas y el uso de cámaras trampa, especialmente en áreas abiertas donde los drones pueden operar con facilidad. Esta reducción de costos es crucial debido a los presupuestos limitados disponibles en el parque. Además, los drones minimizan el

riesgo de interferencia animal directa, lo que contribuye a una recolección de datos más efectiva y menos perturbadora para la fauna.

Respuesta Rápida. Los drones permiten realizar recorridos extensos y acceder a áreas de difícil acceso de manera eficiente. El monitoreo aéreo facilita una respuesta ágil ante variaciones en las poblaciones de especies y en las condiciones del entorno natural del parque.

4.4.2 *Desafíos y Limitaciones*

El uso de drones también presenta desafíos y limitaciones que deben ser considerados:

Limitaciones Tecnológicas. Existen varios factores que pueden afectar la efectividad de los drones, incluyendo la duración de la batería con un tiempo máximo de vuelo de 40 minutos, la resistencia a condiciones climáticas adversas y la calidad de las imágenes capturadas. Estas limitaciones pueden reducir la eficacia de los drones en ciertas condiciones ambientales.

Consideraciones Éticas y Legales. Es fundamental evaluar los posibles efectos negativos en la privacidad y comportamiento de especies. La presencia de drones puede generar alteraciones en su conducta, como se observó en la Gallareta Andina, que reaccionó ocultándose al detectar el dispositivo. Además, es fundamental cumplir con las regulaciones pertinentes sobre el uso de vehículos aéreos no tripulados (Dirección General de Aviación Civil, 2020).

4.4.3 *Implicaciones para la Conservación y Gestión Ambiental*

Los resultados de este estudio aportan información clave para la conservación y gestión ambiental del Parque Nacional Cotacachi Cayapas, proporcionando herramientas para la toma de decisiones y la implementación de estrategias efectivas de protección.

Mejora en la Planificación. La información detallada proporcionada por los drones puede mejorar la planificación estratégica para la conservación y manejo del parque.

Educación y sensibilización. La integración de tecnologías avanzadas, como los drones, brinda una oportunidad para educar y concienciar a la comunidad local sobre la relevancia de conservar especies.

4.4.4 Validación de Metodologías y Tecnologías

Para evaluar la efectividad de los drones en comparación con métodos tradicionales, se debe validar su eficacia en el monitoreo de especies en áreas protegidas. La precisión de los datos obtenidos con drones es un aspecto destacado, especialmente para especies grandes que son fácilmente identificables. Esta tecnología permite obtener datos de monitoreo más precisos y confiables, mejorando la calidad de la información para la conservación de especies.

Además, implementar drones puede optimizar la logística del monitoreo a largo plazo en el Parque Nacional Cotacachi-Cayapas, ayudando a identificar la presencia de especies difíciles de detectar y minimizando la perturbación en su conducta natural.

CONCLUSIONES

En las áreas protegidas, se enfrenta continuamente la amenaza de extinción de diversas especies en distintas regiones del país. El Sistema Nacional de Áreas Protegidas busca mitigar este impacto mediante múltiples esfuerzos de conservación, donde la tecnología desempeña un papel fundamental en el monitoreo y rastreo de la fauna. En este contexto, el uso de drones ha demostrado ser una herramienta altamente efectiva para la observación de especies, especialmente aquellas de gran tamaño. A diferencia de métodos tradicionales como el análisis de huellas o las cámaras trampa, los drones permiten una identificación y conteo más precisos, además de facilitar una recolección de datos más rápida y con menor impacto en el entorno.

La aplicación web para el reconocimiento de especies en el parque representa un avance significativo en el monitoreo de la fauna. Gracias a un conjunto amplio de imágenes para el entrenamiento, el uso de visión por computadora y aprendizaje automático permite un análisis de datos más eficiente. Además, al ser una plataforma web, cualquier usuario puede acceder a esta tecnología, facilitando el reconocimiento de especies y la toma de decisiones informadas a través de gráficos estadísticos, contribuyendo así a la conservación de la biodiversidad.

Se logró identificar especies como la Gallareta Andina, cuya presencia y movimientos pueden ser rastreados de manera más efectiva con imágenes detalladas. Sin embargo, es importante considerar que la tecnología debe ser utilizada de manera que no perturbe a las especies pequeñas. Por otro lado, esta tecnología ha demostrado ser especialmente útil para el monitoreo de animales grandes o potencialmente peligrosos para los guardaparques. Las imágenes aéreas proporcionadas por los drones han sido particularmente útiles para el análisis del comportamiento de las especies.

RECOMENDACIONES

Gestionar la recolección de imágenes con la ayuda de especialistas para garantizar un análisis preciso. Es importante construir un dataset ideal para la identificación de especies en la zona de estudio y realizar trabajos que amplíen los sectores de las imágenes para descartar áreas que no sean de interés.

Investigar tecnologías que permitan el monitoreo sin perturbar a la fauna es crucial para mejorar el seguimiento de especies que tienden a esconderse en situaciones de peligro. Esto ayudará a obtener datos más precisos y menos intrusivos.

Establecer un programa continuo de monitoreo en el Parque Nacional Cotacachi – Cayapas es esencial. Esto incluye la adquisición de equipos adicionales y la integración de datos de monitoreo en sistemas de gestión ambiental. Los drones han demostrado ser efectivos para evaluar el impacto ambiental en el parque, detectando cambios en la cobertura vegetal, áreas afectadas por actividades humanas y amenazas potenciales como incendios forestales. La capacidad de monitoreo en tiempo real facilita una respuesta más rápida y efectiva para mitigar impactos negativos.

Desarrollar programas educativos y de sensibilización para la comunidad local y los visitantes del parque sobre la relevancia del monitoreo de especies y la conservación del hábitat. Estas iniciativas pueden aumentar la conciencia pública, fomentar el compromiso ciudadano y fortalecer la protección del ecosistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahumada, J. A., Fegraus, E., Birch, T., Flores, N., Kays, R., O'Brien, T. G., Palmer, J., Schuttler, S., Zhao, J. Y., Jetz, W., Kinnaird, M., Kulkarni, S., Lyet, A., Thau, D., Duong, M., Oliver, R., & Dancer, A. (2020). Wildlife Insights: A Platform to Maximize the Potential of Camera Trap and Other Passive Sensor Wildlife Data for the Planet. *Environmental Conservation*, 47(1), 1–6. <https://doi.org/10.1017/S0376892919000298>
- Arleth. (2023). *Redes Inalámbricas de Sensores (WSN)*. <https://forum.huawei.com/enterprise/es/redes-inal%C3%A1mbricas-de-sensores-wsn/thread/684429408225607680-667212884440133632>
- Autmix. (2024). *¿Qué es la minería de datos y para qué sirve?* <https://autmix.com/blog/que-es-la-mineria-de-datos>
- Bárbulo Barrios, D., Valente, J., & van Langevelde, F. (2024). Monitoring mammalian herbivores via convolutional neural networks implemented on thermal UAV imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 218, 108713. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2024.108713>
- Battu, T., & Reddy Lakshmi, D. S. (2023). Animal image identification and classification using deep neural networks techniques. *Measurement: Sensors*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100611>
- Blackburn, A. M., Heffelfinger, L. J., Veals, A. M., Tewes, M. E., & Young, J. H. (2021). Cats, cars, and crossings: The consequences of road networks for the conservation of an endangered felid. *Global Ecology and Conservation*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01582>
- Campion, M., Ranganathan, P., & Faruque, S. (2019). UAV swarm communication and control architectures: A review. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 7(2), 93–106. <https://doi.org/10.1139/juvs-2018-0009>
- Cazzolla Gatti, R., Iaria, J., Moretti, G., Amendola, V., Cassola, F. M., Cerretti, P., Musciano, M. Di, Francesconi, L., Frattaroli, A. R., Livornese, M., Martini, M., Nania, D., Pacifici, M., Piovesan, G., Prandelli, S., Rocchini, D., Rondinini, C., & Chiarucci, A. (2024). EU2030 biodiversity strategy: Unveiling gaps in the coverage of ecoregions and threatened species within the strictly protected areas of Italy. *Journal for Nature Conservation*, 79, 126621. <https://doi.org/10.1016/J.JNC.2024.126621>
- CNAC IT. (2019). *¿Qué es Python? | CNAC IT*. <https://www.cnac.es/noticias/que-es-python/>
- Cohen, C., Haanpaa, D., & Zott, J. (2015). *Machine Vision Algorithms for Robust Animal Species Identification*. <https://doi.org/10.1109/AIPR.2015.7444526>
- Columba Zárate, K. (2013). *Manual para la Gestión Operativa de las Áreas Protegidas de Ecuador*. *Imprenta Mariscal*.

- Dave, B., Mori, M., Bathani, A., & Goel, P. (2023). Wild Animal Detection using YOLOv8. *Procedia Computer Science*, 230, 100–111. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2023.12.065>
- Defas, R. (2023). *Entrevista Rafael Defas-Administrador de Zona Alta del Parque Nacional Cotacachi - Cayapas*.
- Delft Students On Software Architectura. (2019). *Keras: Fast Neural Network Experimentation*. <https://se.ewi.tudelft.nl/desosa2019/chapters/keras/>
- Dirección General de Aviación Civil. (2020). *Operación de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAs)*. <https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/5-DGAC-DGAC-2020-0110-R-Reglamento-de-RPAs-1.pdf>
- DJI. (2024). *Mavic 2 - Product Information - DJI*. <https://www.dji.com/global/mavic-2/info>
- European Commission. (2022). *Comission Staff Working Document Criteria and guidance for protected areas designations*. 1–28. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw2869>
- Fang, Y., Du, S., Abdoola, R., Djouani, K., & Richards, C. (2016). Motion Based Animal Detection in Aerial Videos. *Procedia Computer Science*, 92, 13–17. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.316>
- Fayyad, U., Haussler, D., & Stolorz, P. (1996). *KDD for Science Data Analysis: Issues and Examples*. www.aaai.org
- Foody, G. M. (2001). *Status of land cover classification accuracy assessment*. www.elsevier.com/locate/rse
- García-Vázquez, F. A. (2024). Artificial intelligence and porcine breeding. *Animal Reproduction Science*, 107538. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2024.107538>
- Go Raymi. (2023). *Parque Nacional Cotacachi - Cayapas*. <https://www.goraymi.com/es-ec/esmeraldas/eloy-alfaro/reservas-ecologicas/parque-nacional-cotacachi-cayapas-a4i0uilp2>
- Gómez Araujo, E. S., Arteño Ramos, R., & Zavala Machado, M. E. (2020). Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas En Su Diversidad Climática. *Universidad Nacional de Chimborazo*, 290–301.
- Gómez, E., Arteño, R., & Zavala, M. (2021). Reserva ecológica Cotacachi Cayapas en su diversidad climática. *BOLETÍN REDIPE*, 10, 290–301.
- Google Images. (2022). *Animals* 151. <https://www.kaggle.com/datasets/sharansmenon/animals141>
- Heinrichs, J. A., McKinnon, D. T., Aldridge, C. L., & Moehrenschrager, A. (2019). Optimizing the use of endangered species in multi-population collection, captive breeding and release programs. *Global Ecology and Conservation*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00558>

- iNaturalist. (2024). *Una Comunidad para Naturalistas · iNaturalist Ecuador*. <https://ecuador.inaturalist.org/>
- IUCN Red List. (2024). *IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org/es/resources/summary-statistics>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2017). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), 84–90. <https://doi.org/10.1145/3065386>
- Linchant, J., Lisein, J., Semeki, J., Lejeune, P., & Vermeulen, C. (2015). Are unmanned aircraft systems (UASs) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges. In *Mammal Review* (Vol. 45, Issue 4, pp. 239–252). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/mam.12046>
- Mantau, A. J., Widayat, I. W., Leu, J. S., & Köppen, M. (2022). A Human-Detection Method Based on YOLOv5 and Transfer Learning Using Thermal Image Data from UAV Perspective for Surveillance System. *Drones 2022, Vol. 6, Page 290*, 6(10), 290. <https://doi.org/10.3390/DRONES6100290>
- Microsoft. (2023). *Wild Me: Microsoft AI para la Tierra*. <https://www.microsoft.com/es-mx/ai/ai-for-earth-wild-me>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas | Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-ecol%C3%B3gica-cotacachi-cayapas>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Protocolo para el muestreo de fauna silvestre a escala de paisaje, utilizando trampas fotográficas y conteos de huellas*.
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2023). *Boletín estadístico sistema nacional de áreas protegidas 2023*.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2007). *Plan de Manejo Reserva ecológica Cotacachi-Cayapas*.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2019). Sistematización de experiencias, buenas prácticas y lecciones aprendidas del proyecto paisajes - vida silvestre. Quito: MAE, WCS, GEF, PNUD, 1–68. https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/371DA9DF-F905-8610-6133-036C649FDC55/attachments/213828/Sistematizaci%C3%B3n%20del%20Proyecto%20Paisajes-Vida%20Silvestre_compressed.pdf
- Ministerio del Ambiente Ecuador. (2014). *GUIA PARQUES 25 Cotacachi Cayapas*. http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/sites/default/files/GUIA_PARQUES_25-2014.pdf
- Naciones Unidas. (2023). *Bosques, desertificación y diversidad biológica - Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>
- Narváez, G. E. (2019). *Red neuronal convolucional para la detección de aves exóticas en peligro de extinción*. <https://doi.org/10.26439/ciis2019.5513>

- Pardo Matos, J. M. (2013). *Proceso de Pruebas de Aceptación de Software*.
- Peters, N., Kendall, C. J., Davies, J. G., Bracebridge, C., Nicholas, A., Mgumba, M. P., & Beale, C. M. (2023). Identifying priority locations to protect a wide-ranging endangered species. *Biological Conservation*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109828>
- Plaza Jiménez, A. C. (2022). *node js en el desarrollo web su importancia y uso actualmente*. <https://niixer.com/index.php/2020/11/16/node-js-en-el-desarrollo-web-su-importancia-y-uso-actualmente/>
- Procksch, N., Guimarães, M., Trindade, M. R., Ott, P. H., Perez, M. S., Veronez, M. R., & de Oliveira, L. R. (2024). How close can we get to seeing the private lives of fur seals and sea lions? Experimental UAV flights on the Southern Brazilian coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 579, 152042. <https://doi.org/10.1016/J.JEMBE.2024.152042>
- Quispe Iza, I. P. (2017). *Determinación de áreas de influencia de especies vulnerables registradas en las cámaras trampa ubicadas en la estación científica Yasuní a través de modelos geoestadísticos y de máxima entropía*. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/13111>
- Rey, N., Volpi, M., Joost, S., & Tuia, D. (2017). Detecting animals in African Savanna with UAVs and the crowds. *Remote Sensing of Environment*, 200, 341–351. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2017.08.026>
- Reyes Peña, A., & Catellanos Sanchez, J. J. (2020). *Prototipo de geolocalización y reconocimiento aplicado a especies*. <http://hdl.handle.net/11349/24814>
- Schroeder, N. M., Panebianco, A., Musso, R. G., & Carmanchahi, P. (2020). An experimental approach to evaluate the potential of drones in terrestrial mammal research: A gregarious ungulate as a study model. *Royal Society Open Science*, 7(1). <https://doi.org/10.1098/RSOS.191482>
- Shaik, B., & Vallarapu, A. (2018). *Beginning PostgreSQL on the Cloud*. https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3447-1_2
- Shao, W., Kawakami, R., Yoshihashi, R., You, S., Kawase, H., & Naemura, T. (2020). Cattle detection and counting in UAV images based on convolutional neural networks. *International Journal of Remote Sensing*, 41(1), 31–52. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1624858>
- SMART. (2024). *SMART Conservation Software - Herramienta de seguimiento espacial y elaboración de informes*. <https://smartconservationtools.org/es-es/>
- Sotomayor Weir, S. A. (2019). *Analizar la normativa aduanera y ambiental en el control de especies protegidas en el territorio*. <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/2028/1/SOTOMAYOR%20WEIR%20STEFAN%20ANDREA%20.pdf>
- Sousa-Silva, R., Alves, P., Honrado, J., & Lomba, A. (2014). Improving the assessment and reporting on rare and endangered species through species distribution models. *Global Ecology and Conservation*, 2, 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.09.011>

- Swann, D., Kawanishi, K., & Palmer, J. (2011). *Evaluating Types and Features of Camera Traps in Ecological Studies: A Guide for Researchers*. https://doi.org/10.1007/978-4-431-99495-4_3
- Tensorflow. (2023). *Arquitectura de análisis del modelo Tensorflow | TFX | TensorFlow*. https://www.tensorflow.org/tfx/model_analysis/architecture?hl=es-419
- Timarán Pereira, S. R., Hernández Arteaga, I., Caicedo Zambrano, S. J., Hidalgo Troya, A., & Alvarado Pérez, J. C. (2016). *Descubrimiento de patrones de desempeño académico con árboles de decisión en las competencias genéricas de la formación profesional*. Universidad Cooperativa de Colombia. <https://doi.org/10.16925/9789587600490>
- Wilson, P. I. (2001). Deregulating endangered species protection. *Society and Natural Resources*, 14(2), 161–171. <https://doi.org/10.1080/089419201300000553>
- Xu, J., Solmaz, G., Rahmatizadeh, R., Turgut, D., & Boloni, L. (2015). *Animal Monitoring with Unmanned Aerial Vehicle-Aided Wireless Sensor Networks*. 125–132. <https://doi.org/10.1109/LCN.2015.7366291>
- Xu, Z., Wang, T., Skidmore, A. K., & Lamprey, R. (2024). A review of deep learning techniques for detecting animals in aerial and satellite images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 128, 103732. <https://doi.org/10.1016/J.JAG.2024.103732>

ANEXOS

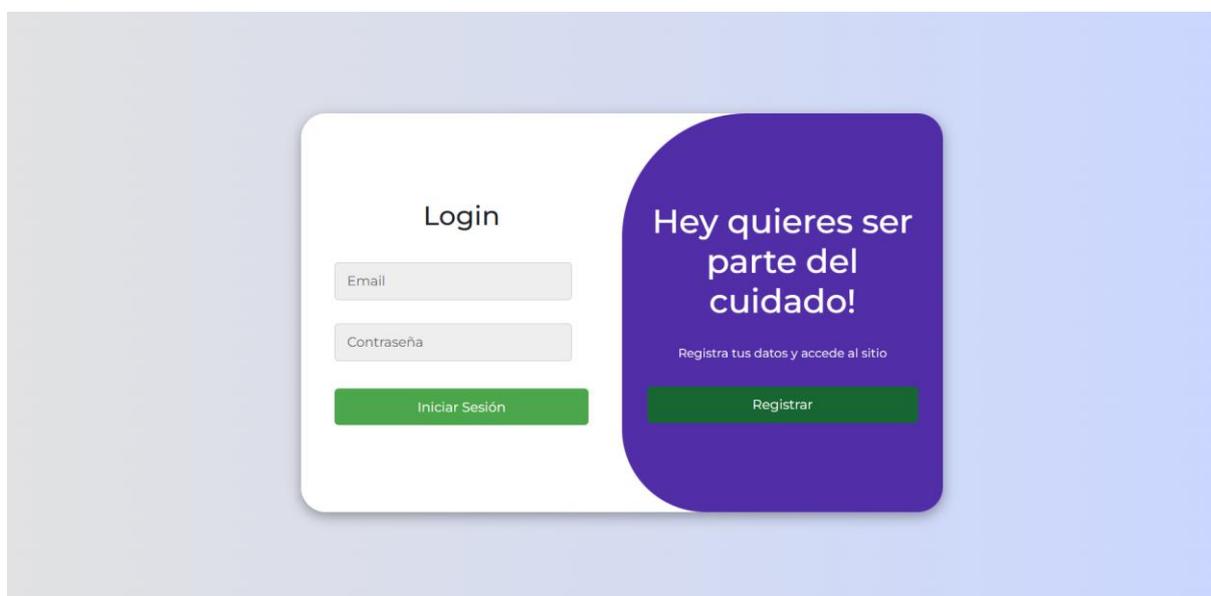
Anexo 1. Manual de usuario

Bienvenido a Reconocimiento de Especies, una plataforma que permite identificar, registrar y visualizar avistamientos de diversas especies en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas y otras áreas. A través de nuestra aplicación, podrás cargar imágenes, obtener resultados de identificación y visualizar estadísticas sobre los avistamientos.

Acceso y Registro:

Ingresa al enlace:

<https://front-detect.vercel.app/>



Crear una Cuenta

Dirígete a la página principal y haz clic en "Registrarse".

Completa el formulario con tu nombre completo, email y contraseña.

Haz clic en "**Registrarse**" para completar el proceso.



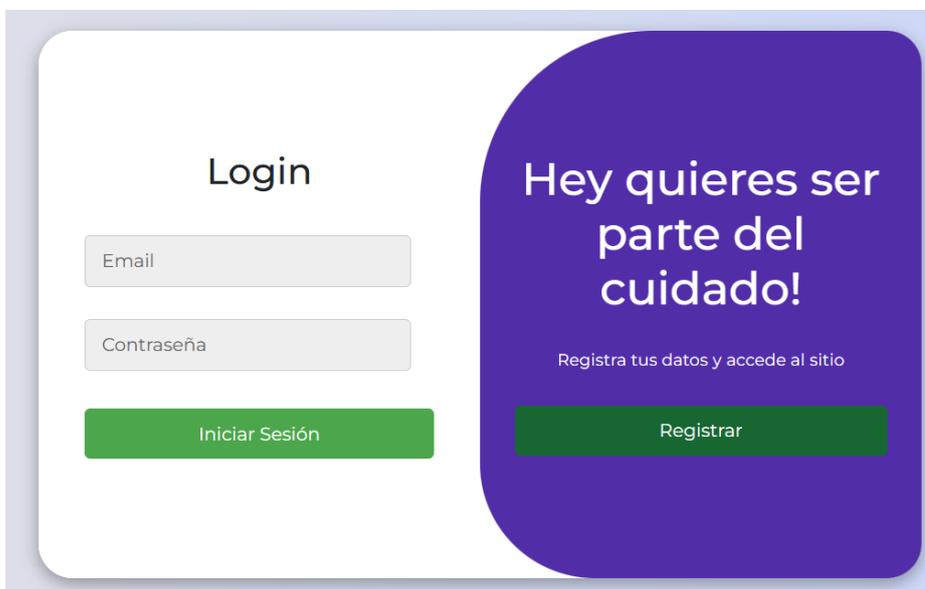
The image shows a user registration form titled "Registro de Usuario". On the left, a purple rounded rectangle contains the text "Bienvenido!" and "Rellena tu información de registro o puedes volver al ingreso." Below this is a green button labeled "Volver al Login". On the right, there are four input fields: "Nombre", "Email", "Contraseña", and "Confirmar contraseña". At the bottom right is a green button labeled "Registrarse".

Iniciar Sesión

En la página de inicio, haz clic en "**Iniciar sesión**".

Ingresa tu **email** y **contraseña**.

Haz clic en "**Iniciar sesión**". Si los datos son correctos, serás redirigido a tu panel de usuario.



The image shows a login form titled "Login". On the left, there are two input fields: "Email" and "Contraseña". Below these is a green button labeled "Iniciar Sesión". On the right, a purple rounded rectangle contains the text "Hey quieres ser parte del cuidado!" and "Registra tus datos y accede al sitio". Below this is a green button labeled "Registrar".

Pantalla de bienvenida

Se te indicara brevemente de que trata el desarrollo del proyecto para reconocimiento de especies.

Bienvenido a Reconocimiento de Especies

Esta aplicación te permite identificar y registrar avistamientos de diferentes especies utilizando imágenes. También puedes visualizar estadísticas detalladas y mapas de avistamientos.

 Identificación de especies a través de imágenes

 Registro de avistamientos con ubicación geográfica

 Visualización de estadísticas y gráficos

 Acceso a detalles específicos de cada especie

Cargar un Avistamiento

Dirígete a la sección “Subir Archivos”

Asegúrate de que la imagen no supere los 4.5 MB.

Luego de cargarla, proporciona información adicional como:

- **Nombre de la ubicación.**
- **Coordenadas de la ubicación.**



Arrastra y suelta archivos aquí o haz clic para Seleccionar archivos
Tamaño total de archivos: 0.09 MB

Archivos seleccionados:
images.jpeg
zorroCulpeo001.jpeg

Nombre de la ubicación:

Latitud: Longitud:

Visualizar Resultados

Una vez que la imagen haya sido cargada, el sistema procesará la imagen para identificar la especie. Los resultados de la identificación, junto con un porcentaje de certeza, se mostrarán en la pantalla.

Resultados de Detección:



Ver Estadísticas

Después de iniciar sesión, accede a tu panel de usuario, donde podrás:

Ver gráficos sobre los avistamientos realizados.

Consultar las especies más comunes y sus ubicaciones de avistamiento.

Revisar el historial de tus avistamientos.

Mazama rufina (Cervicabra)

Especie de artiodáctilo en la familia de los cérvidos.

Estado de conservación: Vulnerable (VU)

Hábitat: Se encuentra en la zona Andina Colombia, Ecuador y Perú, Habita en bosques templados y altoandinos; puede alcanzar la parte baja del páramo

Imágenes de la Especie



Gráfico de Avistamientos Mensuales

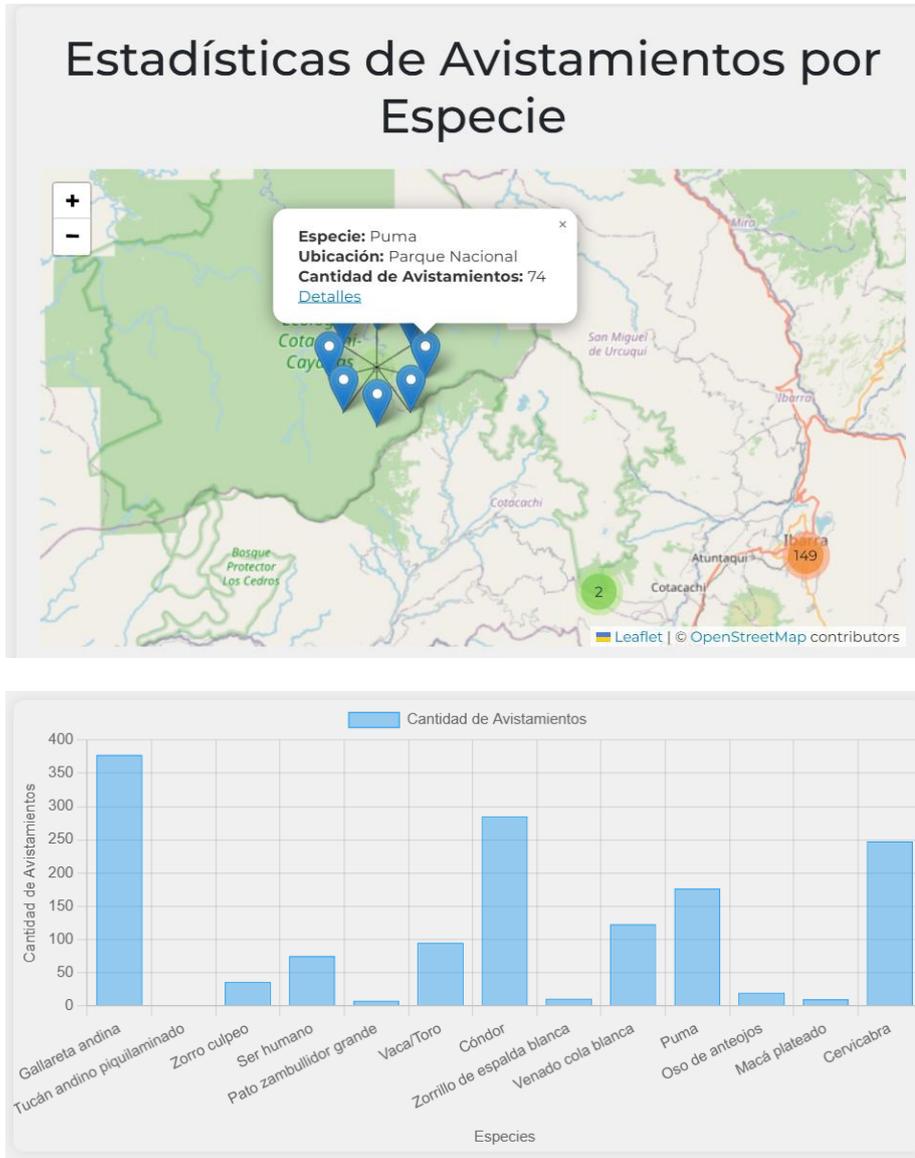


Ver Estadísticas Generales

Después de iniciar sesión, accede al Dashboard donde podrás:

Ver gráficos sobre los avistamientos realizados.

Consultar un mapa donde se mostrar las ubicaciones de avistamiento.



Preguntas Frecuentes (FAQ)

- **¿Cómo sé si la imagen cargada se identificó correctamente?** El sistema mostrará el nombre de la especie y un porcentaje de certeza.
- **¿Puedo cargar múltiples imágenes al mismo tiempo?** Si, si se puede cargar más de una imagen a la vez, solo verifica que la imagen no supere los 4.5MB.

Anexo 2: Transcripción entrevista Rafael Defas Administrador del Parque Nacional Ecológico “Cotacachi Cayapas”.

Archivo de audio

entrevista .m4a

Transcripción

Entrevistador Alexis Vaca:

Buenas tardes, señor Rafael Defas. Muchas gracias por aceptar la entrevista sobre la reserva ecológica Cotacachi - Cayapas ya pues te quería hacer unas preguntas. No, no hay problema. ¿Se lo importante de esto es conocer referente a la Reserva y cómo se realiza el monitoreo de las especies de la fauna? O sea, lo que le estaba comentando, bueno, lo que le dije desde el tema de que estoy haciendo trabajo de titulación, Soy Alexis Vaca, mucho gusto. Eh perteneciente a la carrera de software de la Universidad técnica del norte. Eh sí me ayude respondiendo a las siguientes preguntas, si no es inconveniente.

Entrevistado Rafael Defas:

Antes de que sea nada más es Parque Nacional, desde el 2020.

Entrevistador Alexis Vaca:

Sí que no se me ya me.

Entrevistado Rafael Defas:

Es, Parque Nacional. No reserva ecológica.

Entrevistador Alexis Vaca:

Muchas gracias por aclarar. Bueno.

Eh si es que me puede ayudar respondiendo con cómo se eligen las áreas de monitoreo y cuál es la frecuencia que realizan el monitoreo de las especies referente a la fauna.

Entrevistado Rafael Defas:

Ya eh nosotros dentro del plan de manejo del área protegida, tenemos un programa que se llama Montevideo o manejo. De la biodiversidad. Y ahí nos enfocamos básicamente en los valores de conservación. ¿Que son los objetivos? ¿Y, por qué se creó la? Bien es el motivo porque se creó por conservar en este caso de la costa chica yapas. Puede ser el bosque andino del Páramo bosque no tropical como valores de conservación de fieltro grueso de filtro fina. ¿Tenemos especies como el Cóndor, el Puma, el jaguar, el guacamayo verde, El Mundo Brasil, algo que son valores de conservación de filtro fino, que son especies nada más no, entonces? Eh. ¿En base a ello, nosotros identificamos la superficie o el sector donde más de interacción tenemos, de acuerdo? A la observación. Directa se hace recolección de lo que es, tal vez haya algún el tema de huellas también y en algunos casos, cuando tenemos la capacidad logística, se colocan cámaras trampa, ya sea para en los transectos para el tema de fauna y flora, cuando se realice otro tipo de trabajo con cuadrantes. Entonces, de esa forma trabajamos en este momento. Eh no tenemos protocolos definidos para el área protegida, estamos construyéndolos con el apoyo de la Academia, en este caso con la Universidad técnica del norte. Se realiza a través del programa de bueno, se hizo un vínculo a través del programa de vinculación en enfocado de educación ambiental. Algunos chicos que hacen educación hacen la vinculación, luego tienen la cara, la materia de áreas protegidas, entonces ahí nos apoyan realizando estas es monitoreos o por lo menos tratando de consolidar un protocolo de. Porque para mamíferos grandes y medianos hay es un protocolo para el Cóndor es otro protocolo para aves es otro protocolo, entonces necesitamos como tener muchos protocolos y adaptarlos a la realidad del área y también a la A la temporalidad, pues el clima porque van a ser de ley 222 resultados diferentes si hablamos de verano o invierno, entonces nosotros en este momento se está construyendo los protocolos para poder hacer el o ejecutar el programa de monitoreo.

Entrevistador Alexis Vaca:

¿Y, con qué frecuencia realizan este proceso de monitoreo?

Entrevistado Rafael Defas:

Nosotros monitoreo no es que lo tengamos bien marcado como un calendario, pero se realiza cada vez que se hacen salidas de campo, hay salidas de campo de control y vigilancia y se hace monitoreo, tal vez no tan exhaustivo como colocar cámaras trampa, pero sí monitoreo por observación directa. Entonces los compañeros tienen binoculares o cámaras y durante el trayecto de las rutas que ya se tienen definidas por el tema de presión, por ejemplo, si hay presión de incendios en la época. ¿De verdad no se hace más recorridos por esa zona? Y ahí nosotros podemos definir qué hay, qué especies están, no porque es justo en la zona de límite del área protegida, en otros casos vamos al interno del área protegida como es el piñón y dependiendo también el valor de conservación, por ejemplo el valores de conservación de flora y de flora no se han hecho el monitoreo, estamos iniciando, pero de fauna sí, con el cóndor se hace anualmente un censo local o nacional, dependientemente, si no hay el nacional, nosotros tratamos de generar un censo local al mismo tiempo en 3 puntos. ¿Estás en Monterrey? De ahí de otras especies. No, no se tienen. Se hacen los festivales de aves, que es como se pega una lista de las rutas que se tienen definidas cuando invita como en bizcocho, pues ya entonces tenemos 5 es que nosotros la filtración de la hipoteca chica ya puesta está dividida en dos zonas son altas y son baja la zona alta, la administración del parque a cargo de administración de la zona baja la administración. En las médales el fuerte de la zona alta es el turismo por la Loma de Cuicocha, que genera más presión, más asertividad antrópico. Incluso necesitamos más guardaparques para poder sobrellevar toda la carga de turismo que tenemos al año son 200000 turistas al año. Fines de semana de 3000 turistas 4000 o referidos, 8000 turistas es bastantísimo, entonces eso nos genera mucho, mucho nos quita mucho tiempo, por eso no se podía ejecutar porque somos 14 guardaparques en la zona alta con 5 oficinas administrativas y la de picocha es la que más te genera, como la carga laboral. Entonces para los diferentes programas, en el caso de monitoreo sí tenemos una debilidad a nivel de creo que de todo el Sistema Nacional de

áreas protegidas no porque no, no. Todos tienen muy. Este este programa como muy afianzado, muy. Sin embargo, por ejemplo, educación ambiental, tenemos algunos avances, es más proactivo el tema de turismo, su público y turismo también lo tenemos al día por Cuicocha, control de vigilancia por las presiones también se lo tiene vía administración, pero el tema de monitoreo requiere también conocimientos y el personal del área protegida no tiene la formación académica. Tal vez tendrá la experticia por 1 o dos procesos que pasaron, pero no tenemos la formación académica. Es como un. Un central para nosotros poder ejecutar el programa o poder incluso definir ya protocolos, por eso nos ayudamos de la cadena entonces definido, como te digo, fechas no tenemos. Sin embargo, el del centro del fondo se los van a eso.

Entrevistador Alexis Vaca:

¿Muchas gracias por esta información, ¿no? La siguiente pregunta sería. Ya me respondiste como las cámaras trampa, pero se utilizan algunas tecnologías aparte de las cámaras trampa como sistema de rastreo por GPSO, sensores remotos para recopilar la información de estas especies.

Entrevistado Rafael Defas:

No colegios por el tema de la. La falta de recursos, nosotros hemos llegado hasta adquisición de cámaras, trabajo o por ahí gestionar una Cámara Tampa extra, no, pero de ahí, al no tener tal vez consolidar el programa de monitoreo y aprobado por la dirección de áreas protegidas, no podemos adquirir más más cámaras trompa con presupuesto, pero aún hablar de esas cosas satelital con collares, etcétera. No porque esa creo que en nivel ministerio se maneja, pero son contadores los casos, entonces no se utiliza por qué. Primero porque no se tiene recurso. Es muy costoso. Segundo, porque no se dé la formación, la capacitación o la experticia para poder ejecutarlo, entonces esas son las ordenes, no se utiliza camas trampa, observación directa y fotografía con cámaras.

Entrevistador Alexis Vaca:

¿Mhm bueno, la siguiente pregunta sería con eso? ¿Con esos datos que se recopila, qué hacen? ¿Qué hacen con los datos que recopilan?

Entrevistado Rafael Defas:

Se siente una línea base para establecer presencia ausencia de individuos. Por el momento.

Entrevistador Alexis Vaca:

¿Y, cuáles son los tipos de datos que se recopilan durante el monitoreo?

Entrevistado Rafael Defas:

Presencia, ausencia. No podemos establecer el dato poblacional porque nos faltaría mucho. Y tomando en cuenta que las especies que monitoreamos tienen rangos de distribución muy grandes, no podemos decir que, o sea el Cóndor, el mismo Cóndor que estás en el parque, pues puede pasarse al Ángel, volverse a coca y pasarse al atizar, entonces igual el oso, lo mismo el oso, el Puma recuerda mucha distancia.

Entrevistador Alexis Vaca:

Claro, o sea, eso también era mi siguiente premio que, pero gracias por responder. Que si hay datos sobre la información y la distribución geográfica o el comportamiento de salud de las especies.

Entrevistado Rafael Defas:

Y, cómo te digo como no se hace por todo el proceso constante anual, lo máximo podemos definir individuos de contactos o población del Cóndor en. El parque o. Que o que no es propia del parque, pero sí que en ese momento estuvo aquí, por cómo le digo el mismo Conde lo podemos encontrar en otros espacios. Incluso a veces se ha registrado con. Pues con banda la. ¿Que vienen de otros lugares, entonces? ¿Eh individuos así es muy difícil establecerlo, ¿no? ¿En la zona baja, el programa de monitoreo de biodiversidad y lo tienen más fuerte, ahí sí ya

tienen un dato histórico de 5 años de jaguar, entonces ellos ya tienen un dato real, cuántos jaguares hay en esta zona? Y eso pues no tenemos. Del Puma ni de queso.

Entrevistador Alexis Vaca:

¿También, o sea, quería conocer sobre si hay herramientas o algoritmos que utilizan para interpretar estos datos de presencia y ausencia, no?

Entrevistado Rafael Defas:

Como no, no se ha generado información, no, no tenemos todavía informaciones esporádicas, de tesis de investigación. Hay una tesis del monitoreo de mamíferos grandes y medianos en zonas con intervención y sin intervención de ganado. Y ahí. El tesista utilizó un bueno este de fórmula y sacó, por ejemplo, en esta superficie con todas las muestras que sacó en tanto transeptor durante tanto tiempo. Él puede determinar que en tanta superficie hay tanto sobrevivir. Eso es lo que él puede determinar en zonas con intervención y sí intervención de ganar, porque en el Páramo hay mucho ganador remontado. Entonces no es que solo Páramo y vida silvestre hay ganado por la presencia de ganado. También hay perros asilvestrados. Entonces también la presente cacería es el problema, que es más difícil no entrar en el Páramo por la presión de cacería, porque hay una vía que atraviesa todo el pajonal. Entonces, casi todas las zonas que tenemos están intervenidas. Mm por actividades antrópicas.

Entrevistador Alexis Vaca:

Muchas gracias eh. ¿Cuáles son los desafíos comunes u obstáculos encontrados para monitorizar las especies endémicas?

Entrevistado Rafael Defas:

Es las limitaciones que tienen con el personal y cómo reconocerlos. Personal, porque, como digo, en cada distrito están solo dos personas y no se abastece en coche, necesitamos más gente por el tema de turismo. Y también económico porque nos tienen los equipos y no se puede ni siquiera capacitar al personal porque me siento nación académica, se puede capacitar, pero.

Capacitaciones de para para biólogos es muy costoso. Entonces, esas son las limitaciones, el recurso económico y limitado personal.

Entrevistador Alexis Vaca:

¿Esa es la entrevista que tenían preparado? Muchas gracias. O sea, sí le puedo informar acerca de lo que usted realizó ya el tema que estoy haciendo es desarrollar una aplicación web con el fin, la finalidad de mejorar el muestreo de la fauna protegida en la reserva ecológica Cotacachi Cayapas.

Entrevistado Rafael Defas:

Gracias. Gracias.

Entrevistador Alexis Vaca:

Parque Nacional perdón. Parque Nacional Cotacachi Cayapas y. Con el fin de mejorar el muestreo de las especies endémicas que existe ahí mediante el uso de imágenes adquiridas con un dron. Es una propuesta.

Entrevistado Rafael Defas:

Pero el dron, el dron capta imágenes. ¿No, o sea, cómo detectar que de esas imágenes hay tantas especies?

Entrevistador Alexis Vaca:

Bien, o sea, el proyecto es así, no con inteligencia artificial, se trata de entrenar una IA que permita el reconocimiento de estas especies y eso se vaya guardando en el dron una vez que el dron ya vaya reconociendo todas esas especies, se saca en una memoria, se le sube al sitio web y este le va a dar información estadística de todas las imágenes que encontró durante el proceso de vuelo.

Entrevistado Rafael Defas:

Pero es decir que, por ejemplo, el dron pasa como ya tiene su memoria. Bueno, no sé cómo se hace el entreno en cuanto a silueta formas.

Entrevistador Alexis Vaca:

Claro, o sea, por forma y características que tiene el.

Entrevistado Rafael Defas:

Macro lógicas de diversas especies en nuestra ciudad y un venado le va a captar y lo va a quitar el ron que es un venado.

Entrevistador Alexis Vaca:

De las especies.

Entrevistado Rafael Defas:

O si vio una manada de nuevo venados, voy a contabilizar y tantos ganados hubo en esta ciudad ya. Ya ya. Y hasta ese se puede como entrenar como usted dice la inteligencia artificial como para que pueda guardar esas características de ciertas especies y luego detectarlas e ir las haciendo un listado así.

Entrevistador Alexis Vaca:

¿Exactamente de esa manera, es lo que se quiere, se planifica mi tesis, ¿no?

Entrevistado Rafael Defas:

¿Y el dron debería? Porque solo con eso lo entiendo bien, como desde el dron se captan las imágenes. O sea, la aplicación debería estar en un con el teléfono.

Entrevistador Alexis Vaca:

O sea, la aplicación, o sea el sitio web va entrenando con un modelo de inteligencia artificial, aunque el dron simplemente va a ser un barrido captando de imagen. Entonces lo que pasa es una vez el dron se descargan las imágenes que en el sitio web se van a ir. Clasificado, este pertenece a esta especie, está la otra. ¿Y cuántos de cada especie existe? Y la ubicación geográfica donde se encontró.

Entrevistado Rafael Defas:

¿Ya y qué tan distante debería ser? Por ejemplo, un dron desde el punto donde están operándolo. ¿Cuánto puede sobrevolar a la vista?

Entrevistador Alexis Vaca:

¿Eh dron, o sea, el que tenemos en la Universidad que pretendes a la Universidad, tiene tiempo límite de vuelo a 30 minutos, ¿eh? Ese tiempo es el único que puede hacer.

Entrevistado Rafael Defas:

¿Cuánto recorre en 30 minutos registrados?

En la distancia.

Entrevistador Alexis Vaca:

Mm serían unos 5 km.

Entrevistado Rafael Defas:

Ya y de vuelta o solo 5.

Entrevistador Alexis Vaca:

Solo 5 km ajá. O sea, lo que se pretende realizar es con el dron. Es las pruebas de que sí funciona esta medida tranquilamente la reserva o el Ministerio del ambiente puede ya no un dron, sino un vehículo aéreo no tripulado, que es un vehículo que ya destinado a largo largas distancias, no puede recorrer gran cantidad de distancias.

Entrevistado Rafael Defas:

La ciudad y medio desde. Pero en el momento que el dron va captando imágenes, va tomando foto o va grabando en lo que va grabando el video o va detectando y luego se filtra porque ejemplo no un. O más bien cuando ya hablemos de un vehículo este no pilotado. ¿Va a generar un ruido, tal vez o el impacto visual y las especies van a huir de lego, o sea, se le va a poder tal vez detectar como tal vez no entonces porque es como una pasada de un video, no es cierto? Así lo que graba un Dron. ¿Y si ahí la especie se esconde con todo, ¿no?

Entrevistador Alexis Vaca:

Ese programa, o sea, el primer planteamiento que yo tenía es aplicarle con Cámara térmica, pero mi presupuesto se sale de eso, entonces simplemente se va a hacer con el dron y es un prototipo nomás para ver si se puede o no esta tecnología a aplicar en las reservas. ¿Porque si no funciona ya que me dice que puede alterar el ambiente de la fauna, YY las especies se esconden y no resulta, entonces esto no es viable de primera fuente, utilizar el dron, tal vez otro vehículo o aire no tripulado que puede volar más alto con una Cámara más potente probablemente funcione, pero de momento el dron es lo que es lo que tenemos, ¿no?

Entrevistado Rafael Defas:

Claro, sí, sí. Decían ya que listo igual cuando vayan a hacer pruebas que van a hacer pruebas, nos avisan para direccionarles en Cuicocha, aquí. Por tema de logística y accesibilidad desde mamá se puede ingresar porque si no es como que. ¿Por ejemplo, ¿no? Lo meto al dron a un bosque alto andino, el dron ahí no se va a poder pilotear por el clima, no el viento, etcétera. La altura. Si bosque húmedo tropical como lítico follaje no va a haber nada porque la masa boscosa que tenemos arriba, entonces el dron no creo que vaya como dicen en una Cámara térmica tal vez, pero así con Cámara. Video normal. No tal vez se aplicaría para el Páramo. Claro, entonces ahí también, si es que lo va a poner el tema de tesis, no porque en bosque.

Entrevistado Rafael Defas:

No le. Va a ayudar en bosques páramos, Páramo, tal vez y si separamos para ir a la parte alta de Cuicocha o si hay la facilidad y todo y el clima y todo se presta y era las ciénegas empeñan. Pero de igual ahí está 3400 m, hay mucho viento, todo eso que controlan forero. Claro, ajá, eso sí, sí, sí.

Entrevistador Alexis Vaca:

¿Ya, eh otra pregunta que quería hacerles las imágenes de las cámaras trampa, ¿eh? Son acceso público te podría hacer una solicitud para que me den esas imágenes para hacer el

proceso de entrenamiento de esta inteligencia, si es que tienen de los animales. Que para reconocer.

Entrevistado Rafael Defas:

No te creas que no hemos registrado Puma con Cámara, trampa, hemos bueno, el Cóndor lo registró Romero fue el con nosotros cuando pudimos hacer el registro en el Páramo. Mediante que con las cámaras al menos llegaban vacas y caballos que movían las cámaras, se rascaban ahí, entonces dejaban dañando y, si tú vuelves a colocarle o cebas ahí, estás metiendo más olor tuyo. Entonces ahí ya no se acercan. Entonces obviamente tú pones ahí por ahí. Pero ya llega el caballo, se arrima la vaca, los cachos, el toro entonces le deja moviendo la Cámara de trampa porque es el único padre que está empleando Páramo y hasta ahí, como te digo, volver y acomodar, pues ya el olor se imprime. Entonces no tenemos registrado, tenemos registrado en fotografía, yo tengo registrado cóndores alimentándose de una Vaca Muerta, pero de ahí fuma a oso no tenemos, entonces no sé si sería mucho mejor de internet las imágenes, claro u otros videos, porque ahí sí tuviéramos incluso las tesis que se hizo de. De manera de los grandes y medianos se pudo captar una imagen porque era un riachuelo, entonces era un gran punto donde iban a tomar. Los animales. Y ahí llegó el Puma, un Puma grande adulto, y se limitó con eso como como son derechos de cierta forma de autor por la tesis, entonces no podemos utilizar las imágenes si no fuera para el misterio mismo. Para la publicación que se hizo previas. ¿Para un poco esto no? No preguntamos jamás.

Entrevistador Alexis Vaca:

Esa era mi cuestión. Muchas gracias por la entrevista.

Entrevistado Rafael Defas:

Ahí estamos hablando, nos avisaba más cualquier novedad, seguimos en contacto.