



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**

### **APLICADAS**

#### **CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

#### **PROPUESTA TECNOLÓGICA**

TEMA:

**Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para el estudio de las especies de moscas para el proyecto generativo fruticultura biointensiva**

PROPUESTA TECNOLÓGICA PRESENTADO PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN

**AUTORES:**

Cristian Fernando Almache Lema

Acksohn Alberth Maquilon Magno

**TUTOR:**

Ing. Diego Geovanny Falconí Punguil

**LATACUNGA-ECUADOR**

**MARZO-2025**

## DECLARACIÓN DE AUDITORIA

**ALMACHE LEMA CRISTIAN FERNANDO**, con cédula de ciudadanía No. 1723650071, **MAQUILON MAGNO ACKSOHN ALBERTH** Segundo Autor, con cédula de ciudadanía No. 2100740501 declaramos ser autores de la presente PROPUESGTA TECNÓLOGICA: "DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA EL ESTUDIO DE LAS ESPECIES DE MOSCAS PARA EL PROYECTO GENERATIVO FRUTICULTURA BIOINTENSIVA", siendo el Ing. Mg. Diego Geovanny Falconí Punguil, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, febrero del 2025



Almache Lema Cristian Fernando  
C.C: 1723650071



Maquilon Magno Acksohn Alberth  
C.C: 2100740501

## **AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

En calidad de Tutor de la propuesta tecnológica con el título: "**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA EL ESTUDIO DE LAS ESPECIES DE MOSCAS PARA EL PROYECTO GENERATIVO FRUTICULTURA BIOINTENSIVA**", de los estudiantes: **ALMACHE LEMA CRISTIAN FERNANDO** con C.I. 172365007-1 y **MAQUILON MAGNO ACKSOHN ALBERTH** con C.I. 210074050-1 de la Carrera de Ingeniería de Sistemas de Información, considero que dicho Informe de la propuesta tecnológica cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2025



.....  
Ing. MSc. Diego Geovanny Falconi Punguil

C.C.: 0550080774

## AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de la Propuesta Tecnológica con el Título "DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA EL ESTUDIO DE LAS ESPECIES DE MOSCAS PARA EL PROYECTO GENERATIVO FRUTICULTURA BIOINTENSIVA", propuesto por los estudiantes **ALMACHE LEMA CRISTIAN FERNANDO** y **MAQUILON MAGNO ACKSOHN ALBERTH** de la Carrera de **Ingeniería en Sistemas de Información**, me permito indicar que los estudiantes han concluido todas las observaciones y han realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, además de validar el funcionamiento de la propuesta tecnológica, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad presencial, en virtud de lo cual los postulantes pueden presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,



**Lector 1 (Presidente)**

Mg. Victor Hugo Medina Matute

CC.: 0501373955



**Lector 2**

Mg. Jorge Bladimir Rubio Peñaherrea

CC.: 0502222292



**Lector 3**

Mg. Miryan Dorila Iza Carate

CC.: 0501927617

## **AGRADECIMIENTO**

*Expreso mi más sincero agradecimiento a la **Universidad Técnica de Cotopaxi** por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y por abrirme las puertas al conocimiento. Asimismo, extendiendo mi gratitud a los docentes que, con su dedicación y compromiso, contribuyeron significativamente a mi crecimiento personal y profesional, permitiéndome desarrollar habilidades y fortalecer mis competencias. De manera especial, agradezco a mi tutor por su invaluable orientación y apoyo a lo largo de este proceso, cuyas recomendaciones y conocimientos han sido fundamentales para la culminación de esta tesis.*

*Agradezco, en primer lugar, a **Dios**, por brindarme fortaleza y guía en cada etapa de mi vida. A mi madre, **Rosa Lema**, por su apoyo incondicional, sus consejos y por ser un pilar fundamental en mi formación. A mis hermanos, **Geovanny, Gustavo y Guillermo**, por su constante respaldo, en especial a **Geovanny Almache**, quien ha sido una figura paterna para mí, brindándome su apoyo incondicional, sus enseñanzas y su guía en todo momento.*

*Extendiendo mi gratitud a mi novia, **Karen Altamirano**, por su paciencia, compañía y por ser un soporte emocional clave con su apoyo, consejos y conocimientos. A mi **cuñada Alexandra**, por su respaldo y confianza. A mis sobrinos, **Leonardo, Naythan y Rebeca**, por iluminar mis días con su alegría y recordarme la importancia de seguir adelante con entusiasmo.*

*Finalmente, me agradezco a mí mismo por la perseverancia, disciplina y determinación con la que he enfrentado cada desafío, equilibrando el estudio, el trabajo y otras responsabilidades sin perder la motivación.*

*A todos ustedes, que han sido parte de mi trayectoria, les estaré eternamente agradecido.*

**Cristian Fernando Almache Lema**

## **AGRADECIMIENTO**

*Con el corazón lleno de gratitud, en primer lugar, agradezco a Dios Jehová, quien ha sido mi guía y fortaleza en este camino. A mi madre Janeth Magno, gracias por tu amor infinito, por cada sacrificio, cada palabra de aliento y cada enseñanza. Gracias por mostrarme que, con esfuerzo, dedicación y valentía, no hay obstáculo que no pueda superarse. No hay palabras suficientes para expresar cuánto significas para mí. A mi padre Ángel Maquilon, que, aunque ya no está físicamente, sé que su amor y sus enseñanzas siguen presentes en mi vida. Gracias por inculcarme valores que me han guiado y ayudado a convertirme en la persona que soy hoy. A mi pareja Vanessa Hernández, mi refugio en los momentos difíciles, gracias por tu apoyo incondicional, por sostenerme cuando dudé de mí mismo y por cada palabra de aliento cuando el camino se tornaba difícil. Tu presencia ha sido un faro de esperanza y motivación. A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente. A mis docentes, quienes compartieron sus conocimientos, su tiempo y su pasión por la enseñanza.*

**Acksohn Alberth Maquilon Magno**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo con profundo cariño y gratitud a todas las personas que han sido parte de mi camino. A mi madre, **Rosa Lema**, quien, con esfuerzo y sacrificio, ha sabido sacarnos adelante, brindándonos siempre su apoyo incondicional. A mis hermanos, **Geovanny, Gustavo y Guillermo**, quienes me han apoyado.*

*A mi novia, **Karen Altamirano**, por su constante apoyo y compañía en este proceso. A mi cuñada **Alexandra**, por su confianza y respaldo. A mis sobrinos, **Leonardo, Naythan y Rebeca**, cuya alegría ha sido un impulso en mis días más agotadores.*

*Y, por último, me dedico este logro a mí mismo, por mi perseverancia, por no rendirme ante los desafíos y por seguir adelante con determinación.*

*A todos ustedes, gracias por ser parte de mi historia.*

**Cristian Fernando Almache Lema**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, el pilar fundamental de mi vida, por ser mi guía en este camino y por brindarme su amor incondicional. Gracias por cada sacrificio, por su apoyo constante y por sus sabios consejos que me dieron fuerzas en los momentos más difíciles. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.*

*A mi pareja, por su amor, paciencia y compañía inquebrantable. Gracias por estar siempre al pendiente de mí, por cada palabra de aliento y por ser mi refugio en los días de duda. Tu apoyo incondicional ha sido mi fortaleza en este proceso.*

***Acksohn Alberth Maquilon Magno***

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO: “DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA EL ESTUDIO DE LAS ESPECIES DE MOSCAS PARA EL PROYECTO GENERATIVO FRUTICULTURA BIOINTENSIVA”**

**AUTORES:**

Cristian Fernando Almache Lema

Acksohn Alberth Maquilon Magno

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación se enfoca en el desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para la identificación de especies de moscas de la fruta en el contexto de un proyecto generativo de fruticultura biointensiva en la provincia de Cotopaxi. Mediante el diseño de modelos 3D realistas de las especies de moscas de la fruta y su integración con códigos QR, se busca proporcionar una herramienta interactiva y educativa dentro de un repositorio virtual, facilitando el reconocimiento e identificación detallada de estas especies. Para el desarrollo del aplicativo, se utilizó la metodología cualitativa, la cual permitió la recolección de información en campo, el análisis de datos y la implementación de soluciones tecnológicas. El diseño y la visualización 3D se llevaron a cabo en la herramienta de Blender, mientras que Unity se empleó para la integración de los modelos en una experiencia de realidad aumentada funcional. Google Colab se utilizó como entorno para el procesamiento y análisis de datos de las moscas de la fruta. Además, el modelo COCOMO permitió estimar el costo y esfuerzo del desarrollo del software.

La aplicación se sometió a pruebas para garantizar su usabilidad, funcionalidad y estabilidad, por lo que el prototipo final combina innovación tecnológica y facilidad de uso, contribuyendo a la gestión efectiva de plagas en cultivos frutícolas.

**Palabras clave:** Realidad aumentada, fruticultura biointensiva, códigos QR, modelos 3D, Blender, Unity, Google Colab, COCOMO.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE: “DEVELOPMENT OF AN AUGMENTED REALITY APPLICATION FOR THE STUDY OF FLY SPECIES FOR THE GENERATIVE BIOINTENSIVE FRUIT GROWING PROJECT”**

**AUTHOR(S):**

Cristian Fernando Almache Lema

Acksohn Alberth Maquilon Magno

## ABSTRACT

This research project focuses on the development of an augmented reality application for the study of fruit fly species in the context of a generative biointensive fruit growing project in the province of Cotopaxi. By designing realistic 3D models of fruit fly species and integrating them with QR codes, we seek to provide an interactive and educational tool for farmers, thus facilitating the recognition of species that affect their crops. For the development of the application, the Action-Research methodology was used, which allowed the collection of information in the field, the analysis of data and the implementation of technological solutions. The design and 3D visualization were carried out in the Blender tool, while Unity was used for the integration of the models in a functional augmented reality experience. Google Colab was used as an environment for the processing and analysis of data on fruit flies. In addition, the COCOMO model allowed the estimation of the cost and effort of software development.

The application was tested to ensure its usability, functionality and stability, so the final prototype combines technological innovation and ease of use, contributing to the effective management of pests in fruit crops.

**Keywords:** Augmented reality, biointensive fruit farming, QR codes, 3D models, Blender, Unity, Google Colab, COCOMO.

## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés de la propuesta tecnológica cuyo título versa: **"DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA EL ESTUDIO DE LAS ESPECIES DE MOSCAS PARA EL PROYECTO GENERATIVO FRUTICULTURA BIOINTENSIVA"** presentado por: **Almache Lema Cristian Fernando y Maquilon Magno Acksohn Alberth**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería en Sistemas de la Información**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 20 de febrero del 2025

Atentamente,



Mg. Lidia Rebeca Yugla Lema

**DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS-UTC**

CI: 0502652340



## ÍNDICE GENERAL

.....	i
DECLARACIÓN DE AUDITORIA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	iii
AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	xviii
2. INTRODUCCIÓN .....	1
2.1. Situación problemática .....	1
2.2. Formulación del problema .....	2
2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	2
2.3.1. Objeto de Investigación .....	2
2.3.2. Campo de acción.....	2
2.4. BENEFICIARIOS .....	2
2.4.1. Beneficiarios Directos .....	2
2.4.2. Beneficiarios Indirectos .....	2
2.5. JUSTIFICACIÓN .....	2
2.6. OBJETIVOS .....	3
2.6.1. Objetivo General.....	3
2.6.2. Objetivos Específicos .....	4
2.6.3. SISTEMA DE TAREAS .....	4
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	5
3.1. ANTECEDENTES .....	5

3.2. CONCEPTOS TEÓRICOS .....	8
3.2.1. Aplicación Móvil .....	8
3.2.1.1. Sistema operativo Android .....	8
3.2.1.2. Android Studio .....	8
3.2.1.3. SDK de Android studio .....	8
3.2.2. Realidad Aumentada.....	9
3.2.2.1. Blender.....	9
3.2.2.2. Visión Computacional .....	9
3.2.2.3. Procesamiento de Imágenes.....	10
3.2.2.4. Adquisición y almacenamiento.....	10
3.2.2.5. Pre procesamiento.....	10
3.2.2.6. Segmentación.....	11
3.2.2.7. Reconocimiento de patrones .....	11
3.2.2.8. Proceso de creación de modelos .....	11
3.2.2.8.1. Escaneo y diseño.....	12
3.2.2.8.2. Texturización y animación .....	12
3.2.2.8.3. Exportación y uso de RA.....	12
3.2.2.8.4. Modelado 3D de imágenes .....	13
3.2.2.9. Integración de códigos QR .....	13
3.2.2.9.1. Vuforia.....	13
3.2.2.9.2. Generación de códigos QR.....	13
3.2.2.9.3. Escaneo y procesamiento.....	13
3.3. Unity .....	13
3.3.1. Unity Barracuda .....	14
3.3.1.1. Compatibilidad multiplataforma.....	14
3.3.1.2. Optimización para dispositivos móviles .....	15
3.3.2. Formato .onnx.....	15

3.3.2.1. Soporte para modelos .onnx .....	16
3.3.2.2. Características del formato .onnx .....	16
3.3.2.2.1. Interoperabilidad .....	16
3.3.2.2.2. Eficiencia en la ejecución .....	17
3.3.2.2.3. Compatibilidad con frameworks y motores.....	17
3.3.2.2.4. Flexibilidad .....	18
3.3.3. Proceso de integración.....	18
3.3.3.1. Importación del modelo .....	18
3.3.3.2. Configuración del pipeline de inferencia.....	19
3.3.3.3. Ejecución en tiempo real .....	19
3.3.3.4. Preparación e integración del modelo en Unity.....	20
3.3.4. Entrenamiento del modelo .....	21
3.3.4.1. Evaluación y validación.....	21
3.3.4.2. Integración en la aplicación .....	22
3.4. Inteligencia artificial .....	22
3.4.1. Entorno basado en la Web .....	23
3.4.2. Compatibilidad con bibliotecas populares .....	23
3.4.3. Generación de un modelo pre entrenado .....	24
3.4.4. Proceso en Google Colab.....	24
3.4.5. El uso de la IA en el proyecto.....	25
3.4.6. Automatización del reconocimiento .....	25
3.4.6.1. Eficiencia en el análisis .....	25
3.4.6.2. Precisión en los resultados .....	26
3.4.6.3. Procesamiento en tiempo real.....	26
4. METODOS Y PROCESAMIENTOS .....	26
4.1. METODOLOGÍA .....	26
4.1.1. Tipo de investigación.....	26

4.1.2. Nivel de investigación .....	27
4.1.3. Diseño de investigación.....	27
4.1.4. Técnicas para recolección de datos.....	28
4.1.5. Herramientas para el análisis de datos .....	28
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	29
5.1. Evaluación de la aplicación .....	29
5.1.1. Pruebas de la aplicación.....	41
5.1.2. Efectividad del reconocimiento de códigos QR en la Aplicación .....	43
5.2. Impacto de la Metodología Utilizada .....	44
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	46
6.1. Conclusiones.....	46
6.2. Recomendaciones .....	46
7. REFERENCIAS .....	47
8. ANEXOS .....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de tareas .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 2. Comparación de herramientas de diseño .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3. Comparación de otras herramientas .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 4. Prueba de la aplicación1 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 5. Prueba de la aplicación 2 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 6. Prueba de la aplicación 3 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 7. Prueba de la aplicación 4 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 8. Rendimiento de la app en distancia para reconocer el código QR .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Tabla 9. Costos mediante el modelo Cocomo .....	48
Tabla 10. Requisito 1 .....	56
Tabla 11. Requisito 2 .....	56
Tabla 12. Requisito 3 .....	57
Tabla 13. Requisito 4 .....	57
Tabla 14. Requisito 5 .....	57
Tabla 15. Requisito 6 .....	58
Tabla 16. Requisito 7 .....	58
Tabla 17. Requisito 8 .....	59
Tabla 18. Requisito 9 .....	59
Tabla 19. Requisito 10 .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imágenes cargadas en el escenario de Blender .....	29
Figura 2. Selección de una esfera en Blender .....	30
Figura 3. Aplicando recorte al plano para poder sacar la forma del ala .....	30
Figura 4. Esqueleto o modelo de la mosca .....	31
Figura 5. Mosca 3D con color .....	31
Figura 6. Uso de las herramientas de Vuforia para cargar el modelo y la imagen .....	32
Figura 7. Carga de imágenes en la carpeta Anastrepha .....	32
Figura 8. Carga de imágenes en la carpeta no Anastrepha .....	33
Figura 9. Construir el modelo con MobileNetV2 .....	33
Figura 10. Integración de barracuda al proyecto con el modelo .onnx cargado .....	33
Figura 11. Escenas en Unity .....	34
Figura 12. Opciones de UI .....	34
Figura 13. Información de una mosca .....	35
Figura 14. Zonas donde afecta una mosca .....	35
Figura 15. Reconocimiento de imágenes en la aplicación.....	36
Figura 16. Realidad aumentada al escanear un código QR con la aplicación .....	36
Figura 17. Acceso a los archivos del drive (que se usó para guardar las imágenes) .....	36
Figura 18. Configuración de rutas para el dataset .....	37
Figura 19. Cargar el dataset con clases.....	37
Figura 20 Modelo entrenado en formato .onnx .....	37
Figura 21. Precisión del modelo .....	38
Figura 22. Perdida del modelo .....	38
Figura 23. Rendimiento del reconocimiento de códigos QR, por distancia. ....	44

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para el estudio de las especies de moscas para el proyecto generativo fruticultura biointensiva.

**Tipo de Proyecto:** Propuesta Tecnológica

**Carrera:** Ingeniería en Sistemas de Información

**Línea de investigación:** Tecnología de la Información y las comunicaciones, robótica, automatización y optimización de sistemas.

**Sublíneas de investigación de la Carrera:** Ciencias informáticas para la modelación de Sistemas de Información a través del desarrollo de software.

**Equipo de Trabajo:**

**Tutor de titulación:**

**Nombre:** Ing. Diego Geovanny Falconí Punguil

**Cédula de Identidad:** 0550080774

**Correo electrónico:** diego.falconi0774@utc.edu.ec

**Dirección:** Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi

**Estudiantes:**

**Nombre:** Cristian Fernando Almache Lema

**Cédula de Identidad:** 1723650071

**Correo electrónico:** cristian.almache0071@utc.edu.ec

**Dirección:** La Cocha, Av General Proaño, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi

**Nombre:** Acksohn Alberth Maquilón Magno

**Cédula de ciudadanía:** 2100740501

**Correo electrónico:** acksohn.maquilon0501@utc.edu.ec

**Dirección:** San Felipe, calle 10 de agosto, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi

## **2. INTRODUCCIÓN**

La fruticultura biointensiva es una práctica agrícola centrada en maximizar la producción de frutas mediante métodos sostenibles y ecológicos, este enfoque busca emplear los recursos de manera eficiente, por lo que, dentro de este contexto, las moscas de la fruta representan un problema significativo debido a su impacto en los cultivos.

Para facilitar la identificación de estas especies, la tecnología, específicamente la realidad aumentada, puede desempeñar un papel fundamental, la realidad aumentada permite superponer información digital sobre el entorno físico, facilitando el aprendizaje mediante experiencias interactivas. En este sentido, el desarrollo de un repositorio digital basado en realidad aumentada proporciona una herramienta innovadora para el reconocimiento de especies de moscas de la fruta.

Este repositorio digital permite a los estudiantes acceder a modelos tridimensionales de las especies de moscas a través de códigos QR, los cuales, al ser escaneados, muestran representaciones visuales detalladas sobre cada especie. Además, la aplicación incluye información científica sobre las características biológicas de las moscas, promoviendo un aprendizaje más dinámico y visual.

Sobrepasar los diversos desafíos del desarrollo de esta tecnología implica garantizar la precisión de los modelos tridimensionales y la accesibilidad del sistema dentro del entorno académico. Sin embargo, su implementación contribuirá significativamente a la enseñanza e identificación de las especies de moscas de la fruta, facilitando de tal manera el acceso a información estructurada y visualmente interactiva para estudiantes e investigadores.

### **2.1. Situación problemática**

En la Universidad Técnica de Cotopaxi, los estudiantes de Agronomía enfrentan dificultades en la identificación y diferenciación de las especies de moscas que afectan los cultivos frutales en la provincia de Cotopaxi. Actualmente, la enseñanza se basa en materiales impresos y recursos audiovisuales que, si bien proporcionan información teórica, no ofrecen una experiencia práctica suficiente para el reconocimiento detallado de estas plagas.

La ausencia de herramientas tecnológicas interactivas limita la comprensión de las características morfológicas de las especies de moscas, lo que puede afectar la precisión en su identificación. Además, el acceso a muestras físicas en laboratorios es restringido, lo que dificulta que los estudiantes realicen estudios detallados de estas especies en entornos académicos.

## **2.2. Formulación del problema**

¿Cómo contribuir a que los estudiantes de agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mejoren el nivel de estudios de las especies de moscas existentes en los laboratorios?

## **2.3.OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.3.1. Objeto de Investigación**

Aplicación de realidad aumentada para la identificación de especies de moscas en cultivos frutícolas.

### **2.3.2. Campo de acción**

Aplicaciones de realidad aumentada en la educación y la entomología agrícola.

## **2.4. BENEFICIARIOS**

### **2.4.1. Beneficiarios Directos**

Los estudiantes y profesores de la Universidad Técnica de Cotopaxi, específicamente de carreras relacionadas con la agronomía, biología y tecnología, se beneficiarán directamente al tener acceso a una herramienta educativa innovadora, por lo que este aplicativo servirá como un recurso práctico para el aprendizaje y análisis en sus campos de estudio, fomentando la interacción entre la teoría y la práctica.

### **2.4.2. Beneficiarios Indirectos**

Los estudiantes y profesores de la Universidad Técnica de Cotopaxi, específicamente de carreras relacionadas con la agronomía, biología y tecnología, se beneficiarán directamente al tener acceso a una herramienta educativa innovadora, por lo que este aplicativo servirá como un recurso práctico para el aprendizaje y análisis en sus campos de estudio, fomentando la interacción entre la teoría y la práctica.

## **2.5. JUSTIFICACIÓN**

La identificación precisa de las especies de moscas en cultivos frutícolas representa un desafío para los estudiantes de agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Actualmente, los métodos de enseñanza tradicionales, como libros y láminas que ilustran, no permiten una observación detallada ni una interacción práctica con las especies de moscas. Además, el acceso a muestras biológicas en laboratorios físicos es limitado, lo que dificulta el desarrollo de habilidades en la identificación y análisis de estas plagas.

Esta situación afecta directamente el aprendizaje de los estudiantes, quienes requieren herramientas que les permitan reconocer las diferencias morfológicas entre las especies, comprender sus ciclos de vida y evaluar su impacto en los cultivos.

A través de esta aplicación de realidad aumentada, los estudiantes podrán visualizar modelos 3D interactivos de las moscas en un repositorio digital, lo que facilitará la identificación de las especies sin la necesidad de un laboratorio físico. Esta tecnología ofrece una solución innovadora para mejorar la enseñanza de la entomología agrícola, permitiendo que los estudiantes exploren virtualmente las características de cada especie con mayor precisión y dinamismo.

El desarrollo de esta aplicación responde a la necesidad de contar con un recurso educativo accesible y moderno que refuerce el proceso de enseñanza y aprendizaje en agronomía. Al proporcionar un entorno interactivo y visual, se optimiza la formación de los estudiantes y se fortalece su preparación académica en el manejo de plagas, por ende, esta herramienta digital no solo complementa la teoría, sino que también fomenta una experiencia educativa más dinámica y efectiva.

En conclusión, la implementación de esta aplicación de realidad aumentada en el repositorio digital de la Universidad Técnica de Cotopaxi representa un avance significativo en la enseñanza de la agronomía. Su uso contribuirá a mejorar la comprensión de los estudiantes sobre las especies de moscas, proporcionando una solución práctica e innovadora para el aprendizaje de la entomología agrícola.

## **2.6. OBJETIVOS**

### **2.6.1. Objetivo General**

Desarrollar una aplicación de realidad aumentada mediante la integración de modelos tridimensionales y tecnología de escaneo QR, con el fin de facilitar el estudio e identificación de las especies de moscas del proyecto de fruticultura biointensiva.

### 2.6.2. Objetivos Específicos

- Realizar una revisión exhaustiva de información científica sobre las principales especies de moscas que afectan los cultivos frutales y las tecnologías existentes para su identificación, estableciendo una base teórica sólida para el desarrollo del proyecto.
- Desarrollar una aplicación móvil que integre tecnología de realidad aumentada y códigos QR, permitiendo la identificación de especies de moscas mediante modelos tridimensionales detallados y proporcionando información interactiva para mejorar el estudio de los estudiantes de agronomía.
- Evaluar la efectividad de la aplicación, verificando la correcta visualización tridimensional de las especies de moscas, con la finalidad de garantizar un funcionamiento óptimo.

### 2.6.3. SISTEMA DE TAREAS

Tabla 1. Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, medios e instrumentos
Realizar una revisión exhaustiva de información científica sobre las principales especies de moscas que afectan los cultivos frutales y las tecnologías existentes para su identificación, estableciendo una base teórica sólida para el desarrollo del proyecto.	Búsqueda bibliográfica en bases de datos científicas y libros especializados sobre moscas de la fruta y tecnologías relacionadas.	Marco teórico sólido que fundamente el desarrollo del proyecto, incluyendo una revisión actualizada sobre las plagas y las tecnologías existentes para su identificación.	Bases de datos científicas como Scopus, Google Académico, artículos científicos, acceso a internet.
Desarrollar una aplicación móvil que integre tecnología de realidad aumentada y códigos QR, permitiendo la identificación de especies de moscas mediante modelos tridimensionales detallados y proporcionando información	Análisis de la información recopilada y selección de las fuentes más relevantes. Desarrollo de un protocolo de recolección de datos y validación. Realización de consultas con expertos en entomología para garantizar la calidad de la información. Procesamiento y análisis de datos obtenidos.	Información adecuada y validada que sirva como base para el diseño de los modelos tridimensionales.	Consultas a expertos, herramientas de análisis de datos, investigación y documentación de las características específicas.

interactiva para los estudiantes de agronomía.	Modelado en Blender basado en las características específicas de las especies de moscas.		
Evaluar la efectividad de la aplicación, verificando la correcta visualización tridimensional de las especies de moscas, con la finalidad de garantizar un funcionamiento óptimo.	Definir de criterios de pruebas de aceptación con el fin de valorar la funcionalidad y usabilidad de la aplicación.  Revisión de la calidad visual y precisión de los modelos 3D en realidad aumentada.	Evaluación completa del desempeño de la aplicación, garantizando su correcto funcionamiento.	Pruebas de aceptación en dispositivos móviles, pruebas de funcionalidad con criterios, observaciones directas, revisión de rendimiento.

\* Elaborado por: Los investigadores

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1. ANTECEDENTES

La identificación de manera precisa de plagas agrícolas ha sido un desafío constante y problemático en el sector agronómico, especialmente en el estudio de especies como las moscas de la fruta del género *Anastrepha*, que afectan gravemente los cultivos frutales. En respuesta a esta problemática, la Universidad Técnica de Cotopaxi ha buscado integrar herramientas tecnológicas innovadoras dentro de su repositorio digital de especies agrícolas.

Inicialmente, los métodos tradicionales de identificación de plagas se basaban en observación visual, claves taxonómicas y manuales especializados, lo que generaba dificultades para los estudiantes de agronomía en su aprendizaje y precisión en el reconocimiento de especies. Con el avance de la tecnología, se ha explorado el uso de modelos tridimensionales y realidad aumentada como alternativas para mejorar la enseñanza e investigación en esta área.

Este proyecto surge como una iniciativa para modernizar el proceso de identificación de las moscas de la fruta dentro del repositorio digital, por ende, se plantea el desarrollo de una aplicación móvil que emplee la realidad aumentada y la tecnología de los códigos QR, facilitando la interacción de los estudiantes con modelos 3D detallados de las especies de moscas. Esta aplicación representa una evolución en la enseñanza, ofreciendo una solución la cual sea práctica y accesible para fortalecer el conocimiento de los estudiantes en el área de entomología agrícola.

La agricultura ha sido una de las principales actividades económicas a lo largo de la historia, permitiendo el desarrollo de sociedades y el crecimiento económico, sin embargo, enfrenta diversos desafíos, como el impacto de plagas en los cultivos, en la provincia de Cotopaxi, Ecuador, los estudiantes de agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi se enfrentan a dificultades en la identificación precisa de las especies de moscas de la fruta dentro del repositorio digital, lo que limita su aprendizaje y análisis en esta área.

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de una aplicación móvil basada en realidad aumentada para facilitar la identificación y estudio de las especies de moscas de la fruta, a través de modelos tridimensionales detallados e interactivos, los estudiantes podrán mejorar su comprensión sobre estas plagas, su morfología y su impacto en la fruticultura, la aplicación integrará códigos QR y permitirá la visualización en un entorno digital, proporcionando una alternativa la cual es innovadora y accesible para el aprendizaje práctico dentro del repositorio digital.

Este enfoque tecnológico responde a la necesidad de herramientas que complementen la formación teórica con experiencias interactivas, fortaleciendo la enseñanza en el campo de la agronomía. Además, la aplicación optimiza el acceso a información sobre las moscas de la fruta, ayudando a los estudiantes a tomar decisiones fundamentadas en sus investigaciones.

La realidad aumentada y el modelado tridimensional surgen como soluciones prácticas y accesibles para abordar estas problemáticas, estas tecnologías permiten visualizar y comprender de manera interactiva la información sobre plagas, incluyendo su identificación e información. Al implementarlas, el repositorio virtual podría mejorar la capacidad de análisis de las moscas de la fruta y contribuir a la toma de decisiones informadas en estrategias [9].

El desarrollo de herramientas tecnológicas específicas para este contexto no solo promueve la investigación, sino que también fortalece la generación de conocimiento científico [4]. Aplicaciones móviles que integren modelos 3D y realidad aumentada, vinculadas a través de códigos QR, ofrecen un medio eficaz para que los investigadores accedan a información relevante de manera rápida y práctica. Este enfoque se adapta a las necesidades particulares del repositorio virtual de la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde los recursos tecnológicos avanzados pueden ser limitados.

En un estudio enfocado en la identificación de plagas y enfermedades en cultivos agrícolas mediante herramientas tecnológicas, se desarrolló un sistema capaz de clasificar diversas especies de plagas y evaluar su impacto en cultivos frutales. Este sistema utiliza un modelo basado en inteligencia artificial, alimentado con un conjunto extenso de datos visuales que incluyen imágenes y características específicas de las plagas. Los investigadores lograron diseñar un método efectivo para detectar y categorizar diferentes especies, así como identificar posibles problemas asociados, lo que facilita la implementación de estrategias de manejo más precisas [5].

Por otro lado, otro trabajo de investigación presentó una metodología innovadora para el análisis y clasificación de plagas agrícolas. Este enfoque utiliza algoritmos especializados que, tras ser entrenados en datos visuales y características particulares de las plagas, permiten su identificación en distintos contextos. Los modelos desarrollados demostraron una alta capacidad para diferenciar entre plagas dañinas y aquellas que no representan un riesgo significativo para los cultivos [4]. Estas herramientas tecnológicas no solo optimizan los procesos de reconocimiento, sino que también contribuyen a una gestión agrícola más eficiente y sostenible, particularmente en regiones donde los cultivos son clave para la economía local.

Este tipo de investigaciones subraya el potencial de integrar la inteligencia artificial y el análisis visual en la agricultura, promoviendo soluciones más efectivas para la protección y el desarrollo sostenible de los cultivos, especialmente en áreas rurales como Salache, Cotopaxi.

En el contexto de la fruticultura, diversas tecnologías han emergido para abordar problemas críticos relacionados con la producción, conservación y sostenibilidad de los cultivos. Un caso relevante es el cultivo de arándanos en Argentina, que destaca como un agronegocio exitoso gracias a su ventaja competitiva de producir con los principales mercados internacionales [6].

Al igual que los arándanos, los cultivos frutales en Cotopaxi enfrentan problemas como la incidencia de plagas que afectan la calidad y productividad de los frutos, particularmente en el caso de especies de moscas que generan pérdidas significativas. Mientras que en el caso de los arándanos se utilizan recubrimientos comestibles biodegradables para prolongar la vida útil y reducir el impacto ambiental, en la región de Cotopaxi se plantea el uso de herramientas digitales, como modelos 3D y realidad

aumentada, para mejorar el control de plagas mediante la identificación precisa y el acceso a información educativa.

Ambos enfoques subrayan la importancia de la innovación para enfrentar desafíos en la producción agrícola, mientras los recubrimientos contribuyen al cuidado ambiental y la extensión de la vida útil de los frutos, el uso de tecnología basada en realidad aumentada en la provincia de Cotopaxi tiene el potencial de transformar las prácticas de estudio e investigación, promoviendo la eficiencia, el acceso al conocimiento y la sostenibilidad a largo plazo.

## **3.2. CONCEPTOS TEÓRICOS**

### **3.2.1. Aplicación Móvil**

Se basa en un software específico para los dispositivos móviles, por lo que su principal objetivo es la movilidad, ya que permite tener la accesibilidad en cualquier tipo de escenario, entre los sistemas operativos, en especial el sistema operativo Android.

#### **3.2.1.1. Sistema operativo Android**

[7] Android generado por Google, es un sistema operativo móvil, por lo que su desarrollo tuvo como objetivo principal la adaptación a dispositivos móviles con pantalla táctil como: relojes inteligentes, tabletas, smartphones, televisores y Android auto, el sistema operativo Android se posiciona como uno de los principales competidores en el mercado de los dispositivos móviles.

#### **3.2.1.2. Android Studio**

Fue presentado en el año 2013 y funciona como el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial de Android, este IDE permite desarrollar aplicaciones para una variedad de dispositivos Android y se caracteriza por ser una herramienta completa y funcional, ofrece la flexibilidad de utilizar Java como otros lenguajes de programación [8].

#### **3.2.1.3. SDK de Android studio**

Complementación para el desarrollo de software (SDK) es un conjunto de herramientas y bibliotecas necesarias para la creación de aplicaciones orientadas al desarrollo Android, cada ocasión que Google sube una nueva versión o actualización, se publica simultáneamente un SDK actualizado, que es importante para el manejo de la

### **3.2.2. Realidad Aumentada**

La realidad aumentada es una tecnología que combina elementos virtuales generados por computadora con el entorno físico en tiempo real, proporcionando una experiencia interactiva y eficiente para el usuario. Según [9], la RA permite la integración de modelos tridimensionales con el mundo real, facilitando el aprendizaje mediante la visualización y manipulación de los objetos.

En el ámbito de la educación agrícola, la realidad aumentada ha demostrado ser una herramienta eficaz para representar visualmente elementos complejos, como la estructura y características de organismos, promoviendo una mejor comprensión y aumentando la interacción del usuario.

#### **3.2.2.1. Blender**

Es una herramienta de software libre y de código abierto, la cual es utilizada para la creación de gráficos y animaciones en tres dimensiones (3D), por lo que es ampliamente reconocida en la industria del diseño, la animación y la simulación debido a su versatilidad, resultado y capacidad de modelado avanzado.

Blender permite a los usuarios desarrollar modelos tridimensionales detallados, texturizados y animados, integrando funciones como escultura digital, simulaciones físicas y la edición de video, prácticamente su motor de renderizado, ofrece imágenes de alta calidad en tiempo real, lo que lo convierte en una opción poderosa para proyectos de visualización científica y educativa [10].

[11] Blender facilita la creación de modelos precisos y realistas, ideales para representar organismos biológicos como en este caso las especies de moscas estudiadas en este proyecto, por lo que su compatibilidad con múltiples formatos y su capacidad de integración con motores de juegos como Unity permiten trasladar los modelos 3D a entornos de realidad aumentada, optimizando la interacción de los estudiantes con representaciones visuales detalladas, el acceso a una amplia gama de herramientas lo colocan como una opción eficiente para el desarrollo de contenido interactivo y educativo.

#### **3.2.2.2. Visión Computacional**

La visión computacional es un campo interdisciplinario que se ocupa del análisis, procesamiento y comprensión de imágenes y videos. Esto [10], utiliza algoritmos y técnicas que permiten a las máquinas emular la capacidad visual humana, detectando patrones y características en imágenes digitales, se debe entender que, en este proyecto,

la visión computacional es primordial para interpretar las imágenes de códigos QR y asociarlas con los modelos 3D de las moscas.

### **3.2.2.3. Procesamiento de Imágenes**

El procesamiento de imágenes desempeña un papel central en este proyecto, dado que se encarga de transformar las imágenes digitales obtenidas de los entornos agrícolas en datos útiles para el reconocimiento de patrones visuales y la visualización en 3D [11].

[11] A través de este subproceso, se busca mejorar la calidad de las imágenes para optimizar su análisis, utilizando algoritmos especializados en distintas tareas, como la eliminación de ruidos, la mejora del contraste, y la preparación para etapas posteriores, como la segmentación y el reconocimiento de patrones.

Además, esta etapa debe ser capaz de manejar diversas condiciones de luz y otros factores que pueden afectar la calidad de las imágenes capturadas, garantizando que la información extraída sea precisa y relevante para el desarrollo de la realidad aumentada [12].

### **3.2.2.4. Adquisición y almacenamiento**

La adquisición y almacenamiento de las imágenes es una de las primeras etapas en este proceso, y se refiere a la recolección de imágenes de alta calidad que representen las especies de moscas en sus entornos naturales, ahora bien, la elección de dispositivos móviles como cámaras de teléfonos inteligentes tiene varias ventajas, entre ellas, la portabilidad y la facilidad de uso en el campo [13].

Las imágenes son almacenadas en formatos ampliamente aceptados, como JPEG o PNG, lo que facilita su manejo y asegura que se puedan procesar eficazmente con herramientas estándar de procesamiento de imágenes. Además, se debe asegurar que el almacenamiento sea eficiente para facilitar el acceso rápido a las imágenes durante las etapas posteriores del análisis [14].

### **3.2.2.5. Pre procesamiento**

El pre procesamiento de las imágenes es crucial para asegurar que las imágenes sean adecuadas para su análisis, por lo que, esta fase incluye la eliminación de imperfecciones visuales, como ruido o artefactos producidos por las condiciones de captura, y la conversión de las imágenes a escalas de grises, que simplifican el análisis al eliminar la complejidad de los colores [14]. Además, el ajuste del tamaño de las imágenes es una

acción importante para asegurar que todas las imágenes sean procesadas de forma uniforme, lo cual es esencial para las siguientes etapas de segmentación y reconocimiento de patrones. El pre procesamiento debe garantizar que las imágenes estén listas para ser utilizadas en el análisis sin afectar su calidad [15].

#### **3.2.2.6. Segmentación**

El pre procesamiento de las imágenes es crucial para asegurar que las imágenes sean adecuadas para su análisis, por lo que, esta fase incluye la eliminación de imperfecciones visuales, como ruido o artefactos producidos por las condiciones de captura, y la conversión de las imágenes a escalas de grises, que simplifican el análisis al eliminar la complejidad de los colores [14]. Además, el ajuste del tamaño de las imágenes es una acción importante para asegurar que todas las imágenes sean procesadas de forma uniforme, lo cual es esencial para las siguientes etapas de segmentación y reconocimiento de patrones. El pre procesamiento debe garantizar que las imágenes estén listas para ser utilizadas en el análisis sin afectar su calidad [15].

#### **3.2.2.7. Reconocimiento de patrones**

El reconocimiento de patrones utiliza algoritmos de aprendizaje profundo para identificar y asociar patrones visuales en las imágenes con los modelos tridimensionales correspondientes de las moscas. Los códigos QR detectados son clave en esta fase, ya que sirven como puntos de referencia para activar los modelos 3D correctos [16].

Los modelos de aprendizaje profundo entrenados previamente son capaces de identificar estos patrones de forma precisa, incluso cuando las imágenes pueden tener diferentes condiciones de luz, ángulos de captura y otros factores que podrían dificultar el reconocimiento. Este paso es esencial para la visualización precisa de las especies de moscas en el entorno de realidad aumentada.

#### **3.2.2.8. Proceso de creación de modelos**

[17] El proceso de creación de modelos 3D es una de las etapas más complejas y fundamentales, ya que garantiza que los modelos de las moscas sean representaciones exactas y visualmente atractivas, lo cual es esencial para el propósito educativo del proyecto.

A través de herramientas de modelado y diseño, se crea una representación precisa y detallada de cada especie, que incluye no solo la morfología, sino también las texturas,

movimientos y comportamientos, todo esto con el fin de proporcionar una experiencia de usuario.

#### **3.2.2.8.1. Escaneo y diseño**

El escaneo y diseño de los modelos se realiza mediante el software Blender, una de las herramientas más potentes y versátiles para la creación de modelos 3D [11]. Aquí, las moscas son construidas con base en imágenes y descripciones detalladas de sus características anatómicas.

Este proceso requiere consistencia adecuada en los detalles, ya que cada especie de mosca tiene características únicas que deben ser representadas con precisión para lograr asegurar que los usuarios puedan identificar correctamente las especies dentro de la aplicación generada.

A través de técnicas de modelado, se crean las formas básicas, y luego se agregan detalles como las alas, los ojos, las antenas y las patas, para darle al modelo un aspecto lo más cercano posible a la realidad.

#### **3.2.2.8.2. Texturización y animación**

Una vez que el modelo básico está creado, el siguiente paso es la texturización, donde se aplican colores y patrones específicos que imitan la apariencia de las moscas reales, esta fase asegura que cada modelo no solo sea funcional, sino también visualmente convincente.

Además, la animación se incorpora para dar vida al modelo, permitiendo simular el comportamiento natural de la mosca, como el movimiento de las alas o su desplazamiento en el espacio, por ende, la animación es crucial para mejorar la experiencia interactiva, ya que facilita que los usuarios interactúen con las moscas en un entorno virtual dinámico.

#### **3.2.2.8.3. Exportación y uso de RA**

Los modelos diseñados se exportan en formatos como FBX o GLB, compatibles con motores de realidad aumentada como Unity, para integrarlos en la aplicación móvil

Los modelos 3D completos, después de ser diseñados, texturizados y animados, se exportan en formatos estándar como FBX o GLB, los cuales son ampliamente utilizados en el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, estos formatos permiten que los modelos sean fácilmente integrados en motores de desarrollo como Unity, garantizando que la calidad y los detalles no se pierdan durante la exportación [16].

El uso de estos formatos es importante para asegurar que los modelos puedan ser visualizados de forma precisa en dispositivos móviles, ofreciendo una experiencia de realidad aumentada fluida y realista.

#### **3.2.2.8.4. Modelado 3D de imágenes**

Los modelos 3D completos, después de ser diseñados, texturizados y animados, se exportan en formatos estándar como FBX o GLB, los cuales son ampliamente utilizados en el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, estos formatos permiten que los modelos sean fácilmente integrados en motores de desarrollo como Unity, garantizando que la calidad y los detalles no se pierdan durante la exportación [16].

El uso de estos formatos es importante para asegurar que los modelos puedan ser visualizados de forma precisa en dispositivos móviles, ofreciendo una experiencia de realidad aumentada fluida y realista.

#### **3.2.2.9. Integración de códigos QR**

[19] El uso de códigos QR en este proyecto facilita el acceso directo a los modelos 3D y la información de cada especie. Según, los códigos QR son una solución eficiente para vincular elementos físicos y digitales en aplicaciones educativas.

##### **3.2.2.9.1. Vuforia**

Es una plataforma de desarrollo de realidad aumentada que permite la creación de experiencias interactivas combinando el mundo físico con contenido digital, esta herramienta es enormemente utilizada en aplicaciones móviles y dispositivos inteligentes para lograr reconocer imágenes, objetos y entornos, como los modelos 3D, animaciones e información adicional en tiempo real [19].

##### **3.2.2.9.2. Generación de códigos QR**

[22] Cada código está asociado a una especie de mosca y genera un enlace directo al modelo tridimensional almacenado en el servidor de la aplicación.

##### **3.2.2.9.3. Escaneo y procesamiento**

La aplicación utiliza la cámara del dispositivo para escanear el código y vincularlo con los datos correspondientes.

### **3.3. Unity**

[20] Es un motor de desarrollo de videojuegos y aplicaciones interactivas en 2D y 3D, lo cual es ampliamente utilizado en la industria del entretenimiento, la simulación y la

realidad aumentada o virtual, la cual es desarrollada por Unity Technologies, de tal manera, esta plataforma permite la creación de experiencias interactivas en múltiples dispositivos, incluyendo computadoras, consolas, dispositivos móviles y sistemas de realidad extendida.

Su compatibilidad con diferentes lenguajes de programación, como C#, y su integración con herramientas de gráficos avanzados, físicas en tiempo real e inteligencia artificial, se ha convertido en una solución para el desarrollo de software interactivo [21]. Unity contiene una amplia biblioteca de activos y complementos, como Barracuda, que facilita la implementación de modelos de aprendizaje profundo, mejorando la interactividad y funcionalidad en aplicaciones basadas en inteligencia artificial [23].

### **3.3.1. Unity Barracuda**

La biblioteca denominada como Unity Barracuda, una herramienta especializada y netamente desarrollada por Unity Technologies, con el fin de ejecutar redes neuronales de manera que resulte altamente eficiente en entornos de tiempo real, por lo que este enfoque combina la flexibilidad y usabilidad de Unity con la capacidad de realizar inferencias de gran aprendizaje el cual sea de manera profunda, directamente en dispositivos móviles, ofreciendo múltiples ventajas y capacidades, por lo que se utilizó la integración del modelo .onnx en el proyecto [24].

#### **3.3.1.1. Compatibilidad multiplataforma**

Unity Barracuda, es una biblioteca altamente optimizada que permite la ejecución de modelos de inteligencia artificial en una amplia gama de dispositivos sin requerir servidores externos, ni hardware especializado. Es compatible con Android, iOS, Windows, macOS y algunas plataformas de realidad virtual y aumentada, lo que nos garantiza una experiencia versátil y adaptable a distintos entornos tecnológicos [19].

En el contexto de esta aplicación de realidad aumentada, su compatibilidad con dispositivos móviles permite que los modelos de aprendizaje automático se ejecuten directamente en smartphones y tabletas, optimizando el procesamiento en tiempo real sin necesidad de conexión a internet constante, por lo que, esto es crucial para garantizar la fluidez, precisión y rapidez en la identificación de especies del género *Anastrepha* mediante códigos QR y modelos 3D [20].

Además, Unity Barracuda se integra de manera eficaz y adecuada con motores gráficos como Unity, permitiendo así la optimización del rendimiento incluso en dispositivos con capacidades de procesamiento limitadas. Su diseño modular y adaptable permite a los desarrolladores ajustar los modelos a diferentes configuraciones de hardware, asegurando un gran equilibrio entre calidad visual, velocidad de procesamiento y el consumo energético [21].

### **3.3.1.2. Optimización para dispositivos móviles**

Unity Barracuda, es una biblioteca altamente optimizada que permite la ejecución de modelos de inteligencia artificial en una amplia gama de dispositivos sin requerir servidores externos, ni hardware especializado. Es compatible con Android, iOS, Windows, macOS y algunas plataformas de realidad virtual y aumentada, lo que nos garantiza una experiencia versátil y adaptable a distintos entornos tecnológicos [19].

En el contexto de esta aplicación de realidad aumentada, su compatibilidad con dispositivos móviles permite que los modelos de aprendizaje automático se ejecuten directamente en smartphones y tabletas, optimizando el procesamiento en tiempo real sin necesidad de conexión a internet constante, por lo que, esto es crucial para garantizar la fluidez, precisión y rapidez en la identificación de especies del género *Anastrepha* mediante códigos QR y modelos 3D [20].

Además, Unity Barracuda se integra de manera eficaz y adecuada con motores gráficos como Unity, permitiendo así la optimización del rendimiento incluso en dispositivos con capacidades de procesamiento limitadas. Su diseño modular y adaptable permite a los desarrolladores ajustar los modelos a diferentes configuraciones de hardware, asegurando un gran equilibrio entre calidad visual, velocidad de procesamiento y el consumo energético [21].

### **3.3.2. Formato .onnx**

[9] El modelo entrenado se exporta en el formato .onnx (Open Neural Network Exchange), que se ha convertido en un estándar ampliamente adoptado dentro de la industria del aprendizaje profundo. Este formato permite que los modelos sean interoperables entre diferentes plataformas y frameworks como TensorFlow, PyTorch, Keras, entre otros.

El uso de .onnx simplifica la transición de modelos entre diversas herramientas sin necesidad de realizar modificaciones significativas en su estructura interna. Su adopción

se ha incrementado considerablemente debido a que facilita el despliegue de modelos preentrenados en distintos entornos sin que se vea afectado el rendimiento. Además, .onnx es especialmente útil para implementar modelos en aplicaciones productivas, ya que permite la integración en sistemas móviles, de escritorio o incluso en dispositivos con recursos limitados [10].

Este formato elimina la dependencia del entorno de desarrollo original, lo cual es crucial para los desarrolladores que desean utilizar modelos previamente entrenados sin preocuparse por la compatibilidad del marco de trabajo. El formato .onnx permite no solo mejorar la eficiencia en el proceso de desarrollo, sino también reducir los costos operativos, ya que se pueden usar modelos desarrollados en una plataforma específica y luego integrarlos en una aplicación construida sobre otra tecnología.

#### **3.3.2.1. Soporte para modelos .onnx**

La herramienta Barracuda, que se utiliza en el motor de desarrollo Unity, ha sido diseñada para proporcionar un soporte completo en la importación de modelos en formato .onnx (Open Neural Network Exchange). Esta compatibilidad permite que los desarrolladores integren fácilmente modelos previamente entrenados en sus proyectos de Unity, sin necesidad de realizar complejas conversiones de formato [10].

El modelo preentrenado, una vez exportado en .onnx, puede ser cargado directamente en Unity a través de Barracuda, lo que facilita la implementación de redes neuronales en tiempo real [9]. Esto es fundamental para proyectos de realidad aumentada y otras aplicaciones interactivas que requieren procesamiento rápido y eficiente de datos. Barracuda, al ser una biblioteca optimizada para trabajar con .onnx, garantiza que los modelos se ejecuten con alto rendimiento, lo que es crucial para experiencias de usuario fluidas y precisas, además, la integración directa de modelos .onnx asegura que la fase de desarrollo se acelere, permitiendo que los equipos se enfoquen en aspectos específicos del proyecto sin preocuparse por problemas de compatibilidad o ajustes innecesarios [10].

#### **3.3.2.2. Características del formato .onnx**

##### **3.3.2.2.1. Interoperabilidad**

La herramienta Barracuda, que se utiliza en el motor de desarrollo Unity, ha sido diseñada para proporcionar un soporte completo en la importación de modelos en formato .onnx (Open Neural Network Exchange). Esta compatibilidad permite que los desarrolladores

integren fácilmente modelos previamente entrenados en sus proyectos de Unity, sin necesidad de realizar complejas conversiones de formato [10].

El modelo preentrenado, una vez exportado en .onnx, puede ser cargado directamente en Unity a través de Barracuda, lo que facilita la implementación de redes neuronales en tiempo real [9]. Esto es fundamental para proyectos de realidad aumentada y otras aplicaciones interactivas que requieren procesamiento rápido y eficiente de datos. Barracuda, al ser una biblioteca optimizada para trabajar con .onnx, garantiza que los modelos se ejecuten con alto rendimiento, lo que es crucial para experiencias de usuario fluidas y precisas, además, la integración directa de modelos .onnx asegura que la fase de desarrollo se acelere, permitiendo que los equipos se enfoquen en aspectos específicos del proyecto sin preocuparse por problemas de compatibilidad o ajustes innecesarios [10].

#### **3.3.2.2.2. Eficiencia en la ejecución**

[9] Una de las grandes ventajas del formato .onnx es su capacidad para ejecutarse eficientemente, incluso en dispositivos con capacidades limitadas. Este formato está diseñado específicamente para ser ligero, lo que permite su ejecución en plataformas con memoria y potencia de procesamiento limitadas, tales como dispositivos móviles, tabletas y dispositivos IoT. A diferencia de otros formatos, .onnx optimiza la carga del modelo y su consumo de recursos, lo que se traduce en una ejecución más rápida y en una menor demanda de recursos computacionales.

Esto es especialmente importante cuando se implementan modelos en dispositivos que requieren eficiencia, como en aplicaciones móviles o en entornos de realidad aumentada, donde la latencia baja es crucial para la experiencia del usuario. Además, la optimización de .onnx contribuye a una reducción del consumo de batería, lo cual es un factor determinante en el rendimiento de aplicaciones móviles [11].

#### **3.2.2.2.3. Compatibilidad con frameworks y motores**

[10] Onnx ha sido diseñado para ser compatible con diversos motores de inferencia como ONNX Runtime, que es una herramienta optimizada para la ejecución de modelos de aprendizaje profundo. Esta compatibilidad con múltiples frameworks de inferencia permite que los desarrolladores ejecuten modelos entrenados en una amplia gama de plataformas sin necesidad de adaptar el modelo para cada entorno.

Los modelos .onnx pueden ser ejecutados en dispositivos móviles, estaciones de trabajo de alta gama, así como en servidores en la nube, lo que proporciona una gran flexibilidad

y garantiza que el modelo pueda ejecutarse de manera eficiente, sin importar el dispositivo. Esta capacidad de ejecutar modelos de manera fluida en múltiples entornos hace de .onnx una opción sólida para proyectos que necesitan escalar sus aplicaciones, proporcionando una base robusta para futuras expansiones [18].

#### **3.2.2.2.4. Flexibilidad**

[17] El formato .onnx destaca por su flexibilidad, ya que permite que los desarrolladores entrenen un modelo en una herramienta específica y, posteriormente, integren dicho modelo en aplicaciones desarrolladas en otros entornos, sin perder precisión ni rendimiento. Esta característica es especialmente valiosa cuando se trabaja en equipos multidisciplinarios, ya que los miembros del equipo pueden emplear las herramientas con las que se sientan más cómodos para entrenar y desarrollar los modelos, mientras que los ingenieros de integración pueden fácilmente llevar esos modelos a producción en otras plataformas, como Unity, mediante herramientas como Barracuda.

Esto reduce las barreras de entrada y mejora la colaboración entre diferentes departamentos dentro de un mismo proyecto, lo que acelera el ciclo de desarrollo y permite que el producto final sea más robusto y escalable. Además, esta flexibilidad garantiza que los modelos no queden limitados a una única tecnología, lo que ofrece la posibilidad de migrar y adaptar soluciones en función de las necesidades cambiantes del proyecto.

### **3.3.3. Proceso de integración**

#### **3.3.3.1. Importación del modelo**

[17] El formato .onnx destaca por su flexibilidad, ya que permite que los desarrolladores entrenen un modelo en una herramienta específica y, posteriormente, integren dicho modelo en aplicaciones desarrolladas en otros entornos, sin perder precisión ni rendimiento. Esta característica es especialmente valiosa cuando se trabaja en equipos multidisciplinarios, ya que los miembros del equipo pueden emplear las herramientas con las que se sientan más cómodos para entrenar y desarrollar los modelos, mientras que los ingenieros de integración pueden fácilmente llevar esos modelos a producción en otras plataformas, como Unity, mediante herramientas como Barracuda.

Esto reduce las barreras de entrada y mejora la colaboración entre diferentes departamentos dentro de un mismo proyecto, lo que acelera el ciclo de desarrollo y permite que el producto final sea más robusto y escalable. Además, esta flexibilidad

garantiza que los modelos no queden limitados a una única tecnología, lo que ofrece la posibilidad de migrar y adaptar soluciones en función de las necesidades cambiantes del proyecto.

### **3.3.3.2. Configuración del pipeline de inferencia**

Una vez que el modelo ha sido importado a Unity mediante Barracuda, se configura un pipeline de inferencia que gestiona todo el proceso de procesamiento de imágenes capturadas por la cámara del dispositivo, por lo que pipeline tiene la responsabilidad de preparar y transformar las imágenes en un formato que el modelo pueda entender y procesar, este proceso involucra la normalización de los valores de los píxeles, redimensionamiento de las imágenes para ajustarlas a las dimensiones requeridas por el modelo, y la conversión de los datos a un formato numérico compatible con la red neuronal [18].

[18] Barracuda asegura que este pipeline sea eficiente y rápido, lo que es clave para mantener la fluidez de la aplicación y para realizar predicciones en tiempo real, incluyendo técnicas de preprocesamiento adicionales, como la corrección de distorsiones ópticas o la mejora del contraste de las imágenes, lo que mejora la calidad de la entrada que recibe el modelo y, por ende, la precisión. La configuración de este pipeline es crucial para lograr un rendimiento adecuado en dispositivos, ya que optimiza la carga de trabajo y minimiza la latencia en el procesamiento de datos.

### **3.3.3.3. Ejecución en tiempo real**

Una vez configurados el modelo y el pipeline de inferencia, Barracuda permite ejecutar las predicciones en tiempo real, procesando de manera continua las imágenes capturadas por la cámara del dispositivo o las imágenes locales proporcionadas por el respectivo usuario, este procesamiento en tiempo real es crucial para aplicaciones interactivas, como el reconocimiento de especies de moscas, ya que requiere una respuesta inmediata para ofrecer una experiencia de usuario fluida [17].

La ejecución de las inferencias se realiza de manera eficiente, asegurando que las predicciones sean rápidas y precisas, lo que garantiza que el modelo pueda identificar correctamente las especies de moscas sin demoras perceptibles. Barracuda optimiza el rendimiento de la red neuronal para ejecutarse en dispositivos móviles y de escritorio, además, la arquitectura de la red neuronal y la implementación de Barracuda permiten realizar estas inferencias sin que se vea afectada la fluidez de la interfaz de usuario, algo

fundamental en aplicaciones interactivas que dependen de la visualización en tiempo real, lo que, esta ejecución no solo es precisa, sino también escalable, permitiendo que la aplicación funcione correctamente [17].

#### **3.3.3.4. Preparación e integración del modelo en Unity**

Una vez configurados el modelo y el pipeline de inferencia, Barracuda permite ejecutar las predicciones en tiempo real, procesando de manera continua las imágenes capturadas por la cámara del dispositivo o las imágenes locales proporcionadas por el respectivo usuario, este procesamiento en tiempo real es crucial para aplicaciones interactivas, como el reconocimiento de especies de moscas, ya que requiere una respuesta inmediata para ofrecer una experiencia de usuario fluida [17].

La ejecución de las inferencias se realiza de manera eficiente, asegurando que las predicciones sean rápidas y precisas, lo que garantiza que el modelo pueda identificar correctamente las especies de moscas sin demoras perceptibles. Barracuda optimiza el rendimiento de la red neuronal para ejecutarse en dispositivos móviles y de escritorio, además, la arquitectura de la red neuronal y la implementación de Barracuda permiten realizar estas inferencias sin que se vea afectada la fluidez de la interfaz de usuario, algo fundamental en aplicaciones interactivas que dependen de la visualización en tiempo real, lo que, esta ejecución no solo es precisa, sino también escalable, permitiendo que la aplicación funcione correctamente [17].

##### **3.3.3.4.1 Preparación del conjunto de datos**

Se seleccionan y organizan imágenes representativas de las especies de moscas, asegurando que estas imágenes sean variadas en términos de ángulos, iluminación y contenido. Como se indica en la figura 7 donde se muestra la carga de imágenes este paso es fundamental, ya que el proceso de entrenamiento supervisado del modelo depende en gran medida de la calidad y la diversidad de los datos utilizados. La variabilidad en las imágenes permite al modelo aprender a identificar las especies bajo diferentes condiciones, lo que mejora su capacidad para generalizar y hacer predicciones precisas en situaciones no vistas anteriormente [22].

Es importante que el conjunto de datos cubra una amplia gama de posibles escenarios que puedan encontrarse en el entorno real, lo que también minimiza el riesgo del modelo. A medida que el conjunto de datos se enriquece con imágenes más representativas y

diversas, el modelo puede entrenarse para reconocer con mayor exactitud las especies de moscas en una variedad de contextos.

Este proceso no solo mejora la precisión del modelo, por lo que también debemos implementar que queremos que el modelo descarte como otros insectos, personas, etc. Como se indica en la figura 8 esto optimiza su rendimiento general, permitiendo que el sistema de clasificación funcione con alta fiabilidad, incluso cuando se enfrenta a condiciones de captura complicadas. Es necesario recalcar que esta fase es crucial para el éxito del modelo, ya que un conjunto de datos robusto y bien preparado puede marcar una gran diferencia en la efectividad de la aplicación en el mundo real [22].

### **3.3.4. Entrenamiento del modelo**

El modelo de aprendizaje profundo, se entrena utilizando el conjunto de datos previamente preparado, se utiliza un modelo basado en MobileNetV2 con la estructuración del código que se muestra en la figura 9 en este proceso, el modelo ajusta el contenido de sus capas para aprender a reconocer patrones únicos, como el tamaño, color y forma de las especies de moscas [17].

#### **3.3.4.1. Evaluación y validación**

Una vez entrenado, el modelo es validado con un conjunto de datos de prueba, evaluando su precisión y capacidad para clasificar correctamente las especies de moscas, por ende, esta fase de validación es esencial para garantizar que el modelo no solo se ajusta a los datos de entrenamiento, sino que también tiene la capacidad de generalizar y clasificar correctamente muestras no planteadas o vistas. El rendimiento del modelo se mide utilizando métricas específicas como la precisión, la exactitud, el valor y la especificidad de tal manera que proporcionan una evaluación completa de la efectividad del modelo en la clasificación.

Si los resultados de la evaluación no cumplen con los requisitos establecidos, se realizan ajustes necesarios en el modelo, por lo que esto puede implicar modificar su arquitectura, como añadir más capas a las redes neuronales, ajustar las funciones de activación o cambiar los parámetros de entrenamiento [17]. Además, se pueden aplicar técnicas de regularización para evitar el sobreajuste, garantizando que el modelo sea capaz de generalizar sin perder precisión [20]. Si el modelo sigue sin cumplir con los estándares de precisión, se puede recurrir a reentrenar con un conjunto de datos más amplio,

incorporar nuevas características o incluso utilizar métodos alternativos como la validación cruzada para obtener una evaluación más robusta.

En situaciones donde los ajustes no resulten efectivos, se explorarán nuevas estrategias, como la integración de algoritmos adicionales o el uso de técnicas de ensamblaje, que permiten mejorar la capacidad del modelo combinando diferentes enfoques de óptima clasificación.

#### **3.3.4.2. Integración en la aplicación**

El modelo, exportado en formato onnx, es integrado en la aplicación móvil mediante Unity Barracuda, como se indica en la figura 10 esta integración permite que el sistema procese las imágenes capturadas con la cámara del dispositivo en tiempo real, identificando la especie de mosca y relacionándola con su modelo 3D correspondiente.

### **3.4. Inteligencia artificial**

En este proyecto, la inteligencia artificial (IA) desempeña un papel fundamental en el reconocimiento de imágenes, utilizando herramientas avanzadas y fundamentales de aprendizaje profundo, mediante este enfoque permite procesar datos visuales de manera precisa y eficiente, logrando identificar patrones y características que son específicas de las especies.

[7] El proceso comienza con la ejecución de un código en Google Colab, la cual es una plataforma que facilita el desarrollo de modelos de aprendizaje profundo mediante el uso de recursos avanzados, en este entorno, se desarrolla y entrena un modelo preentrenado utilizando técnicas de redes neuronales, que resultan ideales para el análisis de imágenes. Además de utilizar drive como repositorio para nuestras imágenes como se muestra en la figura 17, ya que a partir de aquí nuestro modelo aprenderá identificar las moscas.

Recalcando que Colab es una plataforma en la nube gratuita proporcionada por Google que permite a los usuarios desarrollar y ejecutar código Python en un entorno esencial, basado en un servidor de Jupyter Notebooks, es ampliamente utilizada en proyectos de inteligencia artificial, aprendizaje profundo y análisis de datos debido a su facilidad de uso y acceso a recursos computacionales avanzados, sin la necesidad de configuraciones extras [16].

Se empleó un modelo Binario como se indica en la figura 19 ya que únicamente permite reconocer entre si es una mosca de la fruta género anastrepha o no, por lo que en el

test(prueba) y train(entrenamiento) se clasifican los archivos por anastrepha y no anastrepha lo que se muestra en la figura 18, es decir en una vamos a cargar todas las fotos de moscas de la fruta genero anastrepha y en la otra todo lo que queremos que nuestro modelo descarte es decir otros insectos (moscas comunes, abejas, mariposas, etc), también cosas como personas u objetos ya que solía tener error y mandaba un mensaje de correcto, cuando no lo es [24].

#### **3.4.1. Entorno basado en la Web**

[10] Google Colab no requiere instalación de software local, por lo que, los usuarios pueden acceder directamente desde cualquier navegador web, permitiendo desarrollar proyectos desde diferentes dispositivos. Esta accesibilidad es fundamental, ya que elimina barreras relacionadas con los requisitos de hardware o sistema operativo. Además, la naturaleza basada en la web de Colab permite la colaboración en tiempo real, haciendo posible que varios usuarios trabajen simultáneamente sobre el mismo proyecto, lo que es una ventaja cuando se realizan tareas de investigación o desarrollo en equipo.

[21] Gracias a su infraestructura en la nube, Google Colab facilita el trabajo remoto y el acceso desde cualquier parte del mundo, haciendo que los proyectos sean más dinámicos y adaptables a diferentes contextos. Esta capacidad de acceder desde cualquier dispositivo no solo mejora la productividad, sino que también permite a los usuarios iniciar y continuar su trabajo sin importar el lugar o las restricciones tecnológicas del entorno local.

#### **3.4.2. Compatibilidad con bibliotecas populares**

[10] Google Colab no requiere instalación de software local, por lo que, los usuarios pueden acceder directamente desde cualquier navegador web, permitiendo desarrollar proyectos desde diferentes dispositivos. Esta accesibilidad es fundamental, ya que elimina barreras relacionadas con los requisitos de hardware o sistema operativo. Además, la naturaleza basada en la web de Colab permite la colaboración en tiempo real, haciendo posible que varios usuarios trabajen simultáneamente sobre el mismo proyecto, lo que es una ventaja cuando se realizan tareas de investigación o desarrollo en equipo.

[21] Gracias a su infraestructura en la nube, Google Colab facilita el trabajo remoto y el acceso desde cualquier parte del mundo, haciendo que los proyectos sean más dinámicos y adaptables a diferentes contextos. Esta capacidad de acceder desde cualquier dispositivo no solo mejora la productividad, sino que también permite a los usuarios iniciar y continuar su trabajo sin importar el lugar o las restricciones tecnológicas del entorno local.

### **3.4.3. Generación de un modelo pre entrenado**

[14] La generación de un modelo pre entrenado es un paso fundamental en la implementación de inteligencia artificial, especialmente para aplicaciones que requieren reconocimiento de imágenes o procesamiento avanzado. Este proceso inicia con la selección de un conjunto de datos adecuado que permita entrenar al modelo para que aprenda características relevantes del problema planteado.

[12] Los modelos pre entrenados se entrenan utilizando grandes volúmenes de datos generales y luego se ajustan para tareas específicas, lo que les permite generalizar patrones de manera más eficiente. Este enfoque es ventajoso cuando no se cuenta con un conjunto de datos suficientemente grande o cuando se busca reducir el tiempo y los recursos de entrenamiento.

En proyectos como el reconocimiento de especies de moscas, la generación de un modelo pre entrenado permite aprovechar modelos previamente entrenados en tareas similares, mejorando la precisión y la eficiencia de las predicciones sin tener que empezar desde cero [25]. A través de técnicas como el "transfer learning", se puede adaptar un modelo pre entrenado a nuevas categorías o clases específicas con un esfuerzo y tiempo reducidos, lo cual es esencial para proyectos prácticos donde los recursos y el tiempo son limitados.

### **3.4.4. Proceso en Google Colab**

Google Colab se utiliza como la plataforma principal para este desarrollo debido a su capacidad de ejecutar scripts de Python en un entorno computacional robusto y accesible, con un gran soporte proporcionado de forma gratuita. Colab acelera significativamente el entrenamiento de redes neuronales profundas, reduciendo los tiempos de cómputo necesarios [16].

Esta aceleración es crucial cuando se trabaja con modelos de IA complejos, ya que la optimización de los recursos computacionales permite realizar experimentos más rápidos y con mayor precisión. Además, la integración con bibliotecas populares facilita la creación y el entrenamiento de modelos complejos. A través de su soporte para TPU y GPU, los usuarios de Colab pueden entrenar modelos de manera mucho más rápida que si estuvieran usando sus propios dispositivos. Esta capacidad de procesar grandes volúmenes de datos y realizar cálculos de alta demanda en la nube, sin tener que depender

de equipos locales, es uno de los mayores beneficios que ofrece Colab, especialmente cuando se trabaja en proyectos que requieren recursos computacionales avanzados [11].

### **3.4.5. El uso de la IA en el proyecto**

La implementación de inteligencia artificial en este proyecto trae consigo múltiples beneficios que optimizan tanto el proceso de reconocimiento de imágenes como la experiencia del usuario final, la capacidad de las redes neuronales para aprender y adaptarse a partir de grandes volúmenes de datos permite una mejora continua de los resultados a medida que se añaden más imágenes al sistema.

Esto es fundamental en la clasificación de especies de moscas, ya que la IA puede identificar patrones complejos en las imágenes que a simple vista serían imposibles de detectar. Además, la IA ofrece una automatización en el proceso de clasificación, lo que reduce significativamente el tiempo necesario para identificar las especies de moscas y, a su vez, minimiza los errores humanos que podrían surgir al hacerlo de manera manual [16].

Implementar IA en este proyecto no solo mejora la precisión, sino también la velocidad de las predicciones, lo que es crucial para su uso en entornos prácticos como la fruticultura, donde el tiempo de respuesta rápido es esencial.

### **3.4.6. Automatización del reconocimiento**

La automatización del proceso de reconocimiento mediante algoritmos de aprendizaje profundo elimina las limitaciones asociadas con los métodos manuales, tales como los errores humanos, y mejora considerablemente la eficiencia general, por lo que, al implementar un sistema basado en IA, se facilita el procesamiento automático de grandes volúmenes de datos, permitiendo que el sistema realice tareas de clasificación de manera precisa y rápida sin intervención humana.

#### **3.4.6.1. Eficiencia en el análisis**

[26] Los algoritmos de aprendizaje profundo permiten procesar las imágenes de manera mucho más eficiente que los métodos manuales. Gracias a la capacidad de las redes neuronales para aprender y adaptarse a partir de grandes volúmenes de datos, estos algoritmos pueden identificar patrones y características sutiles en las imágenes que serían difíciles de percibir por un ser humano. Esto no solo reduce el tiempo de procesamiento,

sino que también mejora la capacidad del sistema para manejar grandes cantidades de información, lo que es crucial en proyectos de gran escala como este.

#### **3.4.6.2. Precisión en los resultados**

[27] La precisión en los resultados es uno de los principales beneficios de utilizar IA en este proyecto. Los modelos entrenados con redes neuronales profundas son capaces de identificar patrones complejos con una alta tasa de exactitud, incluso en condiciones variables como diferentes tipos de iluminación o ángulos de captura. Esta precisión es vital para aplicaciones que requieren un alto grado de fiabilidad, como el reconocimiento de especies, donde una clasificación incorrecta podría tener consecuencias significativas.

#### **3.4.6.3. Procesamiento en tiempo real**

[7] Gracias a la optimización del modelo y el uso de recursos computacionales avanzados, como las GPUs y TPUs de Google Colab, el reconocimiento de las especies de moscas se puede realizar en tiempo real. Esto significa que los resultados de la clasificación se generan en cuestión de segundos, lo que permite integrar el sistema de IA en aplicaciones prácticas que requieren una respuesta rápida, como el monitoreo en tiempo real de plagas en entornos de fruticultura biointensiva. [28] Esta capacidad de procesar imágenes en tiempo real aumenta significativamente la eficiencia operativa, permitiendo a los usuarios tomar decisiones basadas en datos actualizados al instante.

## **4. METODOS Y PROCESAMIENTOS**

### **4.1. METODOLOGÍA**

#### **4.1.1. Tipo de investigación**

Este estudio es de tipo cualitativo, con un diseño narrativo que permite analizar, documentar y comprender la experiencia de los usuarios en el uso de la aplicación móvil de realidad aumentada para la identificación de especies de moscas de la fruta. A través de la recopilación de testimonios, entrevistas y observaciones en campo, se busca evidenciar los beneficios y limitaciones de la herramienta tecnológica dentro del contexto académico de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

[33] Este enfoque permite obtener una comprensión profunda de las percepciones y experiencias de los usuarios, facilitando el desarrollo de mejoras y ajustes basados en sus necesidades y expectativas. La metodología cualitativa no solo permite identificar

patrones de uso, sino también analizar los factores que influyen en la aceptación y efectividad de la aplicación dentro del ámbito académico.

El estudio también incluye una evaluación de la satisfacción de los usuarios mediante técnicas de investigación cualitativa, enfocándose en la usabilidad, interacción y aprendizaje logrado a través de la aplicación [33]. De esta manera, se busca comprender cómo los estudiantes de agronomía perciben la herramienta y cómo esta facilita su proceso de identificación de especies de moscas en un entorno digital.

#### **4.1.2. Nivel de investigación**

La investigación se enmarca en un nivel descriptivo correlacional, ya que no solo busca caracterizar las funcionalidades y aplicaciones de la herramienta tecnológica basada en realidad aumentada, sino también analizar la relación entre el uso de esta tecnología y la mejora en la identificación de especies del género *Anastrepha* por parte de los estudiantes de agronomía [34].

Este nivel de investigación permite evaluar la interacción, como la implementación de modelos tridimensionales en Blender, la integración en Unity con Vuforia y el escaneo de códigos QR, en relación con la precisión y facilidad de aprendizaje de los estudiantes en la identificación de las especies de moscas. Asimismo, se analizará el impacto del acceso a información visual interactiva en la mejora de la comprensión y retención de conocimientos en el área de la entomología agrícola [33].

#### **4.1.3. Diseño de investigación**

El diseño narrativo en esta investigación se basa en la traducción del proyecto a una aplicación de realidad aumentada, detallando cómo se desarrolla la experiencia del usuario dentro del aplicativo móvil [34]. Se detalla la manera en que los estudiantes de agronomía interactúan con la aplicación para la identificación de especies del género *Anastrepha*, desde el escaneo de códigos QR hasta la exploración de modelos tridimensionales [35].

A través de esta aplicación, pueden visualizar modelos 3D de las moscas en distintas perspectivas, analizar sus características morfológicas y acceder a información contextual relevante. De igual manera, la integración de realidad aumentada permite ubicar

digitalmente las especies dentro de su entorno real, facilitando un aprendizaje más interactivo y práctico.

El diseño narrativo también incluye la implementación de un mapa interactivo, donde se representa la distribución geográfica de estas especies en la región de estudio, por lo que esto proporciona a los usuarios una comprensión más amplia de las moscas en la fruticultura [36].

Además, se documenta la estructura y funcionalidad de la aplicación, asegurando que cada elemento tecnológico desde los modelos tridimensionales hasta la interfaz de usuario cumpla con el objetivo de fortalecer el aprendizaje y la identificación precisa de las especies mencionadas.

#### **4.1.4. Técnicas para recolección de datos**

Para la obtención de información relevante en este estudio, se optará por diversas técnicas de recolección de datos, asegurando la precisión y validez de la información utilizada en el desarrollo de la aplicación como:

- Revisión bibliográfica: consulta de artículos científicos y libros para recopilar información sobre las especies de moscas y su impacto en la fruticultura.
- Análisis documental: estudio de investigaciones relacionadas con el uso de tecnologías como realidad aumentada y modelado 3D de las plagas agrícolas.
- Consulta con expertos: reuniones con especialistas en entomología y agronomía para validar la precisión científica de los modelos 3D y la información representada.
- Observación indirecta: Análisis de imágenes y referencias visuales de moscas del género *Anastrepha* para garantizar una representación apropiada en la aplicación.

#### **4.1.5. Herramientas para el análisis de datos**

En este estudio, se utilizó la estadística descriptiva para estudiar el rendimiento de la aplicación en el reconocimiento de códigos QR a diversas distancias, para lograr representar de manera visual los resultados, por lo que, se empleó una gráfica de barras, la cual permite comparar el desempeño de la aplicación mediante la distancia de escaneo. Esta representación facilita la identificación de modelos, proporcionando una visión clara sobre la garantía del sistema en distintos escenarios.

El uso de la gráfica de barras permitió visualizar que la distancia influye directamente en la precisión del reconocimiento del código QR, ayudando a determinar la mejor proporción para el correcto uso de la aplicación.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Evaluación de la aplicación

Para validar el correcto funcionamiento de la aplicación de realidad aumentada, se realizaron pruebas de aceptación en conjunto con el encargado del proyecto, quien nos brindó retroalimentación sobre su desempeño y posibles mejoras a realizar. Durante este proceso, se evaluaron diversos aspectos fundamentales como la precisión en la identificación de especies, la interacción con los modelos 3D, la capacidad de escaneo de códigos QR e información importante.

Las pruebas demostraron que la aplicación cumple al 100% con los objetivos planteados, permitiendo la identificación de especies de moscas del género *Anastrepha* de manera eficiente y didáctica.

Para poder realizar el diseño de las moscas en Blender cargamos la imagen de la mosca y su ala para poder tener una mejor guía de cómo debe quedar el diseño que queremos a futuro por lo que podemos darnos cuenta que Blender tiene una interfaz amigable como se muestra en la figura 1, además que es una herramienta que no consume muchos recursos del equipo.

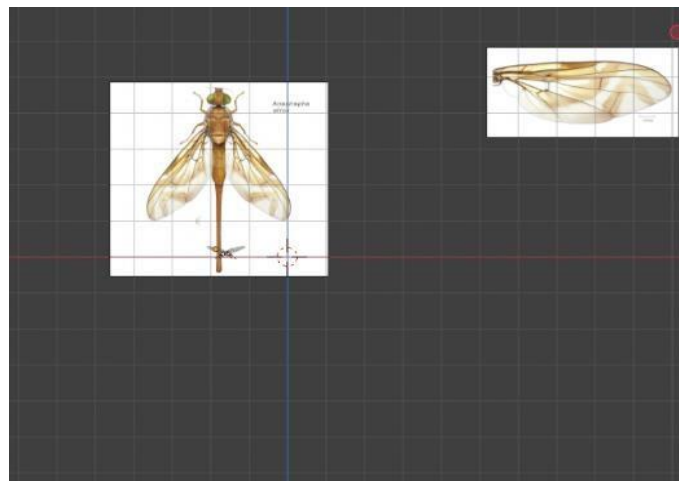


Figura 1. Imágenes cargadas en el escenario de Blender

Para el desarrollo de este proyecto y los diseños se utilizó esferas una opción de tantas que brinda blender es decir a partimos de una esfera poder moldearla, estirla y darle el

estilo que necesitamos en cada una de las partes como el torso, la cabeza y las patas. Para poder seleccionarlas seguimos el paso que se muestra en la figura 2 por lo que es una gran ayuda si no se tiene mucha experiencia con el manejo de la herramienta.

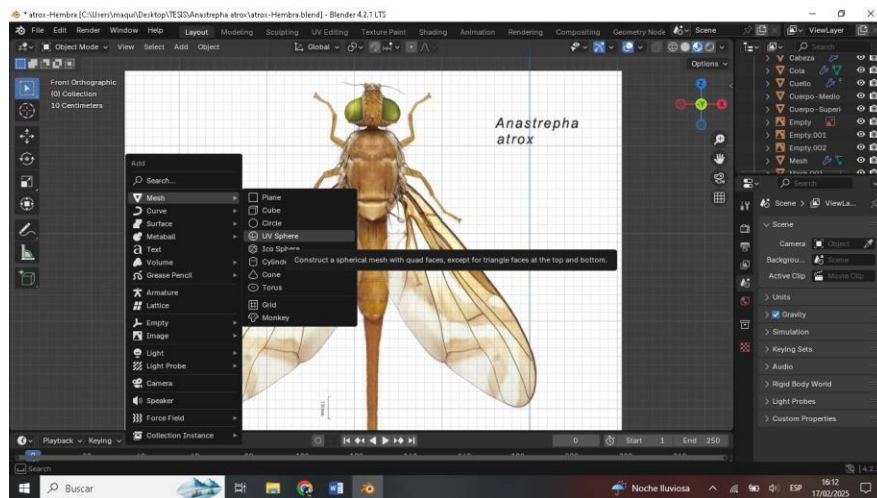


Figura 2. Selección de una esfera en Blender

Para el ala se trabaja con un plano y ah esta toca editarlo haciendo cortes para poderle dar el diseño ya que de por si es un rectángulo. Como se ilustra en la figura 3 por lo que debemos tener paciencia y buen pulso para ir colocando de la mejor manera los puntos de corte y lograr obtener el diseño del ala lo más parecido posible.



Figura 3. Aplicando recorte al plano para poder sacar la forma del ala

Con todo listo solo queda unir las partes de la mosca y debe quedar un esqueleto o modelo como se muestra en la figura 4. Con esto ya tenemos todo un maquetado listo de nuestra mosca para poder colorear o animar.

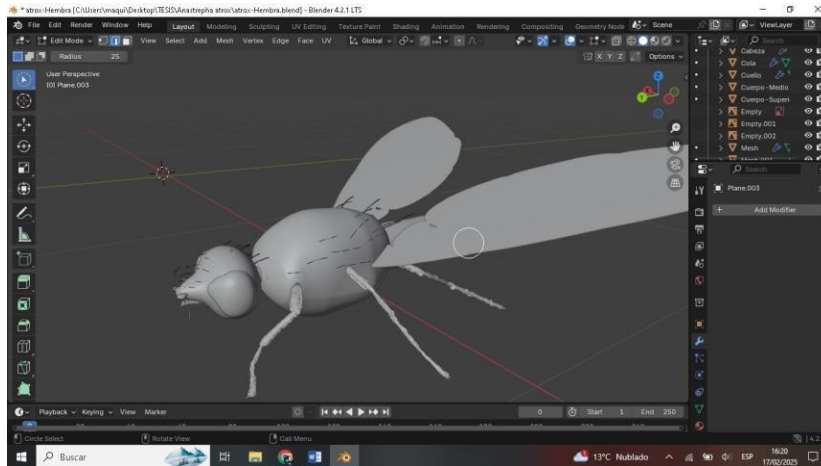


Figura 4. Esqueleto o modelo de la mosca

Para darle color y que nuestra mosca se vea mucho mejor podemos utilizar una de las tantas opciones que tiene Unity en este caso se optó por cargar la imagen en la parte de la mosca es decir poner la imagen sobre el molde, haciendo que se prácticamente tal cual como en la foto solo que ahora en 3D.



Figura 5. Mosca 3D con color

Gracias a su compatibilidad con motores como el de la herramienta Unity y su gran soporte para múltiples dispositivos como Android, iOS y HoloLens, es una de las soluciones más utilizadas en la gran industria para aplicaciones educativas, su capacidad para el reconocimiento avanzado de imágenes, marcadores y seguimiento de objetos permite el desarrollo de grandes experiencias de RA, precisas y de gran rendimiento.

Por lo que para que todo pueda funcionar correctamente utilizamos Vuforia la cual nos permite que al reconocer una imagen se muestre el elemento que se coloque como lo indica la figura 6 donde se presenta la implementación del modelo 3D sobre el código QR.

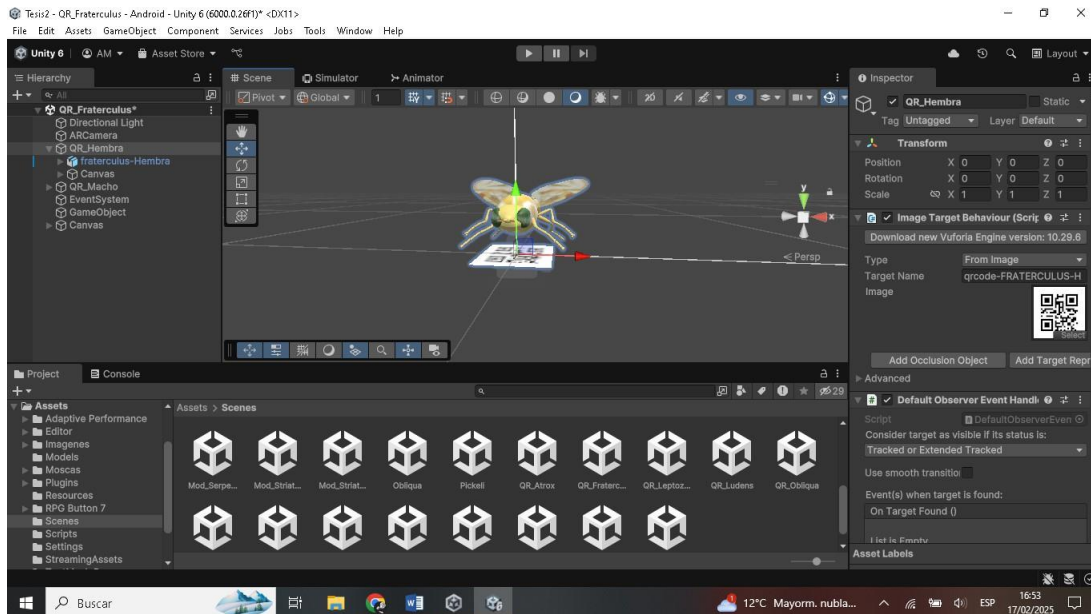


Figura 6. Uso de las herramientas de Vuforia para cargar el modelo y la imagen

Es necesario recalcar que esta fase es crucial para el éxito del modelo, ya que un conjunto de datos robusto y bien preparado puede marcar una gran diferencia en la efectividad de la aplicación en el mundo real.

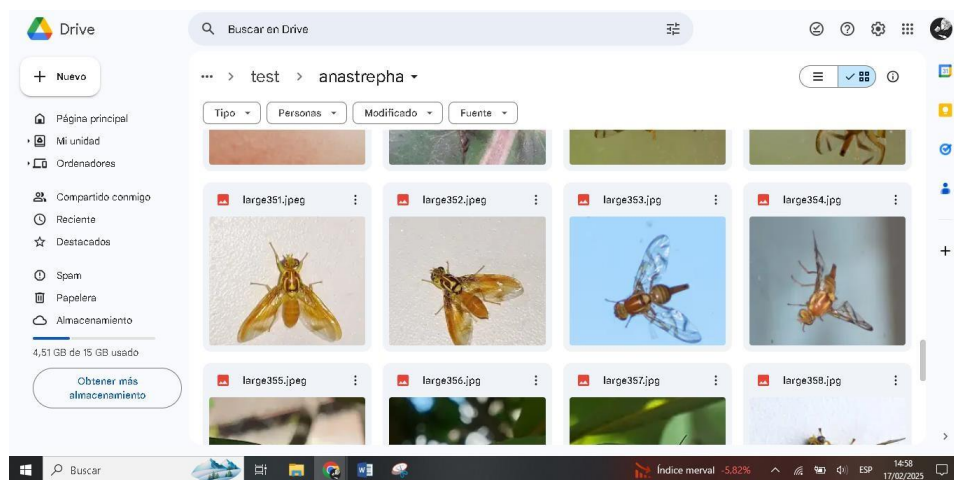


Figura 7. Carga de imágenes en la carpeta Anastrepha

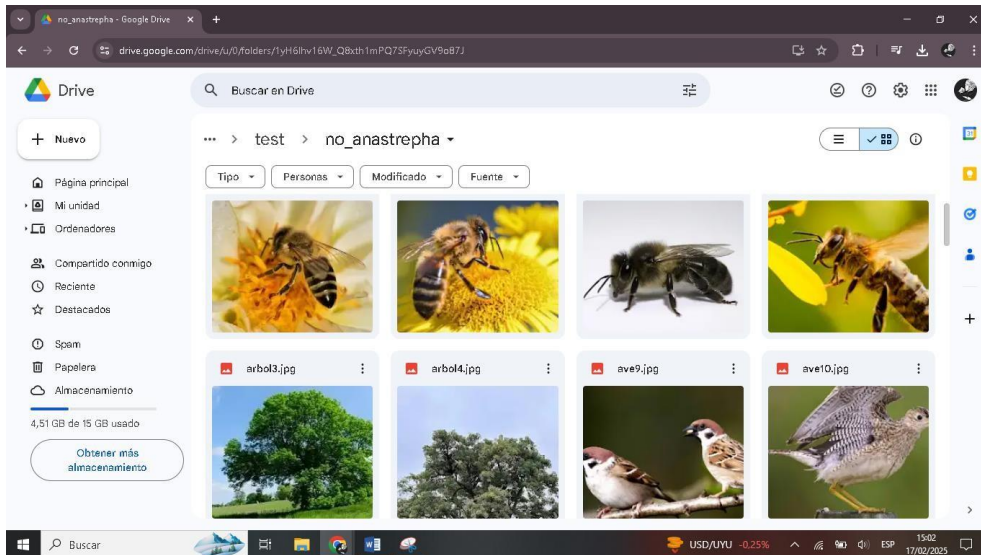


Figura 8. Carga de imágenes en la carpeta no Anastrepha

```

base_model = MobileNetV2(weights='imagenet', include_top=False, input_shape=(128, 128, 3))

# Congelar capas del modelo base
for layer in base_model.layers:
    layer.trainable = False

# Agregar capas personalizadas
x = base_model.output
x = GlobalAveragePooling2D()(x)
x = Dense(128, activation='relu')(x)
predictions = Dense(1, activation='sigmoid')(x)

model = Model(inputs=base_model.input, outputs=predictions)

model.compile(optimizer='adam',
              loss='binary_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])
  
```

Figura 9. Construir el modelo con MobileNetV2

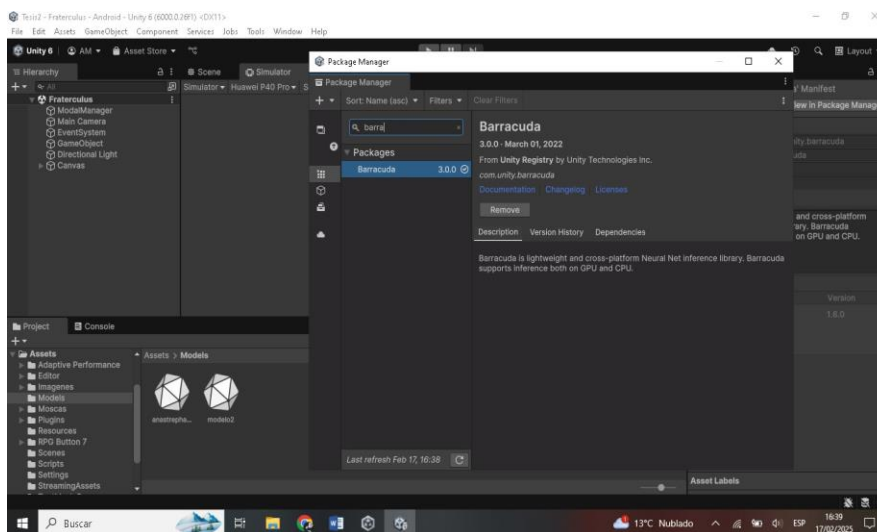


Figura 10. Integración de barracuda al proyecto con el modelo .onnx cargado

Para esto el desarrollo de la aplicación móvil se trabajó en Unity una herramienta muy útil que nos permite lograr lo que se necesita para el desarrollo del proyecto. Se trabajó en varias escenas como se muestra en la figura 11 donde cada una tiene información diferente que son de ayuda para el usuario.

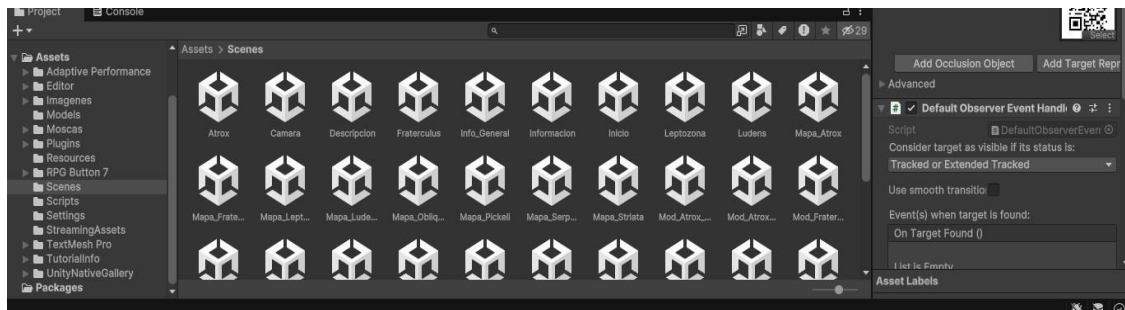


Figura 11. Escenas en Unity

Dentro de Unity tenemos muchas opciones, pero las que más usamos son las de UI (Interfaz gráfica) la cual nos permite colocar elementos como textos, imágenes, botones, entre otros. Una presentación de esto se muestra en la figura 12 donde se destacan varias opciones para el desarrollo de interfaces gráficas.

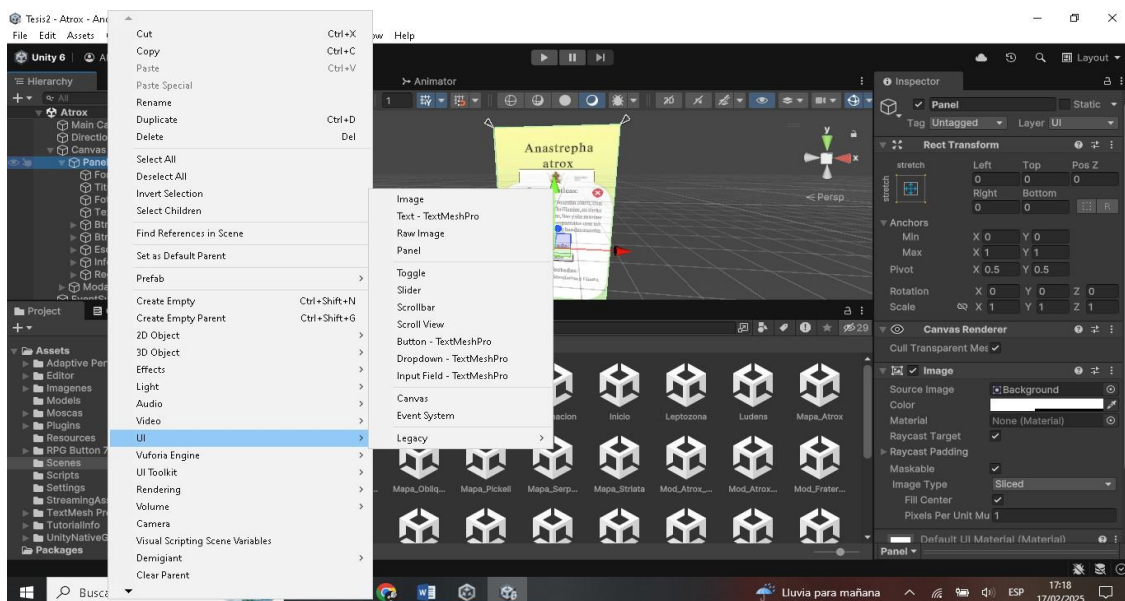


Figura 12. Opciones de UI

Tenemos diferentes escenas donde unas muestras información de las moscas, algunas otras su ubicación, también la de capturar o subir una imagen para con el modelo entrenado pueda reconocer entre si es una mosca de la fruta o no [23].

Una de las escenas como la que se muestra en la figura 13 que es una escena informativa donde el usuario puede obtener información de las características de las moscas, ubicación, cultivos que afecta y tiempo de vida. La figura 14 muestra zonas donde un tipo de mosca del género *Anastrepha* ha afectado a los cultivos, otra escena es el reconocimiento de imágenes para saber si es una mosca de la fruta o no como se muestra en la figura 15 donde el sistema a través del modelo entrenado logra cumplir esta funcionalidad, también la funcionalidad más importante de esta aplicación móvil la implementación de la realidad aumentada como se muestra en la figura 16 donde se presenta la mosca a través de un código QR, haciendo más llamativo el aprendizaje acerca de las moscas de la fruta del género *Anastrepha*.

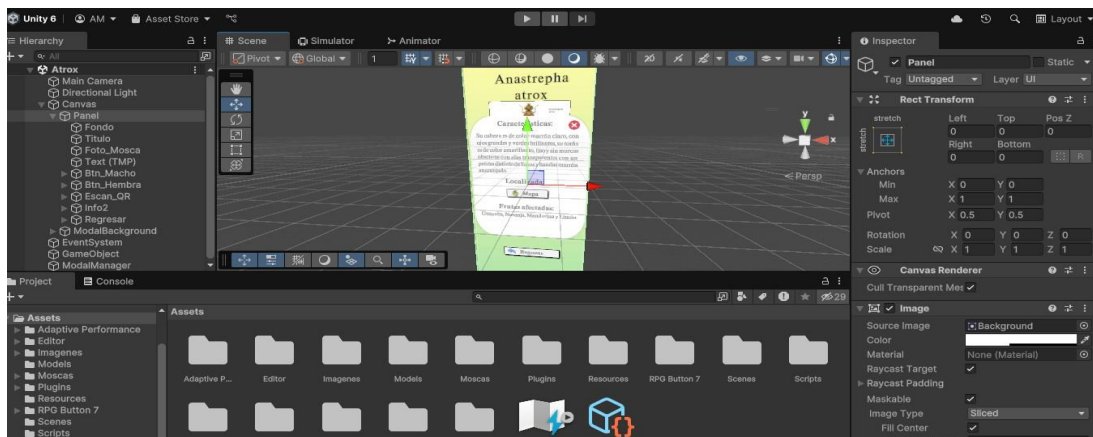


Figura 13. Información de una mosca

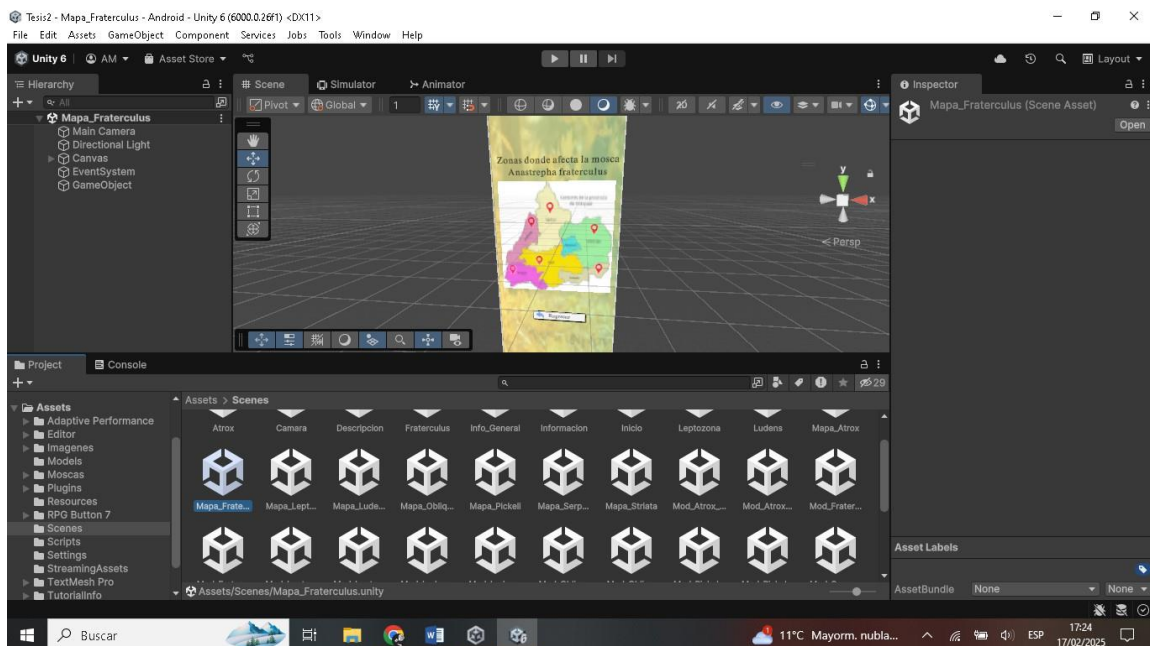


Figura 14. Zonas donde afecta una mosca

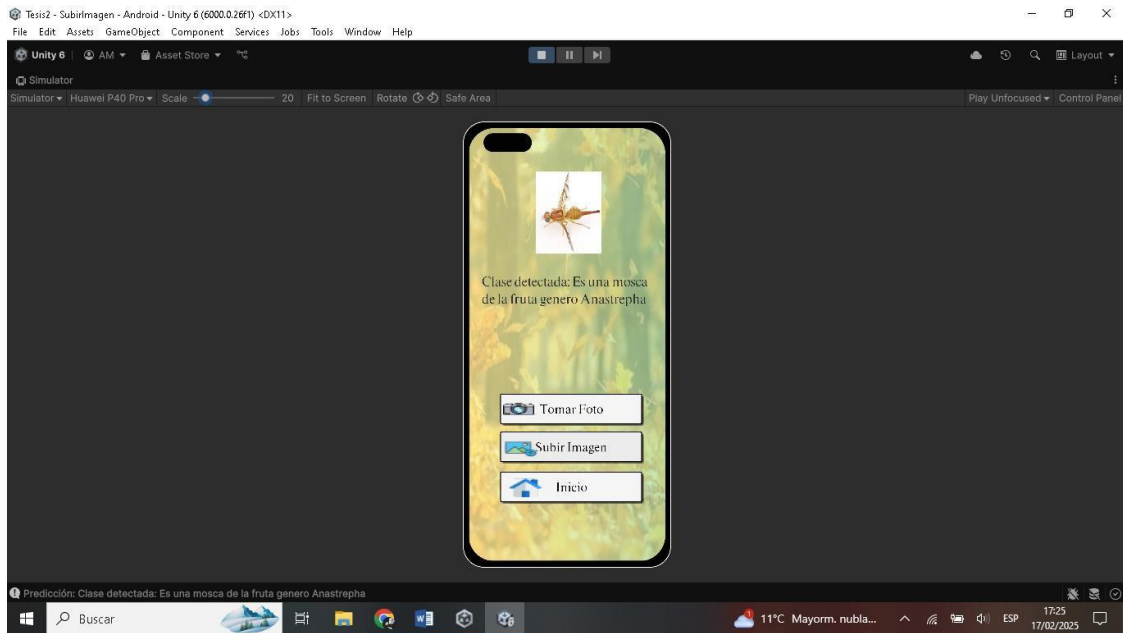


Figura 15. Reconocimiento de imágenes en la aplicación



Figura 16. Realidad aumentada al escanear un código QR con la aplicación

**Explicación del código usado:**

```
{x} from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
```

Figura 17. Acceso a los archivos del drive (que se usó para guardar las imágenes)

```
train_dir = '/content/drive/MyDrive/dataset/train'  
test_dir = '/content/drive/MyDrive/dataset/test'
```

Figura 18. Configuración de rutas para el dataset

```
train_data = datagen.flow_from_directory(  
    train_dir,  
    target_size=(128, 128),  
    batch_size=32,  
    class_mode='binary',  
    subset='training'  
)  
  
validation_data = datagen.flow_from_directory(  
    train_dir,  
    target_size=(128, 128),  
    batch_size=32,  
    class_mode='binary',  
    subset='validation'
```

Figura 19. Cargar el dataset con clases

```
{x} saved_model_dir = "/content/drive/MyDrive/saved_model"  
tf.saved_model.save(model, saved_model_dir)  
print(f"Modelo guardado en formato SavedModel en: {saved_model_dir}")  
  
onnx_model_path = "/content/drive/MyDrive/anastrepha_classifier_model.onnx"  
  
# Convertir a ONNX  
!python -m tf2onnx.convert --saved-model {saved_model_dir} --output {onnx_model_path} --opset 11  
  
print(f"Modelo convertido y guardado en formato ONNX en: {onnx_model_path}")
```

Figura 20 Modelo entrenado en formato .onnx

[17] Se utiliza el formato .onnx y no otros como .keras, .h5 o .tflite, ya que Unity con su extensión barracuda solo reconoce este tipo de modelos entrenados. Por lo que debemos transformarlo y asegurarnos que su salida sea un modelo .onnx como se muestra en la figura 20 donde en nuestro drive se guardara el archivo del modelo entrenado.

Podemos asegurarnos de que el modelo está trabajando correctamente ya que la línea azul que es la presión en entrenamiento logra reconocer muy bien ya que está muy cerca de 1, lo de la validación varía ya que como se cargó varias imágenes de distintas cosas para que el modelo las descarte tiene esa forma, pero tiende hacia arriba, como se indica en la figura 21.

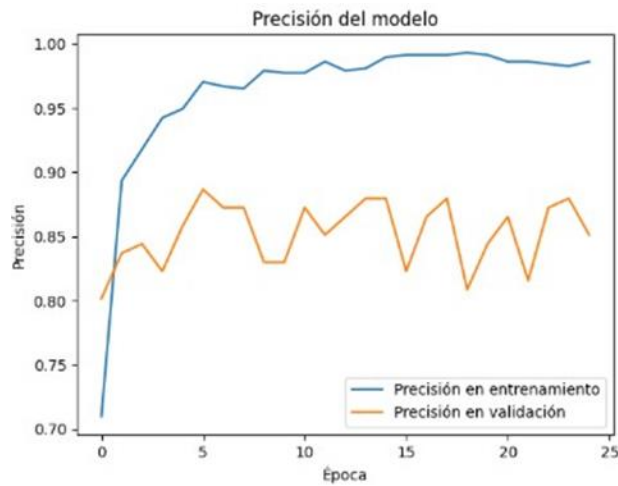


Figura 21. Precisión del modelo

Además, la pérdida de datos es muy baja en su entrenamiento en la validación cambia ya que al tener varias imágenes de diferentes cosas (otros insectos, personas u objetos) hace que varíe, pero en producción el modelo funciona muy bien [25]. Según las indicaciones que se muestra en la figura 22.

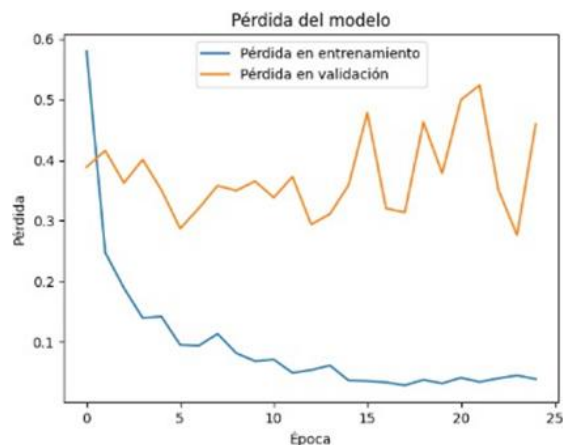


Figura 22. Pérdida del modelo

### ¿Porque usar Blender para el diseño en 3D de las moscas?

Blender es una opción muy positiva para el desarrollo de este proyecto, ya que nos permite crear moscas a partir de una imagen en 2D, debido a que su sistema de diseño y modelado poligonal permite crear formas realistas y detalladas, además de que no requiere licencias de pago.

Tabla 2. Comparación de herramientas de diseño

Herramientas	Compatibilidad con el proyecto	Facilidad de Uso	Costo
Blender	Ideal para generar los modelos 3D de manera detallada.	Interfaz flexible, pero si es algo complicada de entender.	Gratuito es decir open-source.
Fusion 360	Se enfoca más en piezas mecánicas.	Poco flexible para los diseños y animación.	Gratuito, pero con funciones limitadas.
Autodesk Maya	Consumo alto de recursos como para solo diseñar moscas.	Complejo, más enfocada al cine.	Suscripción de pago para poder usarlo.

**Resultado:** Blender es nuestra mejor herramienta para diseñar y modelar las moscas.

### ¿Porque usar Unity para el desarrollo de la aplicación móvil?

En este caso Unity es nuestra mejor opción ya que es ideal para el desarrollo de aplicaciones móviles que necesiten usar la realidad aumentada debido a que tiene compatibilidad con varias librerías, una de ellas vuforia que nos ayuda a reconocer una imagen y presentar el modelo 3D que se indique. Además, es una herramienta gratuita.

Tabla 3. Comparación con otras herramientas

Herramientas	Rendimiento	Compatibilidad de la app móvil	Facilidad de Desarrollo	Costo
Unity	Eficiente para aplicaciones móviles y el uso de la realidad aumentada.	Compatible con sistemas operativos Android y iOS.	Muy práctico ya que cuenta con una gran documentación detallada de cómo usarla paso a paso.	Gratis, pero si quieres acceder a mejores funciones debes pagar la licencia.
Unreal Engine	Mejores gráficos, pero hace que sea más pesado para los dispositivos móviles.	Compatible con sistemas Android, pero versiones actuales.	Es muy complejo, por lo que lleva más tiempo el desarrollo.	Gratis hasta cierto punto luego empieza a generar costos.
Godot	Es ligero y eficiente, pero tiene menos soporte para la realidad aumentada.	Compatible con sistemas Android y iOS. Pero no cuenta con extensiones para la R.A.	Es fácil y ligero de aprender, pero no cuenta con muchas librerías para R.A.	Es totalmente gratis es decir open-source.

**Resultado:** Unity es ideal para la implementación de realidad aumentada en una aplicación móvil, garantizando una funcionalidad y presentación de las moscas muy buena.

### 5.1.1. Pruebas de la aplicación

Tabla 4. Prueba de la aplicación 1


N° Caso de Prueba	P-001	Evaluación de la prueba	Si	No
<b>Objetivo de la prueba:</b>	Mostrar las moscas a través de los códigos QR			
<b>Descripción:</b>	Al poner el dispositivo móvil con la cámara en dirección del código QR debe mostrarse una mosca.			
<b>Condiciones de entrada:</b>	Colocar el dispositivo móvil en una distancia prudente, tener el código QR			
<b>Resultado esperado 1:</b>	<p>“La mosca se presenta a través del código QR usando R.A. exitosamente”</p> 			

Tabla 5. Prueba de la aplicación 2

N° Caso de Prueba	P-002	Evaluación de la prueba	Si	No
<b>Objetivo de la prueba:</b>	Identificar a través de una imagen si es una mosca de la fruta del género Anastrepha.			
<b>Descripción:</b>	El usuario puede tomar o subir una foto en la app y se verificara si es o no.			
<b>Condiciones de entrada:</b>	Permitir el uso de la cámara o dar acceso a la galería de imágenes.			



<p><b>Resultado esperado 1:</b></p>	<p>“Clase detectada: es una mosca de la fruta genero Anastrepha”</p> 
<p><b>Resultado esperado 2:</b></p>	<p>“No es una mosca del género Anastrepa” (Se ingresó la imagen de una abeja)</p> 

Tabla 6. Prueba de la aplicación 3

N° Caso de Prueba	P-003	Evaluación de la prueba	Si	No
<b>Objetivo de la prueba:</b>	Presentar información acerca de la mosca.			
<b>Descripción:</b>	Mostrar información en la pantalla acerca de una mosca como sus características, donde se localiza, cultivos que afecta y su tiempo de vida.			
<b>Condiciones de entrada:</b>	Ninguno.			


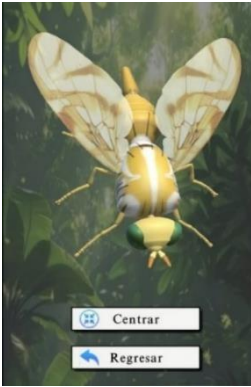
<b>Resultado esperado 1:</b>	<p>“Se muestra un modal con datos como sus características, lugares donde ha tenido impacto, cultivos afectados por esta mosca y su tiempo de vida”</p> 
------------------------------	--

Tabla 7. Prueba de la aplicación 4

N° Caso de Prueba	P-004	Evaluación de la prueba	Si	No
<b>Objetivo de la prueba:</b>	Presentar el modelo 3D en la pantalla para que el usuario pueda interactuar con la mosca.			
<b>Descripción:</b>	Mostrar la mosca en un modelo 3D para que el usuario pueda interactuar y ver mejor los detalles de esta.			
<b>Condiciones de entrada:</b>	Ninguno.			
<b>Resultado esperado 1:</b>	<p>“Se presenta en pantalla el modelo 3D de la mosca al cual se lo puede rotar y hacer zoom.”</p> 			

### 5.1.2. Efectividad del reconocimiento de códigos QR en la Aplicación

Los resultados obtenidos a partir del rendimiento de la aplicación como a que distancia sí reconoce el código QR, para presentar las moscas en la realidad aumentada.

*Notas:*

5 = Muy Bueno, 4 = Bueno, 3 = Regular, 2 = Malo y 1 = Muy Malo.

Tabla 8. Rendimiento de la app en distancia para reconocer el código QR

Rendimiento de la app en distancia para reconocer el código QR	
Distancia	Rendimiento
10 cm	5
30 cm	5
60 cm	4
90 cm	3
120 cm	2
150 cm	1

Rendimiento del reconocimiento de códigos QR por distancia

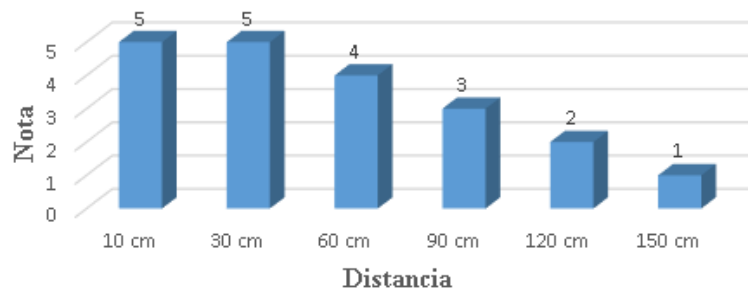


Figura 23. Rendimiento del reconocimiento de códigos QR, por distancia.

**Resultado:** Por lo que si el usuario quiere visualizar la mosca en realidad aumentada es preferible que coloque su dispositivo móvil cerca del código QR como se muestra en la figura 23 por lo que se recomienda una distancia de 15 cm ya que facilita que la aplicación reconozca con mayor efectividad.

## 5.2. Impacto de la Metodología Utilizada

El uso del diseño narrativo facilitó la estructuración de la aplicación, permitiendo trasladar el concepto del proyecto a una herramienta digital funcional y gracias a esta metodología, se pudo visualizar la experiencia del usuario antes de la implementación final, identificando mejoras en la navegación de la aplicación y en la interacción con los modelos 3D. Por otro lado, el enfoque descriptivo por correlación de variables permitió analizar la relación entre la distancia del código QR y la capacidad de reconocimiento de

la aplicación. Este análisis fue fundamental para optimizar el sistema y determinar un rango ideal de uso, asegurando una experiencia adecuada y sin dificultades en el escaneo.

La aplicación se encuentra en estado óptimo y lista, las pruebas realizadas confirman su funcionalidad y eficacia, proporcionando a los estudiantes una herramienta innovadora para el estudio de las especies de moscas de la fruta.

Tabla 9. Costos mediante modelo Cocomo

<b>Actividad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Horas Estimadas</b>	<b>Costo por Hora (USD)</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
<b>Investigación y documentación</b>	Revisión bibliográfica, recopilación de información sobre especies de moscas y análisis de herramientas tecnológicas.	20	\$5	\$100
<b>Modelado 3D en Blender</b>	Creación de modelos tridimensionales de las moscas.	50	\$10	\$500
<b>Desarrollo en Unity y Vuforia</b>	Implementación de la aplicación en Unity con integración de Vuforia para la realidad aumentada.	30	\$5	\$150
<b>Implementación del escaneo QR</b>	Programación y pruebas para el reconocimiento de códigos QR en la aplicación.	10	\$2	\$20
<b>Pruebas y validación</b>	Evaluación del funcionamiento de la aplicación.	10	\$10	\$100

<b>Corrección de errores y mejoras</b>	Ajustes del rendimiento según las pruebas realizadas.	20	\$5	\$100
<b>Redacción de informe final</b>	Elaboración del documento con metodología, resultados y análisis del proyecto.	40	\$1	\$40
<b>Total estimado del proyecto</b>	<b>Suma de todas las actividades y costos.</b>	<b>180 horas</b>	<b>\$38 USD</b>	<b>\$1,010 USD</b>

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- La implementación de la aplicación móvil de realidad aumentada ha demostrado ser una herramienta eficaz para la identificación de especies de moscas de la fruta, mejorando de tal manera la comprensión visual y conceptual de los estudiantes en comparación con métodos tradicionales, esta tecnología ha permitido una mejor interacción y un aprendizaje dinámico dentro del entorno académico.
- La integración de códigos QR ha facilitado el acceso inmediato a la realidad aumentada, optimizando de tal manera el proceso de identificación y consulta de datos relevantes sobre las especies, la aplicación facilidad de navegación como factores clave para su adopción en el ámbito educativo.
- La evaluación de la aplicación permitió verificar la correcta visualización tridimensional de las especies de moscas, afirmando su adecuado funcionamiento, las pruebas de aceptación demostraron que la aplicación cumple con su propósito, proporcionando una herramienta eficaz y asequible para el aprendizaje en agronomía.

### 6.2. Recomendaciones

- Se debe ampliar la base de datos de imágenes utilizadas para el modelado 3D de las especies de moscas de la fruta, incorporando variaciones morfológicas y condiciones ambientales que permitan una identificación más precisa.

- Es fundamental promover la capacitación de los docentes y estudiantes en el uso de la aplicación, asegurando que comprendan la funcionalidad y los beneficios que ofrece en el proceso de aprendizaje.
- La integración de nuevas tecnologías complementarias, como inteligencia artificial para mejorar la identificación automatizada, así como la realización de estudios los cuales permitan evaluar el impacto a largo plazo de la aplicación en la enseñanza y la investigación agrícola.

## 7. REFERENCIAS

[1] D. P. S. Dr. Javier Francisco, “Simulación de un sistema logístico con software y su impacto en la rentabilidad de los procesos de abastecimiento de la empresa Rodercon”, Univ. Cesar Vallejo, p. 152, 2019.

[2] M. T. Percy Lenin. “Identificación de especies de moscas de la fruta en frutales del valle de Sandía y ceja de selva San Juan del Oro - Puno”. ALICIA. Accedido el 15 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP\\_64f1536da0d9e012930dd5e9aac7e23a](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_64f1536da0d9e012930dd5e9aac7e23a)

[3] SANTOS SILVA SHUPINGAHUA, “COMPARACIÓN DE CINCO ATRAYENTES ALIMENTICIOS Y DOS TIPOS DE TRAMPAS EN EL MONITOREO DE LA MOSCA DE LA FRUTA (*Anastrepha* spp.) EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, HUÁNUCO”, UNIV. NAC. AGRAR. SELVA, Tingo María – Perú., 2022. Accedido el 15 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/74d8f3b1-e927-4b87-a69e-3b6839052fe4/content>

[4] Jonathan Marcelo Arequipa Tipantuña, “Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Telecomunicaciones”, p. 125, 2024. Accedido el 15 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ed2c3e7d-0444-4569-87d7-0a38d73db16a/content>

- [5] BEBETO VEGA VALENZUELA, "IDENTIFICACIÓN DE LAS MOSCAS DE LA FRUTA (*Anastrepha* spp.) Y SUS PARASITOIDES EN LA RUTA TINGO MARÍA – PUMAHUASI, HUÁNUCO", UNIV. NAC. AGRAR. SELVA, p. 110, 2023. Accedido el 16 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4969fb14-d303-4c1e-b083-9fcea73f66f6/content>
- [6] NUCIFORA MARÍA VIRGINIA, "RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DE ARÁNDANOS", UNIV. BELGRANO, p. 143, 2021. Accedido el 16 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.ub.edu.ar/bitstream/handle/123456789/9677/Nucifora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] Enric Cervera Raul Marin Josep Marin. (2022). Más allá de Jupyter: usando Google Colab para la Programación de Robots. Repositorio Universidad De Coruña, 8. <http://hdl.handle.net/2183/31486>
- [8] BODERO Elba M. 1. LOPEZ Milton P. 2. CONGACHA Ana E. 3. CAJAMARCA Efen E. 4. y. MORALES Cristian H. 5. (2020). Google Colaboratory como alternativa para el procesamiento de una red neuronal convolucional. Espacios, 10. [https://www.revistaespacios.com/a20v41n07/a20v41n07p22.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.revistaespacios.com/a20v41n07/a20v41n07p22.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- [9] ONNX Steering Committee. (2019). "Open Neural Network Exchange (ONNX): An Open Ecosystem for Interoperable AI Models." Proceedings of the International Conference on Machine Learning (ICML 2019). <https://onnx.ai/>
- [10] PEDRO HENRIQUE SPINOSA BRAGA. (2023). IMPLANTAÇÃO DE MODELOS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA NO FORMATO ONNX UTILIZANDO DIFERENTES FRAMEWORKS. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/76653/1/Pedro\\_Spinosa\\_Implantaçãode\\_modelos\\_de\\_apredizado\\_de\\_máquina\\_utilizando\\_ONNX%20\(8\)%20\(1\).pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/76653/1/Pedro_Spinosa_Implantaçãode_modelos_de_apredizado_de_máquina_utilizando_ONNX%20(8)%20(1).pdf)

- [11] Giraldo Pinzón Hernan David Mendoza Toloza Carlos Alfonso Ávila Plaza Pedro Alejandro. (2019). *Alzheimerind: aplicación móvil que utiliza inteligencia artificial para el tratamiento temprano del Alzheimer*. Universidad Piloto de Colombia. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5866>
- [12] Javier Abuchaibe Manzano Xahep Julián Gómez Durán. (2021) p. 111. Prototipo de aplicación móvil para la gestión de ventas en el sector agrícola integrando técnicas de inteligencia artificial y computación en la nube [Tesis grado, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA – UNAB]. [https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/16261/2021\\_Tesis\\_Javier\\_Abuchaibe.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/16261/2021_Tesis_Javier_Abuchaibe.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [13] Quispe Vadillo Vanessa. (2024). *APLICACIÓN MÓVIL ORIENTADA A LA EDUCACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS NATURALES PARA MOTIVAR EL APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE PRIMERO DE SECUNDARIA*. Repositorio UPEA. <https://repositorio.upea.bo/jspui/jspui/handle/123456789/1065>
- [14] Márquez Díaz, Jairo. (2020). Inteligencia artificial y Big Data como soluciones frente a la COVID-19. *Revista de Bioética y Derecho*, (50), 315-331. Epub 23 de noviembre de 2020. Recuperado en 02 de enero de 2025, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1886-58872020000300019&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1886-58872020000300019&lng=es&tlng=es)
- [15] Bermeo-Peñañiel, Y.-M., & Naranjo-Sánchez, B.-A. (2024). Desarrollo de una Aplicación de Realidad Aumentada para el Aprendizaje del Ensamblaje de Computadoras. *INNOVA Research Journal*, 9(4), 135–151. <https://doi.org/10.33890/innova.v9.n4.2024.2682>
- [16] Álvarez, M. A. M., Batista, M. Ángel H., & Gutiérrez, A. A. (2023). La inteligencia artificial en la generación de imágenes: consideraciones desde el diseño, la comunicación y el arte. *South Florida Journal of Development*, 4(9), 3713–3728. <https://doi.org/10.46932/sfjd.v4n9-028>
- [17] Alegre Palomino, C. ., & Colquehuanca Solis, J. . (2024). Inteligencia artificial en la elaboración e interpretación de imágenes. Una herramienta en la educación. *Areté, Revista Digital Del Doctorado En Educación*, 10(ee), 101–117. Recuperado a partir de [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_arete/article/view/29455](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_arete/article/view/29455)

- [18] Zapata Cardenas, M. I. (2020). Vítica, Patrimonio y Cultura: Producción de contenidos digitales para Realidad Aumentada. *Sphera Publica*, 1(20), 9–33. Recuperado a partir de <https://sphera.ucam.edu/index.php/sphera-01/article/view/380>
- [19] S. Rodríguez, “SISTEMA OPERATIVO ANDROID DEL FUTURO”, Moquegua, 2022. Consultado: el 30 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unam.edu.pe/items/f73ab08b-2c92-4f42-a876-b02d4203a5bf>
- [20] Santos S, “Desarrollo de Aplicación Móvil de Baloncesto en Android Studio: BasketScore”, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2023.
- [21] E. Vaati, “Qué es Android SDK y cómo empezar a usarlo”. Consultado: el 30 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://code.tutsplus.com/es/the-android-sdktutorial--cms-34623t>
- [22] Bermúdez, S., et al. (2020). Moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) y sus hospederos en Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5559/1/INIAPEEPPDF78.pdf>
- [23] González, J. P., & Ramírez, A. (2022). Identificación, daños y hábitos de moscas de la fruta en frutales de la región amazónica ecuatoriana. *Revista de Investigaciones Amazónicas*, 6(2), 1721. Recuperado de <https://revistas.unheval.edu.pe/index.php/reina/article/view/1721>
- [24] Ramos-Peña, A. M., Yábar-Landa, E., & Ramos-Peña, J. C. (2019). Diversidad, fluctuación poblacional y hospedantes de moscas de la fruta *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) en el valle de Abancay, Apurímac, Perú. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 35. Recuperado de <https://azm.ojs.inacol.mx/index.php/azm/article/download/1208/2292/5659>
- [25] Cruz, L., & Loor, A. (2023). Cebos para *Anastrepha fraterculus* con proteína hidrolizada de maíz y borra de café en Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 16(1), 102-112. Recuperado de [https://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962023000100102&script=sci\\_arttext](https://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962023000100102&script=sci_arttext)

- [26] C. Coro y K. Slander, “Caracterización de la mosca de la fruta en el cantón Sigchos parroquias las pampas y palo quemado provincia de Cotopaxi, 2023”, Trabajo de Grado, Univ. Tec. Cotopaxi, Latacunga, 2023. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10958>
- [27] R. Vanegas-Carrillo, J. F. Ramírez-Dávila y R. Rivera-Martínez, “Distribución espacial de mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha* spp.) (Diptera: Tephritidae) en Michoacán, México”, *Rev. Colomb. Entomol.*, vol. 47, n.º 1, pp. 1–8, abril de 2021. Accedido el 5 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.25100/socolen.v47i1.7715>
- [28] A. L. Norrbom et al. “*Anastrepha fraterculus* (Wiedemann)”. DELTA - DEscription Language for TAXonomy. Accedido el 5 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.delta-intkey.com/anatox/www/anfrater.htm>
- [29] A. L. Norrbom et al. “*Anastrepha serpentina* (Wiedemann)”. DELTA - DEscription Language for TAXonomy. Accedido el 5 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.delta-intkey.com/anatox/www/anserpen.htm>
- [30] L. E. Carroll, M. I. White, A. Freidberg, A. L. Norrbom, M. J. Dallwitz y F. C. Thompson. “Pest fruit flies of the world -*Anastrepha obliqua* (Macquart)”. DELTA - DEscription Language for TAXonomy. Accedido el 5 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: [https://www.delta-intkey.com/ffa/www/ana\\_obli.htm](https://www.delta-intkey.com/ffa/www/ana_obli.htm)
- [31] L. E. Carroll, M. I. White, A. Freidberg, A. L. Norrbom, M. J. Dallwitz y F. C. Thompson. “Pest fruit flies of the world -*Anastrepha pickeli* Lima”. DELTA - DEscription Language for TAXonomy. Accedido el 5 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: [https://www.delta-intkey.com/ffa/www/ana\\_pick.htm](https://www.delta-intkey.com/ffa/www/ana_pick.htm)
- [32] A. L. Norrbom et al. “*Anastrepha atrox* (Aldrich)”. DELTA - DEscription Language for TAXonomy. Accedido el 5 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.delta-intkey.com/anatox/www/anatrox.htm>
- [33] S. E. Calle Mollo, “Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa”, *Cienc. Lat. Rev. Cient. Multidiscip.*, vol. 7, n.º 4, pp. 1865–1879, julio de 2023. Accedido el 10 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible: [https://doi.org/10.37811/c1\\_rcm.v7i4.7016](https://doi.org/10.37811/c1_rcm.v7i4.7016)

[34] L. S. Salazar-Escorcía, “Investigación Cualitativa: Una respuesta a las Investigaciones Sociales Educativas”, CIENCIAMATRIA, vol. 6, n.º 11, pp. 101–110, marzo de 2020. Accedido el 10 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.35381/cm.v6i11.327>

[35] G. d. J. García-Gómez, “La evaluación como herramienta para mejorar los aprendizajes: la retroalimentación y la evaluación auténtica”, Rev. Latinoam. Ogmios, vol. 4, n.º 9, pp. 17–32, enero de 2024. Accedido el 10 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.53595/rlo.v4.i9.091>

[36] “IEEE Xplore Full-Text PDF?”. IEEE Xplore. Accedido el 18 de febrero de 2025. Disponible: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9456912&isnumber=9312710>