



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE TELEMÁTICA**

Trabajo de Integración Curricular  
previa la obtención del Grado  
Académico de Ingeniero en  
Telemática.

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

**“SISTEMA DE DETECCIÓN DE MAMÍFEROS EN EL ÁREA ECOTURÍSTICA  
DEL BOSQUE PROTECTOR MUROCOMBA”**

**AUTOR:**

**ARTURO ADRIAN MARCILLO YÉPEZ**

**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

**ING. DIEGO FERNANDO INTRIAGO RODRÍGUEZ, M. Sc**

**QUEVEDO – LOS RÍOS - ECUADOR**

**2024**



## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Arturo Adrian Marcillo Yépez**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Arturo Marcillo

**ARTURO ADRIAN MARCILLO YÉPEZ**  
**C.I: 0504492315**



## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, **Diego Fernando Intriago Rodríguez**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Arturo Adrian Marcillo Yépez**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**SISTEMA DE DETECCIÓN DE MAMÍFEROS EN EL ÁREA ECOTURÍSTICA DEL BOSQUE PROTECTOR MUROCOMBA**”, previo a la obtención del título de Ingeniero en Telemática, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



**Ing. Diego Fernando Intriago Rodríguez, M. Sc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



## CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Diego Fernando Intriago Rodríguez**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe del proyecto de investigación titulado **“SISTEMA DE DETECCIÓN DE MAMÍFEROS EN EL ÁREA ECOTURÍSTICA DEL BOSQUE PROTECTOR MUROCOMBA”**, presentado por el estudiante, **Arturo Adrian Marcillo Yépez**, egresada de la carrera de Telemática, que fue revisado bajo mi dirección según la resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que se ha desarrollado de acuerdo al reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis del sistema COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 97% y similitud del 3% del trabajo investigativo. Validamos este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

Se adjunta imagen del sistema COMPILATIO.

**INFORME DE ANÁLISIS**  
magister

Proyecto de Investigación - Arturo Marcillo

**3%**  
Textos sospechosos

**3%** Similitudes  
- 1% similitudes entre capítulos (ignorado)  
- 2% entre las secciones (ignorado)  
**2%** Idiomas no reconocidos (ignorado)

Nombre del documento: Proyecto de Investigación - Arturo Marcillo.pdf  
ID del documento: 1a988253796a89795a8a8de7e47d687f37f01f36  
Tamaño del documento original: 2.08 MB  
Autores: {}

Deposante: DIEGO FERNANDO INTRIAGO RODRIGUEZ  
Fecha de depósito: 15/11/2024  
Tipo de carga: interface  
Fecha de fin de análisis: 15/11/2024

Número de palabras: 18.640  
Número de caracteres: 143.068

  
**Ing. Diego Fernando Intriago Rodríguez, M. Sc**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE TELEMÁTICA

PROYECTO DE INVESTIGACION

Título:

“SISTEMA DE DETECCIÓN DE MAMÍFEROS EN EL ÁREA ECOTURÍSTICA  
DEL BOSQUE PROTECTOR MUROCOMBA”

Presentado al Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería como requisito  
previo a la obtención del título de Telemática

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**Ing. Anthony Limber Moran Cabezas. M. Sc**

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**Ing. Kenya Anmarit Guerrero Goyes. M. Sc**

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**Ing. José Luis Tubay Vergara, M. Sc**

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR  
2024

## **AGRADECIMIENTO**

Al concluir esta tesis, quiero expresar mi sincero agradecimiento a Dios por guiarme con sabiduría en cada actividad, a todas las personas e instituciones que contribuyeron a la realización de este proyecto, brindándome apoyo académico, profesional y emocional a lo largo de esta etapa.

Mi gratitud se extiende a mi tutor, el Ing. Diego Fernando Intriago Rodríguez, por su invaluable orientación y paciencia. Su experiencia y consejos fueron fundamentales para superar los retos que encontré en el desarrollo de esta investigación. Gracias por guiarme, por compartir su conocimiento de manera generosa del mismo modo al Ing. Carlos Belezaca, Ph.D. y el Biol. Juan Pablo Urdanigo por sus conocimientos y aportes.

Agradezco a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a la Facultad de Ciencias en la Ingeniería, por haberme brindado los recursos y el entorno adecuado para mi formación. Asimismo, a todos los profesores que, con su dedicación y enseñanza, me ayudaron a alcanzar este logro.

También deseo expresar mi gratitud a mis amigos y compañeros de clase, por su constante apoyo y motivación en los momentos de dificultad donde pensé que no podría más. Gracias por compartir conmigo este camino, por hacer de esta experiencia algo memorable y por hacer de esta etapa una aventura donde estar con ellos fue el mayor logro alcanzado.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, quienes con su amor, esfuerzo y dedicación me han dado el mejor ejemplo de perseverancia y fortaleza. Gracias por ser mi inspiración y por brindarme su apoyo incondicional en cada paso de mi vida. Sin ustedes, nada de esto hubiera sido posible

Dedico este trabajo a la memoria mi Laura Gómez Fernández, quien, aunque ya no esté físicamente, sigue presente en cada uno de mis logros. Por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, y por ser una inspiración en mi vida.

A aquella persona que comparte su vida conmigo Nicole Araujo por su amor, paciencia y por estar siempre a mi lado. Gracias por tu constante apoyo y por ser mi fortaleza en cada desafío.

A todos ustedes, dedico este logro con gratitud y amor.

**Arturo Adrian Marcillo Yépez**

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El proyecto "Sistema de detección de mamíferos en el área ecoturística del Bosque Protector Murocomba" busca desarrollar una herramienta tecnológica eficiente para el monitoreo y conservación de especies de mamíferos en esta zona protegida de alta biodiversidad. Este sistema emplea cámaras trampa y una red de CCTV combinadas con una aplicación web para el reconocimiento de imágenes, utilizando modelos de entrenamiento basados en datasets específicos. La solución propuesta permitirá capturar datos precisos sobre la presencia, distribución y comportamiento de las especies, contribuyendo al manejo sostenible del ecosistema. La investigación aborda la falta de un sistema adecuado de monitoreo que limita la capacidad de respuesta frente a amenazas como la caza furtiva y la destrucción del hábitat. Además, busca fomentar la educación ambiental proporcionando información a los visitantes del área. Se espera que los resultados del estudio mejoren las estrategias de conservación, amplíen el conocimiento sobre la biodiversidad local y fortalezcan los esfuerzos nacionales de preservación de los ecosistemas en Ecuador. Este enfoque integrador, que combina técnicas de monitoreo automatizado y análisis de datos, ofrece un modelo replicable para otras áreas protegidas.

**Palabras clave:** Monitoreo de mamíferos, estado de conservación, cámaras trampa, modelos de entrenamiento, manejo sostenible, Bosque Protector Murocomba.

## **ABSTRACT AND KEYWORDS**

The project "Detection System for Mammals in the Ecotourism Area of Bosque Protector Murocomba" aims to develop an efficient technological tool for monitoring and conserving mammal species in this biodiversity-rich protected area. This system employs camera traps and a CCTV network combined with a web application for image recognition, using training models based on specific datasets. The proposed solution will enable the precise capture of data on the presence, distribution, and behavior of species, contributing to the sustainable management of the ecosystem. The research addresses the lack of an adequate monitoring system that limits the ability to respond to threats such as poaching and habitat destruction. Additionally, it seeks to promote environmental education by providing real-time information to area visitors. The study's findings are expected to improve conservation strategies, enhance understanding of local biodiversity, and strengthen national ecosystem preservation efforts in Ecuador. This integrative approach, which combines automated monitoring techniques and data analysis, offers a replicable model for other protected areas.

**Keywords:** Mammal monitoring, conservation status, camera traps, training models, sustainable management, Bosque Protector Murocomba.

## TABLA DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO .....	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE .....	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS .....	ix
CAPÍTULO I.....	1
2 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
2.1 Problema de investigación .....	3
2.1.1 Planteamiento del problema.....	3
2.1.2 Formulación del problema .....	4
2.1.3 Sistematización del problema .....	4
2.2 Objetivos .....	4
2.2.1 Objetivo General.....	4
2.2.2 Objetivos Específicos.....	4
2.3 Justificación .....	5
CAPÍTULO II.....	3
3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
3.1 Marco conceptual.....	7
3.1.1 Biodiversidad .....	7
3.1.2 Conservación de Mamíferos .....	7

3.1.3 Tecnologías de Reconocimiento de Imágenes .....	8
3.1.4 Tecnologías de monitoreo .....	8
3.1.5 Cámaras trampa .....	9
3.1.6 Android Studio .....	9
3.1.7 JavaScript.....	10
3.1.8 HTML .....	11
3.1.9 MobileNet .....	12
3.2    Marco referencial .....	13
3.2.1 Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes.....	13
3.2.2 Deep Learning for Computer Vision: A Brief Review.....	13
3.2.3 Remote sensing for biodiversity science and conservation .....	14
3.2.4 Machine learning to classify animal species in camera trap images: Applications in ecology.. .....	14
3.2.5 Automated biodiversity monitoring using machine learning and acous.....	14
3.2.6 Advancements in Camera Trap Technology: Enhancing Wildlife Monitoring.....	14
3.2.7 ...The Role of Technology in Wildlife Conservation: A Review of Current Approaches and Future Directions. ....	15
3.3    Marco legal .....	15
3.3.1 Legislación Ambiental en Ecuador .....	15
3.3.2 Regulación de Áreas Protegidas y Biodiversidad .....	16
3.3.3 Legislación en Telecomunicaciones.....	17

3.3.4 Normativas Internacionales Aplicables.....	17
CAPÍTULO III.....	21
4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
4.1 Localización.....	22
4.2 Tipo de investigación.....	23
4.2.1 Investigación no experimental.....	23
4.2.2 Investigación Transversal.....	23
4.2.3 Investigación Exploratoria.....	23
4.2.4 Investigación Descriptiva.....	23
4.3 Métodos de investigación.....	24
4.3.1 Método de observación.....	24
4.3.2 Método inductivo.....	24
4.4 Fuentes de recopilación de información.....	24
4.4.1 Fuentes Primarias.....	24
4.4.2 Fuentes Secundarias.....	25
4.5 Diseño de la investigación.....	25
4.6 Instrumentos de investigación.....	26
4.6.1 Cámaras Trampa.....	26
4.6.2 Red de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión).....	27
4.6.3 Aplicación web de reconocimiento de imágenes.....	27
4.6.4 Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	27
4.6.5 Cuestionarios y Entrevistas a Expertos Locales.....	27

4.6.6 Diarios de Campo y Notas de Observación .....	27
4.6.7 Recolección de Datos.....	28
4.6.8 Interpretación de Resultados .....	29
4.6.9 Recursos humanos y materiales .....	29
CAPÍTULO IV .....	22
5 RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	22
5.1 Selección y verificación .....	31
5.1.1 Selección hardware .....	31
5.1.2 Editores de código.....	32
5.1.3 Lenguajes de programación .....	35
5.2 Primer resultado identificación de los mamíferos .....	37
5.2.1 Reconocimiento de campo .....	39
5.2.2 Inventario faunístico de especies icónicas del bosque protector murocomba .....	42
5.2.3 Discusión del primer resultado .....	44
5.3 Segundo resultado determinar modelo de entrenamiento .....	45
5.3.1 MobileNet V2 .....	47
5.3.2 Yolov8.....	51
5.3.3 Entrenamiento por Transfer Learning.....	54
5.3.4 Discusión de Segundo resultado .....	56
5.4 Tercer resultado realizar una aplicación web con el modelo de entrenamiento ....	57
5.4.1 Carga del Modelo (TensorFlow.js y Teachable Machine) .....	58
5.4.2 Carga y Previsualización de la Imagen .....	59

5.4.3 Verificación Preliminar con OpenCV .....	59
5.4.4 Predicción con el Modelo .....	60
5.4.5 Mostrar la descripción del animal .....	60
5.4.6 Interacción del Usuario con el HTML .....	61
5.4.7 Discusión del Tercer resultado .....	61
CAPÍTULO V.....	31
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
6.1 Conclusiones .....	64
6.2 Recomendaciones.....	65
CAPÍTULO VII.....	68
7 BIBLIOGRAFÍA.....	68
7.1 Referencias.....	67
CAPITULO VII.....	71
8 ANEXOS.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Requerimiento de hardware .....	29
<b>Tabla 2.</b> Comparación de cámaras trampa .....	31
<b>Tabla 3.</b> Comparación de editores de código .....	32
<b>Tabla 4.</b> Lenguajes de programación .....	35
<b>Tabla 5.</b> Estado del Arte .....	37
<b>Tabla 6.</b> Inventario faunístico de mamíferos del Bosque protector Murocomba.....	42

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1</b> <i>Ubicación del bosque protector Murocomba</i> .....	22
<b>Ilustración 2.</b> <i>Reconocimiento del bosque protector Murocomba</i> .....	40
<b>Ilustración 3.</b> <i>Cámara trampa Vikeri 4K</i> .....	40
<b>Ilustración 4.</b> <i>Huellas de especies capturadas en zonas estratégicas</i> .....	41
<b>Ilustración 5.</b> <i>Ubicación de cámara en lugares estratégicos</i> .....	41
<b>Ilustración 6.</b> <i>Categorías de las listas rojas</i> .....	44
<b>Ilustración 7.</b> <i>Preparación de los hiperparámetros</i> .....	50
<b>Ilustración 8.</b> <i>Evaluación del modelo de entrenamiento antes de su exportación</i> .....	51
<b>Ilustración 9.</b> <i>Preparación del dataset para entrenamiento del modelo en yolov8m</i> .....	52
<b>Ilustración 10.</b> <i>Configuración de los hiperparámetros para el entrenamiento en el modelos yolov8m</i> .....	52
<b>Ilustración 11.</b> <i>Finalización del entrenamiento del modelo</i> .....	55
<b>Ilustración 12</b> <i>Numero de detecciones</i> .....	55
<b>Ilustración 13.</b> <i>Presentación beta del funcionamiento y aspecto de la aplicación web</i> .....	58
<b>Ilustración 14.</b> <i>Carga del Modelo (TensorFlow.js y Teachable Machine)</i> .....	58
<b>Ilustración 15.</b> <i>Este código permite Carga y Previsualizar de la Imagen</i> .....	59
<b>Ilustración 16.</b> <i>Bloque de código utiliza OpenCV.js para realizar una verificación</i> .....	59
<b>Ilustración 17.</b> <i>El fragmento de código realiza la predicción sobre la imagen cargada desde el equipo</i> .....	60
<b>Ilustración 18.</b> <i>función se encarga de mostrar al usuario una descripción detallada del animal reconocido por el modelo</i> .....	61
<b>Ilustración 19.</b> <i>bloque HTML define la interfaz de usuario que permite cargar la imagen</i> .....	61

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo 1</b> Entrevista a encargado del Bosque protector Murocomba para el estudio de lugares estratégicos donde frecuentan las especies. ....	74
<b>Anexo 2</b> Verificación de huellas de mamíferos dando a conocer sitios en los que frecuentan. ....	74
<b>Anexo 3</b> Mediante el estudio exhaustivo y entrevistas se instalaron cámaras trampa para la recolección de imágenes. ....	75
<b>Anexo 4</b> Revisión de imágenes de las cámaras trampa .....	75
<b>Anexo 5</b> Manera en la que se etiqueto las agrupaciones de las imágenes. ....	76
<b>Anexo 6</b> Presentación de la sección de identificación de imagen en mediante el uso de la webcam del dispositivo.....	76
<b>Anexo 7</b> Sección en la que por medio de la selección de imágenes precargadas realiza el reconocimiento de las diferentes especies. ....	77
<b>Anexo 8</b> Entrega de los resultados al realizar el reconocimiento de un grupo de imágenes .....	77
<b>Anexo 9</b> Certificación del dataset e imágenes capturadas en el bosque protector Murocomba por el Blgo. Juan Pablo Urdánigo Zambrano. ....	78

## CÓDIGO DUBLIN

<b>Título:</b>	Sistema de detección de mamíferos en el área ecoturística del bosque protector murocomba		
<b>Autor:</b>	Arturo Adrian Marcillo Yépez		
<b>Palabras claves:</b>	Monitoreo de mamíferos	estado de conservación	modelos de entrenamiento
<b>Fecha de publicación:</b>	Noviembre, 2024		
<b>Director del Proyecto:</b>	Ing. Diego Fernando Rodríguez, M. Sc		
<b>Editorial:</b>	Quevedo- UTEQ “La María”, 2024		
<b>Resumen:</b>	<p>Resumen. - El proyecto "Sistema de detección de mamíferos en el área ecoturística del Bosque Protector Murocomba" busca desarrollar una herramienta tecnológica para la identificación y conservación de especies en esta zona de alta biodiversidad. Utilizando cámaras trampa y una aplicación web de reconocimiento de imágenes, el sistema recopila datos sobre la presencia, distribución y comportamiento de especies, ayudando a enfrentar amenazas como la caza furtiva y la pérdida de hábitat. Además, contribuye a la educación ambiental al ofrecer información a los visitantes, sensibilizando sobre la conservación. La información recopilada facilita estrategias de conservación más efectivas, incrementa el conocimiento de la biodiversidad local y refuerza los esfuerzos nacionales de preservación de ecosistemas. Este enfoque innovador ofrece un modelo replicable para otras áreas protegidas, promoviendo la sostenibilidad y conservación de la biodiversidad en Ecuador.</p>		
<b>Abstract:</b>	<p>Abstract. -The project "Mammal Detection System in the Ecotourism Area of the Murocomba Protected Forest" aims to develop a technological tool for the identification and conservation of species in this area of high biodiversity. Using camera traps and a web application for image recognition, the system collects data on the presence, distribution, and behavior of species, helping to address threats such as poaching and habitat loss. Additionally, it contributes to environmental education by providing information to visitors, raising awareness about conservation. The collected data facilitates more effective conservation strategies, increases knowledge of local biodiversity, and strengthens national efforts for ecosystem preservation. This innovative approach offers a replicable model for other protected areas, promoting sustainability and biodiversity conservation in Ecuador.</p>		
<b>Descripción:</b>	94 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162		
<b>URI:</b>			

## INTRODUCCIÓN

La pérdida de biodiversidad se ha convertido en una preocupación central a nivel mundial. La eficiencia de las áreas protegidas (PAs) en la conservación de mamíferos terrestres ha sido ampliamente estudiada. Un reciente análisis de cuatro décadas de investigaciones mostró que la mayoría de los mamíferos cazados ilegalmente se encuentran en PAs estrictas, con una concentración notable en África, se analizaron 81 estudios que reportan 298 especies de mamíferos cazados ilegalmente en 155 áreas protegidas de 48 países [1].

Para abordar estos desafíos y mejorar estrategias de conservación, incluyendo la adopción de tecnologías avanzadas como el reconocimiento de imágenes para el monitoreo y la proyección de la biodiversidad. La implementación de tecnologías avanzadas, se presenta como una respuesta efectiva para identificar y proteger la diversidad biológica en áreas protegidas como Kenia mediante la utilización de un mejor uso de sus medios a logro disminuir su caza de sus especies [2].

La biodiversidad de los bosques desempeña un papel esencial en la salud y estabilidad de los ecosistemas terrestres. La implementación del sistema no solo beneficia a este entorno particular, sino que también contribuye a la agenda nacional de conservación, fortaleciendo los esfuerzos para preservar la biodiversidad y garantizar la sostenibilidad ambiental en todo el territorio.

El bosque protector Murocomba es un territorio muy amplio, el cual alberga una diversidad de especies, las cuales están distribuidas por todo el territorio sin ningún tipo de control sobre ellos, que permita saber su estado, posición y número poblacional, llevar un seguimiento individual con personal dedicado a aquello conlleva gastos y contrataciones que podrían implementar riesgos, la zona geografía en la que se encuentra posicionada es otro impedimento para su obtención de datos

## **CAPÍTULO I**

### **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1 Problema de investigación**

### ***2.1.1 Planteamiento del problema***

El Bosque Protector Murocomba, ubicado en la provincia de Los Ríos, Ecuador, es un área de alta biodiversidad que alberga una variedad significativa de especies de mamíferos. Sin embargo, la falta de herramientas tecnológicas avanzadas para el monitoreo y registro de estas especies ha generado una brecha en la recolección de datos precisos sobre su comportamiento, distribución y estado de conservación. Esta deficiencia limita la capacidad de los investigadores y autoridades para detectar cambios poblacionales de manera oportuna, lo cual es esencial para la implementación de estrategias de preservación y manejo sostenible.[3].

La ausencia de un sistema constante y detallado de monitoreo también dificulta la identificación de amenazas como la caza furtiva, la destrucción de hábitats y la propagación de enfermedades, factores que contribuyen al riesgo de disminución o extinción de especies vulnerables. Además, sin datos fiables, resulta complicado evaluar el impacto de las actividades ecoturísticas en la fauna local, lo que podría, sin intención, agravar la degradación del hábitat y alterar las dinámicas ecológicas del bosque. Esta situación subraya la necesidad urgente de mejorar los métodos de monitoreo y registro de la vida silvestre en el área para proteger su biodiversidad y asegurar su sostenibilidad a largo plazo. [4].

### **Diagnóstico**

La identificación precisa de especies en el Bosque Protector Murocomba enfrenta desafíos significativos debido a las complejas condiciones geográficas de su hábitat, caracterizado por una densa vegetación y un terreno de difícil acceso. Estas condiciones dificultan la observación directa y la recopilación de datos, lo que limita la comprensión detallada de la biodiversidad y el comportamiento de las especies que habitan el área. Esta falta de información detallada impide una gestión eficaz de la fauna y la implementación de estrategias de conservación basadas en evidencia.

La expansión del bosque protector Murocomba contiene una biodiversidad de varias especies habitantes, aquellas especies residentes de aquel lugar al estar siendo monitoreadas por los sensores se llevará un control sobre ellos, por lo consiguiente la posición y protección será más eficientes al momento de prevenir una situación que comprometa la integridad del espécimen.

## **Pronóstico**

El pronóstico de la implementación de un sistema de detección permitirá monitorear la presencia y movimientos de las especies de mamíferos en el área ecoturística bosque protector Murocomba. Esto permitirá generar una información clara sobre la población de animales, sus hábitats y amenazas.

### **2.1.2 *Formulación del problema***

¿Qué métodos y tecnologías específicas permitirían un monitoreo constante y no invasivo de las especies de mamíferos en el Bosque Protector Murocomba para proteger su integridad sin alterar su hábitat permitiendo llevar un control el cual ayude a la conservación de los diferentes especímenes que habitan en este territorio?

### **2.1.3 *Sistematización del problema***

- I. ¿Cómo afecta la falta de un sistema de monitoreo que permita el reconocimiento de mamíferos en el área ecoturística?
- II. ¿Qué método o herramienta puede ser aplicado para la identificación de las especies de mamíferos?
- III. ¿Cómo podría beneficiar un sistema de detección de mamíferos en el área ecoturística del bosque?

## **2.2 *Objetivos***

### **2.2.1 *Objetivo General***

Implementar un sistema de detección de mamíferos en el área ecoturística del bosque protector Murocomba para capturar datos variados.

### **2.2.2 *Objetivos Específicos***

- Identificar los mamíferos que habitan en el área geográfica a través de literatura previa y reconocimiento de campo como parte de un inventario faunístico de los mamíferos icónicos de la zona.
- Determinar un sistema de detección basado en un modelo de entrenamiento utilizando un dataset que permita identificar la variedad de especies para obtener datos.

- Realizar un aplicativo web con el modelo de entrenamiento para el reconocimiento de mamíferos del bosque protector Murocomba.

### **2.3 Justificación**

El Bosque Protector Murocomba es de vital importancia ecológica y turística, albergando una rica biodiversidad, especialmente en lo que respecta a los mamíferos que habitan en esta área. Sin embargo, enfrenta desafíos significativos en la conservación de su biodiversidad debido a la falta de un sistema eficaz de detección. Esta carencia impide obtener datos precisos sobre el comportamiento, distribución y estado de conservación de las especies, lo que limita la capacidad de implementar estrategias adecuadas para su preservación y manejo sostenible[5].

La conservación de la biodiversidad se ha convertido en una preocupación global, se han llevado a cabo proyectos similares en otras áreas de alta biodiversidad, como en las reservas forestales de la Amazonía brasileña, donde se demostró que el uso de cámaras trampa combinadas con IA mejoró notablemente la capacidad de monitoreo. Esta experiencia subraya la importancia de adaptar estos métodos al contexto específico del Bosque Murocomba

La ausencia de herramientas tecnológicas avanzadas para observar, registrar y reconocer la presencia de mamíferos en el área impide una gestión eficiente del ecosistema. Sin un monitoreo constante y detallado, es difícil identificar cambios en las poblaciones de mamíferos, lo cual es crucial para prevenir la disminución o extinción de especies vulnerables. El poseer datos fiables, es imposible responder de manera oportuna a amenazas como la caza furtiva, la destrucción del hábitat o las enfermedades. Esta deficiencia en el seguimiento también impide evaluar el impacto de las actividades ecoturísticas en la fauna local, lo que podría contribuir inadvertidamente a la degradación del hábitat y a la alteración de las dinámicas poblacionales [6].

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Marco conceptual**

#### **3.1.1 Biodiversidad**

La biodiversidad es la variedad de vida en la Tierra, abarcando desde los genes y las especies hasta los ecosistemas. Este concepto engloba la diversidad genética dentro de cada especie, la variedad de especies en un ecosistema y la diversidad de ecosistemas en el planeta. La biodiversidad es crucial porque sustenta la vida al proporcionar los recursos y servicios esenciales para los seres humanos, incluyendo alimentos, medicinas, agua limpia, y regulación del clima [7].

La diversidad genética es vital para la supervivencia y adaptación de las especies a cambios ambientales. Las diferencias genéticas entre individuos de una especie permiten que algunas poblaciones se adapten mejor a cambios en su entorno, lo que es clave para la evolución y la resiliencia de los ecosistemas. Sin esta diversidad, las especies serían más vulnerables a enfermedades, cambios climáticos, y otras amenazas, lo que podría llevar a extinciones masivas [8] [9].

#### **3.1.2 Conservación de Mamíferos**

La conservación de mamíferos se refiere a las estrategias y acciones específicas dirigidas a proteger a las especies de mamíferos, sus hábitats, y las funciones ecológicas que desempeñan. Los mamíferos juegan roles cruciales en los ecosistemas, incluyendo la regulación de poblaciones de otras especies, la dispersión de semillas y la fertilización del suelo. La pérdida de mamíferos, por lo tanto, puede tener consecuencias profundas y a menudo irreversibles en los ecosistemas, afectando la biodiversidad global y el equilibrio ecológico [10].

Uno de los principales desafíos en la conservación de mamíferos es la pérdida y fragmentación del hábitat. La expansión agrícola, la urbanización, y la tala de bosques han reducido significativamente las áreas naturales disponibles para muchas especies de mamíferos, obligándolos a habitar en espacios cada vez más reducidos y fragmentados [11]. Esta fragmentación no solo limita el espacio físico disponible, sino que también puede aislar a las poblaciones, reduciendo la diversidad genética y aumentando la vulnerabilidad a enfermedades y otras amenazas [12].

Las estrategias de conservación de mamíferos incluyen la creación y gestión de áreas protegidas, que actúan como refugios seguros donde las especies pueden vivir y reproducirse

sin la amenaza de la interferencia humana. Sin embargo, para que estas áreas sean efectivas, es crucial que estén bien conectadas a través de corredores ecológicos, permitiendo el movimiento y la dispersión de las especies entre diferentes áreas [13].

### ***3.1.3 Tecnologías de Reconocimiento de Imágenes***

Las tecnologías de reconocimiento de imágenes son herramientas avanzadas que permiten la identificación automática de objetos, personas o especies animales a través del análisis de imágenes digitales. Estas tecnologías se basan en algoritmos de procesamiento de imágenes y, más recientemente, en técnicas de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje profundo (deep learning), que han revolucionado la capacidad de las computadoras para interpretar y clasificar imágenes con alta precisión. En el contexto de la conservación de la biodiversidad, estas tecnologías son cruciales para el monitoreo de fauna, permitiendo la identificación y seguimiento de especies en áreas remotas y de difícil acceso [14].

Uno de los principales desafíos en el uso de tecnologías de reconocimiento de imágenes es la necesidad de grandes conjuntos de datos de imágenes etiquetadas para entrenar los modelos de IA. Sin embargo, con el avance de técnicas como el aprendizaje transferido (transfer learning) y el aumento en la disponibilidad de bases de datos globales de imágenes de fauna, estos obstáculos están siendo superados. Además, la capacidad de estas tecnologías para aprender y adaptarse a nuevas condiciones y especies ha mejorado significativamente, lo que permite su aplicación en una variedad más amplia de contextos ecológicos [15].

la integración de tecnologías de reconocimiento de imágenes con otros sistemas de monitoreo, como sensores ambientales y sistemas de geolocalización, para crear redes de sensores interconectados que ofrecen una visión más completa del ecosistema. Esto permite a los conservacionistas no solo identificar especies, sino también correlacionar su presencia y comportamiento con variables ambientales como la temperatura, la humedad, y la calidad del aire, lo que facilita una gestión más informada y efectiva de las áreas protegidas [16].

### ***3.1.4 Tecnologías de monitoreo***

Las tecnologías de monitoreo en ecología y conservación se refieren a un conjunto de herramientas y técnicas que permiten la observación, recolección y análisis de datos sobre especies, ecosistemas y procesos ambientales. Estas tecnologías han evolucionado significativamente en las últimas décadas, pasando de métodos manuales y directos, como la observación en campo y el rastreo de huellas, a sistemas automatizados que incluyen

sensores remotos, cámaras trampa, drones, y sistemas de geolocalización. Estas herramientas han revolucionado la forma en que los científicos pueden monitorear la biodiversidad y gestionar los ecosistemas [17].

### **3.1.5 Cámaras trampa**

Las cámaras trampa son dispositivos automáticos que se utilizan para capturar imágenes o videos de fauna de manera no invasiva. Estas cámaras se activan mediante sensores de movimiento o calor, lo que permite registrar la presencia de animales en su hábitat natural sin necesidad de la intervención humana directa. Esta tecnología es especialmente útil para monitorear especies que son difíciles de observar debido a su comportamiento esquivo, hábitos nocturnos, o porque habitan en áreas remotas y de difícil acceso [18].

Las cámaras trampa ofrecen varias ventajas significativas en comparación con los métodos tradicionales de monitoreo. Son menos invasivas, reduciendo el estrés y el impacto en las especies monitoreadas, y pueden operar de manera continua durante largos períodos, capturando datos en todas las condiciones climáticas y durante las 24 horas del día. Además, su capacidad para operar en áreas inaccesibles o peligrosas para los humanos las hace ideales para estudios en regiones remotas o protegidas [19].

### **3.1.6 Android Studio**

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para la creación de aplicaciones Android. Desarrollado por Google y basado en IntelliJ IDEA, Android Studio proporciona a los desarrolladores todas las herramientas necesarias para diseñar, compilar, depurar y desplegar aplicaciones para dispositivos con el sistema operativo Android. Este IDE es ampliamente utilizado debido a su compatibilidad directa con las bibliotecas y herramientas de Android, su integración con otros servicios de Google, y su capacidad para optimizar el proceso de desarrollo de aplicaciones móviles.

Uno de los puntos más destacados de Android Studio es su editor de código inteligente, que proporciona autocompletado de código, corrección de errores en tiempo real y sugerencias para optimizar el código escrito. Además, cuenta con un editor de interfaces gráficas (Layout Editor) que permite diseñar de forma visual y drag-and-drop (arrastrar y soltar) las interfaces de usuario de las aplicaciones, facilitando la creación de layouts complejos que se adapten a diferentes tamaños de pantalla y orientaciones de dispositivos.

Android Studio también incluye un emulador avanzado de Android, que permite a los desarrolladores probar y depurar sus aplicaciones en un entorno simulado antes de implementarlas en dispositivos reales. Este emulador soporta múltiples configuraciones de dispositivos, versiones de Android, y características específicas como sensores, GPS, cámaras, y conectividad de red, proporcionando un entorno de pruebas muy realista. Además, Android Studio ofrece herramientas integradas para análisis de rendimiento, como el Android Profiler, que ayuda a identificar problemas de memoria, CPU y red, asegurando que la aplicación funcione de manera eficiente y sin errores.

Otra ventaja significativa de Android Studio es su compatibilidad con el sistema de construcción Gradle, que permite a los desarrolladores gestionar dependencias, configurar variantes de construcción, y automatizar procesos de compilación y despliegue de aplicaciones. Gradle facilita la integración con servicios de CI/CD (Integración y Despliegue Continuo), lo que permite a los equipos de desarrollo mantener flujos de trabajo ágiles y automatizados [20].

### **3.1.7 JavaScript**

JavaScript es un lenguaje de programación ampliamente utilizado para el desarrollo web, tanto del lado del cliente como del servidor. Originalmente creado para proporcionar interactividad en las páginas web, JavaScript ha evolucionado hasta convertirse en un lenguaje versátil que puede ejecutarse en diversos entornos, incluyendo navegadores web y servidores (a través de Node.js). Gracias a su facilidad de uso, compatibilidad con todos los navegadores modernos y una vasta comunidad de desarrolladores, JavaScript es una de las tecnologías fundamentales en la programación web.

Principales Características de JavaScript: JavaScript es un lenguaje dinámico y de tipado débil, lo que significa que no es necesario especificar el tipo de datos que se manejarán. Es un lenguaje interpretado, ejecutado directamente por los navegadores sin necesidad de compilación previa, lo que facilita su uso para desarrolladores de todos los niveles. JavaScript permite manipular elementos HTML y CSS en tiempo real, ofreciendo una amplia gama de posibilidades para crear experiencias de usuario interactivas.

Una de las características más destacadas de JavaScript es su enfoque asíncrono, que permite manejar múltiples tareas al mismo tiempo sin bloquear el flujo de ejecución del programa. Esto es esencial para las aplicaciones web modernas, que requieren realizar múltiples

solicitudes al servidor, manejar eventos del usuario, y actualizar el contenido de la página de manera dinámica sin necesidad de recargarla completamente [21].

Ecosistema y Herramientas: JavaScript tiene un ecosistema muy rico con bibliotecas y frameworks como React, Angular, y Vue.js, que facilitan la construcción de aplicaciones web complejas y escalables. Estas herramientas proporcionan patrones y componentes reutilizables, mejorando la eficiencia y la mantenibilidad del código. En el lado del servidor, Node.js permite utilizar JavaScript para construir aplicaciones backend, lo que unifica el desarrollo en un solo lenguaje y facilita la creación de aplicaciones completas (full-stack).

Además, JavaScript cuenta con un gestor de paquetes robusto, npm (Node Package Manager), que proporciona acceso a una vasta colección de bibliotecas y módulos creados por la comunidad, permitiendo a los desarrolladores integrar funcionalidades adicionales en sus proyectos de manera rápida y eficiente.

Aplicaciones de JavaScript: JavaScript es fundamental para la web moderna. Se utiliza para crear aplicaciones web dinámicas, interactuar con APIs de terceros, manejar eventos de usuario, realizar validaciones en el lado del cliente, y mucho más. Con la evolución de las tecnologías web, JavaScript se ha expandido a nuevas áreas como el desarrollo de aplicaciones móviles (con herramientas como React Native), aplicaciones de escritorio (con Electron), y aprendizaje automático en el navegador (a través de TensorFlow.js) [22].

### **3.1.8 HTML**

HTML (HyperText Markup Language) es el lenguaje de marcado estándar utilizado para crear y estructurar el contenido de las páginas web. Desarrollado inicialmente a principios de los años 90, HTML proporciona la base de la web, permitiendo a los desarrolladores definir elementos como encabezados, párrafos, imágenes, enlaces, tablas, formularios, y mucho más. Junto con CSS (Cascading Style Sheets) para los estilos y JavaScript para la interactividad, HTML es uno de los tres pilares fundamentales del desarrollo web.

Principales Características de HTML: HTML utiliza una serie de etiquetas o "tags" para describir la estructura y el contenido de una página web. Cada etiqueta define un tipo específico de contenido o funcionalidad, como un encabezado (<h1> a <h6>), un párrafo (<p>), una imagen (<img>), un enlace (<a>), o una lista (<ul> para listas no ordenadas y

<ol> para listas ordenadas). Las etiquetas HTML son interpretadas por los navegadores web, que las renderizan para mostrar el contenido de manera visual al usuario.

Una característica clave de HTML es su capacidad de estructurar el contenido semánticamente. Esto significa que las etiquetas HTML no solo indican cómo se verá el contenido en la página, sino también qué tipo de contenido es. Por ejemplo, un encabezado (<h1>) no solo es texto grande y en negrita; también indica que el texto es un título importante, lo que mejora la accesibilidad y el SEO (optimización para motores de búsqueda) al proporcionar un contexto significativo para los motores de búsqueda y tecnologías de asistencia.

Evolución y Nuevas Funcionalidades: La versión más reciente, HTML5, introdujo muchas mejoras y nuevas características que hacen a HTML aún más poderoso. HTML5 añadió soporte para elementos multimedia nativos como audio (<audio>) y video (<video>), sin necesidad de complementos externos. También introdujo nuevas etiquetas semánticas, como <header>, <footer>, <article>, y <section>, que ayudan a organizar mejor el contenido y hacen que el código HTML sea más legible y accesible.

HTML5 también proporciona un mejor soporte para gráficos y aplicaciones interactivas a través del elemento <canvas>, que permite dibujar gráficos y animaciones en tiempo real, y la integración con Web APIs como Geolocation API y Web Storage API, que proporcionan funcionalidades avanzadas directamente en el navegador.

Aplicaciones de HTML: HTML es el núcleo de todas las páginas web. Es utilizado para estructurar el contenido de los sitios web, desde blogs simples hasta aplicaciones web complejas. Con HTML5, se pueden crear experiencias web enriquecidas que incluyen medios, gráficos, y funciones interactivas, mejorando significativamente la experiencia del usuario. Además, HTML es fundamental para la accesibilidad web, ya que su uso adecuado permite que los lectores de pantalla y otras tecnologías de asistencia interpreten correctamente el contenido para personas con discapacidades[23].

### **3.1.9 MobileNet**

MobileNet es una serie de modelos de redes neuronales profundas desarrollados por Google, diseñados específicamente para aplicaciones en dispositivos móviles y sistemas embebidos. Su principal objetivo es ofrecer un alto rendimiento en visión por computadora utilizando

menos recursos computacionales, lo que los hace ideales para dispositivos con capacidades limitadas como teléfonos inteligentes y dispositivos de IoT. La clave del éxito de MobileNet es su enfoque en la eficiencia y la rapidez, lo que permite realizar tareas complejas de reconocimiento de imágenes sin agotar la batería o sobrecargar el procesador del dispositivo.

Una de las innovaciones clave de MobileNet es el uso de "convoluciones separables en profundidad". Esta técnica reduce significativamente el número de parámetros y cálculos necesarios al dividir una convolución estándar en dos operaciones más simples, optimizando el proceso de aprendizaje automático. Además, MobileNet introduce los multiplicadores de ancho y resolución, que permiten ajustar la complejidad del modelo para equilibrar entre la precisión y la velocidad de ejecución, adaptándolo a diferentes necesidades y capacidades de hardware [24].

## **3.2 Marco referencial**

### ***3.2.1 Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes***

Este estudio ofrece una revisión exhaustiva del uso de cámaras trampa en investigaciones sobre ecología y conservación de mamíferos. Los autores discuten las mejores prácticas para la implementación de cámaras trampa en estudios de biodiversidad, destacando la importancia de vincular los datos obtenidos con procesos ecológicos más amplios. El artículo también proporciona recomendaciones sobre cómo optimizar el uso de cámaras trampa para mejorar la precisión y la relevancia de los datos en la conservación de la fauna silvestre. Estos hallazgos son cruciales para guiar el uso de tecnologías de monitoreo en la protección de mamíferos en áreas protegidas como el Bosque Protector Murocomba [25].

### ***3.2.2 Deep Learning for Computer Vision: A Brief Review***

Este artículo revisa el estado actual del aprendizaje profundo en el campo de la visión por computadora, con un enfoque particular en sus aplicaciones en la identificación y monitoreo de especies animales. El documento destaca cómo los modelos de aprendizaje profundo, como las redes neuronales convolucionales (CNNs), han revolucionado la capacidad de los sistemas automatizados para analizar imágenes de alta complejidad, como las capturadas por cámaras trampa en estudios de fauna. Estos avances tecnológicos han permitido a los investigadores mejorar significativamente la precisión y eficiencia en la identificación de

especies, facilitando la conservación y gestión de la biodiversidad en ecosistemas vulnerables [26].

### ***3.2.3 Remote sensing for biodiversity science and conservation***

Este artículo discute el uso de la teledetección como una herramienta poderosa para la ciencia de la biodiversidad y la conservación. Los autores argumentan que la integración de tecnologías de teledetección con métodos de monitoreo in situ, como las cámaras trampa, puede proporcionar una visión más completa de los ecosistemas. Este enfoque combinado permite la recopilación de datos a gran escala y en tiempo real, lo que es crucial para la implementación de estrategias de conservación efectivas. Este estudio es especialmente relevante para entender cómo las tecnologías avanzadas pueden ser aplicadas en áreas protegidas para monitorear y conservar especies clave [27].

### ***3.2.4 Machine learning to classify animal species in camera trap images: Applications in ecology***

Este artículo aborda el uso del aprendizaje automático para clasificar especies animales en imágenes capturadas por cámaras trampa. La investigación muestra cómo los algoritmos de aprendizaje automático pueden ser entrenados para identificar automáticamente diferentes especies con alta precisión, reduciendo significativamente el tiempo y esfuerzo necesarios para analizar grandes volúmenes de datos. Los resultados de este estudio son especialmente aplicables en proyectos de conservación donde se requiere el monitoreo continuo de la biodiversidad, como en el Bosque Protector Murocomba [28].

### ***3.2.5 Automated biodiversity monitoring using machine learning and acoustic sensors***

Este artículo explora el uso de sensores acústicos y aprendizaje automático para el monitoreo automatizado de la biodiversidad, especialmente en áreas densamente vegetadas donde el monitoreo visual es limitado. Los resultados del estudio demuestran que la combinación de datos acústicos con algoritmos de machine learning puede mejorar significativamente la detección de especies, ofreciendo una nueva dimensión a los esfuerzos de conservación. Este enfoque es particularmente útil para complementar los datos obtenidos de cámaras trampa y proporcionar una visión más integral de la fauna en áreas protegidas [29].

### ***3.2.6 Advancements in Camera Trap Technology: Enhancing Wildlife Monitoring***

Este artículo revisa los avances recientes en la tecnología de cámaras trampa, incluyendo mejoras en la resolución de imágenes, la duración de la batería, y la capacidad de

procesamiento en tiempo real. Se destaca cómo estas innovaciones han aumentado la efectividad de las cámaras trampa para monitorear la fauna en diferentes ecosistemas, facilitando estudios a largo plazo y en áreas de difícil acceso. El artículo también aborda la integración de cámaras trampa con tecnologías de inteligencia artificial para automatizar el análisis de imágenes, lo que permite una monitorización más eficiente y precisa de la biodiversidad [30].

### ***3.2.7 The Role of Technology in Wildlife Conservation: A Review of Current Approaches and Future Directions.***

Este artículo revisa el papel crucial que juega la tecnología en la conservación de la vida silvestre, con un enfoque en las herramientas de monitoreo como las cámaras trampa, los drones, y los sistemas de teledetección. Los autores analizan cómo estas tecnologías han transformado la capacidad de los conservacionistas para obtener datos críticos en tiempo real, y cómo su integración con métodos tradicionales de monitoreo puede mejorar significativamente la efectividad de las estrategias de conservación [31].

## **3.3 Marco legal**

### ***3.3.1 Legislación Ambiental en Ecuador***

#### ***3.3.1.1 Constitución de la República del Ecuador (2008).***

La Constitución del Ecuador reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos, lo cual está consagrado en el Artículo 71: "La naturaleza, o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos" [32]. Además, el Artículo 74 garantiza el derecho de las personas a beneficiarse de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, y a participar en la conservación de la biodiversidad. Esta disposición constitucional es la base para cualquier proyecto de conservación en Ecuador, incluyendo aquellos que integran tecnologías de monitoreo en áreas protegidas [32].

#### ***3.3.1.2 Ley de Gestión Ambiental (1999).***

La Ley de Gestión Ambiental establece el marco general para la protección y manejo del medio ambiente en Ecuador. Esta ley, en su Artículo 1, establece que "es de interés público la conservación del medio ambiente, el uso sostenible de los recursos naturales y la preservación del equilibrio ecológico" [33]. Además, el Artículo 19 exige que cualquier

proyecto que pueda tener un impacto ambiental significativo debe someterse a un estudio de impacto ambiental, y obtener las respectivas licencias ambientales antes de su ejecución [33]. Esto es especialmente relevante para la implementación de tecnologías de monitoreo en áreas naturales como el Bosque Protector Murocomba.

### ***3.3.1.3 Código Orgánico del Ambiente (2017).***

El Código Orgánico del Ambiente regula la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales en Ecuador. El Artículo 143 establece que las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) deben ser gestionadas bajo principios de sostenibilidad y conservación de la biodiversidad [34]. Además, el Artículo 153 del código especifica que cualquier actividad dentro de estas áreas, incluyendo el uso de tecnologías como cámaras trampa o sensores, requiere la obtención de permisos y debe alinearse con los planes de manejo aprobados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [34].

### ***3.3.2 Regulación de Áreas Protegidas y Biodiversidad***

#### ***3.3.2.1 Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).***

El SNAP, regulado por el Código Orgánico del Ambiente, es responsable de la protección y manejo de las áreas naturales protegidas en Ecuador. Según el Artículo 146 del código, cualquier actividad en estas áreas debe respetar los planes de manejo establecidos y garantizar la integridad ecológica del área [34]. Las tecnologías de monitoreo que se utilicen en estas áreas, como en el caso del Bosque Protector Murocomba, deben ser aprobadas por la autoridad ambiental competente y cumplir con las normativas específicas establecidas por el SNAP.

#### ***3.3.2.2 Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).***

Ecuador es signatario del Convenio sobre la Diversidad Biológica, un tratado internacional que tiene como objetivo la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes, y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de recursos genéticos [35]. Este convenio es relevante para cualquier proyecto que involucre la conservación de especies y la implementación de tecnologías de monitoreo, asegurando que estas actividades estén alineadas con los compromisos internacionales de Ecuador.

### ***3.3.3 Legislación en Telecomunicaciones***

#### ***3.3.3.1 Ley Orgánica de Telecomunicaciones (2015).***

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones regula el sector de las telecomunicaciones en Ecuador, incluyendo la gestión del espectro radioeléctrico y la prestación de servicios de telecomunicaciones. El Artículo 8 establece que el espectro radioeléctrico es un recurso natural de dominio público y que su uso debe ser regulado por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) [36]. Para cualquier proyecto que utilice redes inalámbricas o sistemas de transmisión de datos en áreas protegidas, es obligatorio obtener las licencias correspondientes de ARCOTEL.

#### ***3.3.3.2 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL).***

ARCOTEL es la entidad encargada de supervisar y regular las actividades de telecomunicaciones en Ecuador, de acuerdo con el Artículo 5 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones [36]. Esta agencia es responsable de la emisión de permisos para la instalación de equipos de telecomunicaciones, incluyendo aquellos utilizados en proyectos de monitoreo en áreas protegidas como el Bosque Protector Murocomba. Además, ARCOTEL regula el uso del espectro radioeléctrico para asegurar que las frecuencias utilizadas no interfieran con otros servicios de telecomunicaciones.

#### ***3.3.3.3 Normativa para el Uso del Espectro Radioeléctrico.***

El uso del espectro radioeléctrico en Ecuador está regulado por la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y la normativa emitida por ARCOTEL. El **Artículo 27** de la Ley establece que todo uso del espectro debe estar autorizado y que las frecuencias asignadas deben utilizarse de manera eficiente y sin causar interferencias perjudiciales [36]. Esto es crucial para proyectos de monitoreo que utilizan comunicaciones inalámbricas en áreas protegidas, garantizando que las tecnologías implementadas no afecten negativamente a otras comunicaciones esenciales.

### ***3.3.4 Normativas Internacionales Aplicables***

#### ***3.3.4.1 Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.***

El Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) establece las normas internacionales para el uso del espectro radioeléctrico y la operación de servicios de telecomunicaciones. Ecuador, como miembro de la UIT, adopta estas regulaciones, lo que implica que cualquier proyecto que utilice comunicaciones inalámbricas debe adherirse a los estándares internacionales establecidos por la UIT [37].

Esto incluye garantizar que las tecnologías utilizadas en el Bosque Protector Murocomba cumplan con las regulaciones de la UIT para evitar interferencias y garantizar la calidad de las comunicaciones.

#### ***3.3.4.2 Directrices de la UNESCO sobre el Uso de Tecnologías en la Conservación***

La UNESCO promueve el uso de tecnologías avanzadas para la conservación del patrimonio natural. Estas directrices alientan la implementación de tecnologías de monitoreo que sean respetuosas con el medio ambiente y que contribuyan a la conservación sostenible [38]. Los proyectos que involucren tecnologías de telecomunicaciones en áreas protegidas, como el Bosque Protector Murocomba, deben considerar estas directrices para asegurar que las tecnologías utilizadas no perjudiquen los ecosistemas locales.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

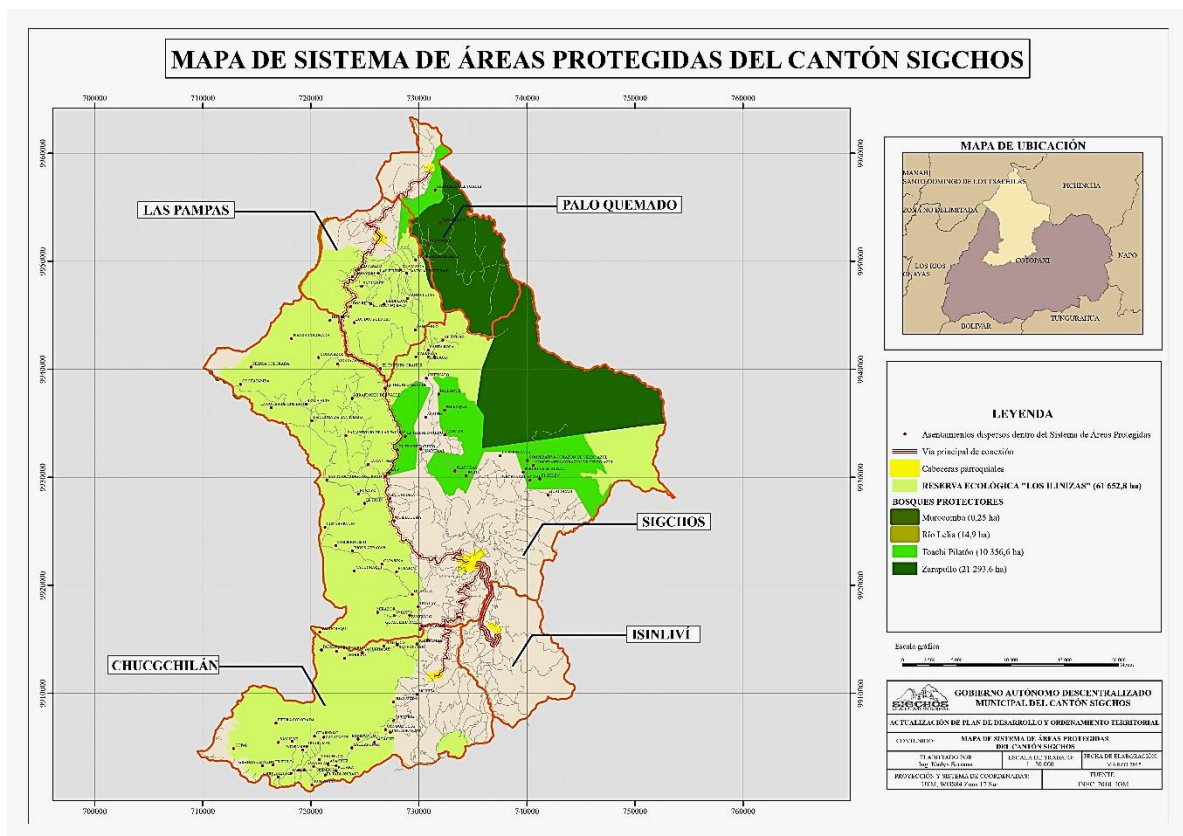
#### 4.1 Localización

La presente investigación se llevará a cabo en el Bosque Protector Murocomba, ubicado en la provincia de Los Ríos, Ecuador. Este bosque, que se extiende a lo largo de 9.902,93 hectáreas, es un área clave para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador. En el marco de este estudio, se explorarán para la recolección de datos para el modelo de aprendizaje. Este modelo será para la identificación de especies de mamíferos en el bosque, contribuyendo a la preservación de la fauna local.

**Latitud:** -0.6468214729242937

**Longitud:** -79.22038028682871

**Ilustración 1** Ubicación del bosque protector Murocomba



**Fuente:** GAD Municipal Sigchos, la expansión del bosque protector Murocomba se distingue por la coloración en verde oscuro

## **4.2 Tipo de investigación.**

### ***4.2.1 Investigación no experimental***

La presente investigación es de tipo no experimental, ya que se centra en la observación y análisis de las especies de mamíferos en el Bosque Protector Murocomba sin manipular o intervenir en su entorno natural. El estudio se enfoca en registrar y analizar los datos obtenidos a través de tecnologías de monitoreo, como cámaras trampa y modelos de aprendizaje automático, respetando el curso natural de los eventos en el ecosistema. Este enfoque permite capturar información realista y precisa sobre la biodiversidad del área.

### ***4.2.2 Investigación Transversal***

El diseño de esta investigación es transversal, dado que la recolección de datos sobre la presencia y comportamiento de mamíferos en el bosque se llevará a cabo en un período específico de tiempo. Esto implica que los datos se recogerán en un momento determinado, proporcionando una instantánea de las condiciones actuales del ecosistema y la distribución de las especies en el Bosque Protector Murocomba.

### ***4.2.3 Investigación Exploratoria***

La investigación también tiene un enfoque exploratorio, ya que busca indagar en el uso de tecnologías avanzadas, como cámaras trampa y modelos de aprendizaje automático, para la identificación y monitoreo de especies en un entorno natural. Este tipo de investigación es fundamental para comprender mejor las posibilidades y limitaciones de estas tecnologías en la conservación de la biodiversidad, así como para identificar áreas de estudio futuras y formular nuevas hipótesis.

### ***4.2.4 Investigación Descriptiva***

La investigación es descriptiva, puesto que se dedica a documentar detalladamente las características del Bosque Protector Murocomba, incluyendo la diversidad de especies de mamíferos y sus patrones de comportamiento. A través de la recopilación y análisis de datos, se pretende ofrecer una visión exhaustiva del ecosistema y su dinámica, proporcionando información valiosa para la gestión y conservación del área protegida.

## 4.3 Métodos de investigación

### 4.3.1 Método de observación

El método de observación juega un papel esencial en la investigación exploratoria sobre el bosque Murocomba. La observación directa del entorno proporciona datos detallados sobre la topografía, la vegetación, el comportamiento de la fauna. Este método permite capturar información, identificar patrones naturales y detectar fenómenos que podrían pasar desapercibidos en estudios basados únicamente en datos recopilados previamente.

### 4.3.2 Método inductivo

Su aplicación en la investigación exploratoria sería valiosa para derivar conclusiones generales a partir de observaciones específicas en el bosque Murocomba. Al recopilar datos a través de la observación y analizar patrones emergentes, se pueden formular hipótesis y generar teorías sobre la interacción de variables ambientales. Este enfoque inductivo permite ir más allá de la información superficial, identificando relaciones causales y tendencias que podrían ser fundamentales para el diseño.

## 4.4 Fuentes de recopilación de información

La recopilación de información para esta investigación se realizó mediante un enfoque integral que abarcó tanto fuentes primarias como secundarias, con el fin de asegurar la validez y relevancia de los datos utilizados. Las fuentes se centraron en estudios de tecnologías de monitoreo de fauna, algoritmos de reconocimiento de imagen, y la conservación de la biodiversidad en áreas protegidas.

### 4.4.1 Fuentes Primarias

Las fuentes primarias incluyeron:

- **Artículos científicos y proyectos de investigación** sobre la conservación de mamíferos y tecnologías de monitoreo, obtenidos de repositorios académicos y bibliotecas digitales de universidades nacionales e internacionales.
- **Documentación de campo** generada en el Bosque Protector Murocomba, incluyendo registros de especies de mamíferos, patrones de movimiento y comportamiento, obtenidos mediante cámaras trampa y sensores instalados en el área de estudio.

- **Normativas y documentos legales** relacionados con la gestión de áreas protegidas en Ecuador, como el Código Orgánico del Ambiente y regulaciones del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).

#### 4.4.2 *Fuentes Secundarias*

Las fuentes secundarias comprendieron:

- **Publicaciones científicas en bases de datos internacionales**, como IEEE Xplore, PubMed, y Scopus, que ofrecen estudios sobre el uso de tecnologías avanzadas para el monitoreo de fauna, algoritmos de aprendizaje automático, y aplicaciones de reconocimiento de imágenes.
- **Estudios de caso** que documentan la implementación de tecnologías de monitoreo en áreas protegidas similares, incluyendo el uso de redes de sensores, cámaras trampa, y aplicaciones web para la detección de especies de fauna.
- **Revisiones bibliográficas y meta-análisis** sobre el impacto de la tecnología en la conservación de la biodiversidad, centradas en el uso de inteligencia artificial y redes de monitoreo automatizado en la gestión de ecosistemas protegidos.

#### 4.5 **Diseño de la investigación.**

El proyecto de un sistema de detección de mamíferos en el área ecoturística del bosque protector Murocomba es un componente crucial para asegurar la efectividad y validez del estudio. Primero el diseño debe incorporar una revisión exhaustiva de la literatura existente, abarcando investigaciones científicas, artículos técnicos y libros relacionados con la implementación de redes de sensores en entornos forestales. Esta revisión permitirá comprender las mejores prácticas, lecciones aprendidas y avances tecnológicos previos, proporcionando una base sólida para la planificación y ejecución del proyecto.

**Fase 1: Revisión de Literatura y Marco Teórico:** Se realizará una revisión exhaustiva de estudios previos y literatura científica sobre tecnologías de monitoreo de fauna y conservación de mamíferos. Esta fase incluye la recopilación de información sobre las mejores prácticas en el uso de cámaras trampa y modelos de IA para la identificación de especies.

**Fase 2: Selección de Equipos y Configuración de Software:** Se evaluarán y seleccionarán los equipos de monitoreo, como cámaras trampa y sensores, y se configurarán las plataformas de software necesarias, incluyendo algoritmos de reconocimiento de imágenes y plataformas de desarrollo.

**Fase 3: Instalación y Pruebas de Campo:** Los equipos serán instalados en puntos estratégicos del Bosque Protector Murocomba. Se realizarán pruebas preliminares para verificar el correcto funcionamiento de los dispositivos y su capacidad para captar datos relevantes sin interferir en el entorno natural.

**Fase 4: Recolección y Análisis de Datos:** La recopilación de datos se llevará a cabo durante un período de tiempo determinado, documentando la presencia y comportamiento de los mamíferos. Estos datos serán procesados y analizados utilizando algoritmos de IA que permiten la identificación automática de especies y la extracción de patrones de comportamiento.

**Fase 5: Validación y Ajustes:** Los resultados del análisis se compararán con observaciones directas de campo y se validarán mediante la revisión de expertos en conservación. Se realizarán los ajustes necesarios en los modelos de reconocimiento y el sistema de monitoreo.

**Fase 6: Documentación y Difusión de Resultados:** Se elaborarán informes detallados y artículos científicos que describan los hallazgos de la investigación. Estos resultados se compartirán con la comunidad académica y grupos de interés en la conservación de la biodiversidad.

## **4.6 Instrumentos de investigación**

### **4.6.1 Cámaras Trampa**

Cámaras automáticas que se activan por sensores de movimiento o calor, utilizadas para capturar imágenes o videos de mamíferos en su entorno natural. Las cámaras trampa son instrumentos no invasivos ideales para monitorear especies esquivas o de hábitos nocturnos, facilitando la recolección continua de datos sin perturbar el ecosistema.

#### ***4.6.2 Red de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión)***

Sistema de cámaras de videovigilancia, que realiza la captura de imágenes y videos. Permite un monitoreo y la recolección de datos visuales constantes, que pueden ser analizados para la identificación de especies de mamíferos.

#### ***4.6.3 Aplicación web de reconocimiento de imágenes***

Software desarrollado para identificar automáticamente especies de mamíferos a partir de imágenes capturadas por las cámaras de la red CCTV. Automatiza el proceso de análisis de datos, reduciendo la carga de trabajo manual y aumentando la precisión y eficiencia del monitoreo.

#### ***4.6.4 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)***

Dispositivos que utilizan señales de satélite para determinar la ubicación precisa de un punto en la superficie terrestre. Permite un mapeo preciso de la distribución de los mamíferos y facilita el análisis espacial de los datos obtenidos.

#### ***4.6.5 Cuestionarios y Entrevistas a Expertos Locales***

Instrumentos cualitativos que recopilan información de expertos locales, guardaparques, biólogos y otros actores involucrados en la conservación del área. Complementan los datos obtenidos mediante las tecnologías de monitoreo, proporcionando una perspectiva humana y experiencia local que puede ser crucial para interpretar los datos y diseñar estrategias de conservación.

#### ***4.6.6 Diarios de Campo y Notas de Observación***

Registros manuales realizados por los investigadores durante visitas de campo para documentar observaciones directas, condiciones ambientales, y otros datos relevantes. Proporcionan datos complementarios que pueden ser valiosos para interpretar los resultados y ajustar los métodos de monitoreo.

#### ***4.6.7 Recolección de Datos***

Los datos se recopilarán mediante el uso de cámaras trampa y una red de CCTV. Estos dispositivos capturarán imágenes y videos de los mamíferos en su entorno natural, generando un conjunto de datos multimedia que será almacenado en un servidor seguro conectado a una aplicación web de reconocimiento de imágenes.

##### ***4.6.7.1 Preprocesamiento de datos.***

Una vez recopilados, los datos multimedia serán sometidos a un proceso de limpieza y preprocesamiento, que incluirá:

- **Filtrado de Imágenes y Videos:** Eliminación de imágenes borrosas, duplicadas o irrelevantes, y selección de aquellas que contengan mamíferos detectados.
- **Estandarización de Formatos:** Conversión de todos los archivos multimedia a un formato estándar para facilitar su procesamiento.
- **Etiquetado Inicial:** Asignación de etiquetas básicas a las imágenes, como fecha, hora, ubicación (coordenadas GPS) y especie estimada, para facilitar su posterior clasificación.

##### ***4.6.7.2 Validación y Verificación de Resultados.***

Para garantizar la precisión del análisis, los resultados generados por la aplicación web serán validados a través de:

- **Comparación con Datos de Campo:** Verificación de los resultados con registros de observación directa y otros datos de campo recolectados manualmente.
- **Revisión por Expertos:** Revisión de las identificaciones automáticas por parte de biólogos y expertos en fauna local para asegurar la exactitud de la clasificación de especies.

##### ***4.6.7.3 Almacenamiento y Seguridad de Datos.***

Los datos procesados y analizados se almacenarán en bases de datos seguras con acceso restringido. Se aplicarán protocolos de seguridad y copias de seguridad periódicas para proteger la información recopilada contra pérdidas, accesos no autorizados o modificaciones indebidas.

#### **4.6.8 Interpretación de Resultados**

Finalmente, los datos analizados se interpretarán para generar conclusiones sobre la biodiversidad del Bosque Protector Murocomba. Se identificará la distribución de especies, se analizarán los patrones de comportamiento y se evaluarán los impactos de posibles amenazas, proporcionando recomendaciones para la conservación efectiva de la fauna local.

#### **4.6.9 Recursos humanos y materiales**

- Responsabilidades: Arturo Adrian Marcillo Yépez será el encargado de llevar a cabo la investigación y redactar la tesis. Sus responsabilidades abarcarán la recolección de datos, su análisis, la interpretación de los resultados y la elaboración del informe final de la investigación. Este trabajo se realizará bajo la supervisión y orientación del director de tesis.
- Responsabilidades: El Ing. Diego Fernando Intriago Rodríguez, M. Sc., actuará como director de tesis, proporcionando supervisión y asesoría durante todo el proceso de investigación. Su papel incluirá guiar al tesista en la definición de objetivos, el diseño de la metodología, el análisis de datos y la redacción del informe final.

##### **4.6.9.1 Recursos y materiales.**

**Tabla 1.** *Requerimiento de hardware*

<b>Cantidad</b>	<b>Equipo</b>	<b>Costo</b>
1	DESKTOP-8R9C4B7	\$ 650
4	Vikeri 4K	\$280

**Fuente:** La investigación

**Elaborado por:** Arturo Marcillo

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

## 5.1 Selección y verificación

### 5.1.1 Selección hardware

Tabla 2. Comparación de cámaras trampa

Características	Vikeri 4K	Browning Strike Force HD Pro X	Bushnell Core DS-4K	Stealth Cam G42NG	Reconyx HyperFire 2
<b>Resolución de Video</b>	4K UHD	1080p HD	4K UHD	1080p HD	720p HD
<b>Resolución de Imagen</b>	20 MP	20 MP	30 MP	10 MP	3 MP
<b>Velocidad de Disparo</b>	0.2 segundos	0.22 segundos	0.15 segundos	0.5 segundos	0.2 segundos
<b>Rango de Detección</b>	25 metros	24 metros	30 metros	30 metros	30 metros
<b>Capacidad de Almacenamiento</b>	Hasta 256 GB (microSD)	Hasta 512 GB (SDXC)	Hasta 512 GB (SDXC)	Hasta 32 GB (SDHC)	Hasta 512 GB (SDXC)
<b>Duración de la Batería</b>	Hasta 6 meses (8 pilas AA)	Hasta 10 meses (6 pilas AA)	Hasta 12 meses (6 pilas AA)	Hasta 8 meses (8 pilas AA)	Hasta 24 meses (12 pilas AA)
<b>Infrarrojo Nocturno</b>	Sí (940 nm sin brillo)	Sí (No Glow)	Sí (Low Glow)	Sí (No Glow)	Sí (No Glow)

<b>Pantalla de Visualización</b>	Sí, LCD de 2.4 pulgadas	Sí, color LCD de 1.5 pulgadas	Sí, LCD de 2 pulgadas	No	No
<b>Resistencia al Agua</b>	IP66	IP67	IP67	IP66	IP67
<b>Características Adicionales</b>	Detección de movimiento PIR, captura en 120°[39]	Time-lapse, geotagging, Smart IR[40]	HDR, dual sensor (día y noche)[41]	Multi-shot, video HD[42]	Sub-microsegundo trigger speed[43]

**Elaborado por:** Arturo Marcillo

#### 5.1.1.1 *Vikeri 4K.*

La Vikeri 4K fue seleccionada para el proyecto de investigación en el Bosque Protector Murocomba debido a su capacidad para capturar videos en 4K UHD y fotos de 20 MP, lo que garantiza imágenes claras y detalladas, esenciales para la identificación precisa de especies. Su rápida velocidad de disparo de 0.2 segundos y rango de detección de 25 metros aseguran que ningún movimiento de la fauna pase desapercibido, mientras que su alta capacidad de almacenamiento de hasta 256 GB permite la recolección continua de datos. Además, su resistencia al agua con clasificación IP66 y diseño compacto la hacen ideal para operar en condiciones climáticas adversas y en entornos naturales sensibles, asegurando la integridad del equipo y la continuidad del estudio a lo largo del proyecto.

#### 5.1.2 *Editores de código*

**Tabla 3.** Comparación de editores de código

<b>Características</b>	<b>PyCharm</b>	<b>Visual Studio Code</b>	<b>Sublime Text</b>	<b>Atom</b>
------------------------	----------------	---------------------------	---------------------	-------------

<b>Lenguajes Soportados</b>	Python, JavaScript, HTML, CSS	Más de 30 lenguajes, extensible	Soporte multi-lenguaje	Soporte multi-lenguaje
<b>Autocompletado de Código</b>	Avanzado (con AI en Pro)	Avanzado (IntelliSense)	Básico	Básico
<b>Depurador</b>	Sí (integrado)	Sí (integrado con extensiones)	No (necesita plugin)	No (necesita plugin)
<b>Gestión de Proyectos</b>	Sí (con integración Git)	Sí (con integración Git)	Limitada	Limitada
<b>Personalización/Plugins</b>	Amplia variedad de plugins	Altamente personalizable	Alta personalizable	Altamente personalizable
<b>Velocidad y Rendimiento</b>	Moderado	Muy rápido	Muy rápido	Moderado
<b>Facilidad de Uso</b>	Intuitivo	Intuitivo	Intuitivo	Intuitivo
<b>Soporte para Git</b>	Integrado	Integrado	Necesita plugin	Integrado
<b>Plataformas</b>	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS, Linux
<b>Precio</b>	Community (Gratis) / Pro (Pago)	Gratis	Licencia (\$80, prueba gratuita)	Gratis

<b>Características Adicionales</b>	Refactorización de código, soporte para pruebas, integración con bases de datos[44]	Integración con Docker, terminal incorporado, soporte para contenedor[45]	Interfaz ligera, edición rápida[46]	Colaboración en tiempo real, Teletype[47]
------------------------------------	---	---	-------------------------------------	---

**Elaborado por:** Arturo Marcillo

### 5.1.2.1 *Visual Studio Code.*

Visual Studio Code (VS Code) como editor de código para tu proyecto es una elección estratégica basada en múltiples ventajas que ofrece este editor de texto altamente configurable y ligero. Visual Studio Code destaca por su versatilidad y extensibilidad, permitiendo a los desarrolladores personalizar su entorno de trabajo con una gran variedad de extensiones y plugins disponibles en su marketplace. Este ofrece un autocompletado de código inteligente y una potente integración con múltiples lenguajes de programación y plataformas, lo que facilita el desarrollo de aplicaciones de cualquier tipo y complejidad.

Una de las principales ventajas de Visual Studio Code es su integración nativa con Git y otras herramientas de control de versiones, lo que permite gestionar el código de manera eficiente y fomentar la colaboración en equipos de desarrollo. VS Code también cuenta con un sistema de depuración integrado, soporte para terminales, y la capacidad de trabajar de manera fluida con contenedores y máquinas virtuales a través de herramientas como Docker y Kubernetes.

Visual Studio Code es conocido por su rendimiento rápido y su bajo consumo de recursos, lo que lo hace adecuado tanto para computadoras de alta gama como para equipos más modestos. Su interfaz amigable y su soporte multiplataforma (Windows, macOS y Linux) lo convierten en una opción accesible para desarrolladores de todos los niveles, desde principiantes hasta expertos. Además, al ser de código abierto y completamente gratuito, Visual Studio Code proporciona un entorno de desarrollo potente y flexible que es ideal para proyectos académicos, personales e industriales, ofreciendo todas las herramientas necesarias para un desarrollo de software ágil y eficiente.

### 5.1.3 Lenguajes de programación

Tabla 4. Lenguajes de programación

Características	Java	Python	HTML	JavaScript
<b>Tipo de Lenguaje</b>	Lenguaje de programación de alto nivel, orientado a objetos	Lenguaje de programación de alto nivel, multiparadigma	Lenguaje de marcado utilizado para la creación de páginas web	Lenguaje de programación de alto nivel, interpretado, utilizado principalmente en desarrollo web
<b>Sintaxis</b>	Estricta, fuertemente tipada	Simple, flexible, y dinámicamente tipada	Simple, flexible, y dinámicament e tipada	Flexible, dinámicamente tipada, menos estricta, ideal para manipulación del DOM y eventos web
<b>Plataformas Soportadas</b>	Multipataforma (Windows, macOS, Linux, Android)	Multipataforma (Windows, macOS, Linux, Android)	Compatible con todos los navegadores web	Multipataforma (navegadores web, Node.js en servidores)
<b>Velocidad de Ejecución</b>	Rápido, cercano a lenguajes compilados como C++	Menos rápido que Java, pero adecuado para muchas aplicaciones	No aplica, depende del navegador	Rápido en operaciones de E/S y manipulaciones ligeras, pero más lento para

				cálculos intensivos
<b>Comunidad y Soporte</b>	Amplia comunidad, abundante documentación y soporte en frameworks como Spring	Amplia comunidad, extensa documentación, soporte en frameworks como Django y Flask	Amplia comunidad, esencial en el desarrollo web, soportado por W3C	Gran comunidad, soporte extenso en frameworks como React, Angular, y Vue.js
<b>Curva de Aprendizaje</b>	Moderada a alta, requiere comprender conceptos de OOP y sintaxis más compleja[48]	Baja a moderada, sintaxis sencilla, excelente para principiantes[49]	Baja, fácil de aprender, ideal para principiantes en desarrollo web[50]	Baja a moderada, relativamente fácil de aprender, especialmente para quienes ya conocen HTML/CSS[23]

**Fuente:** Investigador

**Elaborado por:** Arturo Adrian Marcillo Yépez

### 5.1.3.1 *JavaScript*.

JavaScript como lenguaje de programación para tu proyecto es una elección estratégica fundamentada en varias ventajas clave que ofrece este lenguaje ampliamente utilizado y versátil. JavaScript se destaca por ser el lenguaje de desarrollo web más popular, lo que permite crear aplicaciones interactivas y dinámicas tanto en el lado del cliente como en el servidor. Su integración nativa con todos los navegadores modernos garantiza que cualquier aplicación web desarrollada con JavaScript pueda ejecutarse de manera eficiente en prácticamente cualquier dispositivo.

Una de las principales ventajas de JavaScript es su ecosistema robusto y en constante expansión, que incluye marcos de trabajo y bibliotecas populares como React, Angular, y Vue.js para el desarrollo front-end, así como Node.js para el desarrollo back-end. Esto permite a los desarrolladores utilizar un solo lenguaje en todo el stack de una aplicación, lo que simplifica el proceso de desarrollo y mejora la coherencia del código.

JavaScript es un lenguaje altamente flexible y fácil de aprender, con una sintaxis sencilla que lo convierte en una excelente opción tanto para principiantes como para desarrolladores experimentados. Su comunidad activa y en crecimiento proporciona una gran cantidad de recursos, documentación, y soporte, lo que facilita la resolución de problemas y la colaboración en proyectos de todos los tamaños. JavaScript también ofrece capacidades avanzadas para el manejo de eventos, manipulación del DOM, y desarrollo de aplicaciones en tiempo real gracias a tecnologías como WebSockets. Una opción ideal para proyectos que requieren interactividad, escalabilidad y una experiencia de usuario rica, desde aplicaciones web simples hasta soluciones complejas y escalables. Con su enfoque multiplataforma y su constante evolución hacia nuevas tecnologías como la inteligencia artificial y el desarrollo de aplicaciones móviles.

## 5.2 Primer resultado identificación de los mamíferos

**Tabla 5.** Estado del Arte

<b>Autor y Año</b>	<b>Área de Estudio</b>	<b>Métodos Utilizados</b>	<b>Principales Hallazgos</b>	<b>Relevancia para el Proyecto</b>
Tirira (2017)[51]	Bosques tropicales de Ecuador	Observación directa, rastreo de huellas	Documentación de especies emblemáticas como el jaguar y el mono aullador	Proporciona una base para la identificación de especies en Murocomba
Pérez et al. (2018)[52]	Bosques del noroccidente de Ecuador	Uso de cámaras trampa	Identificación de patrones de actividad y distribución de mamíferos	Relevante para la implementación de cámaras trampa en Murocomba

García & López (2019)[53]	Áreas protegidas en la región amazónica	Técnicas de monitoreo no invasivas	Registro de especies raras y evaluación de la efectividad de medidas de conservación	de	Ofrece una comparación para estrategias de monitoreo en Murocomba
Martínez (2020)[54]	Reserva Biológica en la provincia de Los Ríos	Análisis de ADN ambiental, cámaras trampa	Identificación de especies nocturnas difíciles de observar directamente	de	Sugiere métodos complementarios para la identificación de mamíferos
Ramírez et al. (2021)[55]	Bosque seco tropical en la costa ecuatoriana	Monitoreo con cámaras trampa y drones	Detección de especies amenazadas y análisis de comportamiento diurno y nocturno	de	Aplicable para la identificación y monitoreo continuo en Murocomba
Vargas & Silva (2022) [56]	Parques Nacionales en la región Andina	Monitoreo con cámaras trampa y sensores de movimiento	Identificación de corredores ecológicos y patrones de migración	de	Útil para comprender la conectividad de hábitats en Murocomba
Herrera et al. (2023)[57]	Bosques húmedos del Chocó	Análisis de ADN ambiental y fototrampeo	Descubrimiento de nuevas especies y evaluación de la diversidad genética	de	Importante para la identificación de especies y su diversidad genética en Murocomba

Fernández et al. (2021)[58]	Ecosistemas montañosos en la Amazonía	Fototrampeo, técnicas de modelado predictivo	Mapeo de distribución de especies basado en factores ambientales	de Relevante para predecir la distribución de mamíferos en Murocomba
Ruiz & Castro (2020)[58]	Reservas naturales en la región costera	Uso combinado de cámaras trampa y drones	Detección de patrones de movimiento y uso del hábitat en especies clave	Estrategias útiles para combinar tecnologías en Murocomba

**Elaborado por:** Arturo Marcillo

Un estado del arte para establecer una base sólida y bien fundamentada en el conocimiento existente sobre la biodiversidad de mamíferos en el Bosque Protector Murocomba y las tecnologías utilizadas para su identificación y monitoreo. Este estado del arte te permite fundamentar tu investigación en estudios previos, asegurando que tu trabajo contribuya de manera significativa al campo. Además, te ayuda a identificar vacíos en el conocimiento que tu proyecto puede abordar, asegurando que estás explorando áreas que requieren más investigación.

### ***5.2.1 Reconocimiento de campo***

El Bosque Protector Murocomba, una reserva ecológica de exuberante biodiversidad, fue el escenario del recorrido de reconocimiento. Esta imagen captura el inicio de una jornada de exploración en la que nos adentramos en la densa vegetación del bosque, con la misión de identificar los puntos estratégicos para la instalación de cámaras trampa para el monitoreo de mamíferos. El terreno, aunque resbaladizo y en ocasiones complicado de transitar, nos ofreció una visión directa de las rutas que los mamíferos utilizan para moverse dentro del bosque.

El reconocimiento de campo es fundamental para la planificación efectiva del sistema de detección que se instalará en este proyecto con el objetivo de ubicar los dispositivos en puntos clave que se pudo identificar mediante la colaboración de expertos como el Sr.

Manuel Arcos, el Dr. Carlos Belezaca y el Ing. Edison Solano, como corredores naturales de fauna y áreas cercanas a fuentes de agua.

**Ilustración 2.** *Reconocimiento del bosque protector Murocomba*



**Autor:** Arturo Marcillo

Como parte del trabajo de campo, se implementó un sistema de monitoreo basado en la instalación de cámaras trampa de la marca Vikeri 4K, ubicadas estratégicamente en diversas zonas del bosque. Las cámaras se instalaron en puntos que, según la revisión de estudios previos y observaciones preliminares, presentaban una alta probabilidad de actividad mamífera, tales como caminos de uso frecuente por los animales, áreas cercanas a fuentes de agua y lugares con densa vegetación que sirven como refugio o corredor de fauna.

**Ilustración 3.** *Cámara trampa Vikeri 4K*



**Fuente:** <https://vikeri.tech/>

La colocación de las cámaras se combinó con el análisis de huellas y senderos de animales, lo que nos permitió identificar patrones de movimiento y comportamiento de las especies en estudio. Esta metodología permitió correlacionar la información visual capturada con las cámaras trampa con las evidencias físicas encontradas en el campo, proporcionando así un marco de referencia más robusto para la identificación y clasificación de las especies.

**Ilustración 4.** *Huellas de especies capturadas en zonas estratégicas*



**Autor:** Arturo Marcillo

Los datos recopilados mediante este método dual de monitoreo fueron analizados para establecer un inventario preliminar de los mamíferos del Bosque Protector Murocomba. Las especies identificadas se clasificaron en función de su presencia y frecuencia de aparición, lo que también nos permitió evaluar su comportamiento, uso del hábitat y posibles interacciones ecológicas

**Ilustración 5.** *Ubicación de cámara en lugares estratégicos*



**Autor:** Arturo Marcillo

### 5.2.2 Inventario faunístico de especies icónicas del bosque protector murocomba

**Tabla 6.** Inventario faunístico de mamíferos del Bosque protector Murocomba

Especie	Nombre Científico	Estado de Conservación	Especie	Nombre Científico	Estado de Conservación
Zaino	<i>Tayassu pecari</i>	En Peligro Crítico CR	Lobo de agua	<i>Pteronura brasiliensis</i>	En Peligro Crítico CR
Venado	<i>Mazama americana</i>	Casi Amenazado NT	Guanta	<i>Cuniculus paca</i>	Casi Amenazado NT
Osos de anteojos	<i>Tremarctos ornatus</i>	En Peligro EN	Guatusa	<i>Dasyprocta punctata</i>	Preocupación Menor LC
Puma	<i>Puma concolor</i>	En Peligro EN	Armadillo	<i>Dasybus novemcinctus</i>	Preocupación Menor LC
Tigrillo	<i>Leopardus wiedii</i>	Casi Amenazado NT	Zarigüeya	<i>Didelphis marsupialis</i>	Preocupación Menor LC
Cabeza de mate	<i>Cebus capucinus</i>	En Peligro Crítico CR	Erizo	<i>Coendou Quichua</i>	Datos insuficientes DD
Cuchuc ho	<i>Nasua narica</i>	Datos insuficientes NN	Ardillas	<i>Sciurus granatensis</i>	Preocupación Menor LC
Mono aullador	<i>Alouatta seniculus</i>	Vulnerable VU	Ratones	<i>Mus musculus</i>	No Aplica NA

Tutamo no	Potos flavus	Casi Amenazado NT	Perezoso	<i>Bradypus variegatus</i>	Preocupación Menor LC
Mono ardilla	<i>Saimiri cassiquiarensi s</i>	Vulnerable VU	Grisón	<i>Galictis vittata</i>	Datos Insuficientes DD

**Fuente:** Investigador

**Elaborado por:** Arturo Adrian Marcillo Yépez

#### 5.2.2.1 *Inventario faunístico.*

La tabla de especies ofrece una visión detallada de los principales mamíferos del Bosque Protector Murocomba, incluyendo su nombre común, nombre científico, familia, hábitat, dieta y estado de conservación según la UICN. Esta información es clave para identificar cada especie, comprender su rol ecológico y planificar estrategias de conservación cada especie fue identificada de forma adecuada gracias a la contribución del biólogo Juan Pablo Urdanigo. Al resumir las características biológicas y ecológicas de las especies, la tabla se convierte en una herramienta esencial para guiar los esfuerzos de monitoreo y protección en el bosque.

#### 5.2.2.2 *Estado de conservación.*

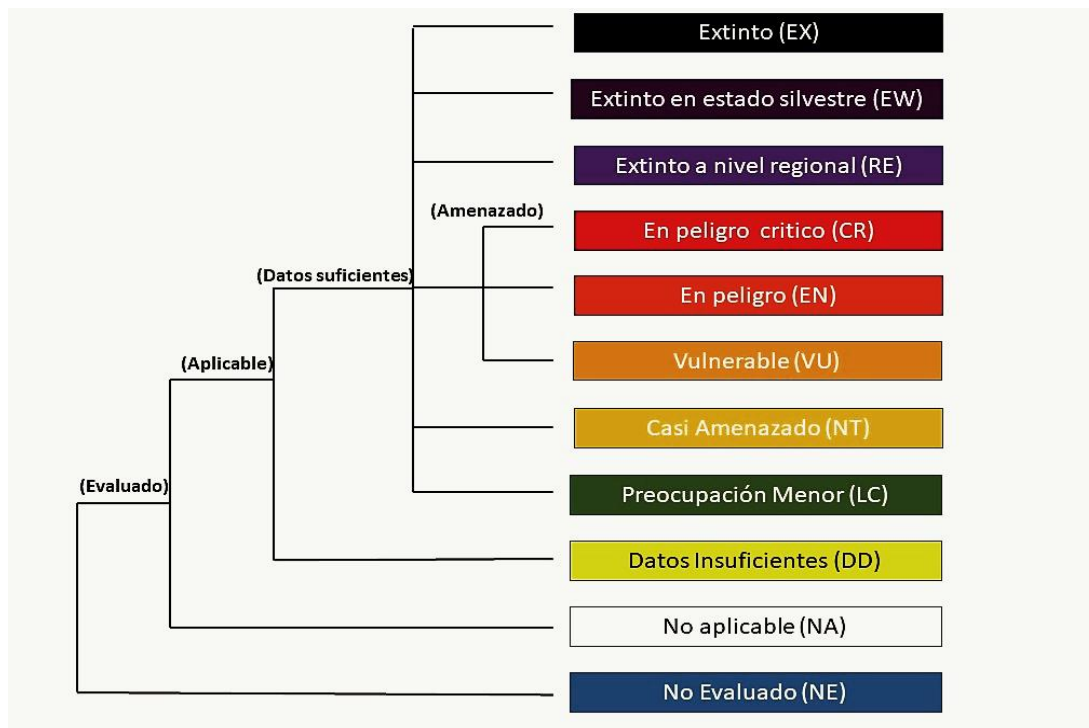
El estado de conservación de una especie se refiere a la evaluación de su riesgo de extinción y refleja qué tan vulnerable está ante amenazas como la pérdida de hábitat, la caza, la contaminación o el cambio climático. Esta evaluación es realizada por diferentes organizaciones, siendo la más conocida la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), que utiliza la **Lista Roja de Especies Amenazadas**.

Las categorías principales de la UICN son:

1. **Extinto (EX):** La especie ya no existe.
2. **Extinto en Estado Silvestre (EW):** Solo sobrevive en cautiverio o en entornos controlados.

3. **En Peligro Crítico (CR)**: La especie enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en la naturaleza.
4. **En Peligro (EN)**: La especie enfrenta un riesgo muy alto de extinción en la naturaleza.
5. **Vulnerable (VU)**: Existe un riesgo alto de extinción en estado salvaje.
6. **Casi Amenazado (NT)**: La especie no cumple los criterios para estar amenazada, pero está cerca.
7. **Preocupación Menor (LC)**: La especie no enfrenta riesgos importantes de extinción.
8. **Datos Insuficientes (DD)**: No hay suficiente información para evaluar su estado.

**Ilustración 6.** *Categorías de las listas rojas*



**Autor:** Arturo Marcillo

### 5.2.3 *Discusión del primer resultado*

Este primer resultado proporciona una base crucial para el monitoreo y la conservación de la biodiversidad local. La identificación precisa de especies permite a los gestores de conservación y científicos diseñar estrategias que prioricen las especies más vulnerables o aquellas en peligro de extinción. Las cámaras trampa son especialmente útiles para el estudio

de mamíferos, ya que permiten una observación no invasiva y continua, lo cual es esencial en áreas remotas o difíciles de acceder como el Bosque Murocomba. Sin embargo, existen desafíos que deben considerarse al utilizar esta metodología.

Las cámaras trampa en primer lugar dependen de la posición y los parámetros de configuración. La ubicación estratégica de las cámaras es clave para capturar la mayor cantidad posible de imágenes relevantes. El estudio señala que se colocaron cámaras en corredores naturales y áreas cercanas a fuentes de agua, lo cual es una estrategia inteligente dado que estos puntos concentran la mayor actividad animal. Sin embargo, la selección de ubicaciones podría haberse optimizado mediante estudios previos o un análisis geoespacial detallado, que habría proporcionado un mapa predictivo de las rutas de tránsito animal en función de la topografía y la vegetación.

Otro aspecto importante es la detección de especies de pequeño tamaño o con hábitos más crípticos. Las cámaras trampa, aunque eficientes para mamíferos de mayor tamaño, pueden no ser ideales para documentar especies pequeñas, nocturnas o de comportamiento tímido que evitan las áreas abiertas. Por ello, sería beneficioso combinar el uso de cámaras con otros métodos como el análisis de ADN ambiental, que permitiría detectar la presencia de especies a través de restos biológicos (pelo, heces) dispersos en el entorno. Esta técnica podría complementar el monitoreo visual, proporcionando un inventario más exhaustivo de la fauna local.

### 5.3 Segundo resultado determinar modelo de entrenamiento

Características	YOLOv8	Faster R-CNN	RetinaNet	Single Shot Multibox Detector	MobileNet v2
<b>Arquitectura</b>	Convolutional Neural Network (CNN) optimizada para	Region Proposal Network (RPN) CNN combinadas	Feature Pyramid Network (FPN) y CNN	CNN con predicciones de caja y clase en un solo paso	Convolutiones separables en profundidad para reducir cálculos y parámetros,

	detección en tiempo real				optimizada para eficiencia	
<b>Precisión</b>	Alta precisión, especialmente en objetos pequeños	Muy alta precisión, pero lenta	Alta precisión con enfoque en objetos de diferentes tamaños	Moderada, con buen equilibrio entre precisión y velocidad	Buena precisión, ajustable con multiplicadores de ancho y resolución	
<b>Velocidad de Detección</b>	Muy rápida (detección en tiempo real)	Más lenta (debido a la etapa RPN)	Moderada (compromiso entre velocidad y precisión)	Rápida, adecuada para aplicaciones en tiempo real	Alta velocidad en dispositivos con recursos limitados, ideal para aplicaciones en tiempo real	
<b>Facilidad de Implementación</b>	Alta (implementación sencilla con bibliotecas como PyTorch y TensorFlow)	Moderada (requiere más configuración y ajuste)	Moderada (necesita ajuste para maximizar precisión)	Alta (fácil de implementar en varias plataformas)	Muy alta (compatible con TensorFlow, TensorFlow.js, PyTorch; fácil de implementar en dispositivos móviles)	
<b>Uso de Recursos</b>	Eficiente, puede funcionar en dispositivos	Alta demanda de recursos (GPU)	Alta demanda de recursos, especialmente	Eficiente, diseñado para aplicaciones	Muy eficiente en el uso de memoria y potencia de cálculo, ideal	

	con menos potencia	recomendada )	ente con imágenes de alta resolución	con s móviles y embebidas	para dispositivos con recursos limitados
<b>aporte de Comunidad</b>	Amplio soporte, comunidad activa, abundante documentación	Amplio soporte, especialmente en aplicaciones de investigación	Moderado, con creciente interés en aplicaciones industriales	Amplio soporte, popular en aplicaciones industriales y móviles	Fuerte apoyo de la comunidad, muchas implementaciones y optimizaciones disponibles
<b>Casos de Uso Comunes</b>	Detección de objetos en tiempo real, vigilancia, drones, vehículos autónomos[59]	Reconocimiento de imágenes, clasificación detallada en aplicaciones científicas[60]	Detección de objetos en escenarios con variabilidad de tamaño[61]	Detección de objetos en dispositivos móviles, aplicaciones en tiempo real[62]	Detección de objetos, clasificación de imágenes, reconocimiento facial, aplicaciones de realidad aumentada [24].

---

**Elaborado por:** Arturo Marcillo

### 5.3.1 *MobileNet V2*

MobileNet V2 es una arquitectura de red neuronal diseñada para ofrecer alta precisión y eficiencia en aplicaciones de visión por computadora en dispositivos móviles y embebidos. Su diseño modular y optimizado permite un equilibrio entre precisión y velocidad, manteniendo un bajo consumo de recursos. Con una amplia aceptación en la comunidad de desarrolladores y soporte para diversos frameworks, MobileNet es ideal para casos de uso

como la detección de objetos en tiempo real, clasificación de imágenes y aplicaciones de realidad aumentada.

#### **5.3.1.1 Preprocesamiento de los Datos.**

Antes de entrenar MobileNet V2, los datos deben ser preprocesados de una manera específica para mejorar la eficiencia y el rendimiento del modelo. Esto incluye:

**Normalización:** Las imágenes de entrada suelen ser normalizadas a un rango de  $[0, 1]$  o  $[-1, 1]$  para mejorar la estabilidad del entrenamiento.

**Redimensionamiento:** MobileNet V2 típicamente acepta imágenes de entrada con dimensiones de  $224 \times 224$  píxeles, aunque también puede trabajar con tamaños menores si el dispositivo de destino tiene recursos limitados.

**Aumentación de datos:** Para evitar el sobreajuste y mejorar la generalización del modelo, se utilizan técnicas de aumentación de datos como rotación, volteo, escalado y cambio de brillo.

#### **5.3.1.2 Arquitectura Optimizada.**

El diseño de MobileNet V2 está basado en una arquitectura eficiente que permite entrenar el modelo rápidamente sin una gran carga computacional. Esto se logra mediante el uso de:

**Convoluciones Depthwise Separable:** Este tipo de convoluciones reduce drásticamente el número de parámetros y cálculos requeridos, lo que permite un entrenamiento más rápido en comparación con redes que utilizan convoluciones tradicionales.

**Bloques Inverted Residual:** Estos bloques, junto con las capas de expansión y proyección, ayudan a reducir la dimensionalidad de los datos en capas intermedias y mejorar la propagación de gradientes, lo que acelera el entrenamiento.

#### **5.3.1.3 Función de Costo.**

El proceso de entrenamiento de MobileNet V2 usa una función de pérdida estándar, como la entropía cruzada categórica (categorical cross-entropy) para tareas de clasificación, o la pérdida de regresión en tareas de detección o segmentación. La función de pérdida calcula la diferencia entre las predicciones del modelo y las etiquetas verdaderas, y esto es lo que el modelo intenta minimizar durante el entrenamiento.

#### **5.3.1.4 Optimización.**

Para optimizar el entrenamiento, MobileNet V2 utiliza algoritmos de optimización como Adam o SGD (descenso de gradiente estocástico). Estos optimizadores ajustan los pesos de

la red en función del gradiente calculado en cada iteración. Debido a que MobileNet V2 está diseñada para ser eficiente, el entrenamiento requiere menos ciclos de optimización en comparación con redes más grandes, lo que lo hace más rápido.

Los hiperparámetros clave que se ajustan durante el entrenamiento incluyen:

**Tasa de aprendizaje:** Controla el tamaño de los pasos que el optimizador da durante la actualización de los pesos.

**Batch size:** El número de muestras que se utilizan para calcular el gradiente en cada iteración.

**Número de épocas:** La cantidad de veces que el modelo pasa por todo el conjunto de datos de entrenamiento.

#### ***5.3.1.5 Transfer Learning.***

Una estrategia común para entrenar MobileNet V2 es mediante aprendizaje por transferencia. Dado que MobileNet V2 ya ha sido entrenado en grandes conjuntos de datos como ImageNet, se puede reutilizar el conocimiento aprendido en esas tareas para entrenar en un nuevo conjunto de datos con menos recursos.

**Congelación de capas:** En transfer learning, se suelen congelar las primeras capas de la red (las que aprenden características genéricas como bordes y texturas) y solo entrenar las últimas capas para especializarlas en la nueva tarea.

**Ajuste fino (fine-tuning):** Una vez que las capas superiores se han entrenado en el nuevo conjunto de datos, se pueden "descongelar" algunas de las capas intermedias o incluso todas las capas para un ajuste fino, afinando los pesos con los nuevos datos.

### Ilustración 7. Preparación de los hiperparámetros



**Autor:** Arturo Marcillo

#### 5.3.1.6 Regularización.

Dropout: Este método desconecta aleatoriamente ciertas neuronas durante el entrenamiento para evitar que el modelo se vuelva demasiado dependiente de conexiones específicas. L2 Regularization (Decay) agrega una penalización a la función de pérdida basada en la magnitud de los pesos, lo que ayuda a mantener los valores de los pesos más pequeños y evita el sobreajuste.

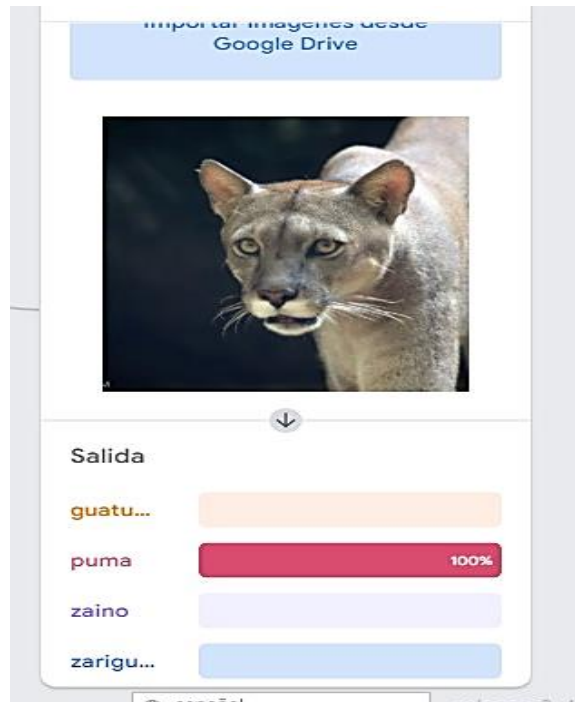
#### 5.3.1.7 Evaluación Durante el Entrenamiento.

Durante el entrenamiento, es importante realizar una evaluación periódica del modelo en un conjunto de validación para asegurarse de que no está sobreajustándose al conjunto de entrenamiento. Los siguientes pasos se llevan a cabo:

**Monitoreo de la pérdida y precisión:** Se mide la función de pérdida y la precisión en el conjunto de validación en cada época.

**Ajuste de hiperparámetros:** Si el modelo se desempeña mal en el conjunto de validación, se pueden ajustar los hiperparámetros como la tasa de aprendizaje o el número de capas congeladas.

**Ilustración 8.** Evaluación del modelo de entrenamiento antes de su exportación



**Autor:** Arturo Marcillo

### **5.3.1.8 Exportación del Modelo.**

Una vez completado el entrenamiento, el modelo MobileNet V2 se puede exportar para su uso en dispositivos móviles o integrados. Se utiliza comúnmente junto con frameworks como TensorFlow Lite o ONNX para reducir aún más el tamaño del modelo y optimizar su rendimiento en tiempo de inferencia.

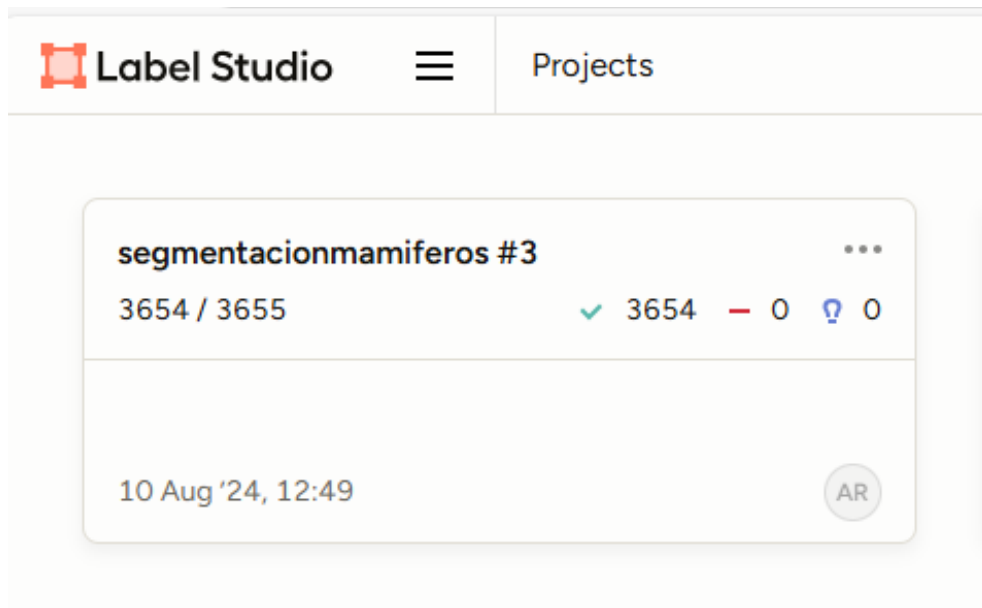
## **5.3.2 Yolov8**

### **5.3.2.1 Preparación del Dataset.**

Antes de comenzar el entrenamiento, es fundamental tener el conjunto de datos correctamente preparado y etiquetado. Para YOLOv8, se espera que los datos estén organizados en carpetas para imágenes y archivos de anotaciones en formato YOLO o en formatos compatibles como COCO o Pascal VOC. Cada imagen debe tener un archivo de anotación correspondiente que contenga:

Las coordenadas del cuadro delimitador (bounding box) de cada objeto. Las imágenes también deben ser preprocesadas, normalmente con un redimensionamiento a un tamaño estándar (640x640 píxeles) para adaptarse al tamaño de entrada del modelo YOLOv8.

**Ilustración 9.** Preparación del dataset para entrenamiento del modelo en yolov8m



**Autor:** Arturo Marcillo

### 5.3.2.2 Configuración de Hiperparámetros.

El entrenamiento de YOLOv8 implica la configuración de varios hiperparámetros clave que afectan el rendimiento y los resultados del modelo. Estos parámetros incluyen:

Batch size: Número de imágenes procesadas en cada iteración de entrenamiento.

Learning rate: Controla la velocidad a la que el modelo ajusta los pesos. Es fundamental encontrar un balance para evitar un aprendizaje demasiado lento o un sobreajuste.

Número de épocas: La cantidad de veces que el modelo pasará por el conjunto de datos completo durante el entrenamiento.

Tamaño de imagen: El tamaño de las imágenes de entrada (por ejemplo, 640x640), lo cual influye en el rendimiento computacional y la precisión del modelo.

Anchor: Los anchors son cuadros delimitadores predefinidos que el modelo utiliza como referencia para detectar objetos de diferentes tamaños.

**Ilustración 10.** Configuración de los hiperparametros para el entrenamiento en el modelos yolov8m

```
>> yolo train data=your_dataset.yaml model=yolov8m.pt batch=32 imgsz=640 epochs=100 lr=0.001 lrf=0.01 momentum=0.937 weight_decay=0.0005 optimizer=Adam lr_scheduler=cosine warmup_epochs=3 warmup_bias_lr=0.1 box=0.05 cls=0.5 obj=0.5 iou=0.2 anchor=3 hsv_h=0.015 hsv_s=0.7 hsv_v=0.4 degrees=0.0 translate=0.1 scale=0.5 shear=0.0 flipud=0.0 fliplr=0.5 mosaic=1.0 mixup=0.2
```

**Autor:** Arturo Marcillo

### **5.3.2.3 Optimización.**

El proceso de entrenamiento en YOLOv8 utiliza un algoritmo de optimización como Adam o SGD (Descenso de Gradiente Estocástico). Durante el entrenamiento, el optimizador ajusta los pesos de la red con base en la función de pérdida. La función de pérdida en YOLOv8 está diseñada para penalizar:

Error de clasificación: La diferencia entre las clases predichas y las verdaderas.

Error de ubicación: La diferencia entre las coordenadas de los cuadros delimitadores predichos y los reales.

Error de confianza: Relacionado con la seguridad del modelo en cuanto a si un cuadro delimitador contiene un objeto.

### **5.3.2.4 Entrenamiento de la Arquitectura YOLOv8.**

La arquitectura de YOLOv8 está compuesta por tres partes clave:

- Backbone: La red base que extrae características de las imágenes de entrada, usualmente utilizando una estructura de convoluciones profundas (ConvNets).
- Neck: Esta capa conecta el backbone con la cabeza de detección, y suele utilizarse para generar mapas de características de diferentes resoluciones, ayudando al modelo a detectar objetos de varios tamaños.
- Head: La cabeza de detección que genera las predicciones finales, incluyendo las clases de objetos, las ubicaciones de los cuadros delimitadores y la confianza de detección.

Durante el entrenamiento, las características de los objetos son aprendidas progresivamente a través de las capas convolucionales del backbone y la neck, y las predicciones se refinan en la head. YOLOv8 mejora sobre versiones anteriores con una arquitectura más ligera y eficiente.

### **5.3.2.5 Incremento de los datos procesados.**

Para mejorar la capacidad de generalización del modelo y evitar el sobreajuste, YOLOv8 aplica diversas técnicas de aumentación de datos en tiempo de entrenamiento, tales como:

Rotación: Modificación del ángulo de la imagen.

Escalado: Cambios en el tamaño de los objetos dentro de la imagen.

Volteo horizontal o vertical: Inversión de la imagen.

Transformaciones de color: Variación en el brillo, saturación o contraste.

La aumentación de datos crea variaciones de las imágenes de entrenamiento sin modificar las etiquetas, lo que permite que el modelo aprenda a ser robusto frente a cambios en el entorno visual.

#### **5.3.2.6 Evaluación Durante el Entrenamiento.**

Al igual que en otros modelos de deep learning, durante el entrenamiento de YOLOv8 es fundamental evaluar el rendimiento del modelo en un conjunto de validación. Algunas de las métricas comunes utilizadas incluyen:

Precisión Media Promedio (mAP): Mide la precisión del modelo para detectar correctamente los objetos en distintas clases. Esta métrica evalúa tanto la localización como la clasificación de los objetos.

Pérdida total: La función de pérdida general que combina errores de clasificación, localización y confianza.

Recall: Evalúa cuántos objetos relevantes fueron detectados correctamente.

### **5.3.3 Entrenamiento por Transfer Learning**

El entrenamiento desde cero puede ser costoso en términos de tiempo y recursos computacionales, por lo que YOLOv8 también admite transfer learning. Esto permite cargar un modelo preentrenado (usualmente entrenado en COCO o ImageNet) y ajustarlo (fine-tuning) para una nueva tarea específica. Durante el ajuste fino, las capas superiores del modelo son entrenadas con el nuevo conjunto de datos mientras que las capas inferiores (backbone) permanecen congeladas para preservar el conocimiento aprendido previamente.

#### **5.3.3.1 Estrategia de Multi-Escala.**

YOLOv8 incorpora una estrategia de entrenamiento multi-escala, lo que significa que el tamaño de la imagen de entrada se varía durante el entrenamiento. Esta técnica permite que el modelo sea más robusto al detectar objetos de diferentes tamaños y mejora el rendimiento general en tareas donde los objetos aparecen a distintas escalas.

### 5.3.3.2 *Post-Entrenamiento y Exportación.*

Una vez completado el entrenamiento, el modelo entrenado se exporta en formatos como ONNX, TorchScript o TensorFlow para su implementación en diferentes plataformas, como servidores en la nube, dispositivos móviles o sistemas embebidos. YOLOv8 también está diseñado para ser compatible con Nvidia TensorRT y OpenVINO para optimizar el modelo y acelerar la inferencia.

**Ilustración 11.** *Finalización del entrenamiento del modelo*

```
Validating runs\segment\train\weights\best.pt...
Ultralytics YOLOv8.2.82 Python-3.12.4 torch-2.4.0+cpu CPU (Intel Core(TM) i7-7500U 2.70GHz)
YOLOv8s-seg summary (fused): 195 layers, 11,781,148 parameters, 0 gradients, 42.4 GFLOPs

```

Class	Images	Instances	Box(P)	R	mAP50	mAP50-95	Mask(P)	R	mAP50	mAP50-95
all	731	736	0.0264	0.0025	0.00182	0.000475	0	0	0	0
Guatusa	195	197	0	0	0.00146	0.000401	0	0	0	0
Puma	211	211	0	0	0.00191	0.000546	0	0	0	0
Zaino	225	228	0	0	0.00216	0.000606	0	0	0	0
Zarigüeya	100	100	0.106	0.01	0.00174	0.000348	0	0	0	0

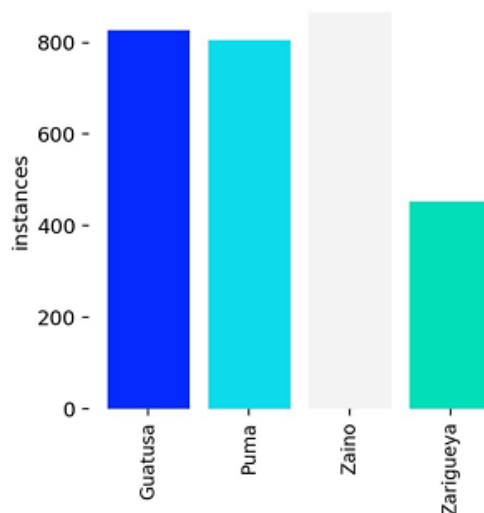
```
Speed: 3.6ms preprocess, 903.2ms inference, 0.0ms loss, 0.1ms postprocess per image
Results saved to runs\segment\train
```

**Autor:** Arturo Marcillo

### 5.3.3.3 *Pruebas y afinamiento final.*

Después del entrenamiento, el modelo se somete a pruebas exhaustivas en un conjunto de prueba que no fue utilizado durante el entrenamiento. Esto permite evaluar su rendimiento en términos de precisión, velocidad de inferencia y generalización. Si es necesario, se pueden ajustar los hiperparámetros y reentrenar el modelo para mejorar su rendimiento.

**Ilustración 12** *Numero de detecciones*



**Autor:** Arturo Marcillo

#### ***5.3.3.4 Justificación de la elección del modelo de entrenamiento.***

La elección entre MobileNet V2 y YOLOv8 depende principalmente del tipo de tarea que se busca realizar y las limitaciones del sistema en términos de recursos computacionales. MobileNet V2 es una red neuronal convolucional diseñada para la clasificación de imágenes en dispositivos con recursos limitados, como teléfonos móviles o sistemas embebidos. Está optimizada para realizar tareas de clasificación con alta eficiencia, utilizando una arquitectura ligera que emplea convoluciones depthwise separables y bloques invertidos residuales, lo que permite un equilibrio ideal entre precisión y velocidad en condiciones de baja potencia.

Por otro lado, YOLOv8 está diseñado para la detección de objetos en tiempo real, una tarea que es inherentemente más compleja y requiere más recursos. YOLOv8 es ideal para aplicaciones que necesitan detectar, clasificar y localizar múltiples objetos en una imagen simultáneamente, como sistemas de vigilancia, vehículos autónomos o drones. Su arquitectura más compleja, con un enfoque multi-escala y un uso intensivo de convoluciones profundas, lo convierte en una opción más robusta para la detección de objetos, pero también implica mayores costos computacionales y un tiempo de inferencia más largo.

MobileNet V2 está más alineado con la clasificación eficiente de imágenes, en lugar de la detección de múltiples objetos con cuadros delimitadores. MobileNet V2 es ideal cuando se necesita una solución que funcione en dispositivos con recursos limitados, o cuando el enfoque se centra en tareas de clasificación donde el tiempo de inferencia y el uso de memoria son críticos. Además, MobileNet V2 es extremadamente eficiente en términos de consumo de energía y velocidad de procesamiento, lo que la convierte en una excelente opción para aplicaciones móviles o embebidas que requieren modelos ligeros pero precisos.

#### ***5.3.4 Discusión de Segundo resultado***

La elección de MobileNet V2 es una decisión adecuada dada la necesidad de utilizar un modelo de bajo consumo energético y eficiente en términos de procesamiento. Este modelo permite realizar tareas de clasificación con un alto grado de precisión mientras utiliza menos recursos computacionales en comparación con otros modelos más complejos, como las redes neuronales convolucionales profundas (CNNs) estándar. Sin embargo, la eficiencia del modelo tiene ciertas limitaciones que deben abordarse.

Un aspecto relevante a destacar es la precisión del modelo en escenarios de campo. MobileNet V2, si bien es eficiente, puede verse afectado por variaciones en la calidad de las imágenes capturadas debido a condiciones ambientales como la iluminación, la vegetación densa o las sombras en el bosque. Estas condiciones pueden degradar la calidad de las imágenes, lo que, a su vez, podría afectar la capacidad del modelo para identificar correctamente las especies. Además, MobileNet V2 fue diseñado principalmente para tareas de clasificación de un solo objeto, lo que podría limitar su efectividad cuando se trate de imágenes que contienen múltiples especies o individuos. Para abordar estas limitaciones, se sugiere la implementación de técnicas complementarias, como el uso de YOLO (You Only Look Once), un modelo más robusto para la detección de múltiples objetos en tiempo real, que podría mejorar la precisión en la identificación de animales cuando hay varias especies en una misma imagen.

Otro punto a considerar es el entrenamiento del modelo. Para que MobileNet V2 funcione con la mayor precisión posible, es esencial que el conjunto de datos utilizado para entrenarlo incluya imágenes de alta calidad que representen las especies del Bosque Murocomba en diversas condiciones. Si el conjunto de entrenamiento está limitado o no refleja adecuadamente las condiciones del entorno, la capacidad del modelo para generalizar sus predicciones podría verse comprometida. Una solución sería incrementar el dataset con imágenes obtenidas en diversas épocas del año o en diferentes estaciones climáticas, para que el modelo sea robusto frente a variaciones estacionales y ambientales.

#### **5.4 Tercer resultado realizar una aplicación web con el modelo de entrenamiento**

La aplicación web fue diseñada con una interfaz intuitiva que facilita tanto la visualización de los datos en tiempo real como el análisis posterior de las imágenes registradas. A través del uso de tecnologías como MobileNet para el reconocimiento de imágenes, el sistema es capaz de procesar grandes volúmenes de datos multimedia, clasificando las especies detectadas con un alto grado de precisión. Esto permite a los investigadores y gestores del ecosistema acceder a información crítica sobre la presencia, distribución y comportamiento de los mamíferos en el bosque.

El desarrollo del sistema incluyó varias etapas clave:

**Entrenamiento del modelo:** Utilizando un conjunto de datos de imágenes de mamíferos provenientes de fuentes bibliográficas y datos recopilados en campo, se ajustaron los algoritmos de reconocimiento para optimizar su rendimiento.

**Diseño del aplicativo web:** El sistema fue construido en JavaScript utilizando HTML5 y CSS3 para el frontend, y Node.js en el backend, garantizando una arquitectura escalable y eficiente. El procesamiento de imágenes se realiza en tiempo real, permitiendo la detección automatizada de mamíferos con una interfaz totalmente responsiva.

**Ilustración 13.** *Presentación beta del funcionamiento y aspecto de la aplicación web*



**Autor:** Arturo Marcillo

#### 5.4.1 Carga del Modelo (TensorFlow.js y Teachable Machine)

Esta función es clave porque se encarga de cargar el modelo de aprendizaje automático entrenado en Teachable Machine. El modelo es la parte central que realiza el reconocimiento de las especies animales. Cargarlo correctamente es esencial para que el sistema pueda clasificar las imágenes proporcionadas por el usuario.

**Ilustración 14.** *Carga del Modelo (TensorFlow.js y Teachable Machine)*

```
async function loadModel() {
  try {
    console.log("Cargando el modelo...");
    const modelURL = "https://teachablemachine.withgoogle.com/models/FpEBPtVIH/model.json";
    const metadataURL = "https://teachablemachine.withgoogle.com/models/FpEBPtVIH/metadata.json";
    model = await tmImage.load(modelURL, metadataURL);
    maxPredictions = model.getTotalClasses();
    console.log("Modelo cargado correctamente.");
  } catch (error) {
    console.error("Error al cargar el modelo:", error);
    document.getElementById('result').textContent = 'Error al cargar el modelo. Por favor, revisa la URL.';
  }
}
```

**Autor:** Arturo Marcillo

### 5.4.2 Carga y Previsualización de la Imagen

Es fundamental que el usuario pueda ver la imagen que ha cargado antes de realizar la predicción, para asegurarse de que ha seleccionado la correcta. Esta función garantiza que el sistema pueda acceder a la imagen en el formato adecuado y que sea posible verificar su contenido visualmente antes de procesarla.

*Ilustración 15. Este código permite Carga y Previsualizar de la Imagen*

```
async function predict() {
  const fileInput = document.getElementById('imageInput');
  const previewImage = document.getElementById('previewImage');
  const resultText = document.getElementById('result');

  resultText.innerHTML = "";

  if (fileInput.files.length === 0) {
    resultText.textContent = 'Por favor, sube una imagen primero.';
    return;
  }

  const imageFile = fileInput.files[0];
  const reader = new FileReader();

  reader.onload = () => {
    previewImage.src = reader.result;
    previewImage.style.display = 'block';
    console.log("Imagen cargada para previsualización.");
  };
}
```

**Autor:** Arturo Marcillo

### 5.4.3 Verificación Preliminar con OpenCV

Este bloque de código utiliza OpenCV.js para realizar una verificación preliminar de la imagen cargada, convirtiéndola a escala de grises y detectando bordes mediante el algoritmo Canny. Es importante verificar que la imagen tenga suficientes bordes no nulos (detallados) antes de proceder con la predicción, para evitar procesar imágenes vacías o sin relevancia.

*Ilustración 16. Bloque de código utiliza OpenCV.js para realizar una verificación*

```
function checkImageWithOpenCV(imageElement) {
  try {
    let src = cv.imread(imageElement);
    let gray = new cv.Mat();
    cv.cvtColor(src, gray, cv.COLOR_RGBA2GRAY, 0);
    let edges = new cv.Mat();
    cv.Canny(gray, edges, 50, 100);
    let nonZero = cv.countNonZero(edges);
    console.log("Píxeles de bordes no cero: ", nonZero);

    if (nonZero < 100) {
      document.getElementById('result').textContent = 'La imagen no parece contener un animal claro.';
      return false;
    }
    return true;
  } catch (error) {
    console.error('Error durante la verificación preliminar con OpenCV:', error);
    document.getElementById('result').textContent = 'Error durante la verificación de la imagen.';
    return false;
  }
}
```

**Autor:** Arturo Marcillo

#### 5.4.4 Predicción con el Modelo

Este fragmento de código es fundamental porque realiza la predicción sobre la imagen cargada utilizando el modelo de TensorFlow. Luego selecciona la clase con la mayor probabilidad (es decir, la especie de animal más probable) y la compara con un umbral de confianza (70%). Es vital obtener predicciones precisas, pero también es importante filtrar las predicciones basadas en un umbral de confianza para evitar resultados falsos positivos. Este proceso asegura que solo se presenten al usuario predicciones confiables, mejorando la precisión general del sistema.

**Ilustración 17.** El fragmento de código realiza la predicción sobre la imagen cargada desde el equipo

```
console.log("Realizando predicción...");
const prediction = await model.predict(previewImage);

let highestPrediction = { className: "", probability: 0 };
prediction.forEach((pred) => {
  if (pred.probability > highestPrediction.probability) {
    highestPrediction = pred;
  }
});

const confidenceThreshold = 0.70;
if (highestPrediction.probability >= confidenceThreshold) {
  const classPrediction = `${highestPrediction.className}: ${(highestPrediction.probability * 100).toFixed(2)}%`;
  const predictionElement = document.createElement('p');
  predictionElement.textContent = classPrediction;
  resultText.appendChild(predictionElement);
}
```

**Autor:** Arturo Marcillo

#### 5.4.5 Mostrar la descripción del animal

Esta función se encarga de mostrar al usuario una descripción detallada del animal reconocido por el modelo. Incluye el nombre del animal, una breve descripción y una imagen representativa. No basta con decirle al usuario el nombre de la especie identificada, es importante proporcionar información adicional y una imagen de referencia que ayude al usuario a contextualizar la predicción y aprender más sobre la especie. Este enfoque hace que la aplicación no solo sea funcional, sino también educativa y atractiva visualmente.

**Ilustración 18.** función se encarga de mostrar al usuario una descripción detallada del animal reconocido por el modelo

```
function showAnimalDescription(animalName, description, imageUrl) {
  const animalDescriptionDiv = document.getElementById('animalDescription');
  const animalNameElement = document.getElementById('animalName');
  const animalInfoElement = document.getElementById('animalInfo');
  const animalPhotoElement = document.getElementById('animalPhoto');

  animalNameElement.textContent = animalName;
  animalInfoElement.textContent = description;
  // ... (código omitido) ...
  const animalDescriptionDiv: HTMLElement | null
  animalDescriptionDiv.classList.remove('hidden'); // Mostrar la descripción
}
```

**Autor:** Arturo Marcillo

#### 5.4.6 Interacción del Usuario con el HTML

Este bloque HTML define la interfaz de usuario que permite cargar la imagen, iniciar el proceso de predicción y visualizar los resultados. La interacción del usuario es una parte crucial del sistema. La posibilidad de cargar imágenes y obtener resultados de clasificación hace que la aplicación sea sencilla de usar y funcional. La interfaz debe ser clara y fácil de seguir para cualquier persona sin conocimientos técnicos, por lo que estos elementos HTML son esenciales para facilitar esa experiencia.

**Ilustración 19.** bloque HTML define la interfaz de usuario que permite cargar la imagen

```
<h1>Clasificador de Especies Animales</h1>
<input type="file" id="imageInput" accept="image/*">
<button onclick="predict()">Clasificar Imagen</button>
<p id="result">Resultados aparecerán aquí...</p>
<img id="previewImage" style="display: none;">
```

**Autor:** Arturo Marcillo

#### 5.4.7 Discusión del Tercer resultado

La creación de esta aplicación web es un avance notable para el reconocimiento de la fauna. Al facilitar el acceso a los datos, la herramienta se convierte en una plataforma versátil para investigadores, guardabosques y ecoturistas. Además, la capacidad de la aplicación para analizar grandes volúmenes de imágenes que requiere el monitoreo por medio de cámaras trampa, permitiendo una mayor eficiencia en la recopilación y análisis de datos.

La efectividad de la aplicación depende en gran medida de la robustez del sistema de detección y de la calidad del conjunto de datos utilizado para entrenar el modelo. Como se mencionó anteriormente, la variabilidad en las condiciones ambientales puede afectar la precisión de las predicciones del modelo, lo cual podría derivar en falsas detecciones o en la omisión de especies clave. Para mitigar estos riesgos, sería útil integrar mecanismos de verificación manual o algoritmos complementarios que validen las predicciones antes de que sean publicadas en tiempo real. La combinación de visión por computadora con técnicas de machine learning supervisado podría mejorar la confiabilidad del sistema.

Otro aspecto importante a considerar es la usabilidad de la aplicación para diferentes grupos de usuarios. Si bien el enfoque está claramente orientado a los investigadores, una herramienta de este tipo podría ser extremadamente útil también para fines educativos. La aplicación podría fomentar una mayor conciencia y apoyo a las iniciativas de conservación. Para que esto sea efectivo, la interfaz debe ser intuitiva y de fácil navegación para usuarios sin formación técnica, lo cual podría requerir ajustes en el diseño de la interfaz y la incorporación de funciones interactivas adicionales, como descripciones detalladas de las especies o mapas de distribución.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

- El objetivo de identificar las especies de mamíferos en el Bosque Protector Murocomba se cumplió exitosamente mediante la implementación de cámaras trampa y la revisión de literatura científica. Los resultados confirmaron la presencia de diversas especies clave y proporcionaron información precisa sobre sus patrones de comportamiento. Esto ha establecido una base sólida para futuras estrategias de conservación y manejo sostenible del área.
- La creación de un modelo de entrenamiento basado en algoritmos avanzados como MobileNet V2 demostró ser eficaz en la identificación de mamíferos con alta precisión. Este logro refuerza la viabilidad en la detección de fauna silvestre, permitiendo una recopilación de datos más eficiente, lo cual es esencial para la protección de la biodiversidad.
- La aplicación web desarrollada permitió integrar los modelos de reconocimiento, facilitando el análisis y la visualización de datos de manera accesible. Esta herramienta cumplió con el objetivo de automatizar el proceso de monitoreo y mostró potencial para su uso educativo, contribuyendo al entendimiento y sensibilización sobre la importancia de la conservación de la fauna en el Bosque Protector Murocomba.

## 6.2 Recomendaciones

- **Capacitación y Colaboración Interdisciplinaria:** Es esencial proporcionar capacitación continua al equipo responsable del manejo y análisis de los datos generados por el sistema de reconocimiento. Además, se recomienda fomentar la colaboración interdisciplinaria entre biólogos, ingenieros y expertos en conservación, asegurando así que los resultados obtenidos se apliquen eficazmente en la gestión y protección del Bosque Protector Murocomba, con la aspiración de convertirlo en una reserva natural.
- **Integración de Tecnologías Complementarias:** Para mejorar la precisión y alcance del sistema de reconocimiento, se sugiere la incorporación de tecnologías adicionales, como sensores acústicos o drones, que puedan capturar información de áreas donde las cámaras trampa tienen limitaciones. Estos datos complementarios pueden enriquecer los resultados de reconocimiento y ofrecer una visión más amplia del ecosistema.
- **Optimización Continua del Modelo:** Se recomienda continuar optimizando la red neuronal mediante la incorporación de nuevos datos y ajustes en los parámetros del modelo. Esto incluye la recolección de imágenes adicionales en diversas condiciones y la aplicación de técnicas de aumento de datos, mejorando así la precisión y adaptabilidad del sistema de reconocimiento a diferentes especies y situaciones.

## **CAPÍTULO VII**

### **BIBLIOGRAFÍA**

## 7.1 Referencias

- [1] A. A. Rija, R. Critchlow, C. D. Thomas, and C. M. Beale, “Global extent and drivers of mammal population declines in protected areas under illegal hunting pressure,” *PLoS One*, vol. 15, no. 8, p. e0227163, Aug. 2020, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0227163.
- [2] K. O. Onditi *et al.*, “The management effectiveness of protected areas in Kenya,” *Biodivers Conserv*, vol. 30, no. 13, pp. 3813–3836, Nov. 2021, doi: 10.1007/S10531-021-02276-7.
- [3] G. Ceballos and P. R. Ehrlich, “Mammal population losses and the extinction crisis,” *Science*, vol. 296, no. 5569, pp. 904–907, May 2002, doi: 10.1126/SCIENCE.1069349.
- [4] M. Clapham, E. Miller, M. Nguyen, and C. T. Darimont, “Automated facial recognition for wildlife that lack unique markings: A deep learning approach for brown bears,” *Ecol Evol*, vol. 10, no. 23, pp. 12883–12892, Dec. 2020, doi: 10.1002/ECE3.6840.
- [5] N. Myers, R. A. Mittermeyer, C. G. Mittermeyer, G. A. B. Da Fonseca, and J. Kent, “Biodiversity hotspots for conservation priorities,” *Nature*, vol. 403, no. 6772, pp. 853–858, Feb. 2000, doi: 10.1038/35002501.
- [6] S. A. Wich and L. P. Koh, “Conservation drones: Mapping and monitoring biodiversity,” *Conservation Drones: Mapping and Monitoring Biodiversity*, pp. 1–118, Aug. 2018, doi: 10.1093/OSO/9780198787617.001.0001.00000
- [7] B. J. Cardinale *et al.*, “Biodiversity loss and its impact on humanity,” *Nature*, vol. 486, no. 7401, pp. 59–67, Jun. 2012, doi: 10.1038/NATURE11148.
- [8] P. W. Hedrick, “Conservation genetics: where are we now?,” *Trends Ecol Evol*, vol. 16, no. 11, pp. 629–636, Nov. 2001, doi: 10.1016/S0169-5347(01)02282-0.
- [9] C. Mora, D. P. Tittensor, S. Adl, A. G. B. Simpson, and B. Worm, “How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?,” *PLoS Biol*, vol. 9, no. 8, p. 1001127, Aug. 2011, doi: 10.1371/JOURNAL.PBIO.1001127.
- [10] W. F. Laurance *et al.*, “A global strategy for road building,” *Nature*, vol. 513, no. 7517, pp. 229–232, Sep. 2014, doi: 10.1038/NATURE13717.

- [11] J. M. Rey Benayas, A. C. Newton, A. Diaz, and J. M. Bullock, “Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: A meta-analysis,” *Science (1979)*, vol. 325, no. 5944, pp. 1121–1124, Aug. 2009, doi: 10.1126/SCIENCE.1172460/SUPPL\_FILE/REY\_BENAYAS.SOM.PDF.
- [12] W. J. Ripple *et al.*, “Bushmeat hunting and extinction risk to the world’s mammals,” *R Soc Open Sci*, vol. 3, no. 10, Oct. 2016, doi: 10.1098/RSOS.160498.
- [13] J. E. M. Watson, N. Dudley, D. B. Segan, and M. Hockings, “The performance and potential of protected areas,” *Nature*, vol. 515, no. 7525, pp. 67–73, Nov. 2014, doi: 10.1038/NATURE13947.
- [14] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, “Deep learning,” *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, May 2015, doi: 10.1038/NATURE14539.
- [15] O. Russakovsky *et al.*, “ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge,” *Int J Comput Vis*, vol. 115, no. 3, pp. 211–252, Dec. 2015, doi: 10.1007/S11263-015-0816-Y/FIGURES/16.
- [16] S. Christin, É. Hervet, and N. Lecomte, “Applications for deep learning in ecology,” *Methods Ecol Evol*, vol. 10, no. 10, pp. 1632–1644, Oct. 2019, doi: 10.1111/2041-210X.13256.
- [17] W. Turner, S. Spector, N. Gardiner, M. Fladeland, E. Sterling, and M. Steininger, “Remote sensing for biodiversity science and conservation,” *Trends Ecol Evol*, vol. 18, no. 6, pp. 306–314, Jun. 2003, doi: 10.1016/S0169-5347(03)00070-3.
- [18] F. Rovero, F. Zimmermann, D. Berzi, and P. Meek, “‘Which camera trap type and how many do I need?’ A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications,” *Hystrix*, vol. 24, no. 2, 2013, doi: 10.4404/HYSTRIX-24.2-6316.
- [19] A. Swanson, M. Kosmala, C. Lintott, and C. Packer, “A generalized approach for producing, quantifying, and validating citizen science data from wildlife images,” *Conservation Biology*, vol. 30, no. 3, p. 520, Jun. 2016, doi: 10.1111/COBI.12695.
- [20] “Guías para desarrolladores | Android Developers.” Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://developer.android.com/guide?hl=es-419>

- [21] “JavaScript | MDN.” Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript>
- [22] “Node.js — Run JavaScript Everywhere.” Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://nodejs.org/en>
- [23] “HTML: Lenguaje de etiquetas de hipertexto | MDN.” Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML>
- [24] A. G. Howard *et al.*, “MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications,” Apr. 2017, Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1704.04861v1>
- [25] A. C. Burton *et al.*, “Wildlife camera trapping: A review and recommendations for linking surveys to ecological processes,” *Journal of Applied Ecology*, vol. 52, no. 3, pp. 675–685, Jun. 2015, doi: 10.1111/1365-2664.12432.
- [26] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, “Deep learning,” *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, May 2015, doi: 10.1038/NATURE14539.
- [27] W. Turner, S. Spector, N. Gardiner, M. Fladeland, E. Sterling, and M. Steininger, “Remote sensing for biodiversity science and conservation,” *Trends Ecol Evol*, vol. 18, no. 6, pp. 306–314, Jun. 2003, doi: 10.1016/S0169-5347(03)00070-3.
- [28] M. A. Tabak *et al.*, “Machine learning to classify animal species in camera trap images: Applications in ecology,” *Methods Ecol Evol*, vol. 10, no. 4, pp. 585–590, Apr. 2019, doi: 10.1111/2041-210X.13120.
- [29] M. Besson *et al.*, “Towards the fully automated monitoring of ecological communities,” *Ecol Lett*, vol. 25, no. 12, p. 2753, Dec. 2022, doi: 10.1111/ELE.14123.
- [30] C. Trapping *et al.*, “10/12/2014 Camera Trapping, Don Swann Paul Meek, Peter Fleming, Guy Ballard, Peter Banks, Andrew Claridge, Jim Sanderson and, 9781486300396,” p. 7150, 2014.
- [31] X. P. Pacheco, “How Technology Can Transform Wildlife Conservation,” *Green Technologies to Improve the Environment on Earth*, Apr. 2019, doi: 10.5772/INTECHOPEN.82359.
- [32] “Constitución de la República del Ecuador”.

- [33] “LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION”, Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- [34] R. DE Correa Delgado PRESIDENTE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, “DIOS, PATRIA Y LIBERTAD”, Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- [35] “CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA NACIONES UNIDAS 1992”.
- [36] “2-Tercer Suplemento-Registro Oficial N° 439-Miércoles 18 de febrero de 2015”.
- [37] “3 Reglamento de Radiocomunicaciones Resoluciones y Recomendaciones”.
- [38] authorCorporate:National L. of Australia, “Directrices para la preservación del patrimonio digital,” 2003, Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000130071\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000130071_spa)
- [39] “VIKERI – To Catch the Moment You Like.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://vikeri.tech/>
- [40] “Browning Trail Cameras.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://browningtrailcameras.com/>
- [41] “Trail Cameras, Hunting & Cellular Cameras | Bushnell.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.bushnell.com/trail-cameras-2/>
- [42] “Stealth Cam - The Leader In Trail Camera Technology.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.stealthcam.com/>
- [43] “See What You’ve Been Missing... | Reconyx.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.reconyx.com/>
- [44] “PyCharm: the Python IDE for data science and web development.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.jetbrains.com/pycharm/>
- [45] “Visual Studio Code - Code Editing. Redefined.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://code.visualstudio.com/>
- [46] “Sublime Text - Text Editing, Done Right.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.sublimetext.com/>

- [47] “Sunsetting Atom - The GitHub Blog.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://github.blog/news-insights/product-news/sunsetting-atom/>
- [48] “Java Documentation - Get Started.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://docs.oracle.com/en/java/>
- [49] “3.12.4 Documentation.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/>
- [50] “W3C HTML.” Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.w3.org/html/>
- [51] D. Tirira, “LISTADO BIBLIOGRÁFICO SOBRE LOS MAMÍFEROS DEL ECUADOR,” 2000, Accessed: Aug. 08, 2024. [Online]. Available: [www.ecociencia.org](http://www.ecociencia.org)
- [52] C. Barros-Diaz and N. M. Moreira, “Métodos para el estudio de mamíferos Métodos para el estudio de mamíferos Guía de Huellas y Pelos de Guardia del Pacífico Ecuatorial”.
- [53] “(16) (PDF) Conservación de mamíferos en las áreas protegidas de la Amazonía: un estudio de caso del Parque Nacional Ichigkat Muja -Cordillera del Cóndor en Perú (Traducción Española).” Accessed: Aug. 08, 2024. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/351273828\\_Conservacion\\_de\\_mamiferos\\_en\\_las\\_areas\\_protegidas\\_de\\_la\\_Amazonia\\_un\\_estudio\\_de\\_caso\\_del\\_Parque\\_Nacional\\_Ichigkat\\_Muja\\_-Cordillera\\_del\\_Condor\\_en\\_Peru\\_Traduccion\\_Espanola](https://www.researchgate.net/publication/351273828_Conservacion_de_mamiferos_en_las_areas_protegidas_de_la_Amazonia_un_estudio_de_caso_del_Parque_Nacional_Ichigkat_Muja_-Cordillera_del_Condor_en_Peru_Traduccion_Espanola)
- [54] E. S. Suazo *et al.*, “Simposio Internacional de Recursos Genéticos para las Américas y el Caribe EDITORES”.
- [55] “Monitoreo de la biodiversidad con cámaras-trampa en la Restauración Ecológica del Paisaje en la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul, CIMA.” Accessed: Aug. 08, 2024. [Online]. Available: <https://www.cima.org.pe/es/noticias/monitoreo-de-la-biodiversidad-con-camaras-trampa-en-la-restauracion-ecologica-del-paisaje-en-la-zona-de-amortiguamiento-del-parque-nacional-cordillera-azul>
- [56] C. Mariscal, “Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador Área de Estudios Sociales y Globales”.

- [57] J. M. Banderas *et al.*, “ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA ESTUDIO PREVIO JUSTIFICATIVO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE COMPETENCIA FEDERAL ESTUDIO PREVIO JUSTIFICATIVO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE COMPETENCIA FEDERAL”.
- [58] D. J. Lizcano, “Trampas cámara como herramienta para estudiar mamíferos silvestres,” *Mammalogy Notes*, vol. 5, no. 1, pp. 31–35, Jan. 2018, doi: 10.47603/MANOVOL5N1.31-35.
- [59] “Home - Ultralytics YOLO Docs.” Accessed: Aug. 08, 2024. [Online]. Available: <https://docs.ultralytics.com/>
- [60] M. CİHAN and M. CEYLAN, “KÇ3B-ESA: Hiperspektral Görüntü Sınıflandırması için Yeni 3B Evrişimli Sinir Ağı ve Uzaktan Algılama Uygulaması,” *European Journal of Science and Technology*, Oct. 2020, doi: 10.31590/EJOSAT.802890).
- [61] surya m, “A Survey of Deep Learning-based Object Detection.” Accessed: Aug. 08, 2024. [Online]. Available: [https://www.academia.edu/40683300/A\\_Survey\\_of\\_Deep\\_Learning\\_based\\_Object\\_Detection](https://www.academia.edu/40683300/A_Survey_of_Deep_Learning_based_Object_Detection)
- [62] R. M. Calle Quispe, M. Aghaei Gavari, E. Aguilar Torres, R. M. Calle Quispe, M. Aghaei Gavari, and E. Aguilar Torres, “Hacia una detección precisa de cascos de seguridad en tiempo real a través de un método basado en el aprendizaje profundo,” *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 31, pp. 0–0, 2023, doi: 10.4067/S0718-33052023000100212.

## **CAPITULO VII**

### **ANEXOS**

**Anexo 1** Entrevista a encargado del Bosque protector Murocomba para el estudio de lugares estratégicos donde frecuentan las especies.



**Autor:** Arturo Adrian Marcillo Yépez

**Anexo 2** Verificación de huellas de mamíferos dando a conocer sitios en los que frecuentan.



**Autor:** Arturo Marcillo

**Anexo 3** Mediante el estudio exhaustivo y entrevistas se instalaron cámaras trampa para la recolección de imágenes.



Autor: Arturo Marcillo

**Anexo 4** Revisión de imágenes de las cámaras trampa



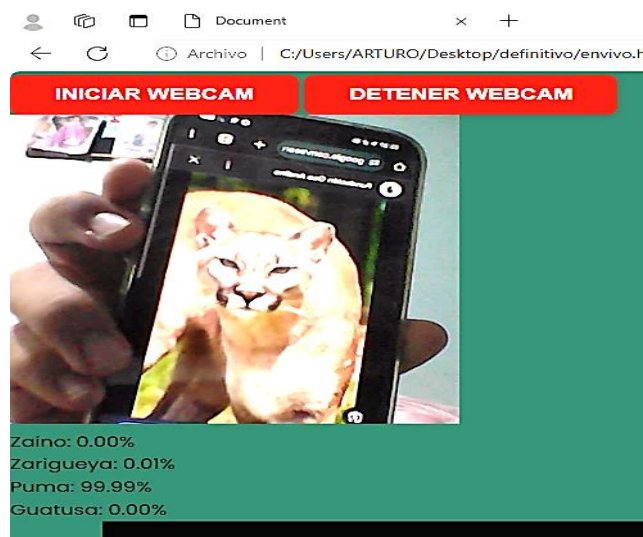
Autor: Arturo Marcillo

**Anexo 5** Manera en la que se etiqueto las agrupaciones de las imágenes.

```
index.html  dataset.yaml  notesjson x
notesjson > ...
1  [
2  "categories": [
3  {
4  "id": 0,
5  "name": "Guatusa"
6  },
7  {
8  "id": 1,
9  "name": "Puma"
10 },
11 {
12 "id": 2,
13 "name": "Zaino"
14 },
15 {
16 "id": 3,
17 "name": "Zarigueya"
18 }
19 ],
20 "info": {
21 "year": 2024,
22 "version": "1.0",
23 "contributor": "Label Studio"
24 }
25 ]
```

**Autor:** Arturo Marcillo

**Anexo 6** Presentación de la sección de identificación de imagen en mediante el uso de la webcam del dispositivo.



**Autor:** Arturo Marcillo

**Anexo 7** Sección en la que por medio de la selección de imágenes precargadas realiza el reconocimiento de las diferentes especies.



**Autor:** Arturo Marcillo

**Anexo 8** Entrega de los resultados al realizar el reconocimiento de un grupo de imágenes



**Autor:** Arturo Marcillo

**Anexo 9** Certificación del dataset e imágenes capturadas en el bosque protector Murocomba por el Blgo. Juan Pablo Urdánigo Zambrano.



**Autor:** Arturo Marcillo