

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



Presentado por
ZUNILDA ROMERO CORONADO

EFICIENCIA DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS MEDICINALES ANDINAS MEDIANTE TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS

Asesor:

MSC. ING. HERWIN ALAYN HUILLCEN BACA

Co-Asesora:

MSC.ING. FLOR DE LUZ PALOMINO VALDIVIA

TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS

**ANDAHUAYLAS – APURÍMAC - PERÚ
2023**



APROBACION DEL ASESOR

Quién suscribe:

MSC. ING. HERWIN ALAYN HUILLCEN BACA, por la presente:

CERTIFICA,

Que, el Bachiller en Ingeniería de Sistemas, ZUNILDA ROMERO CORONADO ha culminado satisfactoriamente el Proyecto de Tesis intitulado: "EFICIENCIA DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS MEDICINALES ANDINAS MEDIANTE TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS" para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

Andahuaylas, 19 de setiembre del 2023.

MSc. Ing. Herwin Alayn Huillcen Baca
Asesor

Bach. Zunilda Romero Coronado
Tesista



APROBACION DEL CO - ASESORA

Quién suscribe:

MSC. ING. FLOR DE LUZ PALOMINO VALDIVIA, por la presente:

CERTIFICA,

Que, el Bachiller en Ingeniería de Sistemas, ZUNILDA ROMERO CORONADO ha culminado satisfactoriamente el informe final de Tesis intitulado: "EFICIENCIA DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS MEDICINALES ANDINAS MEDIANTE TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS" para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

Andahuaylas, 19 de setiembre del 2023.

MSc. Ing. Flor de Luz Palomino Valdivia
Co-Asesora

Bach. Zunilda Romero Coronado
Tesista

ANEXO 32



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Zunilda Romero Coronado**, identificado (a) con DNI N° 70685886 de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas.

Declaro bajo juramento que el Informe Final de Tesis Titulado: "EFICIENCIA DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS MEDICINALES ANDINAS MEDIANTE TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS".

Es auténtico y no vulnera los derechos de autor. Además, su contenido es de entera responsabilidad del autor del Informe Final de Tesis, quedando la UNAJMA exenta de toda responsabilidad en caso de atentar contra la Ley de propiedad intelectual y derechos de autor.

Andahuaylas, 19 de setiembre del 2023

.....
Firma
Bach. Zunilda Romero Coronado
N° DNI: 70685886
E-mail: zumy.epis@gmail.com
N° Celular: 925692794

.....
Firma del Asesor
MSc. Ing. Herwin Alayn Huillcen Baca
N° DNI: 30861096
E-mail: hhuillcen@unajma.edu.pe
N° Celular: 978483090

.....
Firma del Co-Asesora
MSc. Ing. Flor de Luz Palomino Valdivia
N° DNI: 09598250
E-mail: fpalomino@unajma.edu.pe
N° Celular: 983605237



APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: Eficiencia de una Aplicación Móvil para la Identificación de Plantas Medicinales Andinas Mediante Técnicas de Procesamiento de Imágenes en la Provincia de Andahuaylas; para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

PRESIDENTE: Dra. Norma Lorena Catacora Flores

PRIMER MIEMBRO: Mtro. Juan José Oré Cerrón

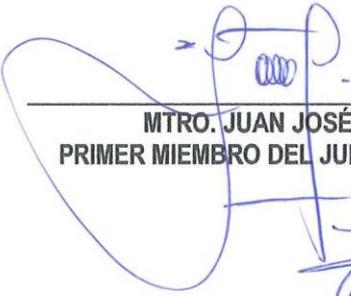
SEGUNDO MIEMBRO: Msc. Richard Carrión Abollaneda

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 21 del mes de setiembre de 2023.

Andahuaylas, 21 de setiembre de 2023.



DRA. NORMA LORENA CATACORA FLORES
PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR



MTRO. JUAN JOSÉ ORÉ CERRÓN
PRIMER MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR



MSC. RICHARD CARRIÓN ABOLLANEDA
SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR



FACULTAD DE INGENIERIA

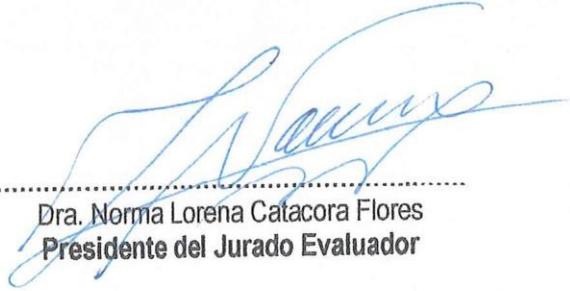
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

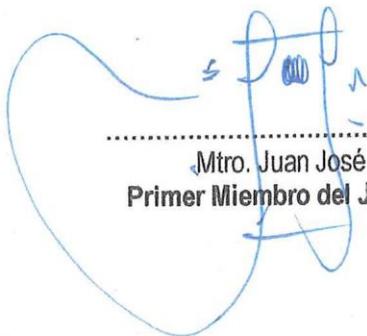
En la Av. José María Arguedas del Local Académico SL01 (Ccoyahuacho) en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de San Jerónimo de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 10:00 horas del día 21 de setiembre del año 2023, se reunieron los docentes: Dra. Norma Lorena Catacora Flores, Mtro. Juan José Oré Cerrón, MSc. Richard Carrión Abollaneda, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "EFICIENCIA DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS MEDICINALES ANDINAS MEDIANTE TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS", cuya autora es la Bachiller en Ingeniería de Sistemas **ZUNILDA ROMERO CORONADO**, el asesor MSc. Herwin Alayn Huilcen Baca y co-asesora MSc. Flor de Luz Palomino Valdivia, con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador **ACORDÓ: APROBAR** por **UNANIMIDAD** a la Bachiller en Ingeniería de Sistemas **ZUNILDA ROMERO CORONADO**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
14	CATORCE	Bueno

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.


 Dra. Norma Lorena Catacora Flores
 Presidente del Jurado Evaluador


 Mtro. Juan José Oré Cerrón
 Primer Miembro del Jurado Evaluador


 MSc. Richard Carrión Abollaneda
 Segundo Miembro del Jurado Evaluador



Andahuaylas, 14 de noviembre de 2023

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, expide la:

Constancia

De porcentaje de similitud (24%) según el software Turnitin, al informe final de investigación: Eficiencia de una aplicación móvil para la identificación de plantas medicinales andinas mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia de Andahuaylas. Presentado por la Bach. Zunilda Romero Coronado cuyo Asesor y Coasesora son: MSc. Herwin Alayn Huillcen Baca y MSc. Flor de Luz Palomino Valdivia

Dra. María del Carmen Delgado Laime
Presidente de la Unidad de Investigación de la
Facultad de Ingeniería

MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

M.Sc. Richard Carrión Abollaneda
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFORME FINAL DE TESIS ZUNILDA (5).
docx**

RECUENTO DE PALABRAS

24886 Words

RECUENTO DE PÁGINAS

132 Pages

FECHA DE ENTREGA

Oct 16, 2023 4:35 PM GMT-5

RECUENTO DE CARACTERES

142348 Characters

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.6MB

FECHA DEL INFORME

Oct 16, 2023 4:37 PM GMT-5

● **24% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 23% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref



Dedicatoria

Con profunda gratitud, dedico este trabajo a Dios, quien me ha brindado la fortaleza del infinito amor y la bondad, así como sus innumerables bendiciones y la salud necesaria para alcanzar mis objetivos.

A mi amada familia, en especial a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias a su inquebrantable apoyo y motivación, he encontrado la determinación para lograr este trabajo y perseguir mis metas con entusiasmo.

Asimismo, a la Universidad Nacional José María Arguedas, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente. Este camino académico ha abierto diversos horizontes valiosos en mi vida, y me siento afortunada por haber tenido esta experiencia.

A todos mis estimados docentes, jurados y asesores, quienes han sido fundamentales en mi crecimiento académico y personal. Su dedicación y apoyo incondicional han sido vitales para lograr la culminación de este trabajo.

Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi camino, y hoy, con profunda gratitud, dedico este logro a todos aquellos que han sido parte de mi crecimiento y formación académica.

Agradecimiento

En primer lugar, deseo expresar mi profundo agradecimiento a Dios por haberme guiado por el camino correcto, por brindarme salud y bendiciones que me han permitido superarme a lo largo de mi vida.

A mi amada familia, en especial a mis queridos padres y hermanos, les agradezco de corazón por haber sido pilares fundamentales en mi vida. Gracias por inculcarme valores como la responsabilidad, el deseo de superación y por ser un ejemplo constante de infinitas virtudes.

Asimismo, a la Universidad Nacional José María Arguedas, quiero extender mi gratitud por haberme brindado la oportunidad de formar parte de su comunidad estudiantil. Agradezco también por la sólida formación profesional que recibí, la cual ha sido esencial para alcanzar mis objetivos y enfrentar los desafíos que la vida presenta.

A mis estimados docentes, jurados y asesores, mi más sincero agradecimiento por su apoyo y dedicación, su compromiso y sabiduría han sido fundamentales para guiarme en este proceso y culminar con éxito este trabajo. Agradezco enormemente el tiempo que me han brindado y la semilla del conocimiento que han depositado en mí, la cual ha sido esencial para enfrentar diversos retos y alcanzar metas valiosas para mi desarrollo.

En resumen, a todos aquellos que han contribuido a mi formación y crecimiento, mi más sincero agradecimiento. Su apoyo ha sido una bendición en mi vida y estoy convencida de que llevaré con orgullo todo lo aprendido para seguir creciendo y alcanzando nuevos horizontes.
¡Gracias!

Índice

Dedicatoria.....	I
Agradecimiento	II
Índice.....	III
Índice de Figuras.....	VII
Índice de Tablas	VIII
Resumen.....	9
Abstract.....	11
Chumasqa	13
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. Descripción del Problema	16
1.2. Formulación del Problema	17
1.2.1. Problema General.....	17
1.2.2. Problemas Específicos	17
1.3. Justificación.....	18
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo General.....	19
1.4.2. Objetivos Específicos	19
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES	20
2.1. Antecedentes a Nivel Nacional	20
2.2. Antecedentes a Nivel Internacional	21
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO	22
3.1. Plantas Medicinales.....	22
3.1.1. La Planta <i>Amaranthus Dubius</i> (Atacco).....	22
A). Valor Nutricional de la Planta <i>Amaranthus Dubius</i> (Atacco).....	22
B). Uso Medicinal del <i>Amaranthus Dubius</i> (Atacco).....	23
3.1.2. La Planta <i>Tagetes Elliptica</i> (Chincho).....	24

A). Valor Nutricional de Tagetes Elliptica (Chincho).	24
B). Uso Medicinal de Tagetes Elliptica (Chincho).	24
3.1.3. <i>La Planta Piper Aduncum (Matico)</i>	25
A). Propiedades Curativas de la Planta Piper Aduncum (Matico).	26
3.2. Aplicación Móvil	27
3.2.1. <i>Tipos de Aplicaciones Móviles</i>	28
A). Aplicación Nativa.	29
B). Aplicación Web.	29
C). Aplicación Híbrida	29
3.3. Inteligencia Artificial	30
3.4. Red Neuronal Convolutiva	31
3.4.1. <i>Capa de Entrada Pixel y Neuronas de la Red Neuronal Convolutiva</i>	31
A). Preprocesamiento de la Imagen.	32
3.4.2. <i>Capa de Convolución</i>	32
A). Kernel.	32
3.4.3. <i>Capa de Reducción o Pooling</i>	32
3.4.4. <i>Capa Clasificadora</i>	33
3.5. Herramientas y Tecnologías.	33
3.5.1. <i>TensorFlow</i>	33
3.5.2. <i>Keras</i>	33
3.5.3. <i>Python</i>	34
3.5.4. <i>Flutter</i>	34
3.5.5. <i>Firestore</i>	34
3.6. Dataset	34
3.7. Eficiencia de una Aplicación Móvil.	35
3.8. Metodología Mobile-D.	35
3.8.1. <i>Fases de la Metodología Mobile-D</i>	36

A). Fase de Exploración.....	36
B). Fase de Inicialización.....	36
C). Fase de Producción.....	36
D). Fase de Estabilización.....	36
E). Fase de Pruebas.....	36
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	37
4.1. Hipótesis de la Investigación	37
4.1.1. <i>Hipótesis General</i>	37
4.1.2. <i>Hipótesis Específicas</i>	37
4.2. Operacionalización de Variables.....	38
4.3. Diseño de Investigación	39
4.4. Población y Muestra.....	40
4.4.1. <i>Población</i>	40
4.4.2. <i>Muestra</i>	41
4.5. Técnicas para la Recolección de Imágenes.....	41
4.6. Instrumento Utilizado para la Recolección de Imágenes.....	41
4.7. Técnicas de Análisis de las Imágenes	42
4.7.1. <i>Matriz de Confusión</i>	42
4.7.2. <i>Exactitud (Accuracy)</i>	43
4.7.3. <i>Precisión</i>	44
4.7.4. <i>Sensibilidad (Recall)</i>	44
4.7.5. <i>F1-score</i>	45
CAPÍTULO V: RESULTADOS	46
5.1. Evaluación del Modelo de Clasificación.....	46
5.1.1. <i>Matriz de Confusión del Modelo de Clasificación</i>	46
5.1.2. <i>Precisión del Modelo de Clasificación</i>	48
5.1.3. <i>Sensibilidad (Recall) del Modelo de Clasificación</i>	48
5.1.4. <i>F1-score del Modelo de Clasificación</i>	49
5.1.5. <i>Exactitud (Accuracy) del Modelo de Clasificación</i>	50
5.2. Evaluación de Eficiencia de la Aplicación Móvil.....	51
5.2.1. <i>Niveles de Identificación de la Planta Tagetes Elliptica (Chincho)</i>	52

5.2.2. Niveles de Identificación de la Planta <i>Amaranthus Dubius</i> (Atacco)	54
5.2.3. Niveles de Identificación de la Planta <i>Piper aduncum</i> (Matico).....	55
5.2.4. Los Niveles de Identificación de las Tres Clases de Plantas.....	57
5.2.5. Matriz de Confusión de Eficiencia de la Aplicación Móvil	58
5.2.6. Precisión de la Aplicación Móvil en la Identificación de Plantas.....	59
5.2.7. Sensibilidad (Recall) de la Aplicación Móvil en la Identificación de Plantas	60
5.2.8. Sensibilidad y Precisión de la Aplicación Móvil en la Identificación de Plantas	61
5.2.9. Exactitud (Accuracy) de la Aplicación Móvil en la Identificación de Plantas.....	62
5.2.10. Evaluación del Nivel de Error de la Aplicación Móvil.....	63
5.3. Contrastación de Hipótesis.....	65
5.3.1. Contrastación de Hipótesis General.....	65
5.3.2. Contrastación de Hipótesis Específicas.....	66
CAPITULO VI: DISCUSIÓN	72
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS.....	80

Índice de Figuras

<i>Figura 1 Imágen de la planta Amaranthus dubius (Atacco)</i>	23
<i>Figura 2 Imágen de la planta Tagetes elliptica (Chincho)</i>	25
<i>Figura 3 La imagen de la planta Piper aduncum (Matico)</i>	26
<i>Figura 4 Metodología Mobile-D</i>	36
<i>Figura 5 Esquema de diseño preexperimental</i>	40
<i>Figura 6 Captura de la matriz de confusión del modelo</i>	47
<i>Figura 7 Captura de los resultados de la precisión, sensibilidad y F(F1-score) del modelo</i>	51
<i>Figura 8 Gráfico del Excel de la evaluación de precisión y sensibilidad (Recall)</i>	61
<i>Figura 9 Gráfico del Excel de F1-score, Exactitud (Accuracy) y nivel de error</i>	64
<i>Figura 10 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra de las plantas</i>	66
<i>Figura 11 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra de la planta (Chincho)</i> . 68	
<i>Figura 12 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra de la planta (Atacco)</i> ... 69	
<i>Figura 13 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra de la planta (Matico)</i> ... 71	

Índice de Tablas

<i>Tabla 1 Operacionalización de variables</i>	38
Tabla 2 <i>Matriz de confusión</i>	43
<i>Tabla 3 Registro de Excel del nivel identificación de la planta Tagetes elliptica (Chincho)</i>	53
<i>Tabla 4 Registro de Excel del nivel de identificación de la planta Amaranthus dubius (Atacco)</i> 54	
<i>Tabla 5 Registro de Excel del nivel de identificación de la planta Piper aduncum (Matico)</i>	56
<i>Tabla 6 Niveles de identificación de las tres clases de plantas</i>	57
<i>Tabla 7 Matriz de confusión</i>	59
<i>Tabla 8 Nivel de precisión y sensibilidad</i>	61
<i>Tabla 9 Nivel de F1-score, Exactitud (Accuracy) y nivel de error</i>	63
<i>Tabla 10 Prueba de normalidad para las plantas</i>	65
<i>Tabla 11 Pruebas de normalidad para las plantas (Matico, Chincho y Atacco)</i>	67

Resumen

La diversidad de la flora andina ha sido fuente inagotable de sabiduría ancestral en el uso de plantas medicinales para promover el bienestar humano. Sin embargo, en la actualidad, este invaluable conocimiento se encuentra en riesgo debido a diversos factores, como la disminución del interés en las tradiciones ancestrales, la falta de involucramiento de las nuevas generaciones y el avance constante de la medicina moderna y, significativamente, la carencia de herramientas tecnológicas precisas para la identificación de plantas medicinales. La identificación precisa y rápida de estas especies vegetales se ha vuelto complicada tanto para los habitantes locales como para los especialistas en salud, debido a la necesidad de un profundo conocimiento de la flora.

En ese sentido, el estudio se propuso determinar la eficiencia de la aplicación móvil desarrollada para la identificación de plantas medicinales nativas mediante técnicas de procesamiento de imágenes de la provincia de Andahuaylas. Para capturar las imágenes de estas plantas medicinales, se utilizó la técnica de observación directa y se empleó una cámara de celular modelo Samsung Galaxy A21s como instrumento. La población de estudio se compuso de tres especies de plantas: *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco), todas ellas de la provincia de Andahuaylas.

Con el fin de alcanzar este objetivo, se implementó un modelo de clasificación basado en redes neuronales convolucionales (CNN). El proceso incluyó varias etapas esenciales: recopilación y preparación de datos de entrenamiento, diseño de la arquitectura de la CNN, entrenamiento del modelo y evaluación de su rendimiento con un conjunto de datos de prueba independiente. Posteriormente, el modelo se integró en la aplicación móvil desarrollada en Flutter. Demostrando la eficiencia de la aplicación móvil desarrolla en comparación con métodos tradicionales de identificación de plantas.

Los resultados revelaron que la aplicación móvil es altamente eficiente en la identificación de las plantas medicinales andinas de la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, logrando una precisión superior al 95%. Este hallazgo respalda la efectividad tanto del modelo de clasificación como de la aplicación móvil en la identificación de las plantas medicinales mencionadas (*Amaranthus dubius*, *Piper aduncum* y *Tagetes elliptica*).

Palabras claves: Aplicación móvil, red neuronal convolucional, identificación de las plantas, *Amaranthus dubius*, *Piper aduncum*, *Tagetes elliptica*.

Abstract

The diversity of the Andean flora has been an inexhaustible source of ancestral wisdom in the use of medicinal plants to promote human well-being. However, at present, this invaluable knowledge is at risk due to several factors, such as the decrease of interest in ancestral traditions, the lack of involvement of the new generations and the constant advancement of modern medicine and, significantly, the lack of precise technological tools for the identification of medicinal plants. Accurate and rapid identification of these plant species has become complicated for both local inhabitants and health specialists, due to the need for in-depth knowledge of the flora.

In this sense, the study aimed to determine the efficiency of the mobile application developed for the identification of native medicinal plants through image processing techniques from the province of Andahuaylas. To capture the images of these medicinal plants, the direct observation technique was used and a Samsung Galaxy A21s cell phone camera was used as an instrument. The study population consisted of three plant species: *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) and *Amaranthus dubius* (Atacco), all of them from the province of Andahuaylas.

In order to achieve this goal, a classification model based on convolutional neural networks (CNN) was implemented. The process included several essential steps: training data collection and preparation, design of the CNN architecture, training the model, and evaluating its performance against an independent test data set. Subsequently, the model was integrated into the mobile application developed in Flutter. Demonstrating the efficiency of the mobile application development compared to traditional plant identification methods.

The results revealed that the mobile application is highly efficient in the identification of the Andean medicinal plants of the province of Andahuaylas through image processing techniques, achieving an accuracy greater than 95%. This finding supports the effectiveness of both the

classification model and the mobile application in the identification of the mentioned medicinal plants (*Amaranthus dubius*, *Piper aduncum* and *Tagetes elliptica*).

Keywords: Mobile application, convolutional neural network, plant identification, *Amaranthus dubius*, *Piper aduncum*, *Tagetes elliptica*.

Chumasqa

Andinokunapa imaymana kayninmi ñawpaq taytakunapa yachaynin mana tukukuq karqa, hampi yurakunata runapa allin kawsakuyninta kallpanchanapaq. Ichaqa, kunan pachaqa, kay mana chaniyuq yachayqa peligropim kachkan achka factorkunarayku, ahinataq ñawpaq taytakunapa tradicionninkunapi interesakusqanku pisiyasqanrayku, musuq miraykunapa mana involucramienton kasqanrayku hinaspa kunan pacha hampi sapa kuti ñawpaqman purisqanrayku chaynallataq, ancha allinqa, mana tecnológico preciso kasqanrayku hampi yurakuna riqsichinapaq yanapakuykuna. Chay yurakunapa rikchayninpa chiqap hinaspa utqaylla riqsichiyqa sasachakuymantami tikrakurun chay llaqtapi yachaqkunapaqpas qhali kaymanta yachaqkunapaqpas, chay flora nisqamanta allinta yachay necesitasqankurayku.

Kay yuyaypiqa, kay yachayqa, Andahuaylas suyupi, técnicas de procesamiento de imágenes nisqawan, nativo hampi yurakuna riqsichinapaq, chay aplicación móvil nisqa allin ruwayninta riqsiyta munarqa. Kay hampi yurakunapa rikchayninkunata hapinapaqmi, técnica de observación directa nisqawan yanapachikurqa, chaymantam instrumento hina Samsung Galaxy A21s celularpa cámara nisqawan yanapachikurqa. Chay estudio nisqapiqa kimsa especies de plantas nisqakunam karqaku: Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) hinaspa Amaranthus dubius (Atacco), llapan kum Andahuaylas provinciamanta.

Kay metaman chayanapaqqa, redes neuronales convolucionales (CNN) nisqapi ruwasqa modelo de clasificación nisqa ruwakurqa. Kay ruwayqa achka esencial ruwaykunata ruwarqa: yachachiy willayta huñuy chaymanta wakichiy, CNN arquitectura ruway, modelo yachachiy, chaymanta ruwayninta chaninchay huk sapanchasqa prueba willay huñuwan. Chay qhipamanmi, chay modeloqa Flutter nisqapi ruwasqa movil nisqa aplicacionman hukllawasqa karqa. Ñawpaqmanta

pacha yurakuna riqsichiy ruwaykunawan tupachisqa, chay aplicacin móvil nisqa ruwaypa allin ruwayninta qawachispa.

Chay ruwasqakunam qawarichirqa chay aplicación móvil nisqa ancha allin kasqanmanta, Andahuaylas provinciapi hampi yurakuna andino nisqakuna riqsichiypi, técnicas de procesamiento de imágenes nisqawan, chaymi 95% masnin exactitud nisqaman chayaron. Kay tariyqa yanapanmi iskaynin modelo de clasificación nisqapa allin kayninta chaynallataq aplicación móvil nisqapas chay rimasqa hampi yurakuna (*Amaranthus dubius*, *Piper aduncum* hinaspa *Tagetes elliptica*) riqsichiypi.

Sapaq simikuna: Aplicación móvil, red neural convolucional, yura riqsichiy, *Amaranthus dubius*, *Piper aduncum*, *Tagetes elliptica*.

INTRODUCCIÓN

La riqueza de la flora andina ha sido fuente inagotable de conocimiento y sabiduría ancestral en el uso de plantas medicinales para el bienestar humano. Sin embargo, en la actualidad, este conocimiento valioso se encuentra amenazado por diversos factores, como la pérdida de interés en las tradiciones ancestrales, falta de interés de la nueva generación y el avance de la medicina moderna. La identificación precisa y rápida de estas especies vegetales se ha convertido en un desafío para los habitantes y especialistas en salud, dado que requiere un conocimiento profundo de la flora local.

En respuesta a esta problemática, la presente tesis se centró en evaluar la eficiencia de la innovadora aplicación móvil desarrollada para la identificación de plantas medicinales andinas, basada en técnicas de procesamiento de imágenes. El objetivo principal de esta investigación fue determinar la eficiencia de la aplicación en la identificación de tres plantas medicinales de la provincia de Andahuaylas: *Tagetes Elliptica* (Chincho), *Amaranthus Dubius* (Atacco) y *Piper Aduncum* (Matico).

El desarrollo de esta aplicación móvil representa un avance significativo en la búsqueda de soluciones tecnológicas que facilita la identificación y acceso a la sabiduría ancestral de las comunidades locales en el uso de plantas medicinales. La integración de técnicas de procesamiento de imágenes facilita la identificación de las plantas mencionadas y, además contribuye a evitar posibles errores de identificación y el uso incorrecto de las mismas.

En conclusión, esta investigación busca contribuir al enriquecimiento del conocimiento sobre las plantas medicinales, a la vez que proporciona una herramienta tecnológica accesible y efectiva para la preservación y promoción del uso adecuado de plantas medicinales andinas.

La estructura de la tesis está representada de la siguiente manera: En el primer capítulo, se aborda la problemática, la formulación de la cuestión, los objetivos y la justificación del estudio. El segundo capítulo, se centra en los antecedentes investigativos, mientras que el tercer capítulo, explora las bases teóricas que fundamentan esta investigación. En el cuarto capítulo, se detalla la metodología empleada en el estudio. El quinto capítulo, presenta los resultados obtenidos y, por último, se proporciona una discusión de los resultados junto con los anexos.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del Problema

A nivel mundial, la identificación de plantas medicinales andinas es un campo de amplio conocimiento, debido a la enorme diversidad de plantas existentes en nuestro planeta. Se estima que existen más de 28.000 plantas con propiedades medicinales en todo el mundo (Notas naturales, 2020), las cuales han sido recursos esenciales para la salud humana desde tiempos inmemoriales. A pesar de esto, aún quedan muchas plantas medicinales por identificar y estudiar científicamente para garantizar su uso medicinal.

En Perú, se han registrado aproximadamente 1408 plantas con propiedades medicinales (Organización Panamericana de la Salud, 2019). Sin embargo, esta invaluable riqueza está siendo amenazada por diversos factores, como la deforestación, contaminación, cambio climático y falta de conocimiento local, por lo tanto, es urgente resaltar el valor de las plantas medicinales y su conservación.

Las comunidades indígenas poseen un amplio conocimiento sobre las plantas medicinales y han salvaguardado los saberes ancestrales a lo largo del tiempo, por falta de interés de las nuevas generaciones y el avance de la medicina moderna han llevado a la pérdida progresiva de este conocimiento. El desconocimiento creciente y la falta de información disponible dificultan la correcta identificación de las plantas medicinales en la flora peruana (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

En la provincia de Andahuaylas departamento de Apurímac, se destaca como una ciudad que alberga una gran variedad de hiervas medicinales (Dirección Regional de Agricultura, 2009). A pesar de esto, existen pocas investigaciones sobre las plantas curativas y no se han identificado las plantas medicinales de manera sistemática. Además, no hay medios accesibles para identificar

las plantas en tiempo real desde el lugar donde se encuentran, lo que dificulta aún más el proceso de identificación.

En este contexto, el objetivo de esta investigación fue determinar la eficiencia de la aplicación móvil para la identificación de plantas medicinales específicas: *Tagetes elliptica* (Chincho), *Amaranthus dubius* (Atacco) y *Piper aduncum* (Matico) mediante técnicas de procesamiento de imágenes de la provincia de Andahuaylas. La implementación de esta aplicación proporciona una herramienta valiosa para conservar y aprovechar el conocimiento ancestral de las plantas medicinales andinas, garantizando la identificación correcta de estas plantas y su uso adecuado y su protección frente a amenazas futuras.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de plantas medicinales mediante técnicas de procesamiento de imágenes, en la provincia de Andahuaylas?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cuál es la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal *Tagetes Elliptica* (Chincho) mediante técnicas de procesamiento de imágenes, en la provincia de Andahuaylas?

¿Cuál es la eficiencia de una aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal *Amaranthus Dubius* (Atacco) mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia de Andahuaylas?

¿Cuál es la eficiencia de una aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal *Piper Aduncum* (Matico) mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia de Andahuaylas?

1.3. Justificación

A lo largo de innumerables generaciones, el conocimiento en el uso de plantas medicinales ha desempeñado un papel fundamental en la salud humana, transmitiéndose de forma oral de una generación a otra. Sin embargo, en la actualidad, este invaluable conocimiento se encuentra en riesgo debido al desinterés de las nuevas generaciones y al avance de la medicina moderna. En este contexto, el desarrollo de una aplicación móvil para identificar de manera eficiente y precisa las plantas medicinales andinas a través de imágenes, contribuye de manera significativa a la preservación de este conocimiento ancestral y a la revitalización de las prácticas medicinales tradicionales.

Por otro lado, históricamente, las personas podían identificar estas plantas por sus características visuales distintivas, como sus flores, hojas y tallos. No obstante, llevar a cabo esta tarea de identificación de manera convencional se ha vuelto un desafío. Para abordar esta problemática, la aplicación móvil que se ha desarrollado permite la identificación precisa y en tiempo real las plantas medicinales, directamente desde la ubicación física de las mismas.

Dentro de este estudio, se han priorizado tres plantas medicinales relevantes de la provincia de Andahuaylas: *Tagetes Elliptica* (Chincho), *Amaranthus Dubius* (Atacco) y *Piper Aduncum* (Matico). Estas especies tienen un valor destacado tanto en la alimentación como en la medicina local. La aplicación móvil desarrollada se presenta como una excelente herramienta para facilitar el acceso a la información acerca de estas plantas medicinales mencionadas, y para lograr una identificación precisa de las mismas. Esto resulta particularmente valioso para aquellos interesados en expandir sus conocimientos en este campo, ya que, a través de una simple acción, como tomar una fotografía, la aplicación proporciona detalles precisos sobre la planta identificada. Este recurso

resulta de gran utilidad tanto para investigadores futuros como para aquellos que deseen profundizar su conocimiento en el uso medicinal de estas plantas.

En resumen, este trabajo contribuye al conocimiento sobre las plantas medicinales y a su identificación precisa a través de la aplicación móvil. La aplicación no solo salvaguarda el conocimiento ancestral sobre las plantas medicinales andinas, sino que también fusiona la tradición con la tecnología, beneficiando tanto a la comunidad local como a la investigación en este campo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de plantas medicinales mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia Andahuaylas.

1.4.2. Objetivos Específicos

Determinar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal *Tagetes elliptica* (Chincho) mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia de Andahuaylas.

Determinar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal *Amaranthus dubius* (Atacco) mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la Provincia de Andahuaylas.

Determinar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal *Piper aduncum* (Matico) mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia de Andahuaylas.

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

2.1. Antecedentes a Nivel Nacional

López & Guerra (2019) en su trabajo de tesis “*Aplicativo móvil y su efecto en el nivel de conocimiento de plantas medicinales de la comunidad de Barrio Florido 2018*”, de Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos. El propósito fue determinar la influencia de un sistema informático con aplicativo móvil en el nivel de conocimiento de plantas medicinales de la comunidad Huitoto de Barrio Florido. Se aplicó un tipo de muestreo no probabilístico, se tomó una encuesta a 12 pobladores, con el fin de recoger y conocer sus conocimientos acerca de las plantas, para el análisis e interpretación de la información realizó una investigación de nivel aplicativo con diseño preexperimental. Los resultados de la investigación, determinaron que la implementación de un sistema informático con aplicativo móvil influenciará positivamente el nivel de conocimiento sobre el uso y existencia de plantas medicinales en la comunidad Huitoto de Barrio Florido. El estudio concluye que si existe la influencia del aplicativo en el nivel de conocimiento de uso de las plantas medicinales de esta comunidad.

De igual manera (Reátegui & Velasco, 2018) en su tesis de investigación “*Aplicación informática para reconocimiento de la especie camu camu (Myrciaria Dubia) a través de redes neuronales convolucionales, en Iquitos Perú, durante el año 2017*”, de Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. El objetivo fue la implementación de un software, creado a partir de la utilización de las técnicas de la red neuronal convolucional, que permite el reconocimiento de plantas de Camu Camu a partir de sus hojas. Para el proceso de entrenamiento, validacion y pruebas del algoritmo fueron utilizadas 1400 imágenes de fotografías de Camu Camu y 1400 imágenes diferentes a la planta Camu Camu. Para lo cual,

se empleó la metodología de tipo aplicativo tecnológico con diseño experimental. Se logró como resultado el 100% para el caso Sensibilidad y 97% para el caso de especificidad, se demostró de esa manera la eficiencia tanto en la implementación del uso de software como en el uso de la red neuronal convolucional en las etapas de entrenamiento del modelo. El estudio concluye en el diseño e implementación de una aplicación informática, permitió el reconocimiento correcto de la planta, llamada comúnmente Camu Camu (*Myrciaria dubia*), a partir del procesamiento de imágenes de sus hojas, habiéndose utilizado en la implementación, las redes neuronales convolucionales.

2.2. Antecedentes a Nivel Internacional

Cofre (2020), en su trabajo de investigación *titulado “Aplicación móvil para la identificación de las propiedades medicinales de plantas nativas localizadas en la microempresa “AGROCOTOPAXI”*”, de Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la universidad técnica de Cotopaxi, Ecuador, el objetivo principal fue desarrollar una aplicación móvil para la clasificación de plantas nativas, mediante patrones de reconocimiento para la identificación de las propiedades curativas en plantas nativas localizadas en la microempresa “Agrocotopaxi” en el cantón Latacunga Provincia Cotopaxi. El estudio se realizó en Flora la ciudad de Latacunga en la Microempresa “Agrocotopaxi”. Realizó una investigación de enfoque mixto que consiste en la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo. La investigación obtiene un resultado de predicción de clasificación de las plantas más de una tasa del 80% a través del uso de algoritmo de red neuronal convolucional. El estudio de investigación se concluye que la utilización de la red neuronal convolucional permitió reconocer de una forma correcta la clasificación de las plantas y que puede ser adaptable en tecnologías de Ingeniería de Software.

CAPITULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. Plantas Medicinales

Según la Organización Panamericana de Salud (2019), establece que una planta medicinal es aquella que contiene propiedades curativas, cuyos principios activos pueden utilizarse como componentes fundamentales para la elaboración de nuevos medicamentos.

3.1.1. *La Planta Amaranthus Dubius (Atacco)*

El Atacco, cuyo nombre científico es *Amaranthus dubius*, pertenece a la familia Amarantáceas, es una verdura de origen andino de Perú con un alto valor nutricional. Además de ser consumida como alimento, esta planta también tiene propiedades medicinales. A pesar de crecer como maleza en medio de los cultivos de maíz y papa en la sierra del Perú, muchas veces es subestimada debido al desconocimiento y es considerada como una verdura de pobres. Sin embargo, el Atacco posee una gran riqueza nutricional y ofrece beneficios para la salud humana. Esta planta cuenta con un alto valor nutricional y se utiliza para tratar diferentes problemas de salud (Ugás, 2014). A continuación, se describen tanto el valor nutricional como los usos medicinales.

A). Valor Nutricional de la Planta *Amaranthus Dubius* (Atacco). El Atacco es una planta que destaca por su excelente contenido de vitaminas A, B y C, así como de minerales como el calcio, hierro y magnesio. En su valor nutricional se encuentra una notable cantidad de calcio y vitamina B3, superando incluso a la espinaca en estos aspectos. Además, esta planta es una fuente significativa de proteínas en comparación con la mayoría de las hortalizas de hoja.

Gracias a su contenido de hierro, el Atacco se convierte en un componente valioso en la dieta para combatir la anemia, un problema que afecta a muchas personas. De esta manera, el

Atacco no solo es una verdura nutritiva, sino que también ofrece beneficios para la salud al proporcionar un aporte importante de nutrientes esenciales (Ugás, 2014).

B). Uso Medicinal del *Amaranthus Dubius* (Atacco). El Atacco, una planta medicinal, posee propiedades astringentes que la hacen recomendada para el tratamiento de diversas afecciones de la piel, como eczemas, acné, llagas e inflamaciones en la cavidad bucal. Su efectividad lo convierte en una excelente opción para abordar estos problemas de salud. Adicionalmente, en algunos países, las hojas del Atacco son utilizadas para detener la diarrea o reducir la caída del cabello. Esto resalta su versatilidad en el campo de la medicina tradicional y su potencial para brindar alivio a diferentes problemas de salud (Ugás, 2014).

Figura 1

*Imágen de la planta *Amaranthus dubius* (Atacco)*



Fuente. Elaboración propia

3.1.2. La Planta *Tagetes Elliptica* (Chincho)

El Chincho es una planta aromática de origen andino, propia de la sierra del Perú. Su nombre científico es **Tagetes elliptica** y pertenece a la **familia Astaráceas**. Es ampliamente utilizado como ingrediente gastronómico para preparar la pachamanca, un plato típico peruano. Además, el Chincho es conocido por sus propiedades medicinales, siendo utilizado para tratar dolencias como la gripe y dolores menstruales. Esta planta se destaca por su fuerte y distintivo aroma, y tiene la capacidad de crecer en diversas condiciones de cultivo (Ugás, 2014).

A). Valor Nutricional de *Tagetes Elliptica* (Chincho). El Chincho posee un valor nutricional significativo. Además de ser apreciado por sus propiedades aromáticas y su utilidad en la cocina, esta planta contiene aceites esenciales con propiedades antibacterianas, lo que la convierte en una opción viable para el tratamiento de enfermedades como el dengue. Su potencial como recurso terapéutico destaca su relevancia en el ámbito de la medicina herbal, demostrando su capacidad para brindar beneficios para la salud (Ugás, 2014).

B). Uso Medicinal de *Tagetes Elliptica* (Chincho). La planta *Tagetes elliptica* (Chincho) tiene un amplio uso medicinal y es altamente valorado como un efectivo calmante para malestares menstruales y aliviar los síntomas de la gripe, lo que lo convierte en una excelente opción para abordar estos problemas de salud. Además, esta planta contiene un aceite esencial con propiedades antibacterianas, lo que la hace adecuada para el tratamiento del dengue y la fiebre amarilla. Su potencial terapéutico y sus cualidades antibacterianas resaltan su importancia en la medicina natural y su valiosa contribución a la promoción de la salud y el bienestar (Ugás, 2014).

Figura 2

Imágen de la planta Tagetes elliptica (Chincho)



Fuente. Elaboración propia

3.1.3. La Planta Piper Aduncum (Matico).

Lock & Rojas (2004) menciona en su publicación, el Matico es una planta medicinal de origen andino del Perú. Su nombre científico es **Piper Aduncum** y Pertenece a la familia **Piperaceae** y se encuentra tanto en forma silvestre como doméstica en diversas regiones del país, abarcando la costa, sierra y selva peruana. En el pasado, esta planta fue altamente valorada en la medicina popular debido a sus propiedades curativas, las cuales abarcan una amplia variedad de problemas de salud.

A). Propiedades Curativas de la Planta Piper Aduncum (Matico). Esta planta, conocida antiguamente como "hierba del soldado" debido a su historia relacionada con un soldado, posee diversas propiedades medicinales beneficiosas para la salud. Entre sus usos destacan la desinfección externa de heridas, su capacidad cicatrizante, propiedades anticancerígenas, efecto antidiarreico y antivenéreo. Además, es empleada en el tratamiento de afecciones como resfríos, bronquitis, herpes, úlceras estomacales y estreñimiento.

En épocas pasadas, esta planta era ampliamente utilizada para tratar las mencionadas dolencias, destacando por sus propiedades curativas. Hoy en día, sigue siendo apreciada por sus beneficios terapéuticos y su valioso aporte a la salud (Lock & Rojas, 2004).

Figura 3

La imagen de la planta Piper aduncum (Matico)



Fuente. Elaboración propia

Recientemente, la pandemia ha demostrado a nivel mundial un incremento alarmante en los casos de COVID-19, a pesar de los avances de la medicina moderna. Afrontar esta crisis sanitaria ha sido un desafío considerable, ya que no se ha logrado un control total debido a la abrumadora demanda de atención médica y los elevados costos de los tratamientos. Es en este contexto que la medicina tradicional, con sus diversas plantas medicinales, ha surgido como una alternativa, aunque se ha visto limitada por la falta de investigaciones exhaustivas que respalden su uso medicinal.

Por tanto, es crucial profundizar en el estudio del conocimiento tradicional relacionado con las distintas plantas medicinales. Es urgente realizar un inventario que permita contabilizar las diferentes plantas curativas presentes en nuestra región, a través de un dispositivo identificarlos con precisión es de gran importancia. Estas plantas medicinales se presentan como una opción prometedora para el tratamiento de diversas enfermedades, y su relevancia se refleja en la historia, donde la medicina natural ha desempeñado un papel fundamental para salvar vidas, especialmente en épocas en las que la medicina moderna fue escasa y difícil de acceder.

En conclusión, explorar y promover el uso adecuado de las plantas medicinales, basado en una sólida base científica, representa una valiosa contribución para enfrentar los retos de la pandemia y otras enfermedades.

3.2. Aplicación Móvil

La aplicación móvil es un programa diseñada para ser ejecutada en Tablet, celulares y entre otros dispositivos móviles, que permite a los usuarios acceder a servicios, realizar actividades o tareas para mantenerse informado y entre otras posibilidades, de acuerdo a las necesidades del usuario lo cual permite descargar e instalar en su dispositivo móvil (Molina, 2023).

Actualmente, la aplicación móvil se ha convertido en una tecnología avanzada e indispensable para gran parte de la población mundial, se caracterizan por ser dinámicas, entretenidas, útiles y fáciles de manejarlo. En tal sentido el interés de desarrollar una aplicación móvil para el proyecto de investigación es una excelente opción (Contreras y Rico, 2022).

Como se pudo visualizar, en la pandemia la demanda de los celulares inteligentes aumentó increíblemente debido a la pandemia COVID-19. Actualmente los teléfonos inteligentes están en mayor crecimiento, dos sistemas operativos en específico como el Android y iOS a nivel mundial; sin embargo, no son los únicos en el mercado, pero Android es la más utilizado y en seguida el iOS, en tal sentido se implementa una aplicación móvil para Android por ser la más reconocida en el mercado (Changoluisa, 2021).

3.2.1. Tipos de Aplicaciones Móviles

Según la mención del IBM Software (Máquina de negocios internacionales), para el desarrollo de la aplicación móvil es importante elegir el tipo de app entre la aplicación nativa, web o híbrida, ya que cada una de ellas conlleva ciertas limitaciones que implica muchos parámetros para el uso, como funcionalidades de las aplicaciones, presupuesto, plazos del proyecto, destinatarios, entre otros. La más adecuada para el desarrollo de la aplicación móvil es buscar las necesidades que mejor se adecue a cada uno de ellos de acuerdo a los objetivos del proyecto, porque ninguno de los tipos de aplicaciones móviles se puede definir mejor (IBM Software, 2012).

Es importante identificar qué tipo de aplicación móvil se va a desarrollar, para eso es necesario conocer las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, para lograr una aplicación móvil apropiada a las necesidades y requerimientos planteadas del estudio, además de comprender para que determinada tarea se requiere, será capaz de entender qué tipo de aplicación se necesita.

A). Aplicación Nativa. La aplicación nativa se desarrolla solo para cada sistema operativo que puede ser ejecutada específicamente en Android, iOS o entre otros sistemas operativos de los dispositivos móviles, para su desarrollo va depender de las necesidades, requerimientos, funcionalidades, entre otros, los cuales dependen de los objetivos del proyecto.

Las aplicaciones nativas son diseñadas específicamente bajo un lenguaje de programación específico y funciona solo en un determinado sistema operativo y son propios del dispositivo. La manera más común de descargar una aplicación nativa es visitando una tienda de aplicaciones, como App Store de Apple, Play Store, entre otros que ofrece el proveedor del dispositivo móvil (IBM Software, 2012).

B). Aplicación Web. Son herramientas que se codifican en un lenguaje que es soportado por los navegadores web y que se ejecutan dentro del navegador del dispositivo móvil, una de las principales ventajas es su soporte para múltiples plataformas. Son aquellas que no se instalan en el dispositivo y se utiliza necesariamente accediendo a un servidor web a través del recurso de internet los cuales son sistemas web adaptables a diferentes dispositivos (IBM Software, 2012).

C). Aplicación Híbrida. La aplicación híbrida es la combinación de la aplicación nativa y la aplicación web son desarrolladas con lenguajes de programación propios como: HTML, JavaScript y CSS es utilizada en las diferentes plataformas. Este tipo de aplicación aprovecha todas las características que ofrecen los dispositivos modernos (IBM Software, 2012).

Asimismo, es aquella que se descarga de una App Store de la aplicación móvil y se instala, mostrando un icono esto dependiendo de la aplicación, algunas requieren de conexión de internet para funcionar y otras no. De acuerdo a los requerimientos adquiridos y estudios realizados, se desarrolla una aplicación móvil nativa de sistema operativo Android, que, considero es una mejor opción para el proyecto de tesis.

3.3. Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial es la combinación de algoritmos cuyo propósito es crear sistemas que presenten las mismas habilidades que el ser humano, actualmente la IA (Inteligencia Artificial) está evolucionando con rapidez y tienen un enorme potencial cambio para el bien social a nivel mundial (Padilla, 2019).

Se considera que el valor del mercado a nivel mundial de la IA será de al menos 126 mil millones de dólares estadounidenses en 2025, un valor muy significativo, ya que más de 65% de los empleos podrían ser automatizadas en países en vías de desarrollo, mientras que en los desarrollados disminuiría la contratación de mano de obra de las personas en el extranjero en favor del uso de IA una tecnología del futuro (INCYTU, 2018). En tal sentido, es evidente el avance de la tecnología a nivel mundial ya que nos facilita procesar grandes cantidades de informaciones de forma rápida que nos permite solucionar problemas complejos dentro de las compañías y entre otros.

El objetivo de la inteligencia artificial es simular la inteligencia humana en una máquina inteligente, esta tecnología está siendo aplicada en distintas industrias mediante el uso de los algoritmos que permiten procesar los datos para predecir distintas situaciones desde lo simple a lo complejo, así como para automatizar determinados procesos. Las técnicas de inteligencia artificial en el procesamiento de imágenes tienen actualmente una gran trascendencia por la cantidad de usos tecnológicos, algunas de estas técnicas son: redes neuronales convolucionales, Machine Learning y entre otros, que permite simular la inteligencia humana.

De acuerdo a la investigación de tesis en el presente trabajo se aplicó la red neuronal convolucional para crear el modelo de clasificación de las plantas: Tagetes elliptica (Chincho), Amaranthus dubius (Atacco) y Piper aduncum (Matico), lo cual permitió crear el modelo de

clasificación para identificar las plantas mencionadas a través de un dispositivo móvil con solo tomando una fotografía se obtiene la información completa de la planta.

3.4. Red Neuronal Convolutional

La red neuronal convolutional es un algoritmo muy potente para trabajar con grandes cantidades de datos, principalmente utilizadas para aplicaciones de Inteligencia artificial relacionadas con el procesamiento de imágenes, debido a que son capaces de detectar características simples hasta complejas; como por ejemplo detección de bordes, líneas y etc., lo cual se compone en características más complejas hasta detectar lo que se busca obtener (Calvo, 2017). En tal sentido este algoritmo es de aprendizaje profundo que se utiliza para analizar y aprender atributos con grandes cantidades de datos lo cual permite clasificar imágenes.

Asimismo, este algoritmo trabaja con imágenes que procesa en capas imitando a la corteza visual del ojo humano, que puede identificar objetos. en tal sentido para el presente trabajo se implementa la red neuronal convolutional que aprende por sí sola a reconocer las plantas, para ello se entrena una cantidad de muestras de imágenes de las plantas medicinales mencionadas, para que la red neuronal pueda captar las características únicas de cada imagen y así generalizarlo para la predicción, lo cual se construirá por los siguientes pasos (Cáceres y Quintero, 2020).

3.4.1. Capa de Entrada Pixel y Neurona de la Red Neuronal Convolutional

La capa de entrada de píxeles de una imagen es representada en matrices, cuando se tiene una imagen fotografiada con apenas de una matriz de 28×28 píxeles de alto y ancho, lo cual equivale a 784 neuronas cada imagen, esto es si sólo tenemos 1 solo color (escala de grises) que no es a color, si tuviéramos una imagen a color, necesitaríamos 3 canales (red, green, blue) y entonces usamos $28 \times 28 \times 3 = 2352$ neuronas de entrada, lo cual se prepara las imágenes para el entrenamiento (Silva & Freire, 2019).

En tal sentido dichas imágenes representadas en píxeles serán preprocesadas para el entrenamiento de clasificación.

A). Preprocesamiento de la Imagen. Para el preprocesamiento de las imágenes, es necesario normalizar la “data”, es decir que nuestros píxeles que ahora tienen valores entre 0 y 255, tengan valores entre 0 y 1, esto podemos lograrlo dividiendo cada uno de los píxeles al valor más alto que estos tienen es decir 255, es la forma que se trabaja con las imágenes digitales para crear modelos de clasificación (Silva & Freire, 2019).

3.4.2. Capa de Convolución

La capa de convolución es la parte central de la construcción que consiste en tomar un grupo de píxeles de la imagen de entrada para realizar un producto escalar con un Kernel que extrae ciertas características de la imagen, el Kernel recorrerá todas las neuronas de entrada y obtendremos una nueva matriz para continuar con el proceso de entrenamiento, la cual será una de las capas ocultas. En el caso de que la imagen fotografiada sea de color, tendrán 3 Kernels del mismo tamaño para obtener una imagen de salida (Silva & Freire, 2019).

A).Kernel. El Kernel en la red convolucional, es el filtro que se aplica a cada imagen para extraer diferentes características importantes o patrones de cada imagen digital fotografiada, donde estas características se obtienen para ser clasificados (Silva & Freire, 2019).

3.4.3. Capa de Reducción o Pooling.

Menciona en su artículo sobre la capa de reducción o también conocido como Pooling se utiliza generalmente después de la capa convolucional se reduce las dimensiones ancho y alto de la imagen, para la siguiente capa convolucional, lo cual, no afecta a la dimensión de profundidad del volumen, donde la operación realizada por esta capa también se llama reducción de muestreo de la imagen, ya que la reducción de tamaño conduce también a la pérdida de información, por

ende, una pérdida de este tipo puede ser beneficioso para la red por las siguientes razones (López, 2016) .

- La disminución del tamaño conduce a una menor sobrecarga de cálculo para las próximas capas de la red, donde será más fácil el proceso.
- También trabaja para reducir el sobreajuste.

3.4.4. Capa Clasificadora.

Al final de la capa convolucional y de Pooling, llamada capa clasificadora, las redes utilizan generalmente capas completamente conectadas entre todas las neuronas, esta capa se usa como la salida de la red neuronal convolucional (López, 2016). Es la última capa clasificadora que contiene varias neuronas para realizar la predicción del objeto.

3.5. Herramientas y Tecnologías

Las siguientes herramientas y tecnologías que se utilizaran para el entrenamiento de la red neuronal convolucional y para el desarrollo de la aplicación móvil.

3.5.1. TensorFlow

Es una plataforma para construir y entrenar la red neuronal convolucional para la clasificación, que permite descifrar patrones, correlaciones análogas, aprendizaje y razonamiento usados por los seres humanos (Buhigas, 2018). Esta biblioteca es generalmente usada dentro de la inteligencia artificial.

3.5.2. Keras

Es un framework de alto nivel de aprendizaje, escrito en Python y capaz de correr sobre el framework TensorFlow, lo cual fue desarrollado con la finalidad de facilitar el proceso de experimentación rápida. Keras de código abierto que se utiliza en el entrenamiento del algoritmo de la red neuronal para la clasificación de la imagen (Utrera Burgal, 2018).

3.5.3. Python

Es un lenguaje de programación usado en aplicaciones web, para el desarrollo de aplicaciones, y muy utilizado en ciencia de datos que permite realizar un análisis de grandes cantidades de datos, como es la inteligencia artificial, donde el objetivo principal es que sea legible por cualquier otra persona con conocimientos básicos de programación, Este lenguaje es bien utilizado para analizar datos, automatizar operaciones y entre otros. Para el presente proyecto se realizará la programación de la red neuronal convolucional con este lenguaje de programación, porque es una excelente herramienta para crear modelos de clasificación (Visus, 2020).

3.5.4. Flutter

Es un SDK (Software Development Kit) de desarrollo de aplicaciones móviles de código abierto creado por Google, que permite crear atractivas soluciones móviles nativas de forma ágil. Es una excelente herramienta desde el punto de vista, la creación de interfaces gráficas es flexible, se puede cambiar diferentes Widgets para crear las vistas de una aplicación (González, 2020).

3.5.5. Firebase

Firebase de Google es una plataforma que está en la nube para el desarrollo de aplicaciones web y móviles que nos permite crear estas de manera eficiente y rápida, lo cual está disponible para distintas plataformas como: iOS, Android y web (López, 2020). Es una base de datos que está alojada en la nube que permite a los datos sincronizarse en tiempo real.

3.6. Dataset

El Dataset es el conjunto de datos que se usan para el entrenamiento del algoritmo, para el desarrollo de este proyecto se utilizará un conjunto de datos construidos de muestras recopiladas de las imágenes de plantas medicinales: Tagetes elliptica (Chincho), Amaranthus dubius (Atacco)

y Piper aduncum (Matico), a través de una cámara fotográfica que será tomada las fotos desde diferentes ángulos (Llamas, 2021).

Las variables de los Dataset estarán contenidas por la imagen RGB el cual será normalizada para trabajar con valores de 0-1, asimismo por la resolución de la imagen el cual permitirá trabajar con un solo tamaño de altura y longitud. Las características evaluadas serán toda la imagen contenida, como es el color, los bordes, hojas, tallos, flor y entre otros. A partir de estas características el algoritmo de redes neuronales convolucionales permitirá predecir las plantas mencionadas (Horcajo, 2021).

3.7. Eficiencia de una Aplicación Móvil

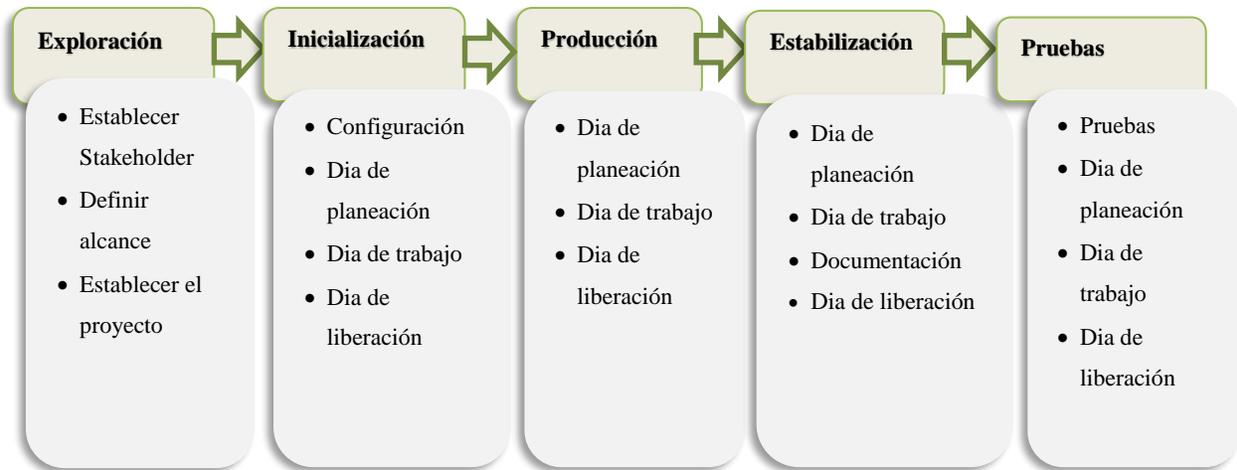
La eficiencia de una aplicación móvil se refiere a su capacidad para realizar tareas de manera rápida (Enriquez & Casas , 2013). Quiere decir que la aplicación movil realiza diferentes tareas de manera correcta, de acuerdo a las funcionalidades y peticiones realizadas del usuario.

3.8. Metodología Mobile-D

Mobile-D es una metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles que consta de cinco fases: exploración, iniciación, producción, estabilización y prueba del sistema, los cuales tiene un número de etapas, tareas y prácticas asociadas (Balaguera, 2013), para garantizar la calidad del proyecto para implementar en tiempos cortos. Tal como puede visualizar en la figura siguiente.

Figura 4

Metodología Mobile-D



Fuente. Elaboración propia

3.8.1. Fases de la Metodología Mobile-D

A). Fase de Exploración.

Es la primera fase que se centra en la planificación y en las características del proyecto. Aquí se define el alcance del proyecto y a las personas interesadas para el proyecto para su aplicación (Balaguera, 2013).

B). Fase de Inicialización. Es la segunda fase de inicialización, que se define todos los recursos necesarios que requiere el proyecto (Balaguera, 2013).

C). Fase de Producción. Es la tercera fase de producción, donde se aplica todas las funcionalidades requeridas del proyecto que se desarrolla (Balaguera, 2013).

D). Fase de Estabilización. Es la cuarta fase de estabilización, cuyo propósito es asegurar la calidad del producto donde se realiza la integración del sistema (Balaguera, 2013).

E). Fase de Pruebas. Es el ultimo fase de Pruebas, la finalidad es verificar las funcionalidades del producto en rendimiento para el uso del usuario (Balaguera, 2013).

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Hipótesis de la Investigación

4.1.1. Hipótesis General

H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de plantas medicinales en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %.

H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de plantas medicinales en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.

4.1.2. Hipótesis Específicas

Hipótesis específica para la Planta Medicinal Tagetes elliptica (Chincho)

H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Tagetes elliptica (Chincho) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %.

H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Tagetes elliptica (Chincho) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.

Hipótesis específica para la Planta Medicinal Amaranthus dubius (Atacco)

H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Amaranthus dubius (Atacco) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %.

H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal *Amaranthus dubius* (Atacco) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.

Hipótesis específica para la Planta Medicinal *Piper aduncum* (Matico)

H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal *Piper aduncum* (Matico) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %.

H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal *Piper aduncum* (Matico) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.

4.2. Operacionalización de Variables

La operacionalización de variables se definió de acuerdo al propósito del estudio planteado en esta investigación de tesis. A continuación, se muestra la tabla.

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Eficiencia de identificación de plantas	Es la capacidad y precisión que tiene la aplicación móvil IdentPlant desarrollado, que incorpora un modelo de clasificación de redes neuronales y convolucionales (CNN) para identificar de manera correcta las plantas de <i>Piper aduncum</i> (Matico), <i>Tagetes elliptica</i> (Chincho) y	Precisión	Nivel de precisión en la identificación $\text{Precisión} = \frac{VP}{VP + FP}$
		Sensibilidad	Nivel de sensibilidad (Recall) en la identificación $\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN}$
		Exactitud	Nivel de exactitud (accuracy) en la identificación $\text{Exactitud} = \frac{VP + VN}{VP + VN + FP + FN}$

Amaranthus dubius (Atacco).	F1-score	Nivel de precisión y sensibilidad (F1-score) en la identificación $F1 = 2 \frac{\text{Precisión} + \text{recall}}{\text{Precisión} + \text{recall}}$
	Desempeño de la aplicación	Porcentaje de imágenes de Piper aduncum (Matico) identificadas correctamente. Porcentaje de imágenes de Tagetes elliptica (Chincho) clasificadas correctamente. Porcentaje de imágenes de Amaranthus dubius (Atacco) identificadas correctamente

Fuente. Elaboración propia

4.3. Diseño de Investigación

El diseño de esta investigación se alinea con la clasificación propuesta por (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Por su **enfoque es cuantitativo** ya que es un enfoque en el campo de la investigación científica que se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos y objetivos para responder preguntas de investigación y probar hipótesis. La investigación **cuantitativa** se centra en la recolección de datos medibles y cuantificables.

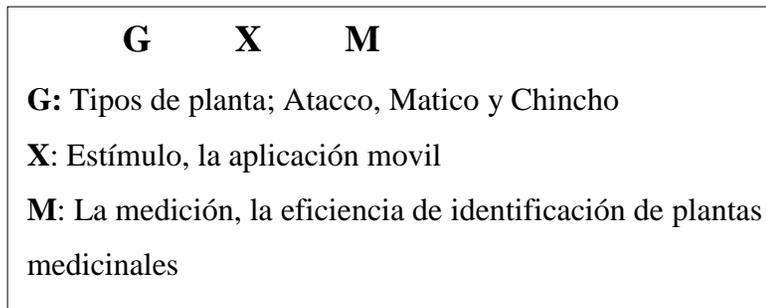
Con respecto a su alcance, es de **nivel descriptivo** ya que la investigación cuantitativa descriptiva es un tipo de enfoque dentro de la investigación cuantitativa que se centra en describir y caracterizar fenómenos, variables y situaciones tal como son sin intervenir en la manipulación de variables ni en la realización de experimentos.

El diseño adoptado es **preexperimental**, según, la correspondencia entre tipos de estudio, hipótesis y diseño de investigación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.184). El diseño de tipo preexperimental, es un estudio de un grupo con una sola medición (ver Figura 5). Este tipo de diseño preexperimental se enfoca en analizar un solo evento, situación o fenómeno sin comparar

antes y después ni involucrar grupos de control. Para cada grupo de planta se le asignó un estímulo que consistió en el uso de la aplicación IdentPlant y posterior a ello la aplicación genera un resultado sobre el porcentaje de identificación de la planta.

Figura 5

Esquema de diseño preexperimental



Fuente. Elaboración propia

El tipo de diseño de investigación preexperimental de un solo grupo con una sola medición es adecuado cuando no es posible establecer un grupo de control o no se busca medir cambios a lo largo del tiempo, sino más bien obtener una instantánea de la situación en un momento específico. En este caso, el enfoque fue evaluar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de plantas medicinales en un momento determinado.

Finalmente, este estudio es de **tipo transversal** ya que las mediciones de la eficiencia se realizaron en un solo momento del estudio y aplicado ya que los resultados obtenidos ayudan a mejorar la identificación de las plantas medicinales andinas Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco).

4.4. Población y Muestra

4.4.1. Población

La población está contenida por las plantas: Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco) de la provincia de Andahuaylas.

4.4.2. Muestra

La obtención de la muestra se realizó mediante el uso de la técnica de muestreo no probabilístico. A continuación, se presentan las muestras recopiladas:

- Muestra de entrenamiento del modelo: Se recolectaron un total de 1500 imágenes, distribuidas en 500 imágenes de Piper aduncum (Matico), 500 imágenes de Tagetes elliptica (Chincho) y 500 imágenes de Amaranthus dubius (Atacco).
- Muestra para la evaluación del modelo de clasificación: Se seleccionaron 60 imágenes en total, compuestas por 20 imágenes de Piper aduncum (Matico), 20 imágenes de Tagetes elliptica (Chincho) y 20 imágenes de Amaranthus dubius (Atacco).
- Muestra para la evaluación de la eficiencia de la aplicación móvil para identificar plantas: Se recolectaron 60 imágenes en total, distribuidas en 20 imágenes de Piper aduncum (Matico), 20 imágenes de Tagetes elliptica (Chincho) y 20 imágenes de Amaranthus dubius (Atacco).

4.5. Técnicas para la Recolección de Imágenes

En el proceso de recolección de imágenes de plantas medicinales Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco), se empleó la **técnica de observación directa** al capturar las imágenes, se observó visualmente las características distintivas de cada planta, utilizando un dispositivo móvil para capturar imágenes detalladas de las plantas desde diferentes ángulos y enfoques, asegurando de que las imágenes fueron de alta calidad.

4.6. Instrumento Utilizado para la Recolección de Imágenes

El instrumento utilizado para el proceso de recolección de imágenes de plantas medicinales Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco), se empleó la cámara de un dispositivo móvil, modelo Samsung Galaxy A21s como instrumento principal, a

través del cual se digitalizo imágenes de alta calidad de las plantas mencionadas. Cada una de las fotografías obtenidas de estas plantas se almacenó en formato JPG en un archivo específico.

4.7. Técnicas de Análisis de las Imágenes

Las imágenes obtenidas fueron la base para el entrenamiento y evaluación del modelo de clasificación, asimismo para la evaluación de la aplicación móvil en la identificación de las plantas. Para llevar a cabo la evaluación de la aplicación, cada imagen fue cargada en la plataforma IdentPlant.

El propósito de nuestra investigación consistió en determinar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de plantas medicinales: Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco). Para este fin, implementamos la prueba de **Wilcoxon** para evaluar el desempeño de la aplicación móvil en la identificación de estas plantas mencionadas. **Además, aplicamos las métricas** como la matriz de confusión, precisión, sensibilidad (Recall) y F(F1-Score), para la evaluar el rendimiento del modelo. Estas herramientas fueron fundamentales en nuestro estudio, para lograr nuestro objetivo de investigación y medir la eficiencia de la aplicación en la tarea de identificación de las plantas mencionadas. A continuación, se define las métricas de evaluación del modelo de clasificación:

4.7.1. Matriz de Confusión

La matriz de confusión es una herramienta utilizada en la clasificación binaria para visualizar la cantidad de predicciones correctas e incorrectas. Esta matriz representa los resultados del modelo de clasificación de una manera organizada en una tabla que muestra cuatro posibles combinaciones de resultados, las cuales se representan de la siguiente manera:

- **Verdaderos positivos (VP):** Representa la cantidad de casos en los que el modelo predigo correctamente la clase positiva.

- **Verdaderos negativos (VN):** Representa la cantidad de casos en los que el modelo predijo correctamente la clase negativa.
- **Falsos positivos (FP):** Representa la cantidad de casos en los que el modelo predijo incorrectamente la clase positiva cuando en realidad era negativa.
- **Falsos negativos (FN):** Representa la cantidad de casos en los que el modelo predijo incorrectamente la clase negativa cuando en realidad era positiva.

Tabla 2

Matriz de confusión

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Realidad	Positivos	Verdaderos positivos (VP)	Falsos negativos (FN)
	Negativos	Falsos positivos (FP)	Verdaderos negativos (VN)

Fuente. Elaboración propia

Esta matriz trazada la cantidad de predicciones correctas frente a la cantidad de predicciones incorrectas, lo que permite evaluar el desempeño del modelo y su capacidad para discriminar entre las dos clases. Es una herramienta valiosa para medir la precisión y el rendimiento general del modelo en tareas de clasificación binaria (NillsF, 2020).

4.7.2. Exactitud (Accuracy)

La exactitud, también conocida como “accuracy” en inglés, es una métrica que evalúa cuantas predicciones realizadas por su modelo son correctas para el conjunto de datos de prueba completo (NillsF, 2020). Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Exactitud (Accuracy)} = \frac{VP+VN}{VP+VN+FP+FN}$$

- Verdaderos positivos (VP)
- Verdaderos negativos (VN)

- Falsos positivos (FP)
- Falsos negativos (FN)

La exactitud es una métrica importante para medir el rendimiento general de un modelo de clasificación, ya que proporciona una visión general de su capacidad para predecir correctamente las muestras de manera global. Sin embargo, es esencial tener en cuenta que la exactitud puede no ser suficiente para evaluar un modelo en situaciones desequilibradas, donde las clases pueden tener cantidades muy diferentes de muestras.

4.7.3. Precisión

La precisión es una métrica que evalúa la exactitud de las predicciones positivas realizadas por un modelo. En otras palabras, indica qué tan seguro puede estar uno de que un resultado predijo como positivo sea realmente positivo (NillsF, 2020). Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Precisión} = \frac{\text{Verdaderos positivos (VP)}}{\text{Verdaderos positivos (VP)} + \text{Falsos positivos (FP)}}$$

La precisión es especialmente útil cuando estamos interesados en la calidad de las predicciones positivas del modelo, es decir, cuán bien clasifica correctamente las muestras positivas. Un valor alto de precisión indica que el modelo tiene menos falsos positivos y, por lo tanto, es más confiable en la clasificación de las muestras positivas.

4.7.4. Sensibilidad (Recall)

La sensibilidad, también conocida como “recall” en inglés, es una métrica que mide la capacidad del modelo para identificar correctamente las muestras positivas en el conjunto de datos (NillsF, 2020). En otras palabras, indica cuantos de los verdaderos positivos se predicen correctamente entre todas las muestras que realmente pertenecen a la clase positiva. La fórmula para calcular la sensibilidad es la siguiente:

$$\text{Sensibilidad (Recall)} = \frac{\text{Verdaderos positivos (VP)}}{\text{Verdaderos positivos (VP)} + \text{Falsos negativos (FN)}}$$

La sensibilidad es útil cuando queremos asegurarnos de que el modelo pueda detectar correctamente la mayoría de las muestras positivas. Un valor alto de sensibilidad indica que el modelo tiene menos falsos negativos y, por lo tanto, es más capaz de identificar correctamente las muestras positivas.

4.7.5. F1-score

El valor F1-score, también conocido como “F1”, es una medida que evalúa la precisión de un modelo teniendo en cuenta tanto la sensibilidad (recall) como la precisión (NillsF, 2020).

El puntaje F1-score es una combinación equilibrada de precisión y sensibilidad, es decir, su medida armónica. Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{F1-score} = 2 * \frac{\text{Precisión} * \text{Sensibilidad}(\text{recall})}{\text{Precisión} + \text{Sensibilidad}(\text{recall})}$$

El valor F1 es especialmente útil cuando se busca un equilibrio entre la precisión y la capacidad del modelo para recuperar correctamente las muestras positivas. Una alta puntuación F1 indica que el modelo tiene un buen rendimiento tanto en la precisión como en la sensibilidad (recall).

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Evaluación del Modelo de Clasificación

En este capítulo, presentamos los resultados de la evaluación del modelo para identificar plantas Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco). Estos resultados son respaldados por el análisis de diversas métricas que nos permitieron evaluar la eficiencia del modelo de clasificación.

Las métricas utilizadas en nuestra evaluación incluyen la matriz de confusión, precisión, exactitud (Accuracy), sensibilidad (Recall) y F1-score para cuantificar el desempeño del modelo. Para llevar a cabo la evaluación, utilizamos una muestra de 20 imágenes de Piper aduncum (Matico), 20 imágenes de Tagetes elliptica (Chincho) y 20 imágenes de Amaranthus dubius (Atacco). A través de esta evaluación de estas muestras, pudimos comprender mejor como el modelo se desempeña en la identificación de plantas medicinales mencionadas. En las siguientes secciones, se analiza en detalle.

5.1.1. Matriz de Confusión del Modelo de Clasificación

Se muestra en **la figura 6** la matriz de confusión de tres por tres que corresponde a las tres clases de plantas Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco). En esta matriz, los valores en el eje diagonal representan las predicciones correctas que fueron clasificadas adecuadamente, lo que indica que el modelo clasificó correctamente las 60 imágenes correspondientes a las tres clases de plantas.

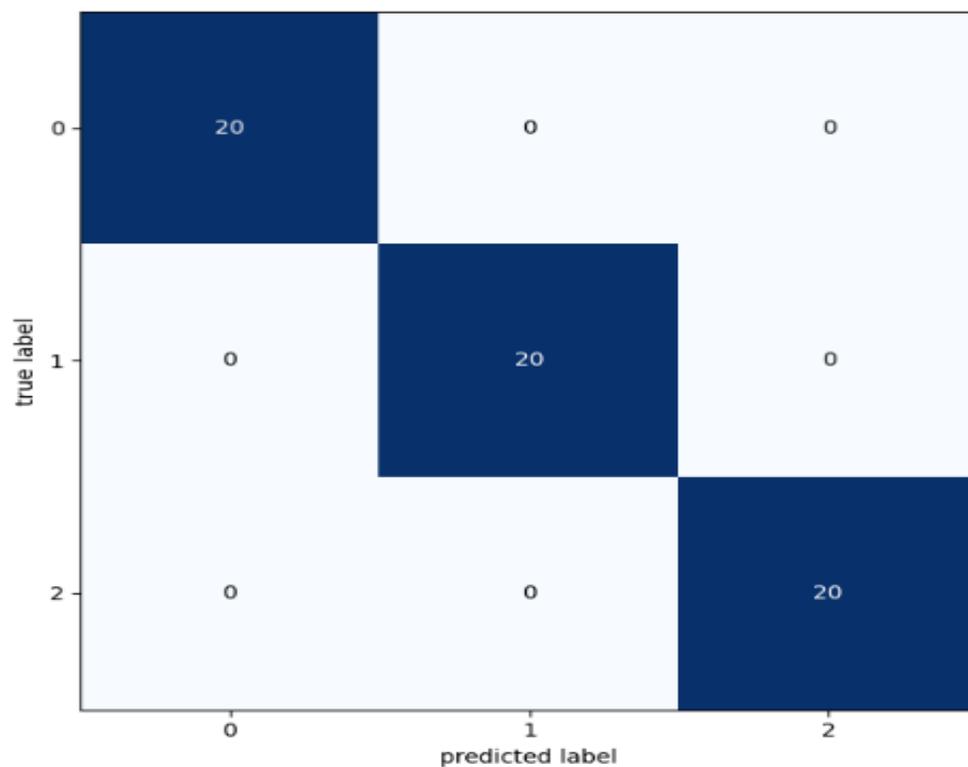
De las 60 imágenes, 20 fueron clasificadas correctamente como Piper aduncum (Matico), otros 20 como Tagetes elliptica (Chincho), y las ultimas 20 como Amaranthus dubius (Atacco). Estos resultados demuestran que el modelo clasifico correctamente, para lograr esta precisión en la clasificación, se realizaron diversas pruebas.

La estructura de la matriz de confusión es la siguiente: en el eje vertical se encuentran las etiquetas verdaderas, con las asignaciones 0=Atacco, 1=Chincho y 2=Matico; mientras que en la parte eje horizontal se ubica las etiquetas de predicción, también con las mismas asignaciones 0=Atacco, 1=Chincho y 2=Matico.

La **figura 6** brinda una visualización clara de estos resultados, permitiéndonos evaluar eficientemente la tarea de clasificación de las plantas mencionadas. Estos logros son fruto del proceso de pruebas y entrenamientos realizados del modelo de clasificación.

Figura 6

Captura de la matriz de confusión del modelo



Fuente. Elaboración propia

5.1.2. Precisión del Modelo de Clasificación

En esta sección, se determinó el nivel de precisión del modelo de clasificación para las plantas Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco). Cabe destacar que cada clase de planta fue clasificada con un valor de precisión del 100%.

En esta evaluación, todas las imágenes de Tagetes elliptica (Chincho), Amaranthus dubius (Atacco) y Piper aduncum (Matico) fueron correctamente clasificadas por el modelo con un grado de certeza del 100%. Esto evidencia un alto nivel de precisión y confiabilidad en la capacidad del modelo para reconocer y clasificar cada una de las clases de plantas mencionadas.

La muestra utilizada en la evaluación fue representativa y garantiza resultados confiables y consistentes. Los valores del 100% de precisión para cada clase de planta demuestran el excelente rendimiento del modelo en esta tarea específica de clasificación. Estos resultados son prometedores y respaldan la eficiencia del modelo en la identificación precisa de Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco). Como puede se puede visualizar en la **figura 7**.

5.1.3. Sensibilidad (Recall) del Modelo de Clasificación

En este apartado, se determinó el nivel de sensibilidad del modelo de clasificación para las plantas Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco). Donde cada clase de planta fue clasificada con un valor del 100% de sensibilidad, como se muestra en la **figura 7**.

La sensibilidad, también conocida como recall, es una métrica importante que nos permitió medir la capacidad del modelo para identificar correctamente los casos positivos de cada clase. En este caso, el 100% de sensibilidad significa que el modelo pudo detectar y clasificar todas las instancias de Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco).

En la **figura 7** se visualiza claramente estos resultados, donde cada clase de planta tiene un valor del 100% de sensibilidad. Esta alta sensibilidad es un indicativo de que el modelo es altamente efectivo en identificar cada una de las clases de plantas evaluadas

La sensibilidad del 100% en todas las clases de plantas mencionadas confirma la eficiencia del modelo en la identificación de manera precisa y exhaustiva a las plantas medicinales Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco).

5.1.4. F1-score del Modelo de Clasificación

En esta sección, evaluamos el F1-score del modelo de clasificación para las plantas Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco). Se logro una clasificación del 100% tanto en precisión como en sensibilidad para cada clase de planta, tal como se muestra en la **figura 7**.

El F1-score es una métrica que combina la precisión y la sensibilidad en una sola medida, proporcionando un equilibrio entre la capacidad del modelo para clasificar correctamente las plantas y su habilidad para evitar clasificaciones erróneas.

Los resultados muestran que el modelo pudo clasificar las tres clases de plantas Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco) con un F1-score del 100%. Esto indica un rendimiento sobresaliente en la identificación eficiente de cada una de las plantas mencionadas.

En la **figura 7** se visualiza claramente estos resultados, donde cada clase de planta tiene un valor del 100% en el F1-score. Esta alta puntuación en todas las clases de plantas confirma la eficiencia del modelo en la clasificación precisa de estas plantas.

En conjunto, estos resultados respaldan la capacidad del modelo para clasificar con precisión y confiabilidad las plantas evaluadas. El F1-score del 100% en todas las clases es un indicador clave de la eficiencia del modelo en la clasificación de plantas mencionadas.

5.1.5. Exactitud (Accuracy) del Modelo de Clasificación

En esta sección, evaluamos el nivel de exactitud (Accuracy) del modelo de clasificación para las plantas *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco). Se obtuvo una exactitud del 100%, lo que significa que el modelo clasificó correctamente todas las plantas evaluadas, como se puede apreciar en la **figura 7**.

La exactitud es una métrica fundamental que nos permite medir la proporción de clasificaciones correctas realizadas por el modelo sobre el total de casos evaluados. En este caso, alcanzar una exactitud del 100% indica que el modelo logró clasificar acertadamente todas las instancias de las tres clases de plantas.

La **figura 7** muestra de manera clara estos resultados, donde se observa que la exactitud para cada clase de planta es del 100%. Esta alta exactitud es un indicativo del excelente rendimiento del modelo en la identificación precisa de *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco).

En resumen, estos hallazgos respaldan la eficiencia y confiabilidad del modelo de clasificación en esta tarea específica. La exactitud del 100% en todas las clases de plantas confirma la habilidad del modelo para identificar con precisión cada una de las plantas mencionadas.

Figura 7

Captura de los resultados de la precisión, sensibilidad y F(F1-score) del modelo

	precision	recall	f1-score	support
0	1.0000	1.0000	1.0000	20
1	1.0000	1.0000	1.0000	20
2	1.0000	1.0000	1.0000	20
accuracy			1.0000	60
macro avg	1.0000	1.0000	1.0000	60
weighted avg	1.0000	1.0000	1.0000	60

Fuente. Elaboración propia

Tras un extenso proceso de entrenamiento y pruebas realizadas llegamos a la conclusión de que el modelo ha logrado una clasificación con una eficiencia del 100%. Cabe resaltar las imágenes han sido proporcionadas de buena calidad.

El valor obtenido del modelo, alcanzando una eficiencia del 100% demuestra su capacidad para clasificar de manera eficiente las plantas mencionadas. Esto lo convierte en una opción viable para su implementación en una aplicación móvil.

5.2. Evaluación de Eficiencia de la Aplicación Móvil

Siguiendo los objetivos establecidos en este estudio, hemos llevado a cabo una evaluación exhaustiva de la eficiencia de la aplicación móvil "IdentPlant". Esta aplicación ha sido desarrollada con el propósito de identificar plantas medicinales específicas de la provincia de Andahuaylas, a saber: Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco).

Para lograr una evaluación precisa, hemos empleado métricas cruciales tales como precisión, sensibilidad (recall), exactitud y puntuación F1-score, asimismo, se empleó la prueba de Wilcoxon para determinar la eficiencia de la aplicación en la identificación.

En la ejecución de este estudio, hemos capturado imágenes de las tres plantas: 20 imágenes de Piper aduncum (Matico), 20 imágenes de Tagetes elliptica (Chincho) y 20 imágenes de Amaranthus dubius (Atacco), cada imagen capturada fue registrada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, junto con el valor porcentual de clasificación de cada planta, así como los aciertos y errores en la clasificación.

En las secciones subsiguientes, se realizó un análisis detallado de los resultados obtenidos en relación con la identificación de estas plantas medicinales mencionadas.

5.2.1. Niveles de Identificación de la Planta Tagetes Elliptica (Chincho)

En esta sección, se procedió a realizar la identificación de la planta medicinal Tagetes Elíptica (Chincho). Para este propósito, se capturaron 20 imágenes de la planta utilizando la aplicación móvil "IdentPlant". Cada evaluación realizada fue cuidadosamente registrada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, en la cual se plasmaron los valores correspondientes a cada identificación. Los detalles de estas evaluaciones se pueden observar en la **tabla 3**.

Durante la fase de prueba, las 20 imágenes capturadas fueron identificadas de manera precisa como Tagetes Elíptica (Chincho), sin que se produjera ningún caso de clasificación errónea como Amaranthus dubius (Atacco) ni Piper aduncum (Matico). Estos resultados se presentan como altamente satisfactorios, validando de manera contundente la eficacia de la aplicación móvil para llevar a cabo identificaciones precisas de la planta, como se muestra en la **tabla 3**.

Tabla 3*Registro de Excel del nivel identificación de la planta Tagetes elliptica (Chincho)*

N°	Nombre	Niveles de identificación			Valor
		Chincho	Matico	Atacco	
1	Chincho	Chincho	-	-	99.99%
2	Chincho	Chincho	-	-	99.99%
3	Chincho	Chincho	-	-	99.99%
4	Chincho	Chincho	-	-	99.99%
5	Chincho	Chincho	-	-	99.95%
6	Chincho	Chincho	-	-	99.67%
7	Chincho	Chincho	-	-	99.96%
8	Chincho	Chincho	-	-	99.99%
9	Chincho	Chincho	-	-	100.0%
10	Chincho	Chincho	-	-	99.99%
11	Chincho	Chincho	-	-	99.99%
12	Chincho	Chincho	-	-	99.99%
13	Chincho	Chincho	-	-	99.96%
14	Chincho	Chincho	-	-	99.98%
15	Chincho	Chincho	-	-	99.99%
16	Chincho	Chincho	-	-	99.99%
17	Chincho	Chincho	-	-	98.94%
18	Chincho	Chincho	-	-	100.0%
19	Chincho	Chincho	-	-	99.99%
20	Chincho	Chincho	-	-	99.98%

Fuente. Elaboración propia

Los resultados obtenidos tras el análisis de 20 muestras de la planta medicinal andina Tagetes Elliptica (Chincho) mediante el empleo de técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes revisten gran importancia. Estos resultados demostraron un nivel excepcional de precisión en la identificación de la planta en cuestión. Con un promedio de identificación del

99.92%, se llegó a la conclusión de que la aplicación móvil destinada a la identificación de esta planta ha validado exitosamente.

5.2.2. Niveles de Identificación de la Planta *Amaranthus Dubius* (Atacco)

En esta sección, se procedió a realizar la identificación de la planta medicinal *Amaranthus dubius* (Atacco). Para este propósito, se capturaron 20 imágenes de la planta utilizando la aplicación móvil "IdentPlant". Cada una de las pruebas realizadas fue cuidadosamente registrada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, en la cual se plasmaron los valores correspondientes a cada identificación. Los detalles de estas evaluaciones se pueden observar en la **tabla 4**.

Durante esta prueba, las 20 imágenes capturadas fueron identificadas con exactitud como *Amaranthus dubius* (Atacco), sin que ninguna de ellas fuera clasificada erróneamente como *Tagetes Elliptica* (Chincho) ni *Piper aduncum* (Matico). Estos resultados son de carácter altamente satisfactorio, dado que confirman la eficacia indudable de la aplicación móvil en la precisa identificación de la planta *Amaranthus dubius* (Atacco).

Tabla 4

*Registro de Excel del nivel de identificación de la planta *Amaranthus dubius* (Atacco)*

N°	Nombre	Niveles de identificación			Valor
		Atacco	Matico	Chincho	
1	Atacco	Atacco	-	-	99.96%
2	Atacco	Atacco	-	-	99.99%
3	Atacco	Atacco	-	-	99.99%
4	Atacco	Atacco	-	-	99.99%
5	Atacco	Atacco	-	-	100.0%
6	Atacco	Atacco	-	-	100.0%
7	Atacco	Atacco	-	-	99.99%
8	Atacco	Atacco	-	-	99.94%
9	Atacco	Atacco	-	-	99.99%

10	Atacco	Atacco	-	-	99.58%
11	Atacco	Atacco	-	-	96.92%
12	Atacco	Atacco	-	-	99.99%
13	Atacco	Atacco	-	-	98.93%
14	Atacco	Atacco	-	-	99.99%
15	Atacco	Atacco	-	-	99.99%
16	Atacco	Atacco	-	-	98.85%
17	Atacco	Atacco	-	-	99.89%
18	Atacco	Atacco	-	-	99.98%
19	Atacco	Atacco	-	-	99.99%
20	Atacco	Atacco	-	-	99.99%

Fuente. Elaboración propia

A través del análisis de 20 muestras de la planta medicinal andina *Amaranthus dubius* (Atacco) utilizando avanzadas técnicas de procesamiento de imágenes, se obtuvieron resultados que destacan la eficiencia en su identificación. En resumen, se ha llegado a la conclusión de que la aplicación móvil diseñada para identificar esta planta presenta un valor promedio de identificación del 99.70%.

5.2.3. Niveles de Identificación de la Planta Piper aduncum (Matico)

En esta sección, se llevó a cabo la identificación de la planta medicinal. Para ello, se capturaron 20 imágenes de la planta *Piper aduncum* (Matico) utilizando la aplicación móvil "IdentPlant". Cada una de estas pruebas realizadas fue cuidadosamente registrada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, incluyendo los valores correspondientes a cada identificación.

Durante esta evaluación, las 20 imágenes capturadas fueron correctamente identificadas como *Piper aduncum* (Matico), sin que ninguna de ellas fuera clasificada erróneamente como *Tagetes Elliptica* (Chincho) ni *Piper aduncum* (Matico). Esto refleja la alta satisfacción de estos

resultados, ya que reafirman la eficiencia de la aplicación móvil en la precisa identificación de la planta Piper aduncum (Matico), tal como se aprecia en la **tabla 5**.

Tabla 5

Registro de Excel del nivel de identificación de la planta Piper aduncum (Matico)

N°	Nombre	Nivel de Identificación			Valor
		Matico	Chincho	Atajo	
1	Matico	Matico	-	-	99.99%
2	Matico	Matico	-	-	100.0%
3	Matico	Matico	-	-	99.63%
4	Matico	Matico	-	-	99.76%
5	Matico	Matico	-	-	99.99%
6	Matico	Matico	-	-	99.99%
7	Matico	Matico	-	-	99.88%
8	Matico	Matico	-	-	99.33%
9	Matico	Matico	-	-	99.89%
10	Matico	Matico	-	-	99.99%
11	Matico	Matico	-	-	99.99%
12	Matico	Matico	-	-	99.99%
13	Matico	Matico	-	-	94.78%
14	Matico	Matico	-	-	99.99%
15	Matico	Matico	-	-	100.0%
16	Matico	Matico	-	-	100.0%
17	Matico	Matico	-	-	90.96%
18	Matico	Matico	-	-	99.84%
19	Matico	Matico	-	-	99.99%
20	Matico	Matico	-	-	99.99%

Fuente. Elaboración propia

Mediante el análisis de 20 muestras de la planta medicinal andina Piper aduncum (Matico) a través de técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes, se obtuvieron resultados de

significativa relevancia. Estos resultados subrayan una eficiencia notable en la identificación de la planta en cuestión. En consecuencia, se ha llegado a la conclusión de que la aplicación móvil destinada a la identificación de *Piper aduncum* (Matico) tiene un valor promedio de identificación del 99.20%.

5.2.4. Los Niveles de Identificación de las Tres Clases de Plantas

En esta sección, presentamos la identificación de las tres clases de plantas, para lo cual se exhiben las 20 imágenes correspondientes a *Piper aduncum* (Matico), 20 imágenes de *Tagetes Elliptica* (Chincho) y 20 imágenes de *Amaranthus dubius* (Atacco).

Durante esta prueba, las 60 imágenes capturadas fueron correctamente identificadas como *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes Elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco). Esto señala que los resultados obtenidos son altamente satisfactorios, ya que confirman la eficiencia de la aplicación móvil en la precisa identificación de las plantas mencionadas. Estos datos se presentan en la **tabla 6**.

Tabla 6

Niveles de identificación de las tres clases de plantas

Nivel de identificación			
N°	Chincho	Atacco	Matico
1	99.99%	99.96%	99.99%
2	99.99%	99.99%	100.0%
3	99.99%	99.99%	99.63%
4	99.99%	99.99%	99.76%
5	99.95%	100.0%	99.99%
6	99.67%	100.0%	99.99%
7	99.96%	99.99%	99.88%
8	99.99%	99.94%	99.33%
9	100.0%	99.99%	99.89%

10	99.99%	99.58%	99.99%
11	99.99%	96.92%	99.99%
12	99.99%	99.99%	99.99%
13	99.96%	98.93%	94.78%
14	99.98%	99.99%	99.99%
15	99.99%	99.99%	100.0%
16	99.99%	98.85%	100.0%
17	98.94%	99.89%	90.96%
18	100.0%	99.98%	99.84%
19	99.99%	99.99%	99.99%
20	99.98%	99.99%	99.99%

Fuente. Elaboración propia

Mediante el análisis de 20 muestras de la planta Piper aduncum (Matico), 20 muestras de la planta Tagetes elliptica (Chincho) y 20 muestras de la planta Amaranthus dubius (Atacco) utilizando técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes, se han obtenido resultados que demuestran una eficiencia sobresaliente en la identificación de las tres clases de plantas mencionadas. En consecuencia, se ha llegado a la conclusión de que la aplicación móvil destinada a la identificación de estas plantas posee un valor promedio de identificación del 99.60%. Estos resultados refuerzan la validez.

5.2.5. Matriz de Confusión de Eficiencia de la Aplicación Móvil

La matriz de confusión ha permitido evaluar el desempeño y la calidad de la aplicación móvil en la identificación de las plantas medicinales. Se ha construido una matriz de tres por tres, donde los valores posicionados en el eje diagonal representan las clasificaciones correctas de las 20 imágenes de Piper aduncum (Matico), 20 imágenes de Tagetes elliptica (Chincho) y 20 imágenes de Amaranthus dubius (Atacco) para cada clase.

Los resultados obtenidos han sido altamente satisfactorios, ya que la aplicación móvil identifica de manera eficiente y precisa las plantas mencionadas sin cometer errores. La matriz de confusión ha demostrado que el modelo implementado en la aplicación móvil, clasifica adecuadamente cada planta evaluada, corroborando el cumplimiento del objetivo general de la investigación, que es determinar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de plantas medicinales nativas.

En resumen, la matriz de confusión respalda la eficiencia y precisión de la aplicación móvil en la identificación de plantas mencionadas. Los resultados obtenidos refuerzan la confiabilidad del modelo implementado en la aplicación móvil desarrollada.

Tabla 7

Matriz de confusión

		Predicción			
		Atacco	Matico	Chincho	Total
Etiqueta	Atacco	20	0	0	20
	Matico	0	20	0	20
	Chincho	0	0	20	20
		20	20	20	

Fuente. Elaboración propia

5.2.6. Precisión de la Aplicación Móvil en la Identificación de Plantas

En esta sección, se evaluó el nivel de precisión de la aplicación móvil en la identificación de las plantas *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco). Es importante resaltar que cada clase de planta fue identificada con un valor de precisión del 100%.

Durante esta evaluación, todas las imágenes de *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco) fueron correctamente identificadas por la aplicación

móvil “IdentPlant” con una certeza del 100%. Esto evidencia un alto nivel de precisión y confiabilidad en la capacidad de la aplicación móvil para identificar cada una de las clases de plantas mencionadas.

La muestra utilizada en la evaluación fue representativa y garantiza resultados confiables y consistentes. Los valores del 100% de precisión en la identificación para cada clase de planta demuestran el excelente rendimiento de la aplicación en esta tarea específica de identificación. Estos resultados son prometedores y respaldan la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación precisa de *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco).

5.2.7. Sensibilidad (Recall) de la Aplicación Móvil en la Identificación de Plantas

En esta sección, se determinó el nivel de sensibilidad de la ampliación móvil en la identificación de las plantas *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco). Cada clase de planta fue identificada con un valor del 100% de sensibilidad.

La sensibilidad, también conocida como recall, es una métrica importante que nos permitió medir la capacidad de la aplicación móvil para identificar correctamente los casos positivos de cada clase. En este caso, el 100% de sensibilidad significa que la aplicación móvil pudo identificar todas las plantas instancias de *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco).

En la tabla 8, muestra estos resultados, donde cada clase de planta representa un valor del 100% de sensibilidad. Esta alta sensibilidad es un indicativo de que la aplicación móvil “IdentPlant” es altamente efectivo en identificar cada una de las clases de plantas evaluadas.

En conclusión, la sensibilidad del 100% en todas las clases de plantas mencionadas confirma la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación precisa de las plantas medicinales

Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco). Estos resultados respaldan la eficiencia de la aplicación móvil desarrollada.

Tabla 8

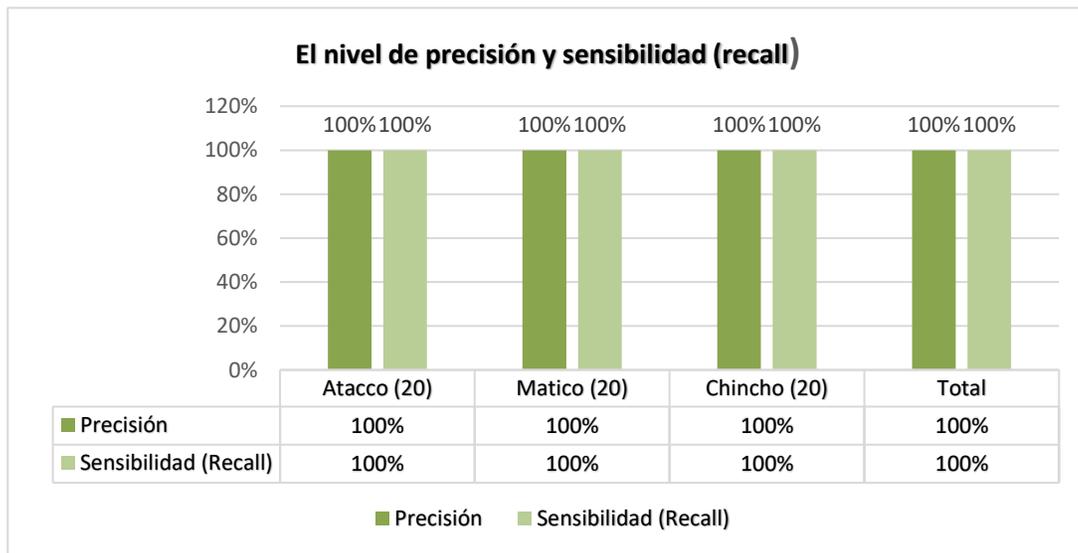
Nivel de precisión y sensibilidad

	Precisión	Sensibilidad (Recall)	Muestras
Atacco	100%	100%	20
Matico	100%	100%	20
Chincho	100%	100%	20
Total	100%	100%	

Fuente. Elaboración propia

Figura 8

Gráfico del Excel de la evaluación de precisión y sensibilidad (Recall)



Fuente. Elaboración propia

5.2.8. Sensibilidad y Precisión de la Aplicación Móvil en la Identificación de Plantas

En esta sección se describe, la evaluación de F1-score de la aplicación móvil en la identificación de plantas Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco). Se logro una identificación del 100% de F1-score para cada clase de planta. El

F1-score es una métrica que combina la precisión y sensibilidad en una sola métrica, proporcionando un equilibrio entre la capacidad de la aplicación móvil para identificar correctamente las plantas y su habilidad para evitar clasificaciones erróneas.

En la figura 14, se visualiza claramente estos resultados, donde cada clase de planta tiene un valor del 100% en F1-score. Esta alta puntuación en todas las clases de plantas confirma la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de las plantas mencionadas. En conjunto, estos resultados respaldan la capacidad de la aplicación móvil para identificar con eficiencia las plantas evaluadas. El F1-score del 100% en todas las clases es un indicador clave de eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de las plantas, lo que resalta su utilidad y confiabilidad.

5.2.9. Exactitud (Accuracy) de la Aplicación Móvil en la Identificación de Plantas

En esta sección, evaluamos el nivel de exactitud (Accuracy) de la aplicación móvil en la identificación de plantas *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco). Se obtuvo una exactitud del 100%, lo que significa que la aplicación identificó correctamente todas las plantas evaluadas, como se puede apreciar en la tabla 9.

La exactitud es una métrica fundamental que nos permite medir la proporción de clasificaciones correctas realizadas por el modelo sobre el total de casos evaluados. En este caso, alcanzar una exactitud del 100% indica que el modelo implementado en la aplicación móvil logró identificar acertadamente todas las instancias de las tres clases de plantas.

En la tabla 9, se muestran de manera clara estos resultados, donde se observa que la exactitud para cada clase de planta es del 100%. Esta alta exactitud es un indicativo del excelente rendimiento de la aplicación en la identificación precisa de *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco).

En resumen, estos hallazgos respaldan la eficiencia y confiabilidad de la aplicación móvil en esta tarea específica. La exactitud del 100% en todas las clases de plantas confirma la habilidad de la aplicación móvil para identificar con precisión cada una de las plantas mencionadas.

5.2.10. Evaluación del Nivel de Error de la Aplicación Móvil

El nivel de error de la aplicación móvil en la identificación de plantas Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco) ha sido evaluado. Se alcanzó obtener un 0% de error, se puede visualizar en la tabla 9, lo que significa que el modelo implementado en la aplicación móvil identifica acertadamente todas las instancias de las tres clases de plantas. Este resultado es altamente significativo, ya que un nivel de error del 0% indica que la aplicación móvil ha identificado correctamente todas las plantas sin cometer errores. La precisión y confiabilidad demostrada por el modelo en la identificación de las plantas medicinales mencionadas respalda la efectividad y utilidad de la aplicación. En conclusión, el 0% de error obtenido destaca el excelente rendimiento de la aplicación móvil en la tarea de identificación.

Tabla 9

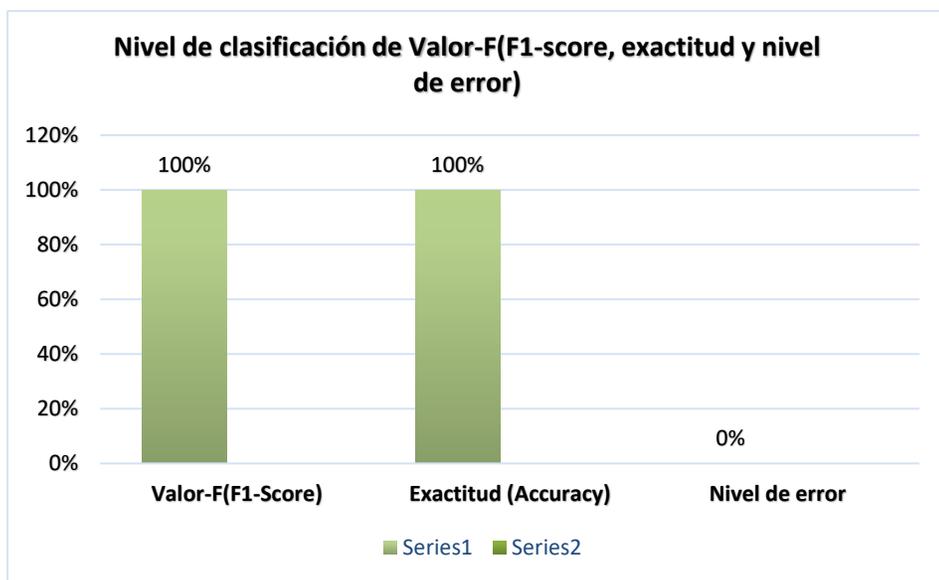
Nivel de F1-score, Exactitud (Accuracy) y nivel de error

	Valor
F1-score	100%
Exactitud (Accuracy)	100%
Nivel de error	0%

Fuente. Elaboración propia

Figura 9

Gráfico del Excel de F1-score, Exactitud (Accuracy) y nivel de error



Fuente. Elaboración propia

En conclusión, la aplicación móvil desarrollada para la identificación de plantas *Amaranthus dubius* (Atacco), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Piper aduncum* (Matico), mediante técnicas de procesamiento de imágenes, ha demostrado una alta eficiencia en la identificación precisa de dichas plantas.

La implementación de técnicas de procesamiento de imágenes ha sido fundamental para lograr este nivel de eficiencia en la identificación de plantas estudiadas. Los resultados obtenidos respaldan el rendimiento de la aplicación en la tarea de identificar con precisión las plantas mencionadas.

La aplicación móvil representa una herramienta confiable y útil para identificar plantas medicinales mencionadas, ofreciendo resultados precisos y confiables. La combinación de estas técnicas avanzadas ha demostrado ser eficaz y prometedora para futuras aplicaciones.

5.3. Contrastación de Hipótesis

Para la contrastación de hipótesis se realizó una prueba T de Wilcoxon para una muestra en los tres indicadores del desempeño de la aplicación móvil en la identificación de plantas. El valor de prueba para el contraste de hipótesis es de una puntuación de 95 % en promedio de acuerdo a las siguientes hipótesis, para contrastar la hipótesis de una sola muestra.

5.3.1. Contrastación de Hipótesis General

H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de plantas medicinales en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %.

H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de plantas medicinales en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.

Para hacer el contraste de hipótesis es necesario conocer si los datos siguen una distribución normal. Para ello se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk ya que la muestra es menor a 50 datos. Los resultados se presentan en la tabla 10, los valores de significancia son menores de 0.05 por lo tanto los datos no siguen una distribución normal para hacer el contraste de hipótesis, se realizó una prueba no paramétrica para comparar la mediana de una muestra mediante el estadístico de Wilcoxon. Para el análisis de distribución normal de los porcentajes de identificación correcta de las plantas se realizó de la siguiente forma, tal como se puede visualizar en la tabla 10.

Tabla 10

Prueba de normalidad para las plantas

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Las plantas	.368	20	< 0.001	.512	20	< 0.001

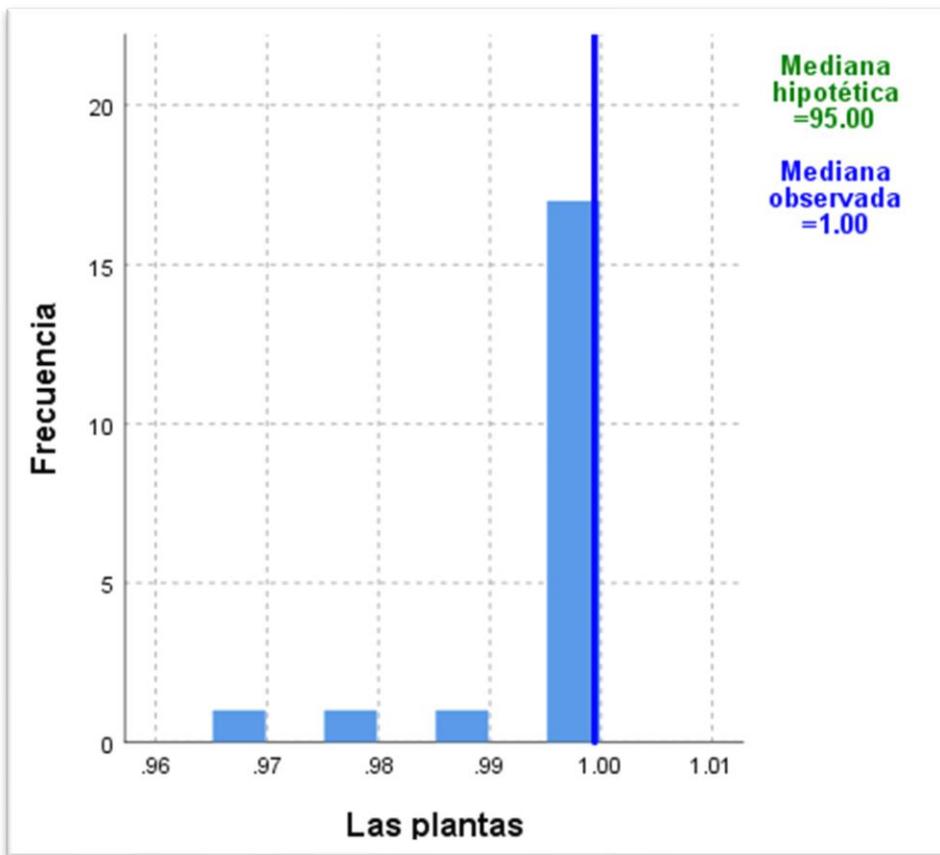
Fuente. Elaboración propia

H0: $Me = 95\%$; H1: $Me > 95\%$.

Los resultados de la prueba de Wilcoxon indican existen diferencias significativas ($T = -3.92$ $p < .001$). En vista que el p-valor obtenido ($p = .001 < \alpha = 0.05$), entonces evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. En este resultado confirma que la aplicación móvil es eficiente en la identificación de plantas medicinales en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.

Figura 10

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra de las plantas



Fuente. Elaboración propia

5.3.2. Contratación de Hipótesis Específicas

Para hacer el contraste de hipótesis es necesario conocer si los datos siguen una distribución normal. Para ello se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk ya que la muestra es menor a 50 datos. Los

resultados se presentan en la tabla 11, los valores de significancia son menores de 0.05 por lo tanto los datos no siguen una distribución normal para hacer el contraste de hipótesis, se realizó una prueba no paramétrica para comparar la mediana de una muestra mediante el estadístico de Wilcoxon.

Para el análisis de distribución normal de los porcentajes de identificación correcta de cada planta se realizó de la siguiente forma, tal como se puede visualizar en la tabla 11.

Tabla 11

Pruebas de normalidad para las plantas (Matico, Chincho y Atacco)

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Matico	0.426	20	< 0.001	0.408	20	< 0.001
Atacco	0.403	20	< 0.001	0.474	20	< 0.001
Chincho	0.455	20	< 0.001	0.363	20	< 0.001

Elaboración propia

Contrastación de hipótesis para la Planta Medicinal Tagetes elliptica (Chincho).

H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Tagetes elliptica (Chincho) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %.

H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Tagetes elliptica (Chincho) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.

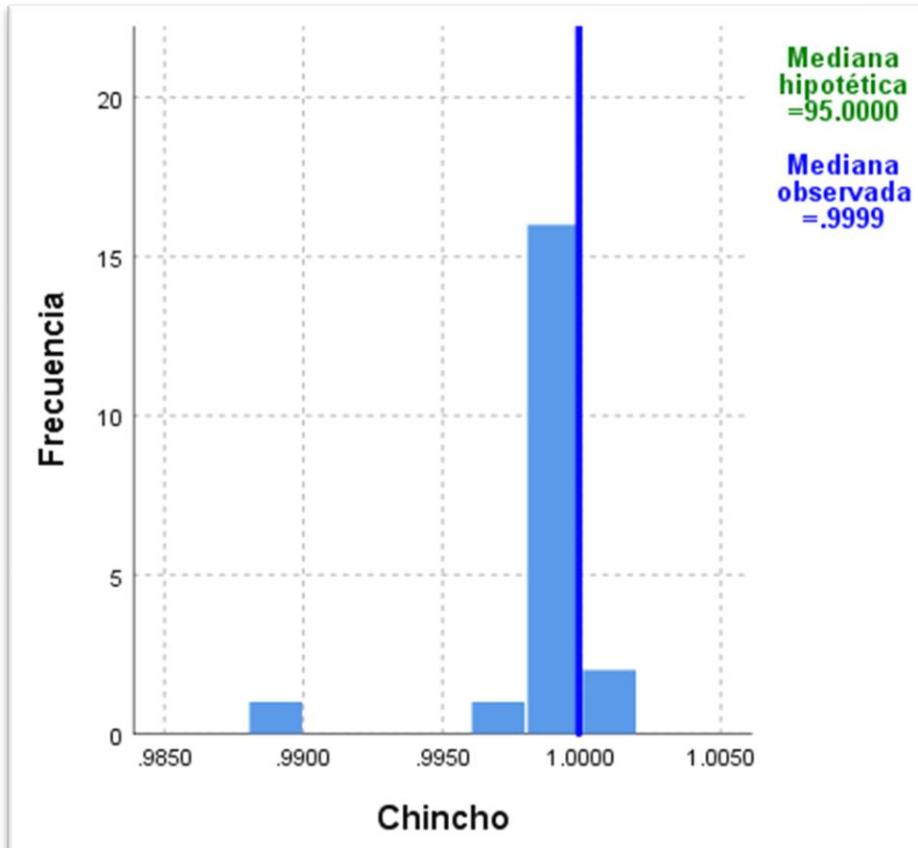
H0: $Me = 95\%$; H1: $Me > 95\%$

Los resultados de la prueba de Wilcoxon indican existen diferencias significativas ($T = -3.99$ $p < .001$). En vista que el p-valor obtenido ($p = .001 < \alpha = 0.05$), entonces evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. En este resultado confirma que la aplicación móvil es eficiente en

la identificación de la planta medicinal Tagetes elliptica (Chincho) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.

Figura 11

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra de la planta (Chincho)



Fuente. Elaboración propia

Contrastación de hipótesis para la Planta Medicinal Amaranthus dubius (Atacco).

H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Amaranthus dubius (Atacco) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %.

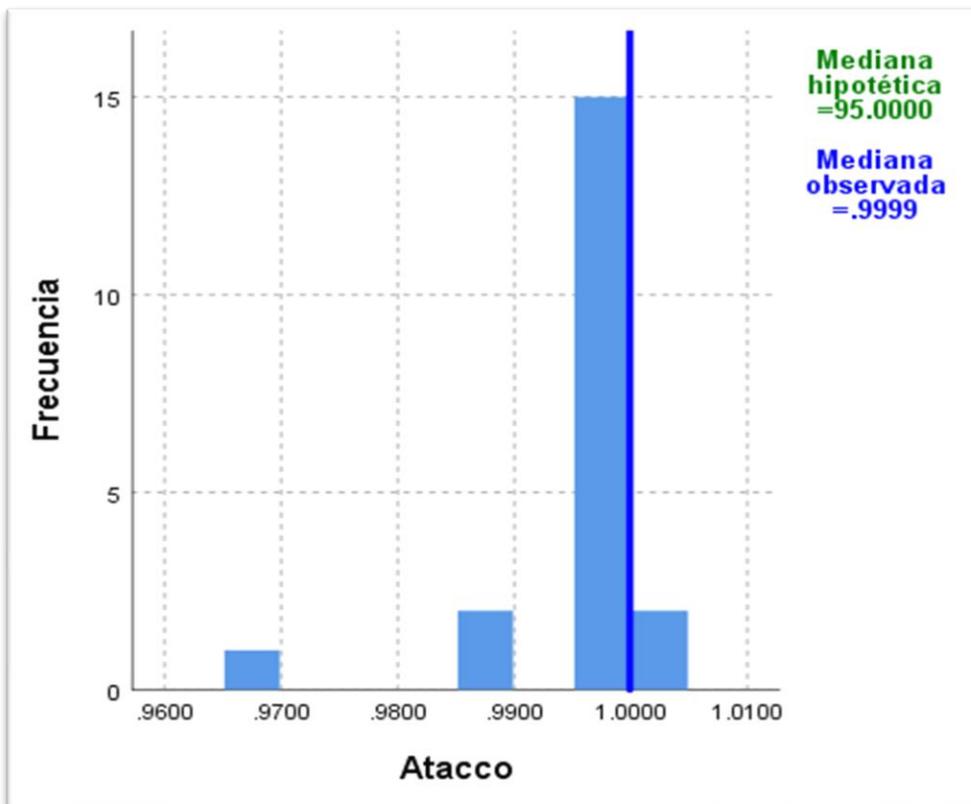
H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Amaranthus dubius (Atacco) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.

H0: $Me = 95\%$; H1: $Me > 95\%$

Los resultados de la prueba de Wilcoxon indican existen diferencias significativas ($T = -3.97$ $p < .001$). En vista que el p-valor obtenido ($p = .001 < \alpha = 0.05$), entonces evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. En este resultado confirma que la aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal *Amaranthus dubius* (Atacco) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.

Figura 12

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra de la planta (Atacco)



Fuente. Elaboración propia

Contrastación de hipótesis para la Planta Medicinal Piper aduncum (Matico).

H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Piper aduncum (Matico) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %.

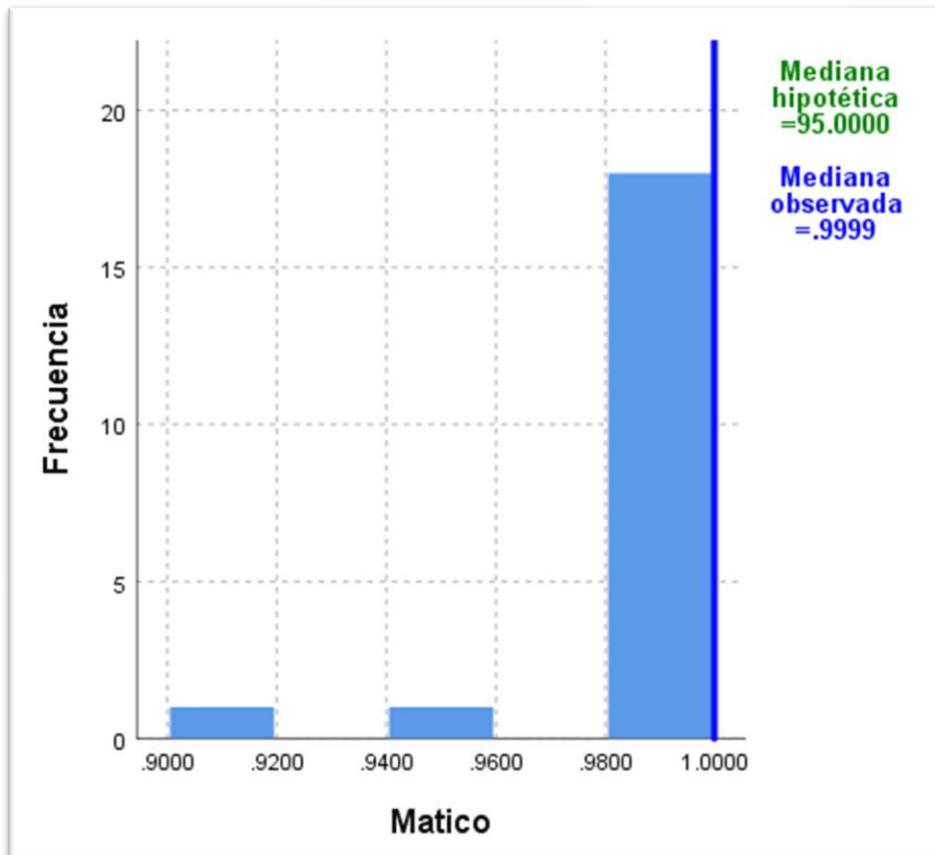
H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Piper aduncum (Matico) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.

H0: $Me = 95\%$; H1: $Me > 95\%$

Los resultados de la prueba de Wilcoxon indican existen diferencias significativas ($T = -3.95$ $p < .001$). En vista que el p-valor obtenido ($p = .001 < \alpha = 0.05$), entonces evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. En este resultado confirma que la aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Piper aduncum (Matico) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %. Tal como se puede visualizar en la siguiente figura de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra de la planta (Matico).

Figura 13

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra de la planta (Matico)



Fuente. Elaboración propia

CAPITULO VI: DISCUSIÓN

En la presente investigación cuyo objetivo fue determinar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de plantas medicinales mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia de Andahuaylas, se realizó una evaluación de sensibilidad en la identificación de plantas *Amaranthus dubius* (Atacco), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Piper aduncum* (Matico) para una muestra en los tres indicadores de eficiencia. Se logro obtener un valor de sensibilidad del 100%. Por lo tanto, se concluye que, si existe una eficiencia en la identificación de dichas plantas con la aplicación movil desarrollado, que incorpora el modelo de clasificación de la red neuronal convolucional (CNN). Dichos resultados coinciden con (Reátegui y Velasco, 2018), donde el nivel de sensibilidad fue de un 100 % demostrando con ello, el diseño y la implementación del aplicativo móvil permite reconocer de manera correcta la planta de Camu Camu. Asimismo, este trabajo guarda buena relación con la investigación de Lopez y Guerra (2019) quienes tambien desarrollaron un aplicativo movil para mostrar importante informacion de los beneficios de plantas medicinales.

Por último, Cofre (2020) quien determinó un nivel de exactitud del 80% en la identificación de las plantas, haciendo uso del algoritmo de red neuronal convolucional, permitiendo una correcta clasificación de las plantas, dicho resultado se aproxima, a la evaluación realizada del nivel de exactitud del 100% en la identificación de las plantas *Amaranthus dubius* (Atacco), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Piper aduncum* (Matico). Todo ello, concuerda con el sustento de los autores mencionados, la aplicación móvil se ha convertido en una tecnología avanzada e indispensable para gran parte de la población mundial, se caracterizan por ser dinámicas, entretenidas, útiles y fáciles de manejarlo. En tal sentido el interés del desarrollo de una aplicación móvil para la identificación de plantas medicinales para el proyecto de investigación es una excelente opción.

CONCLUSIONES

Respecto al objetivo general, se ha determinado que la aplicación móvil es eficiente en la identificación de plantas medicinales andinas en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, logrando una eficiencia promedio del 100 % en la identificación. El resultado respalda plenamente la hipótesis planteada, demostrando que la aplicación móvil es eficiente en la identificación de plantas medicinales, con un valor promedio mayor al 95 %.

En lo que concierne al primer objetivo específico, se ha determinado que la aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal andina *Tagetes elliptica* (Chincho) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, logrando una eficiencia del 99.99 % en la identificación. El resultado respalda plenamente la hipótesis planteada, demostrando que la aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal *Tagetes elliptica* (Chincho), con un valor promedio mayor al 95 %.

De manera similar, en relación al segundo objetivo específico, se ha determinado que la aplicación móvil es igualmente eficiente en la identificación de la planta medicinal andina *Amaranthus dubius* (Atacco) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, logrando una eficiencia promedio del 99.99 % en la identificación. El resultado respalda plenamente la hipótesis planteada, demostrando que la aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal *Amaranthus dubius* (Atacco), con un valor promedio mayor al 95 %.

Por último, en relación al tercer objetivo específico, se ha determinado que la aplicación móvil exhibe una eficacia notable en la identificación de la planta medicinal andina *Piper aduncum* (Matico) en la provincia de Andahuaylas, alcanzando una eficiencia del 99.99 % en la identificación. El resultado respalda plenamente la hipótesis planteada, demostrando que la

aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Piper aduncum (Matico), con un valor promedio mayor al 95 %.

Se concluye que la aplicación móvil “IdentPlant” es eficiente en la identificación de plantas Amaranthus dubius (Atacco), Tagetes elliptica (Chincho) y Piper aduncum (Matico) ya que se identificó correctamente con un nivel del 100%, en las dimensiones de precisión, exactitud, sensibilidad y F1-score.

RECOMENDACIONES

Se recomienda, ampliar el proyecto para incluir con más especies de plantas medicinales, dado que en la provincia de Andahuaylas existen numerosas plantas nativas con propiedades curativas.

A partir de esta experiencia, se sugiere impulsar proyectos de investigación en el campo de la inteligencia artificial, una tecnología de gran relevancia a nivel mundial. Esta tecnología permite crear maquinas con capacidades similares a las del ser humano y ofrece oportunidades inmersas para el avance científico y la mejora de la calidad de vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, R. D. (2021). Producción de huperzina a partir de cultivo en suspensión de células de *Huperzia orizabae* y su escalamiento a biorreactor airlift de 2L.
- Arévalo Pérez, M. F. A., & López Noguez, A. A. Análisis del proceso del proyecto de convocatoria a la licitación pública que la Secretaría de la Defensa Nacional lleva a cabo para la adquisición de medicamentos e insumos de la salud para surtir a las instalaciones sanitarias militares que atiende pacientes con Covid-19, dentro de la pandemia del año 2020. PC-007000999-E625-2020 SSM.
- Briones, G. (2002). *Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales*.
- Lock, O., & Rojas, R. (2004). Química Y Farmacología Del Piper Aduncum L.
- Balaguera, Y. D. (14 de Noviembre de 2013). Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual. *Journal Technology*, 12(2).
Obtenido de https://www.academia.edu/34474873/Metodolog%C3%ADas_%C3%A1giles_en_el_desarrollo_de_aplicaciones_para_dispositivos_m%C3%B3viles_Estado_actual_Agile_methodologies_in_the_development_of_applications_for_mobile_devices_present_state
- Buhigas, J. (14 de Febrero de 2018). Todo lo que necesitas saber sobre TensorFlow, la plataforma para Inteligencia Artificial de Google. *Puentes Digitales*. Obtenido de <https://puentesdigitales.com/2018/02/14/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-tensorflow-la-plataforma-para-inteligencia-artificial-de-google/>
- Calvo Barreno, D. (20 de Julio de 2017). Red Neuronal Convolutiva CNN. Obtenido de <https://www.diegocalvo.es/red-neuronal-convolutiva/#>
- Cofre Chango, M. A. (2020). Aplicación Móvil Para La Identificación De Las Propiedades Medicinales De Plantas Nativas Localizadas En La Microempresa "Agrocotopaxi". Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6684/1/T-001487.pdf>
- Dirección Regional de Agricultura. (2009). Plan Estratégico Regional Del Sector Agrario.
- Enriquez, J. G., & Casas, S. I. (2013). Usabilidad en aplicaciones móviles. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/serv>
- González, Y. (13 de Noviembre de 2020). Flutter O Cómo Construir Atractivas Aplicaciones Nativas En Tiempo Récord. *Techedge*. Obtenido de <https://www.techedgegroup.com/es/blog/flutter-construir-aplicaciones-nativas>

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología De La Investigacion*. 6° Edición. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- IBM Software. (2012). *El desarrollo de aplicaciones móviles nativas, web o híbridas*. Obtenido de [file:///C:/Users/zumy/Desktop/TESIS/variable%20aplicacion%20movil/27754_IBM_WP_Native_Web_or_hybrid_2846853%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/zumy/Desktop/TESIS/variable%20aplicacion%20movil/27754_IBM_WP_Native_Web_or_hybrid_2846853%20(1).pdf)
- INCYTU. (2018). *Inteligencia Artificial*. Oficina De Información Científica Y Tecnológica Para El Congreso De La Unión . Obtenido de https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_18-012.pdf
- Kanaan Izquierdo, S., & Ventura Royo, C. (2016). *Diseño De Un Sistema De Reconocimiento Automatico De Matricula De Vehiculos Mediante Una Red Neuronal Convolutacional*. Obtenido de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/52222/7/fnunezsTFM0616memoria.pdf>
- La Serna Palomino, N., & Román Concha, U. (2009). *Técnicas De Segmentación En Procesamiento Digital De Imágenes*. Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sistem/article/view/3299/2749>
- Lasse Petteri, R. (2018). *Inteligencia Artificial 101 Cosas Que Debes Saber Hoy Sobre Nuestro Futuro*. Obtenido de https://www.planetadelibros.com/libros_contenido_extra/40/39307_Inteligencia_artificial.pdf
- Lopez Briega, R. E. (02 de Agosto de 2016). *Redes neuronales convolucionales con TensorFlow*. Obtenido de <https://relopezbriega.github.io/blog/2016/08/02/redes-neuronales-convolucionales-con-tensorflow/>
- Lopez Ribeiro , C. A., & Guerra de Jesus, R. (2019). *Aplicativo Móvil Y Su Efecto En El Nivel De Conocimiento De Plantas Medicinales De La Comunidad De Barrio Florido 2018*. Obtenido de https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6453/Carlos_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- López, S. (17 de Mayo de 2020). Firebase: qué es, para qué sirve, funcionalidades y ventajas. *Digital55*. Obtenido de <https://www.digital55.com/desarrollo-tecnologia/que-es-firebase-funcionalidades-ventajas-conclusiones/>
- NillsF. (23 de Mayo de 2020). Explicación De La Matriz De Confusión, Exactitud, Recuperación, Precisión, Tasa De Falsos Positivos Y Puntuaciones F. *Blog de NillsF*. Obtenido de <https://blog.nillsf.com/index.php/2020/05/23/confusion-matrix-accuracy-recall-precision-false-positive-rate-and-f-scores-explained/>
- Notas naturales. (13 de Julio de 2020). *Notas Naturales*. Obtenido de <https://www.notasnaturales.com/principios-activos-de-las-plantas-que-falta-por-descubrir/>
- Ñaupas Paitán , H., Mejía Mejía, E., & Villagómez Paucar, A. (2013). *Metodologia De La Investigacion Cuantitativa Y Cualitativa* (Vol. 4° edicion). Obtenido de https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/03/Metodologia-de-la-investigacion-Naupas-Humberto.pdf?fbclid=IwAR05mucE5jc8FIJCxnT3NDx_F3JpywDtsz2Bb1fYIREDVr1azK0TIVHtFLo
- Organización Panamericana de la Salud. (27 de 02 de 2019). Situación De Las Plantas Medicinales En El Perú. Obtenido de https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/50479/OPSPER19001_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pacori Paricahua, E., & Pacori Paricahua, A. K. (2019). *metodologia y diseño de la investigacion cientifica*. Obtenido de <https://market.joinnus.com/normasjuridicas/302086>
- Reátegui Pezo, A., & Velasco Meléndez, M. A. (2018). Aplicación Informática Para Reconocimiento De La Especie Camu Camu (*Myrciaria Dubia*) A Través De Redes Neuronales Convolucionales, En Iquitos Perú, Durante El Año 2017. Obtenido de https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5962/Alejandro_tesis_maestria_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Salaverry García , O. (2014). Florística De Algunas Plantas Medicinales. *Revista Peruana De Medicina Experimental Y Salud Publica*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342014000100025

- Silva, S., & Freire, E. (23 de Noviembre de 2019). *Bootcamp AI*. Obtenido de <https://bootcampai.medium.com/redes-neuronales-convolucionales-5e0ce960caf8>
- Ugás, R. (2014). 40 Viejas Y Nuevas Verduras. Obtenido de <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Agroeco/40Verduras.pdf>
- Utrera Burgal, J. (20 de Junio de 2018). Deep Learning básico con Keras (Parte 1). Obtenido de <https://enmilocalfunciona.io/deep-learning-basico-con-keras-parte-1/>
- Visus, A. (Octubre de 2020). ¿Para qué sirve Python? Razones para utilizar este lenguaje de programación. *Esic*. Obtenido de <https://www.esic.edu/rethink/tecnologia/para-que-sirve-python>
- Wackerly, D., Mendenhall, W., & Scheaffer, R. (2009). *Estadística matemática con aplicaciones*.
- Wikipedia. (16 de Octubre de 2020). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Especie_nativa
- Wikipedia. (28 de Enero de 2021). *Procesamiento Digital De Imágenes*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Procesamiento_digital_de_imagenes#:~:text=El%20procesamiento%20de%20im%C3%A1genes%20digitales,facilitar%20la%20b%C3%BAqueda%20de%20informaci%C3%B3n.
- Zapata, J. E., & Flóres Villarraga, C. A. (2018). *Sistema De Identificación Automática De Especies Vegetales De Amaranthaceae Mediante Morfometría Geométrica De La Arquitectura Foliar*. Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <file:///C:/Users/aagui/OneDrive/Escritorio/Proyecto%20de%20tesis/documento/T005.445%20Z35.pdf>

ANEXOS

1. Anexo 1: Matriz de Consistencia

Formulación de problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Diseño metodológico
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Eficiencia de identificación de plantas	Precisión	Nivel de precisión en la identificación $\text{Precisión} = \frac{VP}{VP+FP}$	<p>Según el diseño de estudio, es de tipo preexperimental.</p> <p>Según el nivel de estudio, descriptivo</p> <p>Según su enfoque, cuantitativo</p> <p>El estudio es de tipo transversal</p>
¿Cuál es la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de plantas medicinales mediante técnicas de procesamiento de imágenes, en la provincia de Andahuaylas?	Determinar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de plantas medicinales mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia de Andahuaylas.	<p>H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de plantas medicinales en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %.</p> <p>H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de plantas medicinales en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con</p>		Sensibilidad	Nivel de sensibilidad (Recall) en la identificación $\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP+FN}$	
				Exactitud	Nivel de exactitud (accuracy) en la identificación $\text{Exactitud} = \frac{VP+VN}{VP+VN+FP+FN}$	
				F1-score	Nivel de precisión y sensibilidad (F1-score) en la identificación $F1 = 2 \frac{\text{Precisión} * \text{recall}}{\text{Precisión} + \text{recall}}$	
				Desempeño de la aplicación	Porcentaje de imágenes de Tagetes elíptica	

		un valor promedio mayor al 95 %.			(Chincho) clasificadas correctamente.	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			Porcentaje de imágenes de <i>Amaranthus dubius</i> (Atacco) identificadas correctamente.	
¿Cuál es la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal <i>Tagetes Elliptica</i> (Chincho) mediante técnicas de procesamiento de imágenes, en la provincia de Andahuaylas?	Determinar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal <i>Tagetes elliptica</i> (Chincho) mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia de Andahuaylas.	H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal <i>Tagetes elliptica</i> (Chincho) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %. H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal <i>Tagetes elliptica</i> (Chincho) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.			Porcentaje de imágenes de <i>Piper aduncum</i> (Matico) identificadas correctamente.	

<p>¿Cuál es la eficiencia de una aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal <i>Amaranthus Dubius</i> (Atacco) mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia de Andahuaylas?</p>	<p>Determinar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal <i>Amaranthus dubius</i> (Atacco) mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la Provincia de Andahuaylas.</p>	<p>H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal <i>Amaranthus dubius</i> (Atacco) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %. H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal <i>Amaranthus dubius</i> (Atacco) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.</p>				
--	---	--	--	--	--	--

<p>¿Cuál es la eficiencia de una aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal Piper Aduncum (Matico) mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia de Andahuaylas?</p>	<p>Determinar la eficiencia de la aplicación móvil en la identificación de la planta medicinal Piper aduncum (Matico) mediante técnicas de procesamiento de imágenes en la provincia de Andahuaylas.</p>	<p>H0: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Piper aduncum (Matico) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio del 95 %.</p> <p>H1: La aplicación móvil es eficiente en la identificación de la planta medicinal Piper aduncum (Matico) en la provincia de Andahuaylas mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con un valor promedio mayor al 95 %.</p>				
---	--	--	--	--	--	--

2. Anexo 2: Implementación del Modelo de Clasificación

La finalidad de este apartado fue implementar un modelo de clasificación basada en una red neuronal convolucional una tecnología avanzada y a la vez muy compleja. Mediante esta aproximación, el modelo fue capaz de aprender y realizar clasificaciones con precisión a lo largo del proceso de entrenamiento.

Para la creación del sistema de clasificación de las especies vegetales, se inició con la adquisición de un conjunto de datos que abarca tres tipos de plantas: *Amaranthus dubius* (Atacco), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Piper aduncum* (Matico). A partir de este conjunto de datos, se llevó a cabo un proceso exhaustivo que incluyó el procesamiento de las imágenes, así como las fases de entrenamiento y validación de la red neuronal convolucional. Estas etapas se iteraron y ajustaron detalladamente con el fin de alcanzar un nivel óptimo de desempeño.

Como resultado de este proceso de desarrollo, se logró la creación de un modelo de clasificación efectivo. Este modelo fue implementado exitosamente en la aplicación móvil diseñada específicamente para este propósito de estudio. A continuación, se puede ver los siguientes pasos de implementación del modelo de clasificación.

2.1. Capa de Adquisición de las Imágenes

En la fase inicial de la adquisición de imágenes, se comenzó la construcción del repositorio visual de las plantas. Este repositorio consta de un conjunto inicial de 500 imágenes para cada una de las siguientes especies: *Piper aduncum* (Matico), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Amaranthus dubius* (Atacco). Para digitalizar estas imágenes, se capturaron fotografías desde múltiples ángulos utilizando una cámara de teléfono celular. Cada imagen fue guardada en formato JPG y acompañada de sus etiquetas de clasificación en un archivo correspondiente.

Con esta acción, se inicia el proceso de recopilación de datos visuales esenciales para nuestro proyecto. Cada especie se encuentra representada por una variedad de imágenes, lo que garantiza una perspectiva completa desde distintos ángulos. Las imágenes capturadas, almacenadas en formato JPG junto con sus etiquetas, sientan las bases de nuestro banco de datos para el posterior análisis y desarrollo del sistema de clasificación.

2.2. Construcción de la Red Neuronal Convolutiva

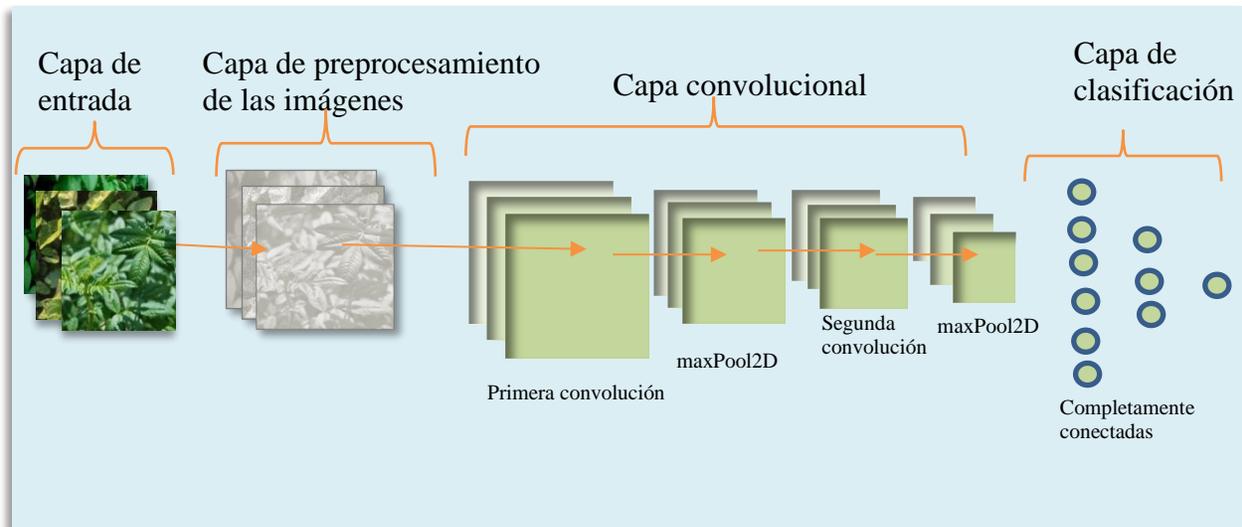
En el proceso de construcción de la red neuronal convolutiva, se emplearon bibliotecas de aprendizaje profundo como TensorFlow para la implementación del modelo. Esta arquitectura fue capaz de aprender y llevar a cabo la clasificación de las imágenes. La estructura lógica de la red se encuentra inspirada en la percepción visual humana, lo cual es un campo de estudio sumamente intrigante y, a día de hoy, representa la vanguardia en el procesamiento de imágenes. En este sentido, se procedió a la implementación del algoritmo de la red neuronal convolutiva, diseñado específicamente para la clasificación de las plantas medicinales: *Amaranthus dubius* (Atacco), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Piper aduncum* (Matico). El código correspondiente a esta implementación está disponible en la siguiente dirección:

https://colab.research.google.com/drive/1lhFBtIaGXeM_vBJ2E-nx2sl3VgmDpf3A?usp=sharing.

Con esta etapa concluida, hemos dotado a nuestro proyecto de una poderosa herramienta de clasificación que se basó en principios de procesamiento visual altamente avanzados, representando así un paso significativo hacia el logro de nuestros objetivos.

Figura 1

Estructura de la red neuronal convolucional



Fuente. Elaboración propia

2.2.1. Capa de Entrada

La capa de entrada fue implementada utilizando archivos que contienen las etiquetas de las tres clases de imágenes de plantas: *Amaranthus dubius* (Atacco), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Piper aduncum* (Matico). En esta etapa, se inició con la declaración de distintas variables, cada una con sus correspondientes valores, que posteriormente fueron procesados. Estos valores se definieron tras una serie de pruebas y ajustes meticulosos, lo que condujo a la obtención de valores óptimos para el entrenamiento de la red neuronal convolucional. A continuación, se presentan las diversas funciones que participaron en este proceso.

- **import zipfile:** Se importó la Zipfile para leer la Dataset que fue guardada en Google drive.
- **import tensorflow as tf:** Esta biblioteca de inteligencia artificial se empleó para crear modelos de aprendizaje profundo, simplificando el proceso de desarrollo del algoritmo de la red neuronal convolucional.

- **IMAGE_SIZE = 224:** Se define el tamaño de la imagen con una matriz de 224X224 los cuales son representadas en pixeles y esos pequeños pixeles se convierten en neuronas para luego ser preprocesadas.
- **BATCH_SIZE = 64:** Es el numero de la imagen lo cual se envía a procesar en cada uno de los pasos.
- **steps_per_epoch=21:** Es el número de veces que se procesó la información en cada uno de las épocas.
- **epochs = 20:** Quiere decir que tiene 20 iteraciones en el momento de entrenar el algoritmo es para eso que se define los epochs.
- **tamano_filtro1 = (3, 3):** Es el filtro que se aplicó en la primera capa de convolución de la red lo cual extrae una serie de características en concreto de la imagen para luego clasificar.
- **tamano_filtro2 = (2, 2):** Esto el segundo filtro de diferente tamaño que se definió al igual del primer filtro tiene la misma funcionalidad de extraer una serie de características de la imagen para luego clasificar.
- **lr = 0.0004:** Esto es learning rate de definió con este valor para el ajuste de la red neuronal para acercarse a una solución más optima en la clasificación de las imágenes.

Todos estos variables están determinadas previo de varias pruebas realizadas con el entrenamiento del algoritmo, lo cual se logró alcanzar un resultado eficiente de los valores de la variable que están plasmadas.

2.2.2.Capa de Preprocesamiento de Imágenes

En esta fase, se llevó a cabo el preprocesamiento de las imágenes antes de presentarlas a la red neuronal para iniciar el proceso de entrenamiento. Para lograr esto, se diseñó una función

generadora que facilita el preprocesamiento de las imágenes destinadas al entrenamiento. Esta función generadora posee varios parámetros distintos, que incluyen:

- **rescale = 1./255**: Dentro de la función se realizó el reescalado de la imagen, esto quiere decir que los pixeles tienen un valor de 0-255, al realizar el reescalado los valores de los pixeles se convierten de 0 -1 esto es para hacer más eficiente nuestro entrenamiento.
- **shear_range=0.2**: Esta variable se configuró con su respectivo valor, lo que posibilita generar inclinaciones en la imagen, ya que no siempre las imágenes pueden presentarse en posición vertical.
- **zoom_range=0.2**: Esta variable de zoom_range se determinó para mejorar la visualización de la imagen, lo que facilita que el algoritmo pueda aprender a reconocer y distinguir con mayor claridad las imágenes.
- **horizontal_flip=True**: Esta variable tiene la finalidad de coger una imagen e invertirla para que así pueda aprender sobre la direccionalidad la red neuronal.
- **validation_split=0.1**: Esta variable se declaró con el propósito de asignar el 10% de los datos para la validación, mientras que el 90% restante se destina al proceso de entrenamiento.

Después de definir las funciones mencionadas se creó otra función para generar las imágenes que se va utilizar para el entrenamiento de la red neuronal lo cual permite transformarlos dichas imágenes, donde dicha función tiene diferentes parámetros como:

- **base_dir**: Es una variable que permite acceder al directorio del set de datos de las imágenes.
- **target_size= (IMAGE_SIZE, IMAGE_SIZE)**: Es una variable que permite procesar la imagen con una altura y longitud específica, tal como se declaró en las variables.

- **batch_size=BATCH_SIZE:** Esta variable procesa 64 imágenes dentro de esta función tal como se definió en la capa de entrada.
- **subset='training':** Este variable define las tres clases que son: Amaranthus dubius (Atacco), Tagetes elliptica (Chincho) y Piper aduncum (Matico), donde la clasificación que se realiza es categórica que tiene tres etiquetas.

Después se realiza el mismo procedimiento para el set de validación donde se crea una función de validación con los mis parámetros donde solo tiene la diferencia con el nombre que se define, como se puede visualizar a continuación:

- **subset='validation':** De la misma manera esta variable define las clases de las tres plantas en la validación que es el 10 %.

A).MobileNetV2. Es una arquitectura de redes neuronales convolucionales diseñada específicamente para aplicaciones de visión por computadora en dispositivos móviles. Su objetivo principal radica en la mejora de la eficiencia del modelo en tareas de clasificación de imágenes.

En esta implementación, se empleó MobileNetV2 como un modelo preentrenado, el cual fue entrenado previamente en un extenso conjunto de datos y posteriormente guardado. Esta característica habilita la utilización eficaz del modelo para personalizarlo según las necesidades específicas.

El diseño de MobileNetV2 está concebido para proporcionar un rendimiento rápido y eficiente en términos computacionales. Su estructura ha sido optimizada para ejecutarse de manera eficaz en dispositivos móviles, lo que lo convierte en una elección ideal para aplicaciones que requieren un equilibrio entre precisión y velocidad.

A continuación, se presenta la implementación de MobileNetV2, resaltando su papel fundamental en la construcción de un sistema de clasificación de imágenes potente y adaptado a las particularidades de dispositivos móviles.

Figura 2

Captura del código de la implementación de MobileNetV2 del modelo

```
IMG_SHAPE = (IMAGE_SIZE, IMAGE_SIZE, 3)
base_model = tf.keras.applications.MobileNetV2(
    input_shape=IMG_SHAPE,
    include_top=False,
    weights='imagenet'
)
```

Fuente. Elaboración propia

- **input_shape=IMG_SHAPE:** Especifica la forma de la imagen de entrada que es representado (224,224,3) para nuestro experimento
- **include_top=False:** La variable de **include_top** es igual a False quiere decir que las ultimas capas totalmente conectadas no se cargan, esto es al momento de cargar el modelo pre- entrenado.
- **weights='imagenet':** El weights es igual a imagenet (entrenamiento previo en ImageNet) o es la ruta al archivo de pesos que se va cargar.

2.2.3. Capa Convolutiva

En la etapa de la capa convolutiva, se dio vida a la red neuronal convolutiva, como se puede apreciar en el código de programación adjunto. En esta fase, se estableció la estructura esencial que permite que la red neuronal interprete y extraiga características relevantes de las imágenes.

La capa convolutiva juega un papel fundamental en el proceso de análisis de imágenes, ya que se encarga de aplicar filtros y convoluciones a las imágenes de entrada, permitiendo que la

red neuronal aprenda y capture patrones visuales característicos. La programación correspondiente a esta capa define cómo se lleva a cabo esta transformación de datos crudos en información significativa, allanando el camino para el desarrollo efectivo de la red neuronal convolucional y, en última instancia, para la clasificación precisa de las plantas medicinales.

Figura 3

Captura del código de la capa de convolución del modelo

```
tf.keras.layers.Conv2D(32,tamano_filtro1,padding ="same",activation = 'relu'),
tf.keras.layers.MaxPool2D(),
tf.keras.layers.Conv2D(64,tamano_filtro2,padding ="same" ),
tf.keras.layers.MaxPool2D(),
tf.keras.layers.Dense(256, activation='relu'),
tf.keras.layers.Dropout(0.2),
tf.keras.layers.GlobalAveragePooling2D(),
```

Fuente. Elaboración propia

- **Conv2D:** Esta capa genera un volumen de imágenes esto quiere decir que aumenta la profundidad, según la cantidad de filtros que se aplicó, donde no debería reducir la dimensión de la imagen.
- **tf.keras.layers.Conv2D(32,tamano_filtro1,padding ="same",activation = 'relu'):** Es la primera capa de convolución donde se define 32 de volumen, se aplica el filtro, el padding y la activación relu, los cuales extraen las diferentes características de las imágenes.
- **activation = 'relu':** La activación relu define la salida de las neuronas, dado de un conjunto de entradas y mantiene una pila de imágenes sin valores negativos.
- **padding ="same":** El padding same lo que hace es un relleno con ceros uniformemente todo alrededor de la imagen para que no varíe el tamaño final de la imagen.
- **tamano_filtro1:** El tamaño_filtro1 es el primer filtro que se aplica en la primera capa de convolución.

- **tf.keras.layers.MaxPool2D():** El MaxPool2D reduce la dimensión (ancho y largo) del volumen de entrada para la siguiente capa de convolución.
- **tf.keras.layers.Conv2D(64,tamano_filtro2,padding ="same"):** Es la segunda capa de convolución con un volumen de 64, asimismo de define el filtro 2 y el padding los cuales extraen las diferentes características de las imágenes.
- **GlobalAveragePooling2D:** Corresponde a las entradas con forma (lote, altura, anchura y canales), donde por defecto, el valor de image_data_format se encuentra en el archivo de configuración de Keras.
- **tf.keras.layers.Dense(256, activation='relu'):** Básicamente crea una capa que va conectar a la anterior y a la siguiente con 256 conexiones.
- **tf.keras.layers.Dropout(0.2):** Apaga aleatoriamente las neuronas en cada paso el 20 %.

2.3. Capa de Clasificación

Dentro de la capa de clasificación, se encuentran funciones esenciales que desempeñan un rol crucial en la predicción de probabilidades.

En esta etapa, estas funciones son responsables de realizar cálculos que permiten estimar las probabilidades asociadas a las predicciones. Estas probabilidades representan la confianza de la red neuronal en sus predicciones para cada clase de planta. La capa de clasificación es fundamental para la interpretación y presentación final de los resultados de la red neuronal convolucional.

La programación y el funcionamiento de esta capa son vitales para la precisión de las predicciones y, en última instancia, para la identificación correcta de las plantas medicinales en la aplicación móvil.

Figura 4

Captura del código de la capa de clasificación del modelo

```
tf.keras.layers.Flatten(),  
  
tf.keras.layers.Dense(3,activation='softmax')##es  
1)
```

Fuente. Elaboración propia

- **tf.keras.layers.Flatten():** Con esta función Flatten, a la imagen profunda la vamos a hacer plana, es decir que solo tendrá una dimensión de toda la información de la red neuronal.
- **tf.keras.layers.Dense (3,activation='softmax'):** Esta es la última capa softmax, que nos indica que tanta probabilidad tiene cada clase y cual tiene la máxima probabilidad.

2.3.1.La Salida

En esta sección, se realizó la compilación del modelo basado en la red neuronal convolucional. El proceso involucró 20 épocas con un total de 21 iteraciones. Durante esta fase, se analizaron los valores correspondientes a las pérdidas y las precisiones obtenidos tanto en el entrenamiento como en la validación.

Esta evaluación minuciosa de los resultados del entrenamiento permitió obtener una comprensión profunda del rendimiento del modelo. Las iteraciones y épocas seleccionadas contribuyeron a refinar y mejorar gradualmente el modelo, afinando su capacidad de clasificación de manera progresiva.

La presentación de estos valores no solo resalta el proceso de entrenamiento, sino que también ofrece una instantánea esclarecedora de la evolución y el desempeño del modelo. La consideración cuidadosa de estos resultados respalda la confianza en la eficacia y la precisión del modelo basado en la red neuronal convolucional para llevar a cabo la tarea de clasificación de plantas en el contexto de la aplicación móvil.

Figura 5

Captura del código de la capa de salida del modelo

```
model.compile(  
    optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(learning_rate=lr),  
    loss='categorical_crossentropy',  
    metrics=['accuracy']  
)  
# iteration number  
# cantidad de iteraciones que dara el algoritmo de entrenamiento  
epochs = 20  
history = model.fit(  
    train_generator,  
    epochs = epochs,  
    validation_data=val_generator,  
    # steps(pasos) numbers in each epochs(epoca)  
    steps_per_epoch=21,  
)
```

Fuente. Elaboración propia

A continuación, presentamos los resultados derivados del proceso de entrenamiento del modelo de clasificación basada en la red neuronal convolucional. Los valores de pérdida (loss), precisión (accuracy) y las métricas de validación se encuentran reflejados en la siguiente visualización. En el proceso de entrenamiento, se asignó el 90% de las imágenes para este propósito, mientras que el 10% restante fue reservado para la validación, logrando así abarcar el cien por ciento de las imágenes digitalizadas en total.

Este enfoque permitió obtener un resultado satisfactorio para la tarea de clasificación de las plantas. Una vez conseguido el modelo de manera exitosa, este fue implementado en la aplicación móvil denominada 'IdentPlant'.

La obtención de los resultados presentados en la Figura 15 involucró la realización de múltiples pruebas con distintas variaciones de valores. Observamos que los valores obtenidos son

aceptables y adecuados para la tarea de clasificación de imágenes, tal como se refleja en la secuencia de resultados que se presenta a continuación. Estos resultados refuerzan la viabilidad y efectividad del modelo en el proceso de identificación de las plantas a través de la aplicación.

Figura 6

Captura del código de los resultados del entrenamiento del modelo

```
Epoch 1/20
21/21 [=====] - 154s 7s/step - loss: 0.5129 - accuracy: 0.7954 - val_loss: 0.0258 - val_accuracy: 0.9934
Epoch 2/20
21/21 [=====] - 126s 6s/step - loss: 0.1069 - accuracy: 0.9586 - val_loss: 0.0065 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 3/20
21/21 [=====] - 121s 6s/step - loss: 0.0396 - accuracy: 0.9862 - val_loss: 0.0038 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 4/20
21/21 [=====] - 124s 6s/step - loss: 0.0433 - accuracy: 0.9829 - val_loss: 0.0024 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 5/20
21/21 [=====] - 124s 6s/step - loss: 0.0247 - accuracy: 0.9939 - val_loss: 0.0046 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 6/20
21/21 [=====] - 125s 6s/step - loss: 0.0271 - accuracy: 0.9916 - val_loss: 0.0013 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 7/20
21/21 [=====] - 125s 6s/step - loss: 0.0251 - accuracy: 0.9939 - val_loss: 0.0180 - val_accuracy: 0.9934
Epoch 8/20
21/21 [=====] - 123s 6s/step - loss: 0.0182 - accuracy: 0.9962 - val_loss: 0.0445 - val_accuracy: 0.9868
Epoch 9/20
21/21 [=====] - 124s 6s/step - loss: 0.0105 - accuracy: 0.9954 - val_loss: 0.0092 - val_accuracy: 0.9934
Epoch 10/20
21/21 [=====] - 124s 6s/step - loss: 0.0140 - accuracy: 0.9954 - val_loss: 0.0022 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 11/20
21/21 [=====] - 123s 6s/step - loss: 0.0120 - accuracy: 0.9954 - val_loss: 0.0034 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 12/20
21/21 [=====] - 121s 6s/step - loss: 0.0121 - accuracy: 0.9962 - val_loss: 0.0258 - val_accuracy: 0.9934
Epoch 13/20
21/21 [=====] - 122s 6s/step - loss: 0.0095 - accuracy: 0.9962 - val_loss: 0.0355 - val_accuracy: 0.9934
Epoch 14/20
21/21 [=====] - 120s 6s/step - loss: 0.0071 - accuracy: 0.9969 - val_loss: 8.1718e-04 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 15/20
21/21 [=====] - 121s 6s/step - loss: 0.0052 - accuracy: 0.9985 - val_loss: 0.0032 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 16/20
21/21 [=====] - 119s 6s/step - loss: 0.0071 - accuracy: 0.9969 - val_loss: 0.0063 - val_accuracy: 0.9934
Epoch 17/20
21/21 [=====] - 122s 6s/step - loss: 0.0226 - accuracy: 0.9896 - val_loss: 0.0032 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 18/20
21/21 [=====] - 120s 6s/step - loss: 0.0186 - accuracy: 0.9923 - val_loss: 9.1774e-05 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 19/20
21/21 [=====] - 123s 6s/step - loss: 0.0088 - accuracy: 0.9985 - val_loss: 0.0017 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 20/20
21/21 [=====] - 121s 6s/step - loss: 0.0020 - accuracy: 0.9992 - val_loss: 0.0556 - val_accuracy: 0.9934
```

Fuente. Elaboración propia

A).Implementación del Código de las Métricas. En esta sección, se llevó a cabo la implementación de las métricas con el fin de obtener resultados mediante la evaluación de estas medidas. Estas métricas son herramientas esenciales para visualizar el rendimiento del algoritmo en términos de clasificación, tal como se aplica en este trabajo de investigación de tesis que se centra en la identificación de plantas: *Amaranthus dubius* (Atacco), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Piper aduncum* (Matico) a través del aprendizaje automático. A continuación, se describen los pasos involucrados en la utilización de estas métricas.

Figura 7

Captura del código de implementación de las métricas del modelo

```
test_data_dir =  '/content/test/'

new_generator = datagen.flow_from_directory(
    test_data_dir,
    target_size=(IMAGE_SIZE, IMAGE_SIZE),
    batch_size=BATCH_SIZE,
    shuffle=False
)

predictions = model.predict(new_generator)
#print(predictions)

y_pred = np.argmax(predictions, axis=1)
print(y_pred)
y_real = new_generator.classes
print(y_real)
```

Fuente. Elaboración propia

- **new_generator = datagen.flow_from_directory:** Es el directorio que establece la ruta donde están presentes las clases de carpetas de Chincho, Atacco y Matico.
- **test_data_dir:** Direcciona la ruta exacta de la carpeta.
- **target_size= (IMAGE_SIZE, IMAGE_SIZE):** Es el tamaño de las imágenes de entrada, cada imagen se redimensionó a este tamaño.

- **batch_size=BATCH_SIZE:** Número de imágenes que fueron procesadas por el generador por lote.
- **shuffle=False:** Se estableció en Falso, porque se procesa las imágenes en orden para predecir las salidas y hacerlas coincidir con sus identificaciones o nombres del archivo de las plantas.
- **predictions = model.predict(new_generator):** Crea un modelo y lo ajusta con datos entrenados para hacer una predicción.
- **y_pred = np.argmax(predictions, axis=1):** Esta sintaxis devolverá las clases, una para cada uno de las pruebas.
- **print(y_pred):** Imprime las predicciones que realiza el algoritmo.
- **y_real = new_generator.classes:** Con esta sintaxis se genera las nuevas clases de etiquetas y se almacena en **y_real**.
- **print(y_real):** Imprime las etiquetas verdaderas que son: Matico, Chincho y Atacco.

3.Anexo 3: Etiquetas de las Imágenes de Muestras de las Plantas

En esta sección, se presentan los etiquetados aplicados a las imágenes que conforman las muestras que fueron utilizados para el entrenamiento y evaluación del modelo clasificación en el contexto de las plantas medicinales Tagetes elliptica (Chincho), Amaranthus dubius (Atacco) y Piper aduncum (Matico).

Para acceder a una visualización completa de las muestras etiquetadas, le invitamos a descargar el conjunto de datos desde el siguiente enlace:

https://drive.google.com/file/d/16nkoLM8QG87ps_Wj3T61RwDAsurVKw3/view?usp=drive_link.

A continuación, presentamos las capturas de una selección de muestra que incluyen 20 etiquetas de cada clase de plantas medicinales. Esta selección brinda una oportunidad para una observación más detallada, como podrá apreciar en las figuras siguientes.

Figura 8

Captura de las imágenes etiquetadas de la planta Amaranthus dubius (Atacco)



Fuente. Elaboración propia

Figura 9

Captura de las imágenes etiquetadas de la planta Tagetes elliptica (Chincho)



Fuente. Elaboración propia

Figura 10

Captura de las imágenes etiquetadas de la planta Piper aduncum (Matico)



matico (1)



matico (2)



matico (3)



matico (4)



matico (5)



matico (6)



matico (7)



matico (8)



matico (9)



matico (10)



matico (11)



matico (12)



matico (13)



matico (14)



matico (15)



matico (16)



matico (17)



matico (18)



matico (19)



matico (20)

Fuente. Elaboración

4. Anexo 4: de la Aplicación Móvil

El proceso de desarrollo de la aplicación móvil se basó en la metodología Mobile-D, la cual se estructura en una serie de fases y tareas específicas adaptadas a las necesidades del caso de Desarrollo estudio. Esta metodología fue aplicada con el propósito de alcanzar de manera efectiva los objetivos de investigación planteados.

La metodología Mobile-D proporcionó un marco de trabajo sólido que permitió abordar cada aspecto crucial del desarrollo de la aplicación móvil de manera organizada y eficiente. A través de las distintas fases y tareas, se logró una comprensión profunda de los requisitos del caso de estudio y se garantizó una alineación constante con los objetivos de investigación.

El enfoque estratégico de la metodología Mobile-D permitió un desarrollo fluido y coherente de la aplicación móvil, asegurando la calidad del resultado final y la satisfacción de los requerimientos del proyecto. De esta manera, se estableció una base sólida para la creación de una aplicación móvil funcional, amigable para el usuario y perfectamente adaptada a las necesidades y metas de la investigación. En ese contexto, se desarrolló las siguientes fases:

4.1. Fase I - Exploración

Durante la etapa inicial de exploración, se sentaron los cimientos para el desarrollo de la aplicación móvil. En esta fase, se llevó a cabo la identificación de los Stakeholders clave, se delimitó el alcance del proyecto y se establecieron los parámetros fundamentales para su ejecución.

4.1.1. Establecimiento de los Stakeholder

En esta fase, se procedió a identificar y establecer las partes interesadas del proyecto, aquellas que están involucradas en las actividades y tareas a lo largo del desarrollo de la aplicación móvil. Como se puede visualizar en la **tabla 1**.

Tabla 1*Los Stakeholder*

Cargo	Descripción	Responsable
Asesor	Responsable de asesorar y monitorear el proyecto	Msc. Ing. Herwin Alayn Huillcen Baca
Tesista	Responsable de la investigación	Zunilda Romero
Diseñador	Responsable del diseño de la interfaz y contenido de la aplicación	Zunilda Romero
Desarrollador	Responsable del desarrollo e implementación de la aplicación.	Zunilda Romero
Usuarios	Principalmente se dirige para aquellas personas interesadas en la identificación de las plantas medicinales: <i>Amaranthus dubius</i> (Atacco), <i>Tagetes elliptica</i> (Chincho) y <i>Piper aduncum</i> (Matico) ya sea para realizar estudios, uso medicinal o entre otros fines.	Usuarios que hacen uso de la aplicación móvil

Fuente. Elaboración propia

4.1.2. Definición dI/el Alcance.

El aplicativo móvil se concibe para satisfacer las necesidades de usuarios interesados en la identificación de las plantas *Amaranthus dubius* (Atacco), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Piper aduncum* (Matico).

A). Objetivo. El propósito fue desarrollar una aplicación móvil denominada 'IdentPlant', la cual posibilita la identificación de plantas medicinales como *Amaranthus dubius* (Atacco), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Piper aduncum* (Matico) mediante una simple captura fotográfica, proporcionando información detallada acerca de estas plantas.

B). Limitaciones. Las limitaciones de la aplicación móvil se han establecido de manera coherente con los objetivos planteados, abordando aspectos que involucran las funcionalidades del sistema.

- La aplicación móvil es únicamente para la identificación de plantas: *Amaranthus dubius* (Atacco), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Piper aduncum* (Matico), el cual está entrenado con el algoritmo de las redes neuronales convolucionales.
- La ejecución de la aplicación móvil es solo para dispositivos Android.
- Es necesario una conexión a internet para el desarrollo y la utilización.
- La identificación eficiente de la planta se logra con imágenes de calidad. En caso contrario, la precisión de la identificación podría verse comprometida.

4.1.3. Establecimiento del Proyecto.

En esta etapa se estructuraron las actividades del proyecto por fases, permitiendo así una ejecución óptima y eficiente en el desarrollo de la aplicación móvil. Se definieron las tareas y sus respectivos plazos de elaboración.

El propósito de esta etapa fue establecer la duración de las actividades relacionadas con el desarrollo de la aplicación móvil, lo cual facilitó la implementación de un proceso de trabajo más eficaz. A continuación, en la **tabla 2**, se presenta la planificación por fases de manera visual.

Tabla 2

Planeación por fases de la metodología mobile-D

Planeación por fases		N.º de semanas								
Fase	Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Exploración	Establecimiento de los Stakeholder	█								
	Definición del alcance	█								
	Establecimiento del proyecto	█								
	Definición de la arquitectura	█								
Inicialización	Puesta en marcha del proyecto		█							
	Planeación inicial		█							
Producción	Diagrama de casos de uso			█						
	Prototipo de la aplicación				█					
Estabilización	Implementación del diseño y las funcionalidades de la aplicación					█	█	█		
						█	█	█		
Pruebas	Pruebas de la aplicación móvil								█	

Fuente. Elaboración propia

4.1.4. Definición de la Arquitectura

En la etapa actual, se ha completado la definición de la arquitectura que guiará el desarrollo de la aplicación móvil. La arquitectura se compone de cinco elementos esenciales que trabajan en conjunto para ofrecer una experiencia integral:

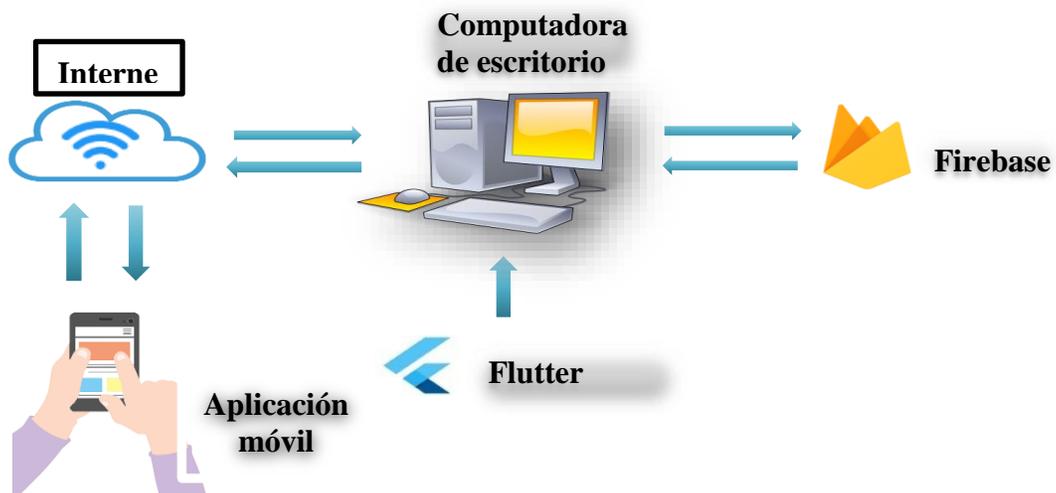
- **Conexión a Internet:** Este elemento establece la conexión con la red, posibilitando la transferencia de datos entre los diversos componentes de la arquitectura.
- **Plataforma de Desarrollo:** La computadora de escritorio actúa como la plataforma principal para la programación. Aquí se llevó a cabo tanto la codificación como el diseño del software.

- **Flutter:** Utilizando el lenguaje de programación Dart, Flutter se erige como el núcleo central del desarrollo de la aplicación. Define tanto su aspecto visual como su funcionalidad.
- **Firebase:** Esta herramienta desempeña el rol de base de datos, donde se almacena la información capturada. Aquí es donde encuentran su lugar las imágenes tomadas.
- **Dispositivo Móvil:** El dispositivo móvil se convierte en el entorno donde se emula y despliega la aplicación. Aquí es donde la aplicación se ejecuta y se lleva a cabo la identificación de las plantas.

La representación visual de esta arquitectura se encuentra en la **Figura 11**. Ha sido cuidadosamente concebida para establecer una interacción fluida y eficiente entre los componentes clave. Cada uno de estos elementos desempeña un papel fundamental tanto en la experiencia del usuario como en el funcionamiento global de 'IdentPlant'.

Figura 11

Arquitectura del desarrollo de la aplicación



Fuente. Elaboración propia

4.2. Fase II - Inicialización

La fase de inicialización tuvo como objetivo fundamental establecer una estructura sólida y prever los recursos esenciales para el desarrollo fluido de la aplicación móvil. Esta etapa se convirtió en el pilar central que garantizó no solo la eficiencia del proceso de desarrollo, sino también la consecución exitosa de los objetivos planteados.

Durante esta fase, se llevó a cabo una planificación cuidadosa y metódica, diseñada para anticipar y abordar las diversas necesidades y desafíos que surgieron en el transcurso del proyecto. La organización y disposición de recursos se convirtió en una pieza clave para el logro óptimo de los resultados esperados.

4.2.1. Puesta en Marcha del Proyecto

El objetivo de esta fase fue asegurar la disponibilidad de los recursos físicos y técnicos necesarios para dar inicio al desarrollo de la aplicación móvil.

A). Recursos para el Desarrollo. Se determinaron los recursos clave destinados al desarrollo de la aplicación móvil, los cuales fueron seleccionados en función de los requisitos específicos del estudio. A continuación, se presenta en la **tabla 3** y **tabla 4**, que detalla los recursos de hardware y software utilizados en este proceso.

Tabla 3*Recursos de hardware*

Nombre	Modelo	Descripción
Hardware	Nombre del dispositivo:	Es un ordenador de sobremesa,
Computadora de escritorio	DESKTOP-91K56M7, Procesador: Intel(R) Core (TM) i5-4200U CPU @ 1.60GHz 2.30 GHz, Memoria RAM: 16.0 GB, Sistema operativo: 64 bits, procesador basado en x64.	que está diseñado para ser instalado en una ubicación la cual se usó en el desarrollo del proyecto.
Dispositivo móvil	Versión de Android: 11, Nombre de modelo: Galaxy A21s.	Es un dispositivo portátil que permitió realizar diferentes tareas. Este dispositivo se utilizó para emular el proyecto creado.

Fuente. Elaboración propia

Tabla 4*Recursos de software*

	Nombre	Versión	Descripción
Software	Android Studio	Android SDK versión 33.0.2	Android Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para crear aplicaciones móviles, Android Studio al cual se configura, el emulador para utilizar con Flutter.
	Firebasse	Rules_Version = '2'	Firestore es una plataforma diseñada para el desarrollo de aplicación móviles y web, que permite almacenar informaciones e imágenes.
	Flutter	Versión 3.3.0	El Flutter es un SDK de código fuente abierto para el desarrollo de aplicaciones móviles que fue creado por Google.
	Visual Studio Code	Versión 1.77.3	El Visual Studio Code es un editor de código fuente que fue desarrollado por Microsoft para Windows, Linux, macOS y web. En esta plataforma se codifico en el desarrollo de la aplicación.
	Figma		Es una herramienta que permite realizar prototipos de aplicaciones o páginas web, en la cual se realizó un prototipo iterativo de la aplicación movil

Fuente. Elaboración propia

4.2.2. Planeación Inicial

El propósito de esta fase consistió en priorizar y analizar exhaustivamente la comprensión integral de las funcionalidades del proyecto, basándose en los estudios previos realizados. El objetivo fue obtener una sólida comprensión de las funcionalidades clave.

A). Descripción de los Requerimientos. En esta etapa, se delinearón los requerimientos esenciales para la creación de una aplicación móvil nativa en la plataforma Android. Esta aplicación se diseñó con el propósito de habilitar la identificación de las siguientes plantas: *Amaranthus dubius* (Atacco), *Tagetes elliptica* (Chincho) y *Piper aduncum* (Matico). Estos requerimientos surgieron de manera coherente con los objetivos previamente establecidos y la información acumulada. A continuación, se presentan detalladamente tanto los requerimientos funcionales como los no funcionales.

Tabla 5

Requerimientos funcionales

Requerimientos	Descripción
Funcionales	
Inicio sesión	La autenticación del usuario
Registro de usuario	La aplicación móvil permite el registro de usuario, llenando un pequeño formulario de sus datos correspondientes para el acceso a la App.
Cambiar contraseña	La aplicación permite cambiar la contraseña en caso se ha ya olvidado la contraseña.
Autenticación del usuario	La aplicación móvil tiene la opción de iniciar sesión donde el usuario al ingresar en la aplicación móvil de la opción iniciar sesión debe autenticarse mediante su correo electrónico y contraseña
Opción de cámara	La aplicación móvil permite tomar fotografía a la planta, mediante la opción cámara.

Visualización de plantas	La App debe permite visualizar la lista de plantas fotografiados con la información correspondiente.
Buscador de plantas	La aplicación móvil le permite realizar búsquedas por nombre de la planta
Opción de geolocalización	La aplicación permite la geolocalización de la ubicación de la planta medicinal fotografiado.

Fuente. Elaboración propia

Tabla 6

Requerimientos no funcionales

Requerimientos no funcionales	Descripción
Usabilidad	La aplicación móvil provee de una interfaz intuitiva y atractiva que facilite la navegación de los usuarios a través de ella.
Base de datos	La aplicación usa la base de datos Firebase, el cual permite guardar y sincronizar datos entre los usuarios en tiempo real.
Escalabilidad	La aplicación es escalable para posteriores actualizaciones respecto a nuevas funciones a implementar.

Fuente. Elaboración propia

4.3. Fase III – Producción

El objetivo primordial de esta fase fue la definición exhaustiva de las funcionalidades de la aplicación. Esta definición detallada permitió un análisis específico de cada función, lo que resultó fundamental para comprender a fondo cada evento durante la implementación del desarrollo.

En esta etapa, se trabajó con dedicación en la elaboración de un panorama completo de las características y capacidades que la aplicación móvil debía ofrecer. Cada funcionalidad fue desglosada y examinada minuciosamente, lo que brindó una comprensión precisa de su propósito y operación.

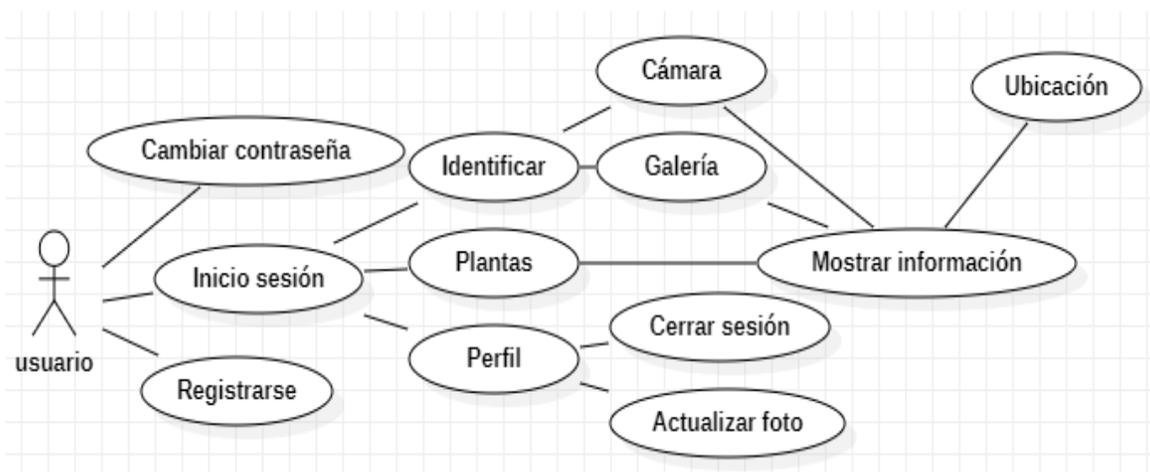
Este enfoque riguroso de definición de funcionalidades se tradujo en una mayor claridad y eficacia durante la fase de implementación. Al entender en profundidad cada aspecto de la aplicación, se optimizó el proceso de desarrollo, permitiendo una ejecución más coherente y efectiva.

A). Diagrama de Casos de Uso. En el diagrama de casos de uso que se presenta a continuación, se han destacado y detallado los diversos procesos de funcionalidad involucrados en el desarrollo de la aplicación móvil. Este diagrama juega un papel crucial al brindar una visión clara y comprensible de los diferentes escenarios y acciones que los usuarios pueden llevar a cabo en la aplicación.

La representación gráfica de los casos de uso ha facilitado una mejor comprensión de los requerimientos esenciales de la aplicación. Al visualizar de manera organizada y estructurada las interacciones entre los usuarios y las diversas funcionalidades, se ha logrado un entendimiento más profundo de cómo la aplicación se adapta a las necesidades y objetivos planteados.

Figura 12

Diagrama de casos de uso



Fuente. Elaboración propia

B). Especificación de Caso de Uso. En esta etapa, se llevó a cabo la descripción detallada de cada caso de uso, con el propósito de lograr una comprensión más profunda de los objetivos de cada evento. Esta tarea fue esencial para la ejecución efectiva de las actividades, ya que proporcionó una base sólida y clara para el desarrollo.

La especificación detallada de cada caso de uso sirvió como cimiento para la creación de un prototipo eficiente. Este prototipo se convirtió en la guía fundamental para la programación y la implementación del diseño y las funcionalidades de la aplicación. Los detalles proporcionados en esta etapa permitieron una planificación precisa y una ejecución coherente.

Esta especificación de casos de uso, presentada de manera sistemática en la **Tabla 7**, representó un vínculo vital entre la conceptualización y la realización práctica de la aplicación. Al establecer claramente los propósitos y las secuencias de eventos para cada función, se aseguró que el desarrollo se alineara con los objetivos y requerimientos previamente definidos.

Tabla 7

Descripción de casos de uso

Casos de uso	Descripción
Usuario	El usuario es quien hace el uso de la aplicación móvil.
Inicio sesión	Inicio sesión opción de autenticación del usuario con el correo electrónico y contraseñas ya previo registrado en la opción de registrarse, para hacer uso de la aplicación.
Cambiar contraseña	Opción de realizar el cambio de la contraseña ingresando un correo electrónico en un campo de texto en la cual se enviará un mensaje al correo que permitirá realizar el cambio de una nueva contraseña desde el correo.
Registrarse	La opción de registro donde el usuario tiene que llenar los campos de correo electrónico, contraseña, y nombres por ende los datos serán almacenados en base de datos Firebase, lo cual permitirá realizar el inicio sesión.

Identificar	Identificar es la opción de menú que permitirá mostrar la opción de cámara y galería.
Cámara	Es la opción de tomar una fotografía para la identificación de las plantas: Matico, Chincho y Atacco
Galería	La galería es la opción de seleccionar una imagen desde la galería del dispositivo móvil para la identificación de las plantas mencionadas.
Mostrar información	Es una ventana que contiene toda la información de la planta identificada como: el nombre de la planta, el nivel de reconocimiento, uso medicinal, descripción, familia y el nombre científico, así mismo contendrá una opción de mapa para mostrar la ubicación.
Mapa	Esta opción de mapa para mostrar la ubicación de la foto tomada o de la imagen seleccionada de la galería.
Plantas	Plantas es la opción de menú que mostrara una ventana que contenga un campo de búsqueda lo cual permitirá ingresar el nombre de la planta por el cual se realizara la búsqueda para encontrar información de la misma.
Perfil	Es la opción de menú para mostrar los datos del usuario como el nombre y el correo así mismo la opción de cambiar la foto de perfil y serrar sesión
Foto de perfil	Es la opción de realizar el cambio de la foto de perfil a través de una cámara o la galería.
Serrar sesión	La opción de serrar sesión es para salir de la aplicación.

Fuente. Elaboración propia

4.3.2. Prototipo de la Aplicación

Siguiendo los requerimientos establecidos y los análisis de casos de uso, se ha creado un prototipo interactivo que captura la esencia de la aplicación. Este prototipo se diseñó utilizando la herramienta Figma, lo que permitió plasmar de manera visual y práctica cómo funcionaría la aplicación móvil en la realidad.

Este prototipo interactivo ofrece una representación tangible de la experiencia que los usuarios tendrán al utilizar la aplicación. Proporciona una vista previa de la disposición de las interfaces, la navegación entre pantallas y la interacción con las funcionalidades. Al presentar el prototipo de esta manera, se brinda una oportunidad para obtener una comprensión más concreta de la fluidez y la usabilidad de la aplicación antes de su desarrollo completo.

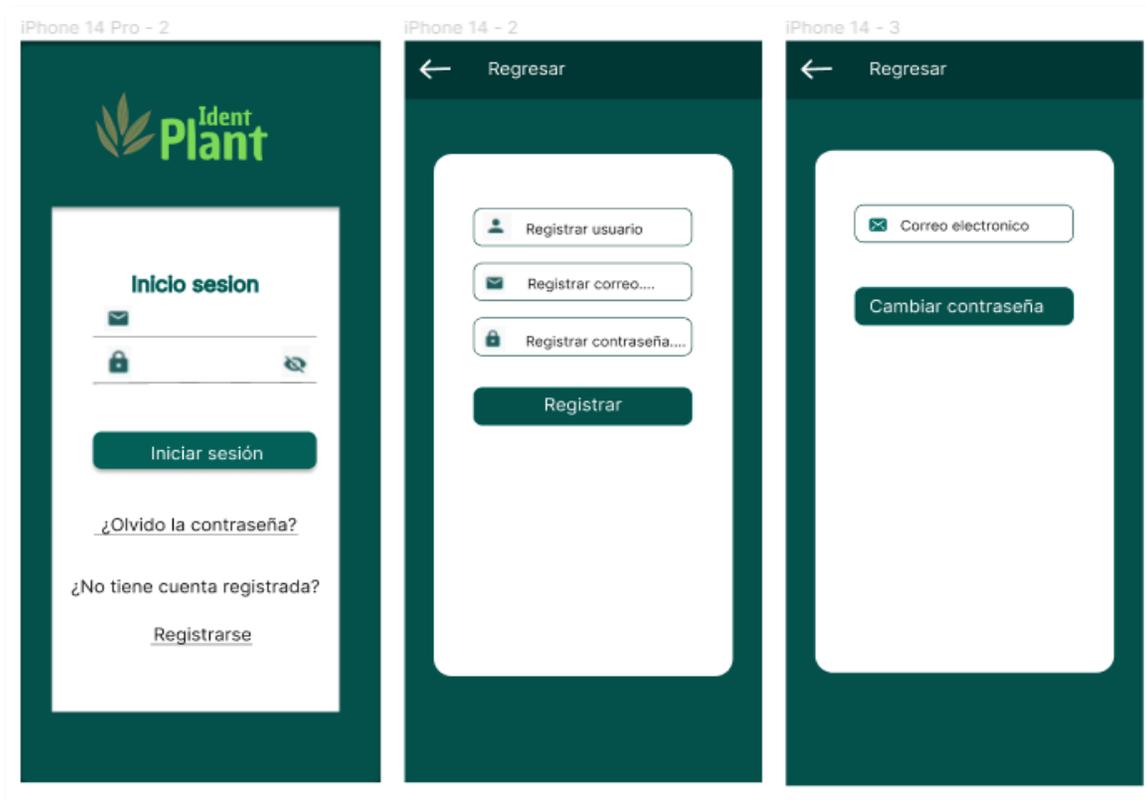
Para explorar el prototipo de la aplicación móvil, puedes acceder a través de la siguiente dirección:

<https://www.figma.com/file/3Y0Neh0kd7buDEaa6WPRMN/Untitled?type=design&node-id=0-1&t=vRKHiwAd25WhEsDs-0>.

A). Prototipo de Inicio Sesión, Registrarse y Cambiar Contraseña. En este prototipo se diseña la vista de inicio sesión, la vista de registrarse y así mismo la vista de cambiar contraseña los cuales permite la autenticación de los datos del usuario y cambiar contraseña.

Figura 13

Captura del Figma del prototipo de inicio sesión, registrar y cambiar contraseña



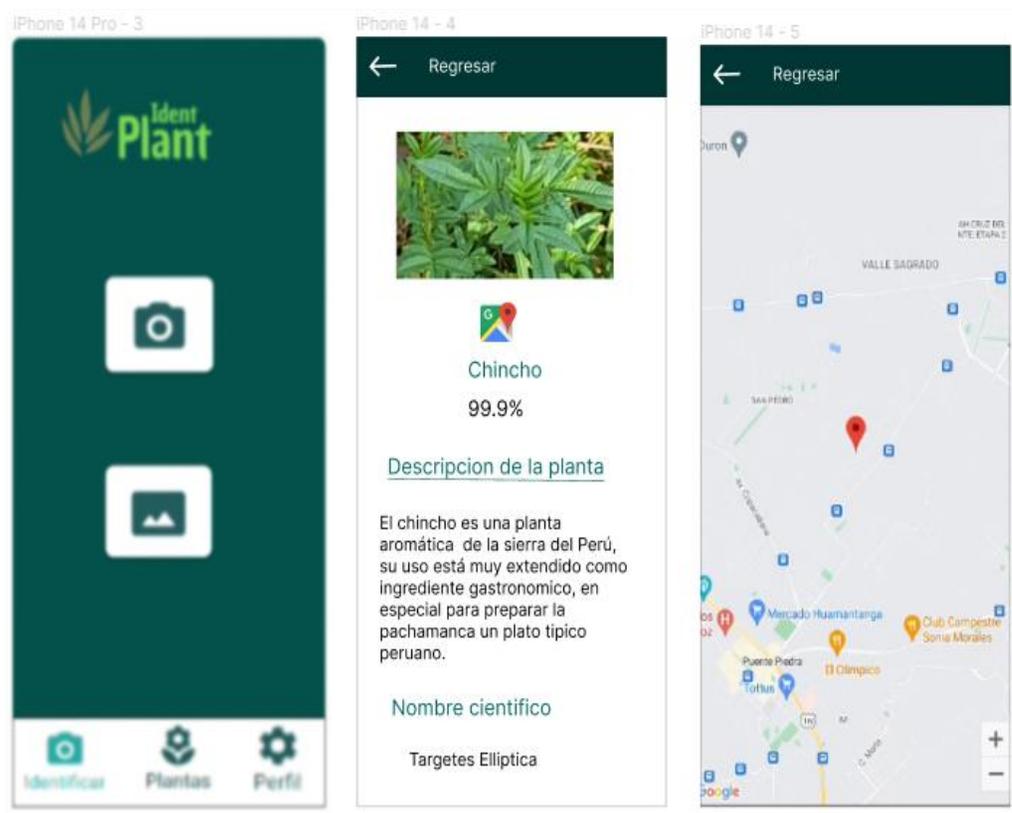
Fuente. Elaboración propia

B).Prototipo Opción Menú Identificar. Es la parte principal del diseño prototipo de la aplicación, donde se diseña la vista de menú identificar, en la cual se muestra una opción de cámara lo cual permitirá tomar una fotografía y otra opción de galería que permitirá seleccionar una fotografía existente en el dispositivo, a través de los cuales se realizará la identificación de las plantas mencionadas donde automáticamente mostrará en otra vista la información completa de la planta.

En la **figura 14** se muestra la imagen de la planta se muestra una opción de mapa con el logo lo cual mostrara la ubicación actual en otra vista.

Figura 14

Capturas del prototipo de Figma de la opción identificar



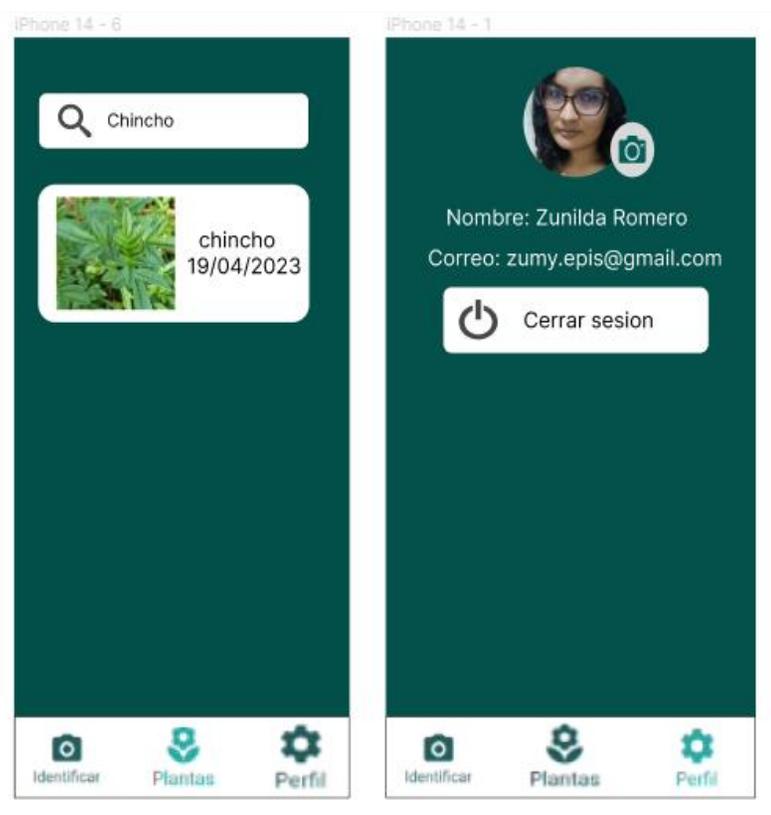
Fuente. Elaboración propia

C).Prototipo del Menú Plantas. En este prototipo se diseña la vista del menú plantas tal como se puede visualizar, a continuación, se muestra un campo de búsqueda que permitirá realizar la búsqueda de la planta a través del nombre, a través del cual se podrá visualizar en otra vista la información completa de la planta existente en la aplicación móvil.

En el siguiente diseño se muestra la vista de perfil en la cual hay una opción de subir foto de perfil con un logo de cámara, a través del cual se podrá subir una nueva fotografía, y a la siguiente, se muestra los datos del usuario como se puede visualizar el nombre y correo electrónico, seguida a eso de muestra la opción de cerrar sesión por medio del cual se podrá salir de la aplicación móvil.

Figura 15

Captura del prototipo de Figma de la opción menú plantas y perfil



Fuente. Elaboración propia

4.4.Fase IV - Estabilización

La fase de estabilización se orientó hacia la implementación del diseño y las funcionalidades de la aplicación, en línea con los requerimientos previamente definidos. Para llevar a cabo esta tarea, se utilizó la herramienta Flutter junto con el lenguaje de programación Dart, estableciendo así las bases tecnológicas para el desarrollo.

En esta etapa, se procedió a almacenar los datos en una base de datos Firebase. La elección de esta plataforma se fundamentó en su diseño para agilizar el desarrollo de aplicaciones móviles de manera eficaz y veloz. La información relevante fue almacenada en esta plataforma, aprovechando sus capacidades y características para optimizar la gestión y el almacenamiento de datos. La fase de estabilización consolidó la materialización de la visión del proyecto, transformando los conceptos en una aplicación funcional y coherente. El uso de herramientas de desarrollo modernas y eficientes, en combinación con la elección estratégica de una plataforma de almacenamiento de datos sólida, sentaron las bases para una aplicación robusta y eficaz en su desempeño.

4.4.1.Implementación del Diseño y las Funcionalidades de la Aplicación

La meta primordial se centró en llevar a cabo el diseño e implementación de las funcionalidades clave de la aplicación móvil. Esto se realizó en concordancia con los requisitos previamente definidos, basados en estudios de casos de uso y el diseño de prototipos. La herramienta elegida para llevar a cabo esta tarea fue Flutter, complementada por el lenguaje de programación Dart, lo que permitió visualizar y materializar el desarrollo de la aplicación.

A través de esta etapa, se tradujeron los conceptos abstractos en una experiencia concreta y funcional. Cada funcionalidad fue cuidadosamente incorporada en el diseño global de la aplicación, con atención meticulosa a los detalles y la usabilidad. La elección de Flutter y Dart

facilitó la creación de una interfaz fluida y atractiva, optimizada tanto para la eficiencia como para la estética.

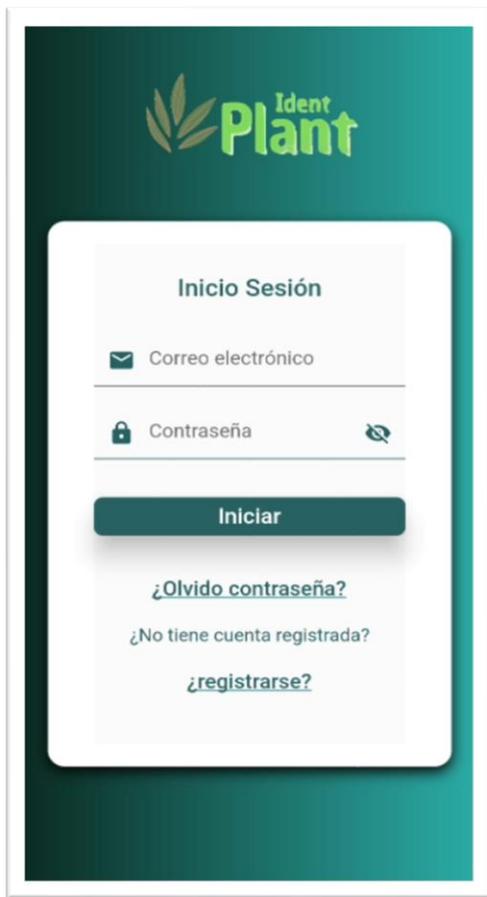
El resultado final de esta fase es una aplicación móvil que refleja fielmente la visión previamente trazada. Cada aspecto del diseño y las funcionalidades se integra de manera coherente, ofreciendo una experiencia de usuario sólida y satisfactoria. Aquellos interesados en explorar el código fuente pueden acceder a él a través de la siguiente dirección:

<https://github.com/ZumyRomeroCoronado/identplants>.

A). Interfaz de Inicio Sesión. En esta sección se creó y diseñó la interfaz de inicio de sesión, la cual se complementó con la validación de campos. Esto otorga al usuario la capacidad de ingresar su dirección de correo electrónico y su contraseña. Una vez completados estos campos, al hacer clic en el botón "Iniciar", el usuario podrá acceder a la aplicación móvil. Es relevante señalar que para habilitar este acceso es necesario que el usuario haya previamente registrado sus datos utilizando la opción "Registrarse". En caso contrario, el acceso no será posible. Con esta interfaz implementada y validada, se proporciona una puerta de entrada segura y controlada a la aplicación. Al exigir el registro previo, se asegura un nivel de autenticación y protección de los datos del usuario, al tiempo que se garantiza una experiencia coherente y ordenada al navegar por la aplicación.

Figura 16

Captura de la aplicación del diseño de inicio sesión

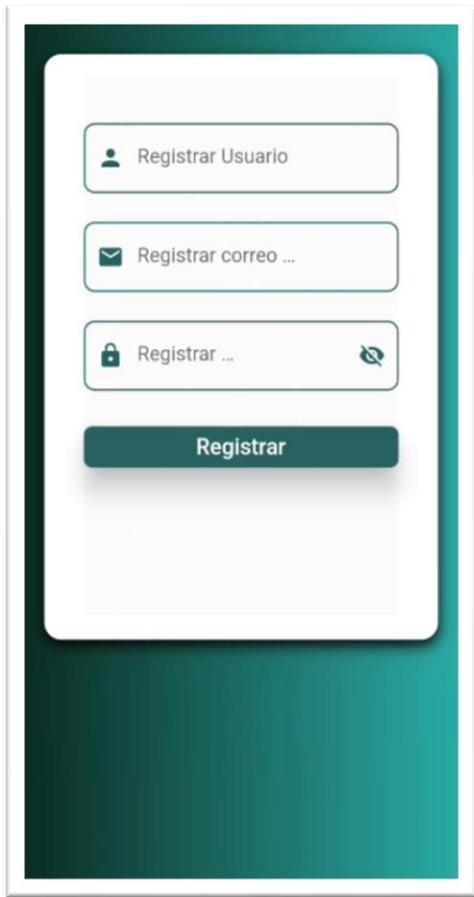


Fuente. Elaboración propia

B).Interfaz de Registro. En la interfaz de registro se diseñó y se realizó la validación de los datos, como se puede observar los siguientes campos de texto: registrar usuario, registrar correo electrónico, registrar contraseña y, por último, un botón de registrar que permite enviar los datos a Firebase en la cual se almacena la información de cada usuario, pero si el usuario ya está registrado no se podrá registrar nuevamente. Aquí el usuario podrá rellenar todos los campos con sus respectivos datos para que pueda registrarse en la aplicación móvil.

Figura 17

Captura de la aplicación móvil del diseño de opción de registrarse



Fuente. Elaboración propia

C). Interfaz de Cambiar Contraseña. En esta parte se diseñó la vista cambiar contraseña con un campo de texto, donde primero el usuario tiene que ingresar en el campo de texto su correo electrónico a la cual le llegará un mensaje para cambiar una nueva contraseña por medio del cual el usuario logrará cambiar su contraseña, a continuación, se muestra la vista de cambiar contraseña.

Figura 18

Captura de la aplicación móvil del diseño de opción cambiar contraseña



Fuente. Elaboración propia

D). Opción de Menú Identificar. En el menú identificar se diseñó una vista con una opción de cámara, lo cual permite al usuario tomar una fotografía y otra opción de galería que le permite al usuario seleccionar una imagen del dispositivo, a través de los cuales se realiza la identificación de la planta que se mostrara automáticamente en la vista información de la planta.

Para el funcionamiento de la identificación de las plantas se implementó el modelo de clasificación, para lo cual se exporto dos archivos de nombres labels.txt y model.tflite codificados en Python después de varias pruebas realizadas del algoritmo de la red neuronal convolucional, se logró obtener un modelo eficiente de clasificación, para la implementación en la aplicación.

Figura 19

Captura de la aplicación móvil del diseño de opción del menú identificar



Fuente. Elaboración propia

E). Interfaz de la Información de la Planta. En esta sección se ha creado la interfaz destinada a proporcionar información sobre las plantas medicinales. El usuario tiene la posibilidad de visualizar una fotografía de la planta en cuestión. Además, se ha diseñado una opción de mapa que permite mostrar la ubicación actual en una vista separada. Para complementar la experiencia, bajo el mapa se presenta información detallada acerca de la planta.

Esta información es presentada de manera automática al tomar una fotografía o seleccionar una imagen desde el dispositivo. La interfaz está cuidadosamente diseñada para ofrecer una experiencia de usuario completa y enriquecedora, permitiendo una fácil comprensión de la planta

medicinal en cuestión, su apariencia y sus detalles esenciales. La inclusión del mapa agrega un elemento interactivo que brinda contexto geográfico y realza la utilidad de la aplicación para el usuario. Como se puede visualizar en la figura 20.

Figura 20

Captura de la aplicación móvil del diseño de vista mostrar información



Fuente. Elaboración propia

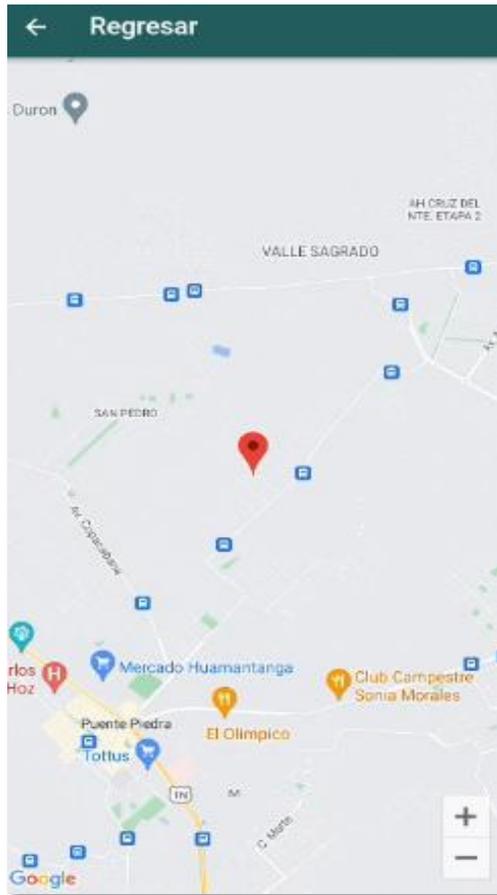
F). Interfaz de la Ubicación. Esta sección presenta la vista de ubicación, la cual tiene la finalidad de mostrar al usuario la posición geográfica correspondiente a la fotografía capturada en ese momento mediante la aplicación móvil. Esta ubicación es representada visualmente en la siguiente **figura 21**.

Además, en la parte superior de la pantalla se encuentra una opción que permite al usuario regresar, posibilitando así un retorno fluido al menú de identificación.

La vista de ubicación proporciona una conexión valiosa entre la información de la planta y su entorno geográfico, brindando una comprensión más completa y contextualizada. La inclusión de la opción de regreso mejora la usabilidad y la navegación del usuario dentro de la aplicación.

Figura 21

Captura de la aplicación móvil del diseño de vista de la ubicación



Fuente. Elaboración propia

G). Opción de Menú Plantas. En esta sección se ha desarrollado la interfaz del menú de plantas, tal como se muestra en la **figura 22**. Esta vista cuenta con un campo de búsqueda que brinda a los usuarios la posibilidad de buscar la planta deseada a través de su nombre.

Al realizar la búsqueda, se presenta la imagen correspondiente a la planta junto con la fecha de registro. Mediante un simple clic en el diseño, los usuarios pueden acceder a la vista que muestra

información detallada sobre la planta, como se ejemplifica en la figura siguiente. Esta funcionalidad de búsqueda y presentación de información se integra de manera armoniosa en el menú de plantas, permitiendo una experiencia de usuario eficiente y enriquecedora. El acceso rápido a los detalles completos de cada planta contribuye a una exploración más profunda y a una mayor comprensión de las propiedades medicinales que ofrece cada especie.

Figura 22

Captura de la aplicación móvil del diseño de menú plantas



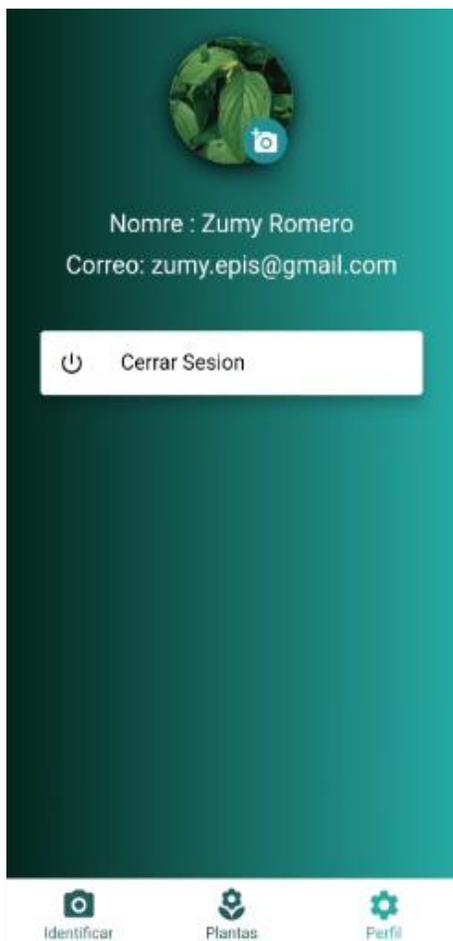
Fuente. Elaboración propia

H). Menú Perfil. En esta sección se ha desarrollado la interfaz del menú de perfil, tal como se puede apreciar en la visualización. La interfaz ofrece la opción de capturar una fotografía para el perfil, permitiendo al usuario tomar una imagen que represente su identidad en la aplicación.

Además, se presentan campos que muestran información relevante del usuario, incluyendo su nombre y dirección de correo electrónico. Complementando estas características, se incluye un botón para cerrar la sesión. Esta interfaz proporciona una forma personalizada para que los usuarios gestionen y visualicen su perfil dentro de la aplicación. La capacidad de tomar una fotografía y la exhibición de los datos del usuario contribuyen a una experiencia interactiva y amigable. La inclusión del botón para cerrar sesión garantiza un acceso sencillo y seguro al control de la cuenta del usuario en la aplicación.

Figura 23

Captura de la aplicación movil del diseño de menú perfil



Fuente. Elaboración propia

4.5. Fase V – Pruebas de la Aplicación

Durante la etapa de pruebas de la aplicación, se llevó a cabo una exhaustiva validación de todas las funcionalidades implementadas. Como resultado de este proceso, se llegó a la conclusión de que la aplicación funciona de manera adecuada y coherente, cumpliendo con todos los requerimientos establecidos en el estudio.

La fase de pruebas desencadenó un análisis minucioso en el cual se examinaron detalladamente todas las características y operaciones de la aplicación. Cada funcionalidad fue sometida a diversos escenarios y situaciones para asegurar su rendimiento óptimo y su conformidad con los objetivos del proyecto.

El resultado de estas pruebas es la confirmación de la solidez y eficacia de la aplicación, validando su capacidad para brindar una experiencia de usuario coherente y satisfactoria. Las pruebas no solo verificaron la correcta ejecución de las funcionalidades, sino que también aseguraron la estabilidad y seguridad de la aplicación en su conjunto, lo cual es fundamental para garantizar la confiabilidad del usuario final.

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE SISTEMAS

5. Anexo 5: Validación de la Aplicación Móvil en la Identificación de Plantas

Medicinales

5.1. Lista de Cotejos

La lista de verificación presentada tiene como objetivo evaluar la eficacia de la aplicación móvil denominada "IdentPlant" en la identificación de las plantas medicinales andinas Piper aduncum (Matico), Tagetes elliptica (Chincho) y Amaranthus dubius (Atacco) en la provincia de Andahuaylas. Esta evaluación se enmarca en la investigación titulada "Eficiencia de una Aplicación Móvil para la Identificación de Plantas Medicinales Andinas a través de Técnicas de Procesamiento de Imágenes en la Provincia de Andahuaylas".

Funcionalidad:

- Todas las funciones principales de la aplicación funcionan correctamente.
- Las interacciones con los elementos de la interfaz responden de manera adecuada.

Compatibilidad:

- La interfaz se adapta a distintas orientaciones (horizontal y vertical).
- La aplicación se despliega correctamente en diferentes tamaños de pantalla.

Navegación y usabilidad:

- La navegación dentro de la aplicación es intuitiva y fácil de entender.
- Los botones y enlaces dirigen correctamente a las secciones correspondientes.

Funcionalidad específica:

- Cada característica específica de la aplicación ha sido probada.
- Las funciones que requieren acceso a hardware (cámara, galería, GPS) funcionan cómo se espera.

Identificación de la planta:

- La función de identificación para Matico, Chincho y Ataco es precisa y genera resultados adecuados.

Búsqueda:

- Pueden buscar y filtrar información sobre Matico, Chincho y Ataco de manera eficiente.
- Los filtros permiten explorar características únicas de estas plantas medicinales.



Miguel Ángel Silvestre Figueroa
Ministerio de Salud y Deportes
Módulo de Información y Sistemas