



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y SISTEMAS COMPUTACIONALES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE MODELO MACHINE LEARNING APLICADO AL
ESTUDIO DE ENFERMEDADES DE CAFÉ EN EL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN SACHA WIWA, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA
GUASAGANGA, CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería
en Informática y Sistemas Computacionales

AUTORES:

García Fuentes Janara Aslehy

Ulloa Latacunga Bryan Alexander

TUTOR:

Ing. Mgtr. Silva Peñafiel Geovanny Euclides

LA MANÁ-ECUADOR
AGOSTO-2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, García Fuentes Janara Aslehy con cédula de ciudadanía No. 050371955-1 y Ulloa Latacunga Bryan Alexander con cédula de ciudadanía No. 172848098-7, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE MODELO MACHINE LEARNING APLICADO AL ESTUDIO DE ENFERMEDADES DE CAFÉ EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA GUASAGANGA, CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI”, siendo el Ing. Mgtr. Silva Peñafiel Geovanny Euclides, tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



García Fuentes Janara Aslehy
C.I: 050371955-1



Ulloa Latacunga Bryan Alexander
C.I: 172848098-7

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE MODELO MACHINE LEARNING APLICADO AL ESTUDIO DE ENFERMEDADES DE CAFÉ EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA GUASAGANGA, CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI”, de García Fuentes Janara Aslehy con cédula de ciudadanía No. 050371955-1, y Ulloa Latacunga Bryan Alexander con cédula de ciudadanía No. 172848098-7, de la carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, agosto de 2022



Ing. Mgtr. Geovanny Euclides Silva Peñafiel
C.I.: 060289176-4

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: GARCÍA FUENTES JANARA ASLEHY con C.I: 050371955-1 y ULLOA LATACUNGA BRYAN ALEXANDER con C.I: 172848098-7, con el título de Proyecto de Investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE MODELO MACHINE LEARNING APLICADO AL ESTUDIO DE ENFERMEDADES DE CAFÉ EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA GUASAGANGA, CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, agosto de 2022

Para constancia firman:



Ing. Mgtr. Jaime Mesías Cajas
C.I: 050235925-0
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Msc. Ángel Geovanny Cudco Pomagualli
C.I: 060397722-4
LECTOR 2 (DELEGADO)



Ing. Mgtr. Daisy Judith Nata Castro
C.I: 120512408-2
LECTOR 3 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

En primera instancia expresamos el agradecimiento a Dios por permitirnos cumplir uno de nuestros objetivos durante esta etapa de estudio.

Así mismo agradecemos a nuestro tutor de tesis el Ing. Mgtr. Geovanny Euclides Silva Peñafiel, docentes, compañeros y a la universidad en general por su apoyo durante todos los niveles de formación académica e integral en nuestra etapa universitaria, gracias por la amistad, compañerismo y motivación que fueron elementales durante nuestra formación profesional.

Los Autores

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad, los amo con mi vida.

A Dios, ya que como dice en su Palabra: “Y él es antes de todas las cosas, y todas las cosas en él subsisten;”(Col. 1:17), y sin la voluntad de Él, nada de esto hubiera sido posible. Lo dedico a mi familia, y a mis padres, quienes han sido los pilares fundamentales para conmigo en todo momento, motivo de siempre seguir adelante a pesar de las circunstancias.

Aslehy

Bryan

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE MODELO MACHINE LEARNING APLICADO AL ESTUDIO DE ENFERMEDADES DE CAFÉ EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA GUASAGANGA, CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Autores:

García Fuentes Janara Aslehy

Ulloa Latacunga Bryan Alexander

RESUMEN

El auge de la ciencia y la tecnología se ve reflejado en la actualidad, haciendo que se aprecie notable y progresivamente en las diferentes áreas del conocimiento, es por ello que a través de un aplicativo móvil orientado para Sistemas Android, denominado AGROCAFÉ, y la implementación de un modelo ML aplicado al estudio de enfermedades de café (*Coffea arábica*), tiene la finalidad y propósito de ayudar a los pequeños y grandes caficultores en el reconocimiento de las enfermedades del cafeto, mediante técnicas de Machine Learning y análisis de imágenes de las hojas enfermas de ésta, facilitando el proceso de reconocimiento de las enfermedades y mejorar su calidad de producción. Por otro lado, el uso de tecnologías de la información en los procesos que realizan los agricultores, apoya a sus estilos de vida y trabajo con lo cual disponen de mayor tiempo para realizar más actividades, y ayuda al agricultor a reconocer de manera temprana alguna determinada enfermedad, a través del monitoreo del café, lo cual tomando las medidas preventivas y correctivas de propagación y tratamiento de la enfermedad, evitará la pérdida de su cultivo, y mejorará la calidad de producción.

Palabras Claves: Machine Learning, ML, IA, Aplicativo Móvil, Diagnóstico de Enfermedades, Café (*Coffea arábica*), Centro de Investigación Sacha Wiwa.

ABSTRACT

The rise of science and technology is reflected today, making it noticeable and progressively appreciated in the different areas of knowledge, which is why through a mobile application oriented for Android systems, called AGROCAFÉ, and the implementation of an ML model applied to the study of coffee diseases (*Coffea arabica*) has the aim and purpose of helping small and large coffee growers in the recognition of coffee diseases, through Machine Learning techniques and image analysis of the diseased leaves of this, facilitating the process of recognition of the diseases and improving its production quality. On the other hand, the use of information technologies in the processes carried out by farmers supports their lifestyles and work with which they have more time to carry out more activities, and helps the farmer to recognize any given disease early, through the monitoring of coffee, which by taking preventive and corrective measures for the spread and treatment of the disease, will prevent the loss of its crop, and will improve the quality of production.

Keywords: Machine Learning, ML, AI, Mobile Application, Disease Diagnosis, Coffee (*Coffea arabica*), Sacha Wiwa Research Center.

ÍNDICE

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS	vii
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
INDICE DE ANEXOS	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
5.1. Delimitación del objeto de investigación	6
5.2. Planteamiento del Problema	6
6. OBJETIVOS	7
6.1. Objetivo General	7
6.2. Objetivos Específicos	7
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	8
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	9
8.1. Antecedentes de la investigación	9
8.2. Base teórica	11
8.2.1. Implementación	11
8.2.2. Inteligencia Artificial (IA)	11

8.2.3. Modelo Machine Learning	12
8.2.4. Redes Neuronales Artificiales (ANN)	13
8.2.5. Convolutional Neuronal Network (CNN)	14
8.2.6. EL CAFÉ (Coffea).....	15
8.2.7. Epidemiología.....	18
8.3. HERRAMIENTAS DE DESARROLLO	19
8.3.1. Entorno Virtual Python.....	19
8.3.2. Python.....	19
8.3.3. Jupyter Lab para IA	19
8.3.4. Tensorflow – Keras	20
8.3.5. Sistema operativo más usado en el mercado	20
8.3.6. IDE de Visual Studio Code para React Native	20
8.3.7. React Native	21
8.3.8. JavaScript (JS)	22
8.3.9. Sequelize.....	22
8.3.10. NodeJS.....	22
8.3.11. ExpressJS.....	22
8.3.12. REST.....	23
8.3.13 API REST	23
8.3.14. MySQL	23
8.3.15. Mobile-D	23
9. PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS	25
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	26
10.1. Métodos de investigación	26
10.1.1. Método Documental	26
10.1.2. Método analítico sintético	26
10.1.3. Método deductivo	26
10.2. Tipos de Investigación.....	27
10.2.1. Investigación Bibliográfica.....	27
10.2.2. Investigación de Campo.	27
10.2.3. Investigación Aplicada	27
10.3. Técnica de Investigación	28
10.3.1. Entrevista	28

10.3.2. Encuesta.....	28
10.3.3. Observación.....	28
10.4. Población y muestra.....	29
10.4.1. Población.....	29
10.4.2. Muestra de los datos (imágenes) – Caso de estudio.....	29
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	30
11.1. Metodología de Desarrollo.....	30
11.1.1. Análisis de Criterios de comparaciones de metodologías ágiles.....	30
11.2. Implementación de la Metodología Mobile-D.....	32
11.2.1. Fase de Exploración.....	32
11.2.2. Fase de Inicialización.....	47
11.2.2.6. Diagrama de Caso de Uso inicial de App. Móvil.....	51
11.2.2.7. Diseño de interfaces de aplicativo móvil.....	55
11.2.2.9. Resultado de aval fitosanitario de enfermedades foliares encontradas.....	62
11.2.2.10. Resultados de encuesta aplicada.....	65
11.2.3. Fase de Producción y estabilización.....	68
11.2.4. Fase de Pruebas.....	68
12. IMPACTO.....	70
12.1. Impacto Tecnológico.....	70
12.2. Impacto Social.....	70
12.3. Impacto Económico.....	70
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	71
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
14.1. CONCLUSIONES.....	72
14.2. RECOMENDACIONES.....	73
15. BIBLIOGRAFÍA.....	74
16. ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios directos e indirectos.....	4
Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	8
Tabla 3. Población.....	29
Tabla 4. Cuadro de comparaciones de metodologías ágiles.....	30
Tabla 5. Tabla de ponderaciones de las metodologías ágiles vs características para el desarrollo de aplicaciones móviles.....	31
Tabla 6. Requerimientos funcionales.	33
Tabla 7. Requerimientos no funcionales.	34
Tabla 8. Matriz de fases del desarrollo Mobile-D.....	48
Tabla 9. Personas que intervienen en el proyecto de investigación	58
Tabla 10. Resultados de la Aplicación de la Encuesta	65
Tabla 11. Verificación de Interfaces desarrolladas.	68
Tabla 12. Pruebas funcionales.....	69
Tabla 13. Presupuesto del proyecto.....	71
Tabla 14. ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que conoce que afectan al cultivo del café?.....	82
Tabla 15. ¿Usted sabe reconocer estas enfermedades en el cultivo del cafeto?.....	83
Tabla 16. ¿Cuál ha sido su experiencia con las aplicaciones móviles?.....	84
Tabla 17. ¿Conoce usted alguna aplicación móvil que identifique las enfermedades del cultivo de café?.....	85
Tabla 18. ¿Considera usted que una aplicación móvil orientada al campo agrícola aportara al sector productivo cafetero?.....	86
Tabla 19. ¿Cree usted que las aplicaciones móviles dirigidas al campo agrícola permitirán reducir el tiempo utilizado por el agricultor para poder identificar una plaga o enfermedad en el cultivo del café?.....	87
Tabla 20. ¿Cree usted que las aplicaciones móviles incrementaran los niveles de información que se obtienen acerca de la plaga o enfermedad identificada; en sectores de producción agrícola?.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Activación de entorno virtual por consola CMD.	35
Figura 2. Entorno de Trabajo de Jupyter Lab	35
Figura 3. Importación e implementación de librerías a utilizar para el entrenamiento del modelo.	36
Figura 4. Asignación de rutas a variables.....	36
Figura 5. Asignación de parámetros iniciales para el entrenamiento del modelo	37
Figura 6. Preprocesamiento de Imágenes	37
Figura 7. Preprocesamiento de Imágenes	38
Figura 8. Pruebas de predicción y precisión del modelo	39
Figura 9. Conversión de modelo .h5 a tensorflowjs	39
Figura 10. Instalación de herramienta de conversión de modelos tensorflowjs[wizard] por medio de pip	40
Figura 11. Generación de la carpeta “modelojs” que contiene el archivo para tensorflowjs ...	40
Figura 12. Archivos con extensiones .bin y .json	41
Figura 13. Carga de archivos .bin y .json en el componente reconocimiento.	41
Figura 14. Carga de archivos .bin y .json en el componente reconocimiento.	42
Figura 15. IDE Visual Studio Code para React native	43
Figura 16. Resultado de compilación de terminal por IDE Visual Studio Code para React native.	44
Figura 17. Directorio y paquetes de Proyecto.	44
Figura 18. Uso de JavaScript para la programación de una de las pantallas de la aplicación..	45
Figura 19. Uso de Sequelize para realizar una consulta a la base de datos con el lenguaje JavaScript.....	45
Figura 20. Uso de Node para la ejecución.....	46
Figura 21. Archivo app.js, que es el encargado de inicializar el servicio web utilizando ExpressJS.....	46
Figura 22. Diagrama de base de datos que usa la aplicación.	47
Figura 23. Diseño de la aplicación.	50
Figura 24. Diagrama de la base de datos.	50
Figura 25. Arquitectura funcional de caso de uso, empleadas en el proyecto de Investigación	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Registro e Inicio de Sesión de Usuario.....	55
Ilustración 2. Toma Fotográfica de enfermedad foliar de Cafeto.....	55
Ilustración 3. Diagnóstico de imagen foliar enferma desde la galería o storage del dispositivo movil.....	56
Ilustración 4. Vista del menú resumen y de historial de enfermedades diagnosticadas.	56
Ilustración 5. Sincronización de imágenes con enfermedades diagnosticadas, configuración, y ayuda.....	57
Ilustración 6. Ayuda: Tutorial de uso de aplicativo, Información de enfermedades y concejos de control.....	57
Ilustración 7. Ventana de gestión de categoría de enfermedades encontradas.....	58
Ilustración 8. Presencia de Roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) en huertas cafeteras del Centro de Investigación Sacha Wiwa.....	59
Ilustración 9. Presencia de <i>Alternaria Alternata</i> (Fr.) Keissl en huertas cafeteras del Centro de Investigación Sacha Wiwa.....	60
Ilustración 10. Presencia de Gotera u Ojo de gallo (<i>Mycena citricolor</i>) en huertas cafeteras del Centro de Investigación Sacha Wiwa.....	61
Ilustración 11. Presencia de Broca del fruto (<i>Hypotenemus hampei</i> Ferrari) en huertas cafeteras del Centro de Investigación Sacha Wiwa.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Índice promedio de personas que conocían una determinada enfermedad.	82
Gráfico 2. Índice porcentual de enfermedades conocidas por parte de la población encuestada.	82
Gráfico 3. Reconocimiento de Enfermedades.	83
Gráfico 4. Experiencia con aplicaciones móviles.....	84
Gráfico 5. Conocimiento de App. Móvil que identifique enfermedades de Café.	85
Gráfico 6. Conocimiento de app. Móvil que detecte enfermedades de café.	86
Gráfico 7. Consideración de si las aplicaciones móviles dirigidas al campo agrícola permitirán reducir el tiempo utilizado por el agricultor para poder identificar una plaga o enfermedad en el cultivo del café.....	87
Gráfico 8. Consideración de que si se cree que las aplicaciones móviles incrementarían los niveles de información que se obtienen acerca de la plaga o enfermedad identificada; en sectores de producción agrícola.....	88

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Hoja de vida del tutor.	78
Anexo 2. Hoja de vida de la Investigadora.	79
Anexo 3. Hoja de vida del Investigador	80
Anexo 4. Formato de la encuesta realizada.....	81
Anexo 5. Resultados de tabulación de los datos de la encuesta.	82
Anexo 6. Arquitectura de desarrollo del proyecto de Investigación.	89
Anexo 7. Diagrama de Casos de uso del App. Móvil.	89
Anexo 8. Exploración de campo en el Centro de Investigación Sacha Wiwa.	90
Anexo 9. Realización de encuesta al personal administrativo y de servicios del Centro de Investigación Sacha Wiwa, docentes y estudiantes del Colegio Experimental Intercultural Bilingüe “Jatari Unancha”, y comunidad caficultora de la zona.	90
Anexo 10. Aval de Implementación.....	91
Anexo 11. Aval de Traducción.....	92
Anexo 12. Manual de Usuario.....	93
Anexo 13. Certificado de Urkund	101

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: “Implementación de Modelo Machine Learning aplicado al estudio de enfermedades de café en el Centro de Investigación Sacha Wiwa, perteneciente a la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi.”

Fecha de inicio: Abril 2022

Fecha de finalización: Agosto 2022

Lugar de ejecución: Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, Centro de Investigación Sacha Wiwa.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera que auspicia: Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales.

Proyecto de investigación vinculado: Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

Equipo de Trabajo:

Estudiante: García Fuentes Janara Aslehy

Correo: janara.garcia9551@utc.edu.ec

Estudiante: Ulloa Latacunga Bryan Alexander

Correo: bryan.ulloa0987@utc.edu.ec

Tutor: Ing. Silva Peñafiel Geovanny M. Sc.

Correo: geovanny.silva1764@utc.edu.ec

Área de Conocimiento: Desarrollo de Software

Línea de investigación: Tecnologías de la Información y Comunicación (TICS).

Sub líneas de investigación: Inteligencia artificial e inteligencia de negocios.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Machine Learning ha tenido gran relevancia a nivel tecnológico en la detección de enfermedades en el campo de la agricultura y otras áreas de estudio, como por ejemplo la dermatología que se basa en el estudio de enfermedades de la piel, gracias a la experiencia e información que ha ido trascendiendo con el tiempo es más fácil reconocer los patrones de las enfermedades para poder clasificar e identificar una determinada enfermedad, lo cual es un avance muy importante para el estudio científico tecnológica.

En la actualidad, el café es uno de los productos que se integran con mayor fuerza en la delantera de cultivo y producción libre de reforestación, por consiguiente el control de enfermedades es primordial para su comercialización, las enfermedades son la razón principal por la que una plantación no alcance su madurez en los tiempos normales de crecimiento y la reducción de la productividad. Por lo cual se ha pensado en hacer uso de técnicas de machine learning a través del desarrollo de un aplicativo móvil, para la detección de enfermedades en el café.

El presente aplicativo móvil tiene la finalidad y propósito de ayudar a los pequeños y grandes caficultores en el reconocimiento de las enfermedades de café, mediante técnicas de Machine Learning y análisis de imágenes de las hojas enfermas de ésta, facilitando el proceso de reconocimiento de las enfermedades y mejorar su calidad de producción. Por otro lado el uso de tecnologías de la información en los procesos que realizan los agricultores, apoya en sus estilos de vida y trabajo con lo cual disponen de mayor tiempo para realizar más actividades y coadyuvar al agricultor en el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad, a través del monitoreo del cafeto.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En Ecuador según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2016), existen un total de 842.882 unidades de producción agropecuarias (UPAs), de las cuales 105.271 UPAs tienen al cultivo de café dentro de su estructura agrícola; es decir el 12,5 % de las UPAs nacionales están vinculadas a la actividad cafetalera. (Ponce Vaca, Orellana Suarez, Acuña Velázquez, Aleman, & Fuentes Figueroa, 2018)

La tecnología actualmente se puede ver en varios campos del conocimiento, uno de los cuales es el sector agrícola, lo que mejora la optimización del uso de los recursos. Las técnicas de ML se utilizan a menudo para realizar clasificaciones, predicciones, etc. Esto ayudará a lograr resultados satisfactorios y beneficiosos para los agricultores en varios campos de trabajo. Por ello, se ha propuesto utilizar modelos de Machine Learning para clasificar enfermedades en hojas de café utilizando operaciones de Convolución y Pooling, lo que contribuye en gran medida a la agricultura a la hora de identificar sus enfermedades y posibles tratamientos.

A través de este proyecto se creó un sistema para identificar infecciones en cafetales utilizando algoritmos de aprendizaje automático y conjuntos de datos de imágenes de hojas de café que presentaban muestras de Roya (*Hemileia vastatrix*), Alternaria Alternata (Fr.) Keissl, Ojo de gallo (*Mycena citricolor*). Según Muñoz (2019) con la rápida detección de la enfermedad de la planta se busca disminuir el efecto negativo que genera sobre el café en dos aspectos principales, combatir la pérdida de plantas productivas de así como para combatir la propagación y expansión de la plaga en plantíos cercanos o lejanos, ya que las esporas del hongo son arrastradas por el viento y pueden alcanzar hectáreas lejanas. (pág. 5)

La siguiente investigación tiene como finalidad y propósito de ayudar a los pequeños y grandes caficultores en el reconocimiento de las enfermedades de café, mediante técnicas de inteligencia artificial y análisis de imágenes de las hojas enfermas de ésta, facilitando el proceso de reconocimiento de las enfermedades, tratamiento y mejorar su calidad de producción.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios son aquellas personas, entidades o fincas independientes que se dedican al cultivo orgánico del café, así como también al sector agroecológico y personal de investigación dedicado al estudio de IA.

Tabla 1. Beneficiarios directos e indirectos

Beneficiarios directos		Beneficiarios indirectos
Colegio Experimental Intercultural Bilingüe “Jatari Unancha” - Centro Guasaganda.	27	Fundación (SEIC), que cuenta con 1878 Estudiantes del Colegio Experimental Intercultural Bilingüe “Jatari Unancha” a nivel de 16 Sedes en la Provincia de Cotopaxi.
		250 alumnos promedio de la carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi
Centro de Investigación Sacha Wiwa	4	Industrias, viveros y exportadores que trabajan con el cultivo de café.
		Investigadores IA
Caficultores de la zona del subtrópico de la provincia de Cotopaxi.	7	Ingenieros y técnicos Agronómicos/Sistemas

Realizado por: Los Investigadores

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la ciudad de Santiago de Cali, Colombia a finales del año 2020, se llevó a cabo un proyecto, en la que una Unidad de Investigación Aplicada, en la que se plantea el uso de algoritmos de inteligencia artificial aplicados en el campo de la visión computacional, para determinar el estado de cultivos de café mediante imágenes tomadas a partir de plantaciones en diferentes estados de oxidación. Esta alternativa permite al agricultor o campesino tener la posibilidad de conocer en tiempo real el estado de las plantaciones mediante las hojas de café, las cuales ofrecen información importante que permite determinar la fase de maduración del fruto. Para ello se ha implementado una Red Neuronal Convolutiva tipo clasificadora, compuesta por ocho capas de profundidad. Esta se ha entrenado mediante la herramienta Colab de Google, obteniendo un 98,72% de precisión para los datos de entrenamiento y 70,16% de precisión para los datos de validación. (Uribe Churta, 2020)

Existen diferentes métodos para la calificación del café, dependiendo el país o la empresa tostadora que lidera un mercado en específico. Un ejemplo es el instituto de calidad del café de Estados Unidos, que cuenta con una base de datos donde se aprecia la calificación del café arábico de varios países, mediante una puntuación de 1 a 10 de diversos atributos que sumados dan una calificación final denominada puntuación de taza. Estas calificaciones son dadas por catadores profesionales entrenados para calificar los atributos de una taza de café líquido. De la calificación obtenida de un lote específico de café, la FNC define si el café se puede exportar o se queda para consumo interno. Es precisamente en este punto, donde se evidencia una oportunidad de aplicar técnicas de aprendizaje automático, que reduzcan el tiempo de calificación de un lote de café y reduzcan los costos de esta actividad. (Suárez Peña, 2019).

Uno de los problemas primordiales dentro del sector agrícola, es el desconocimiento de nuevas metodologías tecnológicas para emplearlas al desempeño y desarrollo del mismo debido al bajo nivel de capacitaciones y formación sobre el tema; generando que se emplee métodos poco adecuados, metodologías manuales para este propósito y por tanto no existe una información administrativa confiable sobre el rendimiento de los cultivos de Café. Los procesos de ML aplicado en la agricultura ha tenido éxito en varios áreas donde se detectan diversas enfermedades de las utilizando procedimientos y medidas para lograr una tecnología precisa en este campo y todo esto es debido al bajo nivel de capacitaciones y formación sobre el tema; generando que se emplee métodos poco adecuados, metodologías manuales para este

propósito y por tanto no existe una información administrativa confiable sobre el rendimiento de los cultivos de Café.

En el Ecuador, los problemas fitosanitarios causados por hongos patógenos se han constituido en serias limitantes de la producción cafetalera ecuatoriana siendo agentes causales de importantes enfermedades tales como: Mal de hilachas (*Corticium Koleroga* Cook.), Roya anaranjada (*Hemileia* Curt.), Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk. Cook.), Mal de machete (*Ceratocystis fimbriata* Hunt.) y Vi-ruela del cafeto (*Coiletotrichum Gloeosporioides* Sacc~) (Sotomayor et al. , 1989). Las pérdidas que ocasionan estas enfermedades son muy cuantiosas, especialmente la Roya, Mal de hilachas, Ojo de gallo y Mancha de hierro, que provocan severas defoliaciones en los cafetos y por consiguiente, una reducción considerable de su capacidad fotosintética. Hacer uso de imágenes multiespectrales de alta resolución espectral y espacial, aplicando técnicas de procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones (visión computacional) en cultivos de café con la intención de obtener pronta detección específica de plagas en el que puedan poner en riesgo la producción de café y la seguridad de su cosecha (Roman-Gonzalez and Vargas-Cuentas , 2013).

5.1. Delimitación del objeto de investigación

5.1.1. Área: Sistemas (Software).

5.1.2. Aspecto: Desarrollo de aplicativo móvil, implementando modelo machine learning aplicado al estudio de enfermedades del café (Coffe arábica).

5.1.3. Temporal: Abril – Agosto 2022

5.1.4. Espacial: Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, Centro de Investigación Sacha Wiwa.

5.1.5. Contenido: Área de las TICs (Tecnologías de Información y Comunicación) y desarrollo de software.

5.2. Planteamiento del Problema

¿Cómo los métodos poco adecuados y metodologías manuales empleados para la detección de plagas y enfermedades de Café, incide en el diagnóstico y tratamiento de estas?

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Implementar modelo de clasificación de imágenes empleando técnicas de Machine Learning, para la detección de enfermedades del Cafeto (*Coffea arábica*) en huertas del Centro de Investigación Sacha Wiwa.

6.2. Objetivos Específicos

- Identificar los aspectos que intervienen en la clasificación y predicción de enfermedades del Cafeto (*Coffea arábica*) para desarrollar el proyecto mediante la investigación bibliográfica y de campo.
- Establecer las herramientas y técnicas necesarias para el desarrollo de aplicaciones móviles, y de un modelo de inteligencia artificial que permita identificar imágenes de enfermedades del cafeto (*Coffea arábica*).
- Implementar modelo de inteligencia artificial mediante la aplicación móvil, empleando caso de estudio real para la clasificación y predicción de enfermedades del cafeto (*Coffea arábica*) en base a criterio especialista de las enfermedades encontradas.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivo	Actividad	Resultado de la Actividad	Medios de Verificación
<p>Objetivo Específico 1: Identificar los aspectos que intervienen en la clasificación y predicción de enfermedades del Cafeto (Coffea arábica) para desarrollar el proyecto mediante la investigación bibliográfica y de campo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Investigar datos bibliográficos - Determinar los artículos que serán analizados. - Utilizar fuentes de consulta confiables tales como libros, revistas y artículos científicos. - Recolección de fotos para el datasets. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión bibliográfica: libros y artículos científicos. - Marco teórico de la Investigación. - Área de estudio. - Datasets listo para propuesta del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definiciones en la investigación. - Fuentes bibliográficas. - Anexos de área de estudio. - Anexos del datasets.
<p>Objetivo Específico 2: Establecer las herramientas y técnicas necesarias para el desarrollo de aplicaciones móviles, y de un modelo de inteligencia artificial que permita identificar imágenes de enfermedades del cafeto (Coffea arábica).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar las operaciones Pooling y de Convolución. - Determinación de las herramientas y técnicas a establecer. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo de IA. - Herramientas y técnicas de desarrollo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de la propuesta.
<p>Objetivo Específico 3: Implementar modelo de inteligencia artificial mediante la aplicación móvil, empleando caso de estudio real para la clasificación y predicción de enfermedades del cafeto (Coffea arábica) en base a criterio especialista de las enfermedades encontradas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar pruebas. - Generar diagnóstico de problemas fitosanitarios encontrados en base a criterio especialista. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar los criterios de salida de las fases aprobadas en base a diagnóstico fitosanitario de sanidad vegetal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación funcional que diagnostique la enfermedad del Cafeto (Coffea arábica), y el tratamiento de esta avalado por especialista en caso de estudio. - Diagnóstico fitosanitario de sanidad vegetal.

Elaborado por: Los Investigadores.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Antecedentes de la investigación

Tema: PlantVillage Nuru es una aplicación desarrollada y con apoyo público que utiliza un asistente digital para ayudar a los agricultores a diagnosticar enfermedades de los cultivos en el campo, sin una conexión a Internet. Desarrollada en la Penn State University y en estrecha colaboración con expertos en el dominio de los centros CGIAR, la aplicación utiliza la herramienta de aprendizaje automático Tensorflow de Google y una base de datos de imágenes recopiladas por expertos en enfermedades de cultivos de todo el mundo. La aplicación se basa en una extensa investigación que compara la precisión de los modelos de aprendizaje automático con los expertos humanos y el trabajo de extensión. Esta es una investigación continua y la aplicación se actualizará constantemente. La aplicación también permite un modelo combinado en el que la IA y la inteligencia humana examinan las imágenes a través de un sistema en la nube. Esta aplicación fue desarrollada con el Instituto Internacional de Agricultura Tropical, el Instituto Internacional de la Papa, el CIMMYT y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (APKPLS, 2022)

Tema: Diagnóstico automatizado de enfermedades de las plantas mediante la innovadora aplicación de Android (Plantix) para agricultores en el estado indio de Andhra Pradesh. El problema de investigación del proyecto Plantix es la identificación de plagas y enfermedades de los cultivos tales como raíces, tubérculos y plátanos que a menudo es imposible de detectar para el sector agrario, además que los investigadores, autoridades sanitarias de vegetal y las organizaciones carecen de datos que ayuden al agricultor, el Instituto Internacional de Agricultura Tropical conjunto con James Legg, David Hughes y la bióloga Penn State encabezaron el proyecto. Plantix es una aplicación móvil que brinda asesoramiento sobre el cultivo, mediante el reconocimiento de imágenes con inteligencia artificial diagnostica las enfermedades de las plantas, daño por las plagas y su deficiencia en nutrientes y brinda el tratamiento correspondiente para cada afección, (Rupavatharam, Kennepohl, Kummer, & Parimi, 2018).

Tema: Aplicación SaillogAgrio, es una solución basada en la IA para ayudar a los agricultores a detectar y tratar las enfermedades y plagas de los cultivos. Agrio es una aplicación interactiva para teléfonos móviles englobada en Saillog y es gratuita. Los usuarios de esta aplicación

hacen clic en las fotografías de las plantas infectadas y las suben a través de un teléfono inteligente. Y su continuidad, de estas imágenes se analiza y se realiza una detección automática de las enfermedades. A veces también se ofrece una solución inmediata. Hace uso de técnicas de IA y proporciona soluciones completas a diferentes problemas de gestión de enfermedades y plagas. Su motor de IA es capaz de identificar cientos de enfermedades y defectos. (Saillog LTD, 2019)

La identificación de las enfermedades de las plantas es un tema que preocupa mucho a los agricultores, debido a que predice directamente el rendimiento que afecta a la productividad. Para identificar una planta con alguna enfermedad y recomendar los movimientos necesarios de recuperación (Dipakkumar, 2018), se requiere una gran experiencia y conocimientos. Para diagnosticar la enfermedad y sugerir medidas de control, se están utilizando muchos sistemas asistidos por ordenador en casi todos los países, (Harjeet, Deepak, & Madhuri, 2019).

A Boyd y Sun propusieron un prototipo de sistema experto para el diagnóstico de enfermedades de la patata (Boyd & Sun, 1994). El prototipo propuesto emulaba la experiencia humana en el diagnóstico de las enfermedades de la planta, según la patata en función de los síntomas. Otros trabajos relacionados con la identificación de enfermedades de las plantas fueron el del cultivo de arroz que con [(Sarma, Singh, & Singh, 2010), (Balleda, et al, 2014)] base de conocimientos consistía en diferentes enfermedades de la planta. Tilva et al., propusieron un modelo basado en la lógica difusa para predecir enfermedades basadas en la duración de la humedad de las hojas (Trival, Patel, & Bhatt, 2013). El sistema creado utilizaba el conocimiento de las condiciones climáticas favorables para varios microorganismos responsables de enfermedades.

Babu & Rao (2007), utilizaron redes neuronales de retro propagación en su sistema de reconocimiento de hojas para el control de plagas y enfermedades en los cultivos. Por otro lado Ismail & Mustikasari (2013), crearon un sistema inteligente para la detección de enfermedades en las hojas de té, también se sugirieron algunos sistemas híbridos. Huang propuso un modelo de procesamiento de imágenes acoplado a un modelo de red neuronal artificial para clasificar las enfermedades de las plantas de *Falanopsis* (Hanson, Joy, & Francis, 2017) y (Huang, 2007). Sannakki et al., aplicaron un enfoque de lógica difusa acoplado al procesamiento de imágenes para detectar el porcentaje de infección en la hoja (Sannakki, et al, 2011).

8.2. Base teórica

8.2.1. Implementación

En el área técnica de la informática, esta fase la describe Tanenbaum (2003), como el proceso de instalación de una aplicación informática, elaboración o la construcción de un plan, idea, modelo científico, diseño, relación, tipo, algoritmo o política. En cómputo, es la ejecución de una especificación técnica o algoritmos como un programa, componente software, u otro sistema computacional. En el ambiente del software, la similitud se establece con la implementación del software: distribución de los archivos de una aplicación en donde los requerimos. El concepto de ejecución incluye estas acciones (Adobe Systems Incorporated, 2010):

- Instalar: para que los usuarios puedan iniciar la aplicación, se copian los archivos de la aplicación desde un medio físico o electrónico al sistema en el que se va a ejecutar la aplicación y configurar el sistema operativo.
- Actualizar: para añadir la adaptación nueva o mejorada a la versión presente, se realiza la modificación, se añade, se elimina o substituye elementos de los archivos existentes de la aplicación.
- Desinstalar: para que la aplicación ya no se pueda iniciar se elimina los archivos de la aplicación y configurar el sistema operativo de modo.
- Reinstalar: combinar las acciones de desinstalar e instalar en una sola acción
- Realizar seguimiento de instalación: informarse sobre las ubicaciones y los equipos en los que están instaladas las aplicaciones.

8.2.2. Inteligencia Artificial (IA)

La inteligencia artificial es la ciencia de construir máquinas o softwares que piensen como humanos y actúen racionalmente. En informática, la máquina "inteligente" ideal es una persona flexible y racional que puede percibir el entorno circundante y actuar. Maximice sus posibilidades de éxito en determinadas metas o tareas. En lenguaje hablado, cuando las máquinas imitan las funciones "cognitivas" asociadas con los humanos otros pensamientos humanos, como aprender y resolver, problema, (Rich, Knight, Calero, G, & Bodega, 1994).

8.2.3. Modelo Machine Learning

Dentro de esta área encontramos diferentes metodologías de aprendizaje automático, que se definen como un conjunto de técnicas competentes capaces de detectar de manera automática los patrones en los datos. El aprendizaje automático o Machine Learning es un método científico que nos permite usar computadoras y otros dispositivos con poder de cómputo para permitirles aprender a extraer patrones y relaciones que existen en los datos por sí mismos. Estos patrones se pueden usar para predecir el comportamiento y tomar decisiones, (Ramiro, 2018). Cabe recalcar que el aprendizaje automático da a los ordenadores la capacidad de aprender sin ser inequívocamente personalizados, fundamentalmente lo mismo que el trabajo de un ser humano. La máquina está aprendiendo de los encuentros pasados (que se ocupan en la información) en relación con algunas clases de recados, si la presentación de la asignación mejora con más conocimiento.

8.2.3.1. Tipos de Machine Learning

- **Aprendizaje supervisado**

El aprendizaje supervisado hace referencia a un conjunto de datos con nombre, incluidos los límites de entrada y salida, para preparar modelos, (Amara, Bouaziz, & Algergawy, 2017). Al preparar un modelo, la relación entre la preparación y la información de la prueba se mantiene en 80:20. El aprendizaje supervisado se cataloga en clasificación y regresión. El acuerdo es parte del método supervisado de tareas de aprendizaje donde la salida es un valor discreto. Este valor discreto puede ser un valor multiclase o paralelo. Aunque la recaída es un modelo de aprendizaje supervisado que produce un valor persistente, el objetivo de la recaída es anticipar un valor más cercano al valor de salida.

- **Aprendizaje no supervisado**

En el aprendizaje no supervisado, los objetivos no se dan a la pantalla para ser preparados, por lo que sólo hay límites de entrada y no se da ningún de salida al modelo. El agrupamiento y la asociación son dos tipos de aprendizaje no supervisado, (pothuganti, 2013). El agrupamiento se aplica a la información orquestada como reuniones hechas por diferentes ejemplos distinguidos por el modelo de la máquina. Mientras que un método basado en el estándar para ordenar las relaciones entre los límites de una vasta colección informativa, se denomina Asociación.

- **Aprendizaje Semi-supervisado**

El funcionamiento del Aprendizaje Semi-supervisado se encuentra en las proximidades de los procedimientos mencionados anteriormente. Este tipo de aprendizaje se utiliza cuando se trata de información, parte de la cual tiene nombre, y otra parte no tiene etiqueta. La estrategia no supervisada se utiliza para calcular las marcas y, posteriormente, (Amara, Bouaziz, & Algergawy, 2017), estas cualidades determinadas se tienen en cuenta para las estrategias de aprendizaje supervisado. En los conjuntos de datos de imágenes en los que una gran parte de las imágenes no tienen nombre, este procedimiento, es más conocido.

- **Aprendizaje reforzado**

La ejecución del modelo sigue mejorando con las críticas para aprender ejemplos y conductas. Cada vez que la información se encuentra y se añade a la información que se está preparando. Así, cuanto más se aprende, mejor se prepara y posteriormente se experimenta, (Narendrakumar, 2018). Los algoritmos para el aprendizaje por refuerzo son Temporal Difference, QLearning y Deep Adversarial Networks.

8.2.4. Redes Neuronales Artificiales (ANN)

Actualmente, hay un sinnúmero de algoritmos que intervienen dentro de la rama de la Inteligencia Artificial, y las redes neuronales artificiales o artificial neural networks son una de estas, que constituyen técnicas de aprendizaje automático inspiradas en el comportamiento del cerebro humano. Crea redes con diferentes capas de interconexión para procesar información. Cada capa consta de un conjunto de nodos, que transmiten información a otros nodos en capas posteriores, (Martinez, 2018).

Las redes neuronales surgieron en 1950, pero poco a poco con el pasar del tiempo, tanto la habilidad mejorada de cálculo, como el big-data, hacen posibles que los algoritmos basados en algoritmos en deep learning se aproximen o mejoren el desempeño humano en las siguientes áreas reconocimiento de voz o imagen en la actualidad.

Cada una de estas redes neuronales se caracterizan por:

- La topología: corresponde al número de capas y nodos, y la dirección en la que la información pasa de un nodo al siguiente dentro o entre capas. Las redes más grandes y complejas suelen identificar patrones más útiles y límites de decisión complejos.
- Algoritmo de entrenamiento: determina la importancia de que cada conexión transmita o no la señal del nodo correspondiente.
- Función de activación: la función de recibir un conjunto de entradas e integrar señales para transmitir información a otro nodo o capa.

Por lo general, la mayoría de los métodos de aprendizaje automático usan arquitecturas neuronales, ya que las arquitecturas de aprendizaje profundo usan modelado de redes neuronales, por ejemplo:

- Deep Neural Network (DNN) o Redes neuronales profundas.
- Convolutional Neuronal Network (CNN) o Redes neuronales profundas convolucionales.
- Deep Belief Network (DBN) o Redes de creencia profundas

8.2.5. Convolutional Neuronal Network (CNN)

Conocidas también en nuestro idioma cotidiano como las redes neuronales convolucionales, que se concentra en la construcción de aprendizaje profundo. En este tipo de arquitectura, se utiliza el modelado de redes neuronales artificiales, donde las neuronas corresponden a campos receptivos similares a las neuronas en la corteza visual del cerebro humano V1. Este tipo de redes son muy efectivas para las siguientes tareas, (Heras, 2017):

- Detección y categorización de objetos
- Clasificación y segmentación de imágenes

El objetivo de éstas, es aprender funciones de alto nivel mediante operaciones de convolución. Dado que la red neuronal convolucional consigue formar la relación entrada-salida (en el cual la entrada es una fotografía), en convolución, cada píxel de salida es una composición lineal de píxeles de entrada, (Itelligent, 2018).

8.2.5.1. Convolución

En el ámbito de la convolución, implica filtrar la imagen usando una máscara, donde si pensamos, diferentes máscaras producirán resultados diferentes. La máscara representa las conexiones entre neuronas en la capa anterior. Estas capas aprenden gradualmente las características de alto orden de la entrada original. Las redes neuronales convolucionales utilizan dos tipos de formación de capas: convolución y agrupación. Después de una o más capas convolucionales, se utilizan capas de agrupación, según hacen mención Bustamante Ochoa & García Peña (2021).

8.2.5.2. Pooling

Por otro lado, las autoras mencionadas anteriormente, destacan que la función de la capa de agrupación (Pooling) es resumir las respuestas de salida cercanas. Las principales características de la capa de agrupación son dos. Primero, la capa de agrupación reduce gradualmente el tamaño del espacio de datos. En segundo lugar, la agrupación ayuda a obtener una representación constante con una pequeña cantidad de conversión de entrada.

8.2.6. EL CAFÉ (*Coffea*)

El cafeto es un arbusto perteneciente a la familia de las rubiáceas, del género *Coffea*. Son arbustos que pueden alcanzar entre los 10-12 metros de altura pero que para facilitar el mantenimiento y la recolección se podan entre los 2 y 4 metros. El tronco es recto y liso y las hojas son verdes todo el año, perennes y con forma elíptica. Las flores son blancas, parecidas a las del jazmín y olorosas. El cafeto es una planta que tiene la capacidad de hacer coincidir en sus ramas flores, frutos verdes y frutos maduros a la vez. (Cortijo, 2017)

El mismo autor, menciona que el cafeto, tiene unos 500 géneros y más de 6.000 especies. Aunque el más importante es la *Coffea*. Dentro de este género, las especies más importantes desde el punto de vista del sector de la industria del café son la *Coffea* Arábica, la *Coffea* Caneophota o Robusta y la *Coffea* Liberica, cada una de ellas proporciona matices distintos al café. *Coffea* Arábica, proporciona un café suave y aromático y representa el mayor porcentaje de la producción del café, superando el 60%.

El café es la bebida que se obtiene a partir de los granos tostados y molidos de los frutos de la planta del café (cafeto); es altamente estimulante por su contenido de cafeína, una sustancia psicoactiva. Este producto es uno de los más comercializados del mundo y una de las tres bebidas más consumidas del mundo. (Wikipedia, 2022).

Por otro lado, según la INIAP (2016), Ecuador posee una gran capacidad como productor de café, convirtiéndose en uno de los pocos países en el mundo que exporta todos los tipos de café: arábigo lavado, arábigo natural y robusto. Debido a la ubicación geográfica del Ecuador, su café es de los mejores producidos en América del Sur y de los más demandados en Europa y Estados Unidos.

8.2.6.1. Importancia

El café es uno de los productos agrícolas de mayor importancia económica a nivel mundial, genera ingresos anuales mayores a USD \$15 mil millones para los países exportadores, y brinda una fuente de trabajo a más de 20 millones de personas en el mundo. En Centroamérica y República Dominicana se produce cerca del 11% del café exportado mundialmente. (SICA, 2019)

La caficultura para los ecuatorianos es una actividad con una destacada importancia económica, social y ambiental, según menciona la revista FÓRUM CAFÉ (2020), y que el café en este país significa generación de ingresos para los caficultores, acopiadores, transportistas y comercializadores, así como ingresos de divisas que contribuyen a dinamizar la economía rural en los territorios productores. El café, además, cumple un importante papel social en Ecuador, directamente relacionado con la participación de los diversos pueblos y etnias, hombres y mujeres, de todas las edades y niveles de escolaridad, en los procesos de

producción, transformación y comercialización del café, así como en la generación de empleo, especialmente, en las actividades de cosecha.

8.2.6.2. Enfermedades que afectan al café

La exigencia en la calidad del café es cada vez mayor y para que un grano desarrolle sus atributos aromáticos y de sabor debe provenir de una planta sana. Por ello es importante detectar las enfermedades que afectan al cafeto, las cuales son causadas en su gran mayoría por hongos, según menciona la página Primero Café (2020), y que la más devastadora es la roya, pero existen otras como el mal del talluelo, mal rosado o antracnosis que provocan granos de baja calidad, muerte del cafeto y una drástica reducción de la producción de los cultivos. La proximidad geográfica y orográfica entre parcelas bien cuidadas y parcelas enfermas es uno de los riesgos de propagación, de ahí la relevancia de la educación agrícola de forma regional.

Entre las enfermedades más comunes, se destacan las siguientes:

Roya (*Hemileia vastatrix*)

Se trata de la enfermedad más destructiva del café a nivel mundial y esta es producida por el hongo *Hemileia vastatrix*, el cual infecta las hojas de los cafetos de todas las edades. Los climas húmedos y cálidos (entre 23 y 25 grados centígrados) propician su desarrollo, mientras que la lluvia y el viento propagan las esporas. Ataca principalmente a la especie Arábica.

La enfermedad se manifiesta como un polvillo naranja similar al óxido en la parte inferior de las hojas del café. Es una condición cíclica que provoca la defoliación, al igual que los minadores de la hoja. El viento y la lluvia propagan las esporas de la roya, que se desarrolla muy bien a 70°F/21°C aproximadamente. Así que, la enfermedad es más frecuente en la Arabica que se cultiva en las condiciones cálidas y húmedas de alturas bajas. (Perfect Daily Grind, 2019)

***Alternaria Alternata* (Fr.) Keissl**

Según FUNICA (2011), la antracnosis del café es una de las enfermedades más importantes que afectan a este cultivo. Esta enfermedad es causada por el hongo *Colletotrichum* spp. Diversos factores inciden en el desarrollo de esta enfermedad, entre los que podemos mencionar, condiciones ambientales favorables al desarrollo y multiplicación del patógeno,

así como estrés fisiológico en la planta, causado por diversos factores como la mala nutrición, el ataque de otras plagas, suelos de mala calidad entre otros.

Esta enfermedad ataca plantas de café en todas sus etapas de desarrollo, iniciando desde el vivero, hasta plantas en desarrollo y en producción en la plantación establecida. Afecta las hojas, ramas, flores y frutos del café. Provoca defoliación y muerte regresiva en las ramas, causando la muerte de las plantas o reduciendo su capacidad productiva. La enfermedad se presenta en diferentes condiciones y altitudes, afectando cafetales con diferentes niveles tecnológicos, desde tradicional hasta tecnificado, así como diferentes variedades; se presenta en todas las zonas cafetaleras, tanto en zonas bajas y secas como en zonas altas y húmedas.

El hongo que causa la antracnosis es considerado oportunista ya que aprovecha el daño causado por otros organismos o por otros factores para penetrar en el tejido de la planta. El hongo infecta principalmente plantas mal nutridas o plantas que sufren de algún estrés causado por factores climáticos, por factores de manejo o por otras plagas.

Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)

Según (SENASA, 2017), esta enfermedad, es causada por el hongo *Mycena citricolor*, afecta las hojas y frutos del café durante todo su proceso de desarrollo. El ojo de gallo se observa como una mancha redonda hundida y de diferente tamaño, tomando un color amarillento al inicio del ataque. Al inicio, estas manchas son de color café oscuro y luego, cuando han alcanzado su madurez, son de color gris blanquecino. En el estado avanzado de la enfermedad puede desprenderse el tejido afectado, ocasionando perforaciones y caída de las hojas y los frutos de forma rápida y muy severa.

Lizardo & Trejo (2020) destacan que el ojo de gallo es una enfermedad de mucha importancia económica, afecta principalmente plantaciones localizadas por encima de los 1000 msnm con exceso de sombra, con alto grado de humedad en el ambiente y temperaturas frescas.

8.2.7. Epidemiología

El inicio de la causa de las infecciones depende de las condiciones ambientales, la lluvia relativa alta y los bajos climas. Las épocas de lluvias, por ejemplo, son propicios para la emancipación de las esporas y su propagación. Su transmisión se facilita bajo ciertos entornos ambientales, (Juan, 2012):

- Cuando hay salpicadura de la lluvia, pues aprovecha el inóculo presente en el suelo para afectar a las mazorcas más cercanas al suelo.
- La escorrentía que transporta en la corriente del agua las esporas y permite la dispersión del patógeno.
- También el viento moviliza las esporas atrapadas en microgotas de agua. De esta manera las esporas transmiten la enfermedad.

8.3. HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

8.3.1. Entorno Virtual Python

Un entorno virtual es un espacio donde podemos instalar paquetes específicos para un proyecto. Es decir, permite tener para un proyecto determinado un conjunto de paquetes/librerías aislados de la instalación principal de Python en nuestro sistema. Brugués (2019).

8.3.2. Python

Nagar (2018) argumenta que es un lenguaje de programación de propósito general de alto nivel, portátil y de código abierto. Cuenta con un intérprete que proporciona un entorno interactivo, un sistema de tipo dinámico y una gestión automática de la memoria. Al estar orientado a objetos, su uso está muy extendido y ofrece una amplia y completa biblioteca para aplicaciones del mundo real. Python 2 y Python 3 son dos versiones de intérpretes de Python que se utilizan actualmente. Python ha ganado popularidad entre los científicos de datos debido a la disponibilidad de bibliotecas fáciles de usar y a la facilidad para trabajar con una variedad de formatos de archivo tanto en local como en remoto.

8.3.3. Jupyter Lab para IA

Es el último entorno de desarrollo interactivo basado en la web para cuadernos, código y datos. Su interfaz flexible permite a los usuarios configurar y organizar flujos de trabajo en ciencia de datos, computación científica, periodismo computacional y aprendizaje automático. Un diseño modular invita a las extensiones para ampliar y enriquecer la funcionalidad. Está basado en código abierto que consiste en crear y compartir instrumentos que contienen código en tiempo real, ecuaciones, visualizaciones y texto descriptivo. Los usos contienen limpieza y transformación de datos, simulación numeraria, modelado estadístico, visualización de datos, instrucción automática, etc., (Project Jupyter, 2020)

8.3.4. Tensorflow – Keras

TensorFlow

Es una biblioteca de cálculo numérico especializada en el aprendizaje profundo. Tiene un ambiente completo y elástico de herramientas, bibliotecas y recursos comunitarios que accede a los desarrolladores promover el aprendizaje automático innovador y permite a los investigadores compilar e efectuar fácilmente aplicaciones basadas en IA. (TensorFlow, 2020) Con la tecnología TensorFlow, los desarrolladores, investigadores y diversas comunidades corporativas utilizan ML para resolver problemas prácticos complejos.

Keras

Es una API diseñada para humanos y no para máquinas. Keras sigue las excelentes prácticas para oprimir la carga cognitiva, suministra una API simple y sólida, disminuye la cantidad de operaciones que el usuario necesarias para los casos de uso habituales y provee mensajes de error claros y procesables. También cuenta con una extensa documentación y guías para desarrolladores. Edificado sobre TensorFlow 2.0, Keras es un cuadro de trabajo macizo de la industria que puede encaramar a grandes grupos de GPU o un pod completo de TPU. No sólo es posible; es fácil. (Team Keras, 2018)

8.3.5. Sistema operativo más usado en el mercado

El avance de la tecnología móvil se incrementó en los últimos años, especialmente desde la llegada de plataformas como iOS y Android, que han dominado prácticamente todo el sector de los dispositivos tecnológicos. Cada día usamos más nuestros teléfonos celulares, ya sean tabletas o teléfonos inteligentes, y buscamos nuevas formas de incorporarlos a nuestra vida personal, (Freesia, 2020). En el mercado los sistemas operativos para los Smartphone más usados es Android e iOS, en estadísticas la cuota en el mercado entre el 2014 y 2019 el sistema operativo de Android se situó en la primera posición con el 86,1% de unidades distribuidas, mientras que el sistema operativo de iOS con el 13,9% de smartphones distribuidos, de una distribución de dispositivos móviles de 1.372 millones, (Mena, 2020).

8.3.6. IDE de Visual Studio Code para React Native

De acuerdo con Presta (2021), esta es una plataforma de programación proporcionada por Microsoft y viene con algunas características excelentes. Hay muchas cosas en esta herramienta que la hacen perfecta para la mayoría de los desarrolladores.

Características de Visual Studio

Las siguientes son algunas características de Visual Studio.

- Depurador incorporado.
- Admite el resaltado de sintaxis.
- Algunas versiones tienen la función de completar el código.
- Uno de los editores y depuradores de código más utilizados con una gran comunidad

Ventajas

Las siguientes son algunas ventajas de Visual Studio.

- Es gratis
- Disponible para Windows, Mac OS y Linux.
- Viene con muchos complementos gratuitos.

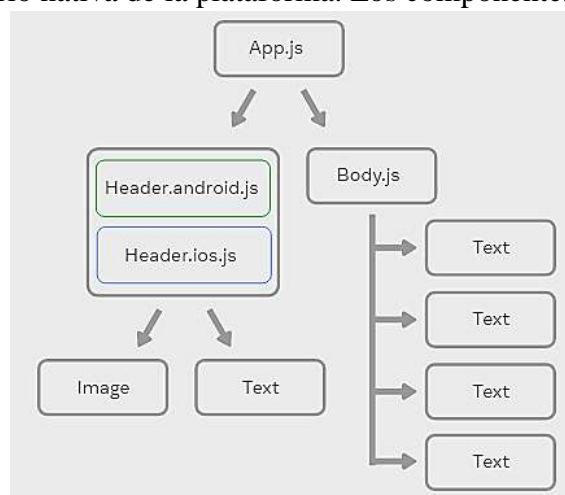
Desventajas

Las siguientes son algunas desventajas de Visual Studio.

- Menos rico en funciones que sus competidores
- A veces lento y con retrasos.
- La función de verificación de código no es tan buena.

8.3.7. React Native

Permite crear aplicaciones verdaderamente nativas tanto para Android como para iOS y no compromete las experiencias de sus usuarios. Proporciona un conjunto básico de componentes nativos independientes de la plataforma como View, Text y Image que se asignan directamente a los componentes básicos de la interfaz de usuario nativa de la plataforma. Los componentes de React envuelven el código nativo existente e interactúan con las API nativas a través del paradigma de IU declarativo de React y JavaScript. Esto permite el desarrollo de aplicaciones nativas para equipos de desarrolladores completamente nuevos y puede permitir que los equipos nativos existentes trabajen mucho más rápido. (React Native, 2020)



8.3.8. JavaScript (JS)

Es un lenguaje ligero, interpretado y orientado a objetos con funciones de primera clase, y mejor conocido como el lenguaje de programación para las páginas Web, pero también se utiliza en muchos entornos que no son de navegador. Es un lenguaje de scripts que es dinámico, multiparadigma, basado en prototipos y admite estilos de programación orientados a objetos, imperativos y funcionales. Es un lenguaje de programación compilado justo-a-tiempo (just-in-time) con funciones de primera clase. Si bien es más conocido como un lenguaje de scripting (secuencias de comandos) para páginas web, y es usado en muchos entornos fuera del navegador. (Developer Mozilla, 2022)

8.3.9. Sequelize

Es un mapeador relacional de objetos (ORM) popular escrito en un JavaScript estándar, pero hay un contenedor de TypeScript tipo secuencial que proporciona un conjunto de decoradores y otros extras para la secuencia básica. Con un sólido soporte de transacciones, relaciones, carga ansiosa y diferida, replicación de lectura y más. (Sequelize, 2022)

8.3.10. NodeJS

Node.js es un entorno de tiempo de ejecución de JavaScript de código abierto y multiplataforma. Node.js ejecuta el motor JavaScript V8, el núcleo de Google Chrome, fuera del navegador, lo cual permite que sea muy eficaz.

Una aplicación Node.js se ejecuta en un solo proceso, sin crear un nuevo hilo para cada solicitud. Node.js proporciona un conjunto de primitivas de E/S asíncronas en su biblioteca estándar que evita que el código JavaScript se bloquee y, en general, las bibliotecas en Node.js se escriben utilizando paradigmas que no bloquean, lo que hace que el comportamiento de bloqueo sea la excepción en lugar de la norma. (NodeJS, s.f.)

8.3.11. ExpressJS

ExpressJS es una infraestructura de aplicaciones web Node.js mínima y flexible que proporciona un conjunto sólido de características para las aplicaciones web y móviles. Con miles de métodos de programa de utilidad HTTP y middleware a su disposición, la creación de una API sólida es rápida y sencilla. Express proporciona una delgada capa de características de aplicación web básicas, que no ocultan las características de Node.js que tanto ama y conoce. (ExpressJS, s.f.)

8.3.12. REST

REST deriva de "REpresentational State Transfer", que traducido vendría a ser "transferencia de representación de estado", lo que tampoco aclara mucho, pero contiene la clave de lo que significa. Porque la clave de REST es que un servicio REST no tiene estado (es stateless), lo que quiere decir que, entre dos llamadas cualesquiera, el servicio pierde todos sus datos. Esto es, que no se puede llamar a un servicio REST y pasarle unos datos (p. ej. un usuario y una contraseña) y esperar que "nos recuerde" en la siguiente petición. (Tomàs, 2021)

8.3.13. API REST

Es una interfaz de programación de aplicaciones (API o API web) que se ajusta a los límites de la arquitectura REST y permite la interacción con los servicios web de RESTful. El informático Roy Fielding es el creador de la transferencia de estado representacional (REST). Las API son conjuntos de definiciones y protocolos que se utilizan para diseñar e integrar el software de las aplicaciones. Suele considerarse como el contrato entre el proveedor de información y el usuario, donde se establece el contenido que se necesita por parte del consumidor (la llamada) y el que requiere el productor (la respuesta). Por ejemplo, el diseño de una API de servicio meteorológico podría requerir que el usuario escribiera un código postal y que el productor diera una respuesta en dos partes: la primera sería la temperatura máxima y la segunda, la mínima. (Red Hat, 2020)

8.3.14. MySQL

Es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto (RDBMS, por sus siglas en inglés) con un modelo cliente-servidor. RDBMS es un software o servicio utilizado para crear y administrar bases de datos basadas en un modelo relacional. MySQL permite crear una base de datos para almacenar y manipular datos, definiendo la relación de cada tabla. Los clientes pueden realizar solicitudes escribiendo instrucciones SQL específicas en MySQL. La aplicación del servidor responderá con la información solicitada y esta aparecerá frente a los clientes. (Gustavo B, 2022)

8.3.15. Mobile-D

La metodología Mobile-D según Hernández y Gómez (2016):

Mobile-D "es una mezcla de muchas técnicas. Los investigadores no dudaron en aprovechar las prácticas habituales de desarrollo software. Pero, al mismo tiempo, consiguieron crear una

contribución original para el nuevo escenario del desarrollo de aplicaciones para sistemas móviles”

Para su proceso de investigación y desarrollo, Mobile-D se divide de distintas fases como son: exploración, inicialización, fase de producción, fase de estabilización y la fase de pruebas. Cada una tiene una función especial para que el desarrollo de la metodología ágil sea eficiente y el producto sea una aplicación móvil de calidad. Según las investigaciones de (Hernández & Gómez, 2016; Stapic, 2013) se detallan cada fase de la metodología Mobile-D:

- **Exploración:** El objetivo es establecer el proyecto inicial, así como preparar la base para el desarrollo futuro. El equipo de desarrollo debe generar un plan y establecer las características y los conceptos básicos que están alrededor de todo el proyecto. Este proceso se realiza en tres etapas: Establecimiento actores, definición del alcance y el establecimiento de proyectos. En esta fase inicial incluye a los clientes que toman parte activa en el proceso de desarrollo, la planificación inicial del proyecto, los requisitos y el establecimiento de procesos.
- **Inicialización:** El propósito de esta etapa es describir y preparar todos los componentes de la aplicación, así como predecir posibles problemas críticos del proyecto. Los desarrolladores preparan e identifican todos los recursos necesarios, en esta fase se planifica, luego se trabaja y se publica. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico como los recursos físicos, tecnológicos y de comunicaciones, incluyendo el entrenamiento del equipo de desarrollo. Esta fase se divide en cuatro etapas: la puesta en marcha del proyecto, la planificación inicial, el día de prueba y día de salida.
- **Producción:** Incluye la implementación de las funcionalidades requeridas mediante un ciclo de desarrollo iterativo e incremental. Primero se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y tareas a realizar. Se preparan las pruebas de la iteración de antemano. Las tareas se llevarán a cabo durante el día de trabajo, desarrollando e integrando el código con los repositorios existentes. Durante el último día se lleva a cabo la integración del sistema seguida de las pruebas de aceptación.
- **Estabilización:** El objetivo es finalizar la implementación, incluida la integración de subsistemas si es necesario. Se llevan a cabo las últimas acciones de integración para asegurar que el sistema completo funciona correctamente. En esta fase, los desarrolladores

realizarán tareas similares a las que debían desplegar en la fase de “producción”, aunque en este caso todo el esfuerzo se dirige a la integración del sistema. Adicionalmente se puede considerar en esta fase la producción de documentación.

- **Pruebas del sistema:** En esta fase se prueba y repara el sistema, se pasa una fase de test hasta tener una versión estable según lo establecido anteriormente por el cliente, esto como meta para así lograr la disponibilidad de una versión estable y plenamente funcional del sistema. El producto terminado e integrado se prueba con los requisitos del cliente y se eliminan todos los defectos encontrados. Una vez finalizadas todas las fases se debería tener una buena producción de la aplicación la cual ya puede ser publicable y entregable al usuario final.

Se ha tomado como metodología de desarrollo a Mobile-D por su enfoque en el desarrollo de aplicaciones móviles, y porque ofrece una mejor organización entre los desarrolladores y el cliente, además de un buen manejo y análisis de información para mantener una buena documentación, a comparación de otros modelos, que por su forma de trabajo, no mantiene la comunicación directa con el cliente, y puede verse afectado en el tiempo de desarrollo por su proceso.

9. PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS

Con la implementación de un modelo Machine Learning aplicado al estudio de enfermedades del Café (Coffee arábica) en el Centro de Investigación Sacha Wiwa, ubicada en la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, permitirá brindar a los agricultores e investigadores una herramienta que facilite la identificación de enfermedades en el cafeto.

9.1. Variables

9.1.1. Variable Independiente

Implementación de Modelo Machine Learning.

9.1.2. Variable Dependiente

Fortalecimiento del proceso enseñanza – aprendizaje para la identificación de enfermedades del Cafeto.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1. Métodos de investigación

10.1.1. Método Documental

Esta metodología permitió la recolección de información mediante la revisión de textos, artículos, revistas, sitios webs y bibliografías sobre el tema “Implementación de Modelos Machine Learning aplicados al estudio de enfermedades del Café (Coffee arábica) para huertas del Centro de Investigación Sacha Wiwa, ubicada en la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi”, se muestra el uso de este método en la fundamentación científica-técnica y en las herramientas a utilizar en la ejecución o desarrollo de la aplicación móvil, además permite la selección, análisis y presentación de los datos documentados de una manera ordenada y siguiendo los objetivos del proyecto.

10.1.2. Método analítico sintético

Este método dualista permite al investigador llegar a la veracidad de las cosas, en primer lugar, descomponiéndose en sus partes o elementos para observar las causas, naturaleza y efectos del problema de la investigación como los modelos machine learning, enfermedades del cafeto (coffee) y las herramientas de software. El análisis de estos temas permitirá obtener un gran conocimiento para la realización de una síntesis concisa que ayude en el desarrollo del proyecto.

10.1.3. Método deductivo

Mediante este método permite especificar los atributos sobre el tema “Implementación de Modelos Machine Learning aplicados al estudio de enfermedades del Café (Coffee arábica) para huertas del Centro de Investigación Sacha Wiwa, ubicada en la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi”, partiendo de lo general a lo particular, en el problema del proyecto, además permite extraer las conclusiones y recomendaciones, admite examinar los resultados de la entrevista de manera lógica y válidas, obteniendo así información relevante y útil para el proyecto.

10.2. Tipos de Investigación

10.2.1. Investigación Bibliográfica

Es importante conocer las bases teóricas y científicas expresadas por los autores en referencia al tema de investigación. Mediante esta investigación se recolecto atributos o características sobre el tema “Implementación de Modelos Machine Learning aplicados al estudio de enfermedades del Café (Coffee arábica) para huertas del Centro de Investigación Sacha Wiwa, ubicada en la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi”, esta información se respalda en varias obras bibliográficas, de libros, revistas, articulas, sitios webs lo que permitirá fundamentar el tema de la investigación y como estas repercutirán en el objeto de estudio que para la presente investigación.

10.2.2. Investigación de Campo.

La investigación de campo es la recolección de datos distintas fuentes primarias para una intención específica, está enfocada a entender, observar e interactuar con las personas en su entorno original. Mediante esta investigación se pudo obtener imágenes para el datasets y la valoración técnica del Ing. Agronomo Kleber Espinosa y el Ph.D. Milton Fernando Cabezas Guerrero, acerca de las enfermedades que afectan al cultivo del cafeto en las huertas del Centro de Investigación Sacha Wiwa, ubicada en la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi. Esta investigación permitirá conocer y obtener datos reales mediante las técnicas de entrevista y la observación.

10.2.3. Investigación Aplicada

La investigación desarrollada género óptimos conocimientos para desarrollar la propuesta de investigación con el tema “Implementación de Modelos Machine Learning aplicados al estudio de enfermedades del Café (Coffee arábica) para huertas del Centro de Investigación Sacha Wiwa, ubicada en la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi”, mediante las especificaciones técnicas de las herramientas como entorno de desarrollo IA, Frameworks y lenguajes de programación a usar en el diseño de modelos machine learning para la aplicación de clasificación de enfermedades del cultivo del Cafeto.

10.3. Técnica de Investigación

10.3.1. Entrevista

Mediante esta técnica se pudo recopilar información a través de un cuestionario de 7 preguntas que fueron elaboradas por el equipo de investigación para plantear a la entrevistada y conocer su valoración y criterio acerca de las enfermedades. La entrevista permitió conocer la opinión profesional del Ing. Kleber Espinoza, técnico Especialista en Sanidad Vegetal, para recopilar la información necesaria sobre las enfermedades del cultivo del cafeto, con el fin de obtener conocimientos suficientes del objeto de estudio.

10.3.2. Encuesta

Mediante esta técnica se puede obtener datos de varias personas, se utiliza un listado de preguntas escritas, se lo conoce como cuestionario que se entregan al encuestado y este debe de responderlo, de esta técnica se obtiene información de los caficultores de la zona, sobre los datos del cultivo del cafeto y la influencia de la tecnología. La técnica que se empleo es el cuestionario estructurado que permitió redactar las preguntas de forma coherente, y organizadas, secuenciadas y estructuradas con el fin de obtener toda la información necesaria.

10.3.3. Observación

Mediante esta técnica se nos permitió observar y realizar el levantamiento de datos y muestra sobre las enfermedades Roya (*Hemileia vastatrix*), Alternaria Alternata (Fr.) Keissl, Gotera u Ojo de gallo (*Mycena citricolor*), y Broca del fruto (*Hypotenemus hampei Ferr.*) que afectan al cultivo del cafeto; en donde se tomó como referencia al Centro de Investigación Sacha Wiwa, ubicada en la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi con el muestreo intencional o conveniencia debido al muestro a tomar.

10.4. Población y muestra

10.4.1. Población

Se realizó la investigación de la población a muestrear del Centro de Investigación Sacha Wiwa, como del Colegio Experimental Intercultural Bilingüe “Jatari Unancha”, ubicada en la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, donde se obtuvo lo siguiente:

Tabla 3. Población

Indicadores	Población
Personal administrativo y de servicios del Centro de Investigación Sacha Wiwa.	4
Estudiantes del Colegio Experimental Intercultural Bilingüe “Jatari Unancha” - Centro Guasaganda.	24
Docentes del Colegio Experimental Intercultural Bilingüe “Jatari Unancha” - Centro Guasaganda.	3
Caficultores de la zona del subtrópico de la provincia de Cotopaxi.	7
TOTAL	38

Elaborado por: Los Investigadores.

10.4.2. Muestra de los datos (imágenes) – Caso de estudio

Muestreo por conveniencia o juicio

Se tomó como referencia como estudio de campo al Centro de Investigación Sacha Wiwa, de acuerdo al criterio técnico del Ing. Ricardo Luna y el Ing. Kleber Espinoza, en donde se tomaron aleatoriamente 1180 fotos de las 3 enfermedades del cafeto encontradas y de su estado saludable para el entrenamiento del modelo de IA, generando 4 clases.

- Hojas con Roya (*Hemileia vastatrix*): 372 imágenes.
- Hojas con Alternaria Alternata (Fr.) Keissl: 240 imágenes.
- Hojas con Gotera u Ojo de gallo (*Mycena citricolor*): 339 imágenes.
- Hojas sanas: 229 imágenes.

Por otro lado, por medio del método de la observación se determinó que las enfermedades reconocidas en las huertas cafeteras corresponden al objeto de estudio.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. Metodología de Desarrollo

11.1.1. Análisis de Criterios de comparaciones de metodologías ágiles

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del análisis efectuado con base a la comparación de metodologías ágiles descrito por Zambrano García (2017):

Tabla 4. Cuadro de comparaciones de metodologías ágiles.

Características para el desarrollo de aplicaciones móviles		SCRUM	KAMBAN	XP	MOBILE - D
1	Identificación de Usuarios Objetivos/ Usuarios Finales.	Enfocado en las necesidades de cliente.	Enfocado en las necesidades de cliente.	Enfocado en las necesidades de cliente.	Enfoque en los usuarios finales.
2	Comunicación.	Comunicación alta.	Comunicación alta.	Comunicación alta.	Comunicación muy alta.
3	Documentación.	Documentación media.	Documentación baja.	Documentación media.	Documentación producida alta.
4	Minimización de impacto de limitaciones inherentes.	Alto.	Baja.	Alta.	Muy alta.
5	Minimización de impacto de limitaciones de evolución.	Alta.	Baja.	Alta.	Alta.
6	Valores o principios orientados al desarrollo de App.	Principios orientados a la gestión de proyectos.	Principios orientados a potenciar el flujo de trabajo.	Principios orientados a potenciamiento del trabajo del grupo de desarrolladores.	Elementos orientados al desarrollo de App.
7	Entrega de la aplicación en tiempos cortos.	Tiempos de entrega largos.	Tiempos de entrega cortos.	Entregas pequeñas (funcionalidades).	Entregas pequeñas (funcionalidades).
8	Metodología fácil de adoptar.	Dificultad muy alta.	Dificultad media.	Dificultad media.	Dificultad alta.
9	Calidad del producto.	Calidad alta.	Calidad alta.	Calidad alta.	Calidad alta.
10	Conciencia del producto en el mercado.	Media.	Baja.	Media.	Alta.

Fuente: Zambrano García (2017)

En la siguiente Tabla, se destacaron valores que van desde 1 a 10, siendo 1 el valor más bajo y 10 el valor más alto y las cuales son otorgadas en función de las características y enfoques de las metodologías y experiencias de uso. Al igual que en la tabla anterior, se define la característica con el mismo nivel de importancia.

Tabla 5. Tabla de ponderaciones de las metodologías ágiles vs características para el desarrollo de aplicaciones móviles.

Características para el desarrollo de aplicaciones móviles		SCRUM	KAMBAN	XP	MOBILE - D
1	Identificación de Usuarios/Objetivos/ Usuarios Finales	8	8	8	10
2	Comunicación.	9	9	9	9
3	Documentación	8	7	7	10
4	Minimización de impacto de limitaciones inherentes	8	6	8	9
5	Minimización de impacto de limitaciones de evolución	8	6	8	9
6	Valores o principios orientados al desarrollo de app	7	6	7	9
7	Entrega de la aplicación entiempos cortos	8	9	10	10
8	Metodología fácil de adoptar	7	8	8	8
9	Calidad del producto.	9	8	8	9
10	Conciencia del producto en el mercado.	8	8	8	8
	Total	80	75	81	91

Fuente: Zambrano García (2017)

Como se puede evidenciar a partir de la tabla 4 y 5, las características determinantes que suman puntos a la metodología “ganadora” es MOBILE-D. Manifestado estos resultados, se determinó que la mejor metodología para desarrollo de aplicaciones móviles entre las comparaciones realizadas, sobresale Mobile-D, por lo que la metodología a utilizar en el desarrollo del software será la antes mencionada.

11.2. Implementación de la Metodología Mobile-D

11.2.1. Fase de Exploración

Tal y cual como se trató en el marco teórico; en esta fase se definió y se estableció el stakeholder que vienen a ser las personas involucradas en el proyecto, los requerimientos y alcance, limitaciones y métricas de evaluación, el cual nos da una primera vista del proyecto con esto se pretende dar un adelanto de componentes y comportamiento de la solución a desarrollar y con la cual nos muestra un panorama de la línea arquitectónica que se va a plantear.

11.2.1.1. Establecimiento de los grupos de interés.

Las personas involucradas en el desarrollo de la aplicación son:

- **Desarrollador:** es un arquitecto de software cuya función específica es la de elaborar sistemas y tratar de que estas se ejecuten de una manera correcta sin tener ningún margen de error en su programación.
- **Usuario administrador:** Está pensado para que acceda a todas funcionalidades del aplicativo móvil que tiene un usuario común, y además este pueda gestionar las categorías en caso de determinar una nueva enfermedad en el cafeto, para de esta manera, cree una nueva clase con la descripción de esta, e ir añadiendo tomas fotográficas de esta nueva enfermedad para posteriormente re-entrenar el modelo, y se añada estas nuevas tomas fotográficas al modelo.
- **Usuario común:** Está pensado para que acceda solo por los dispositivos móviles, y acceda a los servicios de diagnóstico que el aplicativo ofrece.

11.2.1.2. Requerimientos Iniciales

Se desarrollará una aplicación móvil que permita el diagnóstico e identificación de una determinada enfermedad en el cafeto, mediante el uso de un modelo machine learning previamente entrenado para la enseñanza – aprendizaje de beneficiarios tanto directos, como indirectos de este proyecto, tomando como campo de estudio al Centro de Investigación Sacha Wiwa, perteneciente a la Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi.

En base a toda la información que se recolectó se determinaron los siguientes requisitos:

11.2.1.3. Requerimientos funcionales

Tabla 6. Requerimientos funcionales.

Id	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF1	Registro de usuario administrador	Además de tener acceso a las mismas funcionalidades del aplicativo móvil que tiene un usuario común, este puede gestionar las categorías en caso de determinar una nueva enfermedad en el cafeto, para de esta manera, crear una nueva clase con la descripción de esta, e ir añadiendo tomas fotográficas de esta nueva enfermedad para posteriormente re-entrenar el modelo, y se añada estas nuevas tomas fotográficas al modelo.	Alta
RF2	Registro de usuario común	Para el acceso, el usuario debe registrarse en la aplicación, ingresando los siguientes datos: nombres, correo, contraseña, y confirmación de contraseña.	Alta
RF3	Autenticación del usuario	Ya sea para el administrador o usuario común que haga uso del aplicativo móvil, el acceso será con los siguientes datos: correo y contraseña.	Alta
RF4	Respuesta de diagnóstico	El usuario hará la toma o subida de la imagen para el diagnóstico de una determinada enfermedad del cafeto.	Alta
RF5	Generar Resumen	Registro automático y resumen del número de enfermedades diagnosticadas.	Media
RF6	Historial de App	El aplicativo al momento de haber diagnosticado la enfermedad en las imágenes tomadas o subidas por el usuario, estas se quedan registradas en un apartado de historial del aplicativo, como en el almacenamiento del dispositivo móvil.	Media
RF7	Actualización de imágenes	En caso de que el usuario no cuente con acceso a internet, ya sea porque se encuentre en una zona restringida al mismo, esta se sincronizará con la base de datos en el servidor en cuanto retome la conexión a internet, pasando de estar en estado de “No cargada” a “Cargada”.	Media
RF8	Acceso configuración	El usuario común podrá revisar la información actual de su perfil, el cierre de sesión, visualizar la información de la versión de la aplicación. Mientras que el usuario administrador tendrá una opción adicional que es la que se detalló en el RF1.	Media
RF9	Acceso ayuda	El usuario podrá visualizar una guía del uso de la aplicación, así como también un listado de síntomas que presenta una determinada enfermedad encontrada en el campo de estudio, y concejos especialistas para el tratamiento y cuidado ante tales enfermedades.	Media

Fuente: Los investigadores.

11.2.1.4. Requerimientos no funcionales

Tabla 7. Requerimientos no funcionales.

Id	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RNF1	Estado del diagnóstico de una enfermedad	Se notifica el estado actual de la enfermedad a diagnosticar emitida por el usuario, esta muestra los siguientes estados: procesando, y “La enfermedad diagnosticada”.	Alta
RNF2	Fluidez en base de datos	Los datos modificados en la base de datos deben ser sincronizados en tiempo real.	Alta
RNF3	Protección de datos	Para el ingreso al aplicativo móvil, estarán protegido los usuarios registrados con contraseñas cifradas.	Alta
RNF4	Adaptabilidad del usuario	El tiempo de enseñanza-aprendizaje del uso de la aplicación por un usuario deberá ser menor a dos horas.	Alta
RNF5	Interfaz	La aplicación móvil tendrá una interfaz intuitiva y amigable para una mayor facilidad en su uso.	Alta
RNF6	Idioma	La aplicación móvil tendrá por defecto el idioma español.	Alta

Fuente: Los investigadores.

11.2.1.5. Definición del alcance

El alcance de este proyecto de investigación supone tener sus limitaciones y supuestos.

11.2.1.6. Limitaciones

Las limitaciones que tendrá la aplicación móvil son las siguientes:

- La aplicación móvil requiere de una conexión a internet para la interacción de los servicios.
- Los dispositivos móviles que podrán ejecutar esta aplicación serán los que cuenten con el sistema operativo Android, que como mínimo deben contar con la versión 7.0 (Lollipop). Ya que frente a iOS, ya sea para programar, probar un determinado software o hardware o adquirir un dispositivo a modo personal, Android resulta ser un sistema mucho más barato que iOS, a pesar de que como lo destacó Mena (2020), en el mercado los sistemas operativos para los Smartphone más usados es Android e iOS, en estadísticas la cuota en el mercado entre el 2014 y 2019 el sistema operativo de Android se situó en la primera posición con el 86,1% de unidades distribuidas, mientras que el sistema operativo de iOS con el 13,9% de smartphones distribuidos, de una distribución de dispositivos móviles de 1.372 millones.
- Para la orientación a dispositivos móviles con sistema operativo iOS, se requiere de un equipo Mac, y un dispositivo iPhone para a partir de él, realizar las pruebas necesarias, a la cual no se la orienta el aplicativo por cuestiones económicas y de tiempo.

11.2.1.7. Establecimiento de categoría

Los supuestos y dependencias que se han encontrado son los siguientes:

- Personal estudiantil y docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi - Extensión La Maná.
- La aplicación gestionará la información mediante un servidor dedicado, que contiene una base de datos SQL.

11.2.1.8. Establecimiento del proyecto

En esta etapa indicamos que tipo de herramientas se usaron, y el procedimiento del desarrollo del Modelo ML como el de la Aplicación Móvil, e integración de estas.

- **Entorno Virtual Python**

Este es el espacio donde se instalaron los paquetes/librerías específicos para el proyecto, aislados de la instalación principal de Python en nuestro sistema.

Figura 1. Activación de entorno virtual por consola CMD.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 10.0.19043.1889]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Ulloa>cd desktop\Proyecto

C:\Users\Ulloa\Desktop\Proyecto>entorno\Scripts\activate.bat

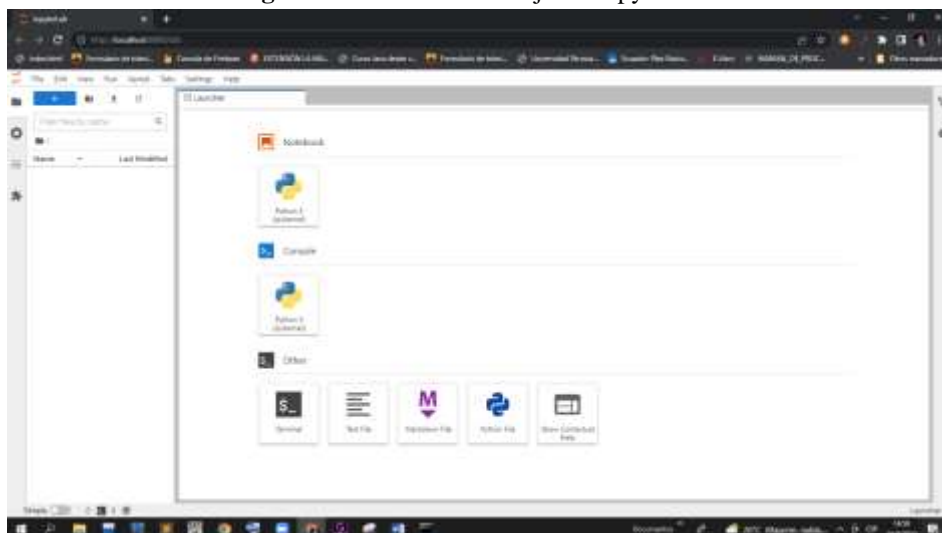
(entorno) C:\Users\Ulloa\Desktop\Proyecto>
```

Fuente: Los investigadores.

- **Jupyter Lab**

Es el entorno de desarrollo interactivo basado en la web para cuadernos, código y datos, que se empleó para el entrenamiento y predicción del modelo ML orientado al diagnóstico y detección de enfermedades en el café.

Figura 2. Entorno de Trabajo de Jupyter Lab



Fuente: Los investigadores.

- **Tensorflow – Keras**

Son librerías de código abierto, que nos permiten adentrarnos en el Deep Learning, también conocido como aprendizaje profundo para poder proceder con la conformación e integración del modelo ML orientado al diagnóstico y detección de enfermedades en el cafeto. A continuación se describen cada uno de los procesos de que se llevaron a cabo:

Importación e implementación de librerías a utilizar para el entrenamiento del modelo en conjunto con el uso de convolución y pooling para filtrar y resumir las respuestas de salida cercanas de la imagen usando una máscara, donde si se piensa, diferentes máscaras nos producirían resultados diferentes. Estas mascarar representan las conexiones entre neuronas en la capa anterior, aprendiendo gradualmente las características de alto orden de la entrada original.

Figura 3. Importación e implementación de librerías a utilizar para el entrenamiento del modelo.

```
[1]: import tensorflow as tf
import sys
import os
from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from tensorflow.python.keras import optimizers

from tensorflow.python.keras.optimizer_v2.adam import Adam

from tensorflow.python.keras.models import Sequential
from tensorflow.python.keras.layers import Dropout, Flatten, Dense, Activation
from tensorflow.python.keras.layers import Convolution2D, MaxPooling2D
from tensorflow.python.keras import backend as K

[2]: K.clear_session()

[3]: tf.keras.optimizers.Adam()

[3]: <keras.optimizers.optimizer_v2.adam.Adam at 0x1ae6d347e80>
```

Fuente: Los investigadores.

Asignación de rutas a variables donde se encuentran alojados los set de datos de entrenamiento con 708 imágenes que corresponde al 60% y el 20% de estas (que equivalen a 236 imágenes) corresponden a la validación. El 20% restante se las emplea para las pruebas, teniendo un Set de datos de 1180 imágenes que se estipularon en el caso de estudio.

Figura 4. Asignación de rutas a variables

```
[4]: data_entrenamiento='./data/entrenamiento'
data_validacion='./data/validacion'
```

Fuente: Los investigadores.

Asignación de parámetros iniciales para el entrenamiento del modelo ML orientado al diagnóstico y detección de enfermedades en el café.

Figura 5. Asignación de parámetros iniciales para el entrenamiento del modelo

```
[5]: #Parametros

epocas=40
altura, longitud= 100, 100
batch_size=32
pasos=1000
pasos_validacion=200
filtrosConv1=32
filtrosConv2=64
tamano_filtro1=(3,3)
tamano_filtro2=(2,2)
tamano_pool=(2,2)
clases=4
adam_opt = Adam(learning_rate=0.0005)
```

Fuente: Los investigadores.

A continuación se realizó el Preprocesamiento de las imágenes donde en las rutas asignadas se establecieron 4 clases/carpets con las imágenes determinadas en el caso de estudio. Tres clases con enfermedades, y la otra clase con opción a salida de hoja sana.

Figura 6. Preprocesamiento de Imágenes

```
[6]: #Preprocesamiento de Imágenes

entrenamiento_datagen= ImageDataGenerator(
    rescale=1/255,
    shear_range=0.3,
    zoom_range=0.3,
    horizontal_flip=True
)

validacion_datagen=ImageDataGenerator(
    rescale=1/255
)

imagen_entrenamiento=entrenamiento_datagen.flow_from_directory(
    data_entrenamiento,
    target_size= (altura, longitud),
    batch_size=batch_size,
    class_mode='categorical'
)

imagen_validacion=validacion_datagen.flow_from_directory(
    data_validacion,
    target_size= (altura, longitud),
    batch_size=batch_size,
    class_mode='categorical'
)

Found 708 images belonging to 4 classes.
Found 236 images belonging to 4 classes.
```

Fuente: Los investigadores.

Una vez obtenido los datos/imágenes de las carpetas clasificadas, se procede a la creación de la Red CNN (Convolutiva), y el entrenamiento de ésta según la definición de los parámetros estipulados anteriormente.

Figura 7. Preprocesamiento de Imágenes

```
#Crear la Red CNN (Convolutiva)
cnn=Sequential()

cnn.add(Convolution2D(filtrasConv1, tamaño_filtra1, padding='same', input_shape=(altura, longitud,)), activation='relu')
cnn.add(MaxPooling2D(pool_size=tamaño_pool))

cnn.add(Convolution2D(filtrasConv2, tamaño_filtra2, padding='same', activation='relu'))
cnn.add(MaxPooling2D(pool_size=tamaño_pool))

cnn.add(Flatten())
cnn.add(Dense(256, activation='relu'))
cnn.add(Dropout(0.5))
cnn.add(Dense(classes, activation='softmax'))

cnn.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer=adam_opt, metrics=['accuracy'])

cnn.fit(imagen_entrenamiento, steps_per_epoch=pasos, epochs=epochas, validation_data=(imagen_validacion, validation_steps=pasos_validacion))

dir='./modelo/'

if not os.path.exists(dir):
    os.mkdir(dir)
cnn.save('./modelo/modelo.h5')
cnn.save_weights('./modelo/pesos.h5')
```

```
Epoch 1/40
1000/1000 [-----] - 976s 976ms/step - loss: 0.9668 - accuracy: 0.5834 - val_loss: 2.6293 - val_accuracy: 0.2288
Epoch 2/40
1000/1000 [-----] - 971s 972ms/step - loss: 0.4936 - accuracy: 0.8988 - val_loss: 5.3695 - val_accuracy: 0.3341
Epoch 3/40
1000/1000 [-----] - 980s 981ms/step - loss: 0.2025 - accuracy: 0.8944 - val_loss: 6.1337 - val_accuracy: 0.3600
Epoch 4/40
1000/1000 [-----] - 986s 986ms/step - loss: 0.1837 - accuracy: 0.9296 - val_loss: 8.4837 - val_accuracy: 0.3883
Epoch 5/40
1000/1000 [-----] - 982s 983ms/step - loss: 0.1417 - accuracy: 0.9462 - val_loss: 9.4862 - val_accuracy: 0.3981
Epoch 6/40
1000/1000 [-----] - 989s 990ms/step - loss: 0.1176 - accuracy: 0.9629 - val_loss: 11.8657 - val_accuracy: 0.3688
Epoch 7/40
1000/1000 [-----] - 989s 989ms/step - loss: 0.9484 - accuracy: 0.9763 - val_loss: 17.1641 - val_accuracy: 0.3883
Epoch 8/40
1000/1000 [-----] - 998s 999ms/step - loss: 0.8490 - accuracy: 0.9772 - val_loss: 14.6529 - val_accuracy: 0.3937
Epoch 9/40
1000/1000 [-----] - 999s 999ms/step - loss: 0.8489 - accuracy: 0.9779 - val_loss: 15.8466 - val_accuracy: 0.3731
Epoch 10/40
1000/1000 [-----] - 984s 985ms/step - loss: 0.8435 - accuracy: 0.9794 - val_loss: 15.9419 - val_accuracy: 0.4068
Epoch 11/40
1000/1000 [-----] - 985s 986ms/step - loss: 0.8448 - accuracy: 0.9789 - val_loss: 16.4782 - val_accuracy: 0.3818
Epoch 12/40
1000/1000 [-----] - 991s 992ms/step - loss: 0.8444 - accuracy: 0.9782 - val_loss: 17.0272 - val_accuracy: 0.3873
Epoch 13/40
1000/1000 [-----] - 994s 995ms/step - loss: 0.8417 - accuracy: 0.9788 - val_loss: 13.1983 - val_accuracy: 0.3344
Epoch 14/40
1000/1000 [-----] - 982s 983ms/step - loss: 0.8434 - accuracy: 0.9784 - val_loss: 14.5181 - val_accuracy: 0.3554
Epoch 15/40
1000/1000 [-----] - 984s 985ms/step - loss: 0.8424 - accuracy: 0.9809 - val_loss: 16.5113 - val_accuracy: 0.3893
Epoch 16/40
1000/1000 [-----] - 989s 990ms/step - loss: 0.8372 - accuracy: 0.9806 - val_loss: 16.5142 - val_accuracy: 0.3693
Epoch 17/40
1000/1000 [-----] - 988s 989ms/step - loss: 0.8458 - accuracy: 0.9799 - val_loss: 17.4842 - val_accuracy: 0.3886
Epoch 18/40
1000/1000 [-----] - 984s 985ms/step - loss: 0.8391 - accuracy: 0.9807 - val_loss: 13.6849 - val_accuracy: 0.3644
Epoch 19/40
1000/1000 [-----] - 982s 983ms/step - loss: 0.8481 - accuracy: 0.9798 - val_loss: 17.0340 - val_accuracy: 0.3639
Epoch 20/40
1000/1000 [-----] - 987s 988ms/step - loss: 0.8373 - accuracy: 0.9811 - val_loss: 13.5117 - val_accuracy: 0.3861
Epoch 21/40
1000/1000 [-----] - 993s 994ms/step - loss: 0.8426 - accuracy: 0.9784 - val_loss: 17.7129 - val_accuracy: 0.4153
Epoch 22/40
1000/1000 [-----] - 994s 995ms/step - loss: 0.8364 - accuracy: 0.9805 - val_loss: 18.6875 - val_accuracy: 0.3888
Epoch 23/40
1000/1000 [-----] - 985s 986ms/step - loss: 0.8380 - accuracy: 0.9804 - val_loss: 19.6155 - val_accuracy: 0.3636
Epoch 24/40
1000/1000 [-----] - 1047s 1s/step - loss: 0.8412 - accuracy: 0.9796 - val_loss: 17.9812 - val_accuracy: 0.3863
Epoch 25/40
1000/1000 [-----] - 989s 989ms/step - loss: 0.8344 - accuracy: 0.9829 - val_loss: 16.7767 - val_accuracy: 0.3771
```

Fuente: Los investigadores.

Una vez terminado el entrenamiento de la red neuronal, nos generaran 2 archivos con extensión “.h5” que son el modelo y pesos entrenados, los cuales se emplean a continuación para realizar las pruebas de predicción y precisión del modelo.

Figura 8. Pruebas de predicción y precisión del modelo

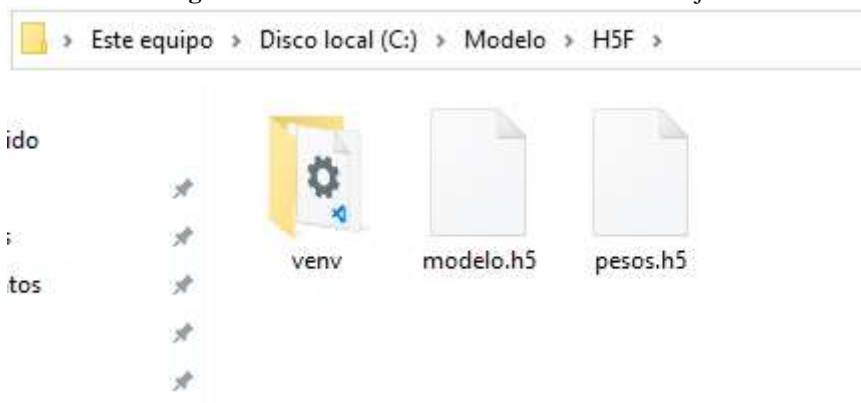


Fuente: Los investigadores.

Conversión de modelo .h5 a tensorflowjs

Partimos de la carpeta donde se encuentra el modelo de Keras.

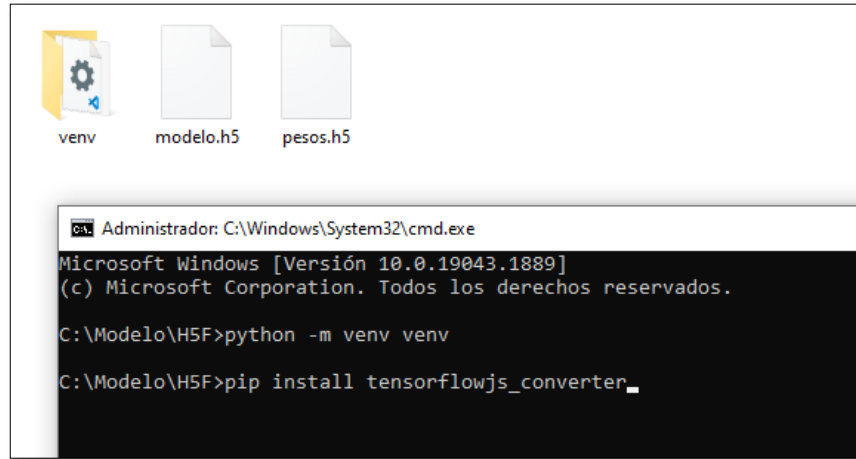
Figura 9. Conversión de modelo .h5 a tensorflowjs



Fuente: Los investigadores.

Una vez ingresado a la carpeta se abre cmd en dicha carpeta y se instala la herramienta de conversión de modelos tensorflowjs[wizard] por medio de pip.

Figura 10. Instalación de herramienta de conversión de modelos tensorflowjs[wizard] por medio de pip



Ya instalada la herramienta de conversión tendremos el siguiente resultado:

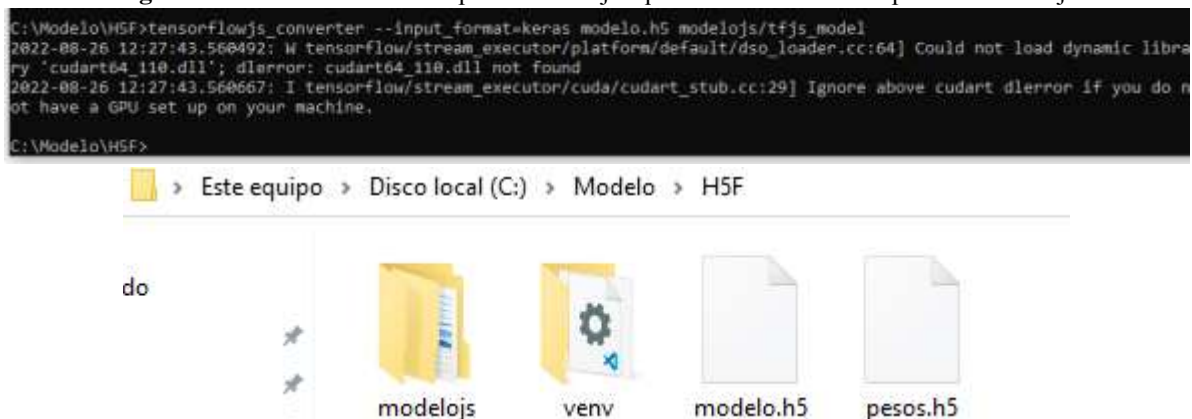


Fuente: Los investigadores.

A partir de ello podemos ejecutar la herramienta con la siguiente sintaxis que nos generará una nueva carpeta denominada “modelojs” que contiene el archivo para tensorflowjs.

tensorflowjs_converter --input_format=keras modelo.h5 modelojs/tfjs_model

Figura 11. Generación de la carpeta “modelojs” que contiene el archivo para tensorflowjs



Fuente: Los investigadores.

El contenido de la carpeta “modelojs” posee archivos con extensiones .bin y .json, con los cuales se puede cargar el modelo en la aplicación y realizar el reconocimiento de la enfermedad en el cafeto.

Figura 12. Archivos con extensiones .bin y .json

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
group1-shard1of10.bin	26/08/2022 12:27	Archivo BIN	4.096 KB
group1-shard2of10.bin	26/08/2022 12:27	Archivo BIN	4.096 KB
group1-shard3of10.bin	26/08/2022 12:27	Archivo BIN	4.096 KB
group1-shard4of10.bin	26/08/2022 12:27	Archivo BIN	4.096 KB
group1-shard5of10.bin	26/08/2022 12:27	Archivo BIN	4.096 KB
group1-shard6of10.bin	26/08/2022 12:27	Archivo BIN	4.096 KB
group1-shard7of10.bin	26/08/2022 12:27	Archivo BIN	4.096 KB
group1-shard8of10.bin	26/08/2022 12:27	Archivo BIN	4.096 KB
group1-shard9of10.bin	26/08/2022 12:27	Archivo BIN	4.096 KB
group1-shard10of10.bin	26/08/2022 12:27	Archivo BIN	3.177 KB
model.json	26/08/2022 12:27	Archivo de origen ...	5 KB

Fuente: Los investigadores.

El contenido de la carpeta “modelojs” posee archivos con extensiones .bin y .json, que contiene el modelo ML entrenado. Estos archivos se los carga en el componente reconocimiento del desarrollo del aplicativo móvil, de la siguiente forma:

Figura 13. Carga de archivos archivos .bin y .json en el componente reconocimiento.

```

14 import * as tf from '@tensorflow/tfjs';
15 import '@tensorflow/tfjs-react-native';
16 import { bundleResourceIO } from '@tensorflow/tfjs-react-native';
17 import ImgToBase64 from 'react-native-image-base64';
18 import * as ImageManipulator from 'expo-image-manipulator';
19 import * as jpeg from 'jpeg-js';
20 import * as FileSystem from 'expo-file-system';
21
22 const modelJson = require('../assets/model/model.json');
23 const modelWeights1 = require('../assets/model/group1-shard1of10.bin');
24 const modelWeights2 = require('../assets/model/group1-shard2of10.bin');
25 const modelWeights3 = require('../assets/model/group1-shard3of10.bin');
26 const modelWeights4 = require('../assets/model/group1-shard4of10.bin');
27 const modelWeights5 = require('../assets/model/group1-shard5of10.bin');
28 const modelWeights6 = require('../assets/model/group1-shard6of10.bin');
29 const modelWeights7 = require('../assets/model/group1-shard7of10.bin');
30 const modelWeights8 = require('../assets/model/group1-shard8of10.bin');
31 const modelWeights9 = require('../assets/model/group1-shard9of10.bin');
32 const modelWeights10 = require('../assets/model/group1-shard10of10.bin');
33

```

Fuente: Los investigadores.

Una vez cargado el modelo, el código para que ya funcione el reconocimiento desde nuestro aplicativo móvil es el siguiente:

Figura 14. Carga de archivos .bin y .json en el componente reconocimiento.

```

265
266     const BACKEND_CONFIG = 'cpu';
267     await tf.setBackend(BACKEND_CONFIG);
268     await tf.ready()
269     console.log("tf ready")
270     const model = await tf.loadLayersModel(bundleResourceIO(modelJson,
    [modelWeights1, modelWeights2, modelWeights3, modelWeights4,modelWeights5,
    modelWeights6,modelWeights7,modelWeights8,modelWeights9,modelWeights10]));
271     console.log("Async model load")
272     console.log(model)
273     const imgResized=await resizeImage(Asset.uri)
274     const base64Img = await FileSystem.readAsStringAsync(imgResized.uri, {
    encoding: 'base64' });
275     const rawImageData = tf.util.encodeString(base64Img, 'base64');
276     const TO_UINT8ARRAY = true;
277     const {width, height, data} = jpeg.decode(rawImageData, TO_UINT8ARRAY);
278     const buffer = new Uint8Array(width * height * 3);
279     let offset = 0; // offset into original data
280     for (let i = 0; i < buffer.length; i += 3) {
281         buffer[i] = data[offset];
282         buffer[i + 1] = data[offset + 1];
283         buffer[i + 2] = data[offset + 2];
284
285         offset += 4;
286     }
287     const tensor1 = tf.tensor3d(buffer, [height, width, 3]);
288     console.log("tensor1")
289     console.log(tensor1)
290     const pred=model.predict(tensor1.reshape([1,100,100,3]))
291     const resultadoPred = await pred.data()
292

```

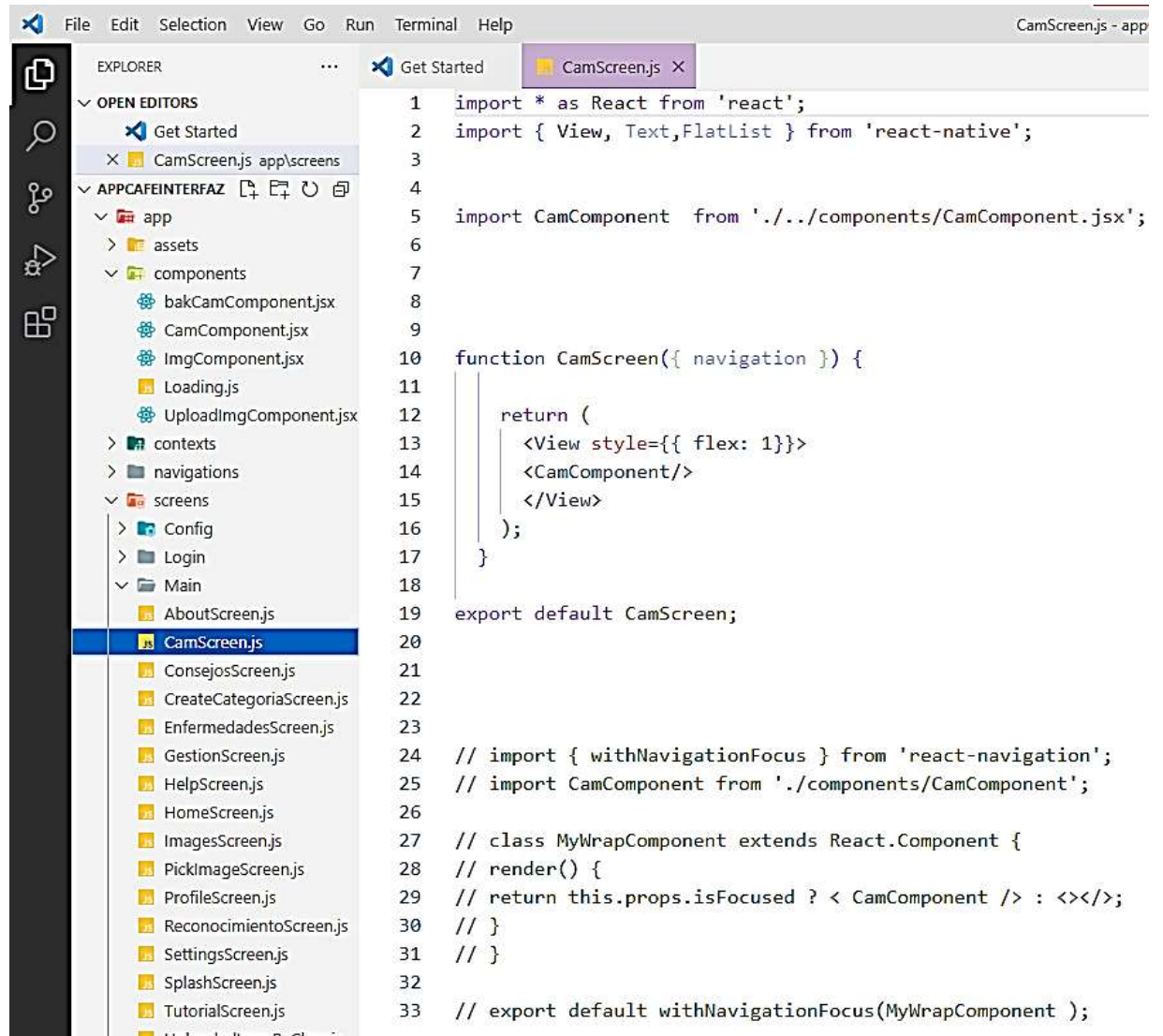
Fuente: Los investigadores.

La variable “resultadoPred” será quien contenga el resultado y desencadenará las acciones dependiendo de la enfermedad predicha.

- **IDE Visual Studio Code para React native**

El IDE Visual Studio Code se ha utilizado para la codificación de la aplicación, a través de su editor de código se ha escrito la sintaxis pertinente a las pantallas de la aplicación, y por medio de la consola de comandos se han realizado las pruebas de funcionalidad.

Figura 15. IDE Visual Studio Code para React native



```

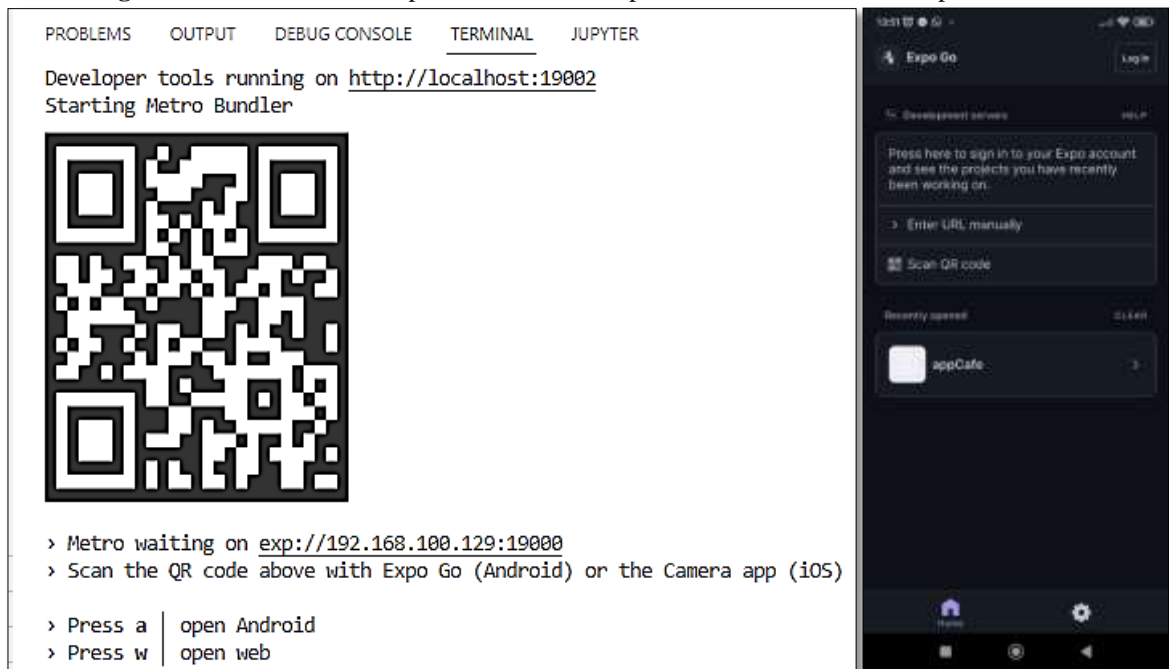
1  import * as React from 'react';
2  import { View, Text, FlatList } from 'react-native';
3
4
5  import CamComponent from '../components/CamComponent.jsx';
6
7
8
9
10 function CamScreen({ navigation }) {
11
12     return (
13         <View style={{ flex: 1 }}>
14             <CamComponent/>
15         </View>
16     );
17 }
18
19 export default CamScreen;
20
21
22
23
24 // import { withNavigationFocus } from 'react-navigation';
25 // import CamComponent from './components/CamComponent';
26
27 // class MyWrapComponent extends React.Component {
28 //   render() {
29 //     return this.props.isFocused ? < CamComponent /> : <</>;
30 //   }
31 // }
32
33 // export default withNavigationFocus(MyWrapComponent );

```

Fuente: Los investigadores.

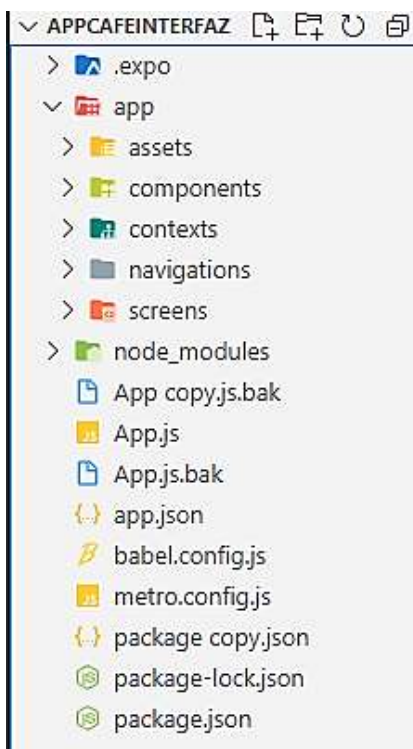
Como parte de resultado de compilación del código para la compilación de interfaces, y visualizar los resultados de avance de desarrollo, se empleó Expo GO para por medio de su lectura de código Qr compilar la aplicación en algún dispositivo móvil que se encuentre enlazado a la misma dirección de red de la máquina con la que se está trabajando.

Figura 16. Resultado de compilación de terminal por IDE Visual Studio Code para React native.



Fuente: Los investigadores.

● React native



React Native es el framework utilizado para la programación de la aplicación móvil, se compone de un proyecto que utiliza el lenguaje javascript para definir el comportamiento de la aplicación, este proyecto se divide y compone de una serie de directorios y paquetes a emplear.

Figura 17. Directorio y paquetes de Proyecto.

Fuente: Los investigadores.

- **JavaScript (JS)**

JavaScript es el principal lenguaje de programación utilizado para la creación de la aplicación, en este se codifica las acciones a realizar para utilizar react native, además de también programarse las acciones a realizar en el backend.

A continuación, se puede visualizar un ejemplo del uso de JavaScript para la programación de una de las pantallas de la aplicación.

Figura 18. Uso de JavaScript para la programación de una de las pantallas de la aplicación.

```

1  import React from 'react';
2  import { ScrollView } from 'react-native';
3  import { PricingCard, lightColors } from '@rneui/themed';
4
5  export default function AboutScreen({ navigation }) {
6  return (
7    <>
8      <ScrollView>
9        <PricingCard
10         color={lightColors.primary}
11         title="AgroCafé"
12         price="V 1.0"
13         info={['Bryan Ulloa', 'Aslehy García']}
14         button={{ title: 'Contactar', icon: 'email' }}
15       />
16     </ScrollView>
17   </>
18 );
19 };

```

Fuente: Los investigadores.

- **Sequelize**

Sequelize permite una comunicación sencilla entre el lenguaje de programación JavaScript y una base de datos MySQL, esto ayuda a que no se deba utilizar sentencias sql complejas y solo se utilice JavaScript en su lugar, a continuación, tenemos un ejemplo del uso de Sequelize para realizar una consulta a la base de datos con el lenguaje JavaScript.

Figura 19. Uso de Sequelize para realizar una consulta a la base de datos con el lenguaje JavaScript.

```

1  const modeloImagen = require('../models').Imagen
2  const request = require('request');
3  var fs = require('fs');
4  const mime = require('mime');
5  module.exports = class controllerImagenes {
6    static async getImagenes(req,res){
7      modeloImagen.findAll({
8
9      })
10     .then((data)=>{
11       res.json({resultado:data})
12     })
13     .catch((error)=>{
14       res.json({error:error})
15     })
16   }

```

Fuente: Los investigadores.

- **NodeJS:**

NodeJS es el entorno de ejecución del proyecto, este nos ayuda a ejecutar el código del backend de la aplicación en cualquier sistema operativo, NodeJS también se encarga de la gestión de dependencias e instalación de librerías a través de un subsistema llamado NPM. En la imagen se puede apreciar el uso de Node para la ejecución.

Figura 20. Uso de Node para la ejecución.

```
C:\backend>npm run dev

> Backend@1.0.0 dev C:\backend
> nodemon app.js

[nodemon] 2.0.15
[nodemon] to restart at any time, enter `rs`
[nodemon] watching path(s): *.*
[nodemon] watching extensions: js,mjs,json
[nodemon] starting `node app.js`
Server UP running at: localhost:3125
```

Fuente: Los investigadores.

- **ExpressJS:**

ExpressJS nos permite la creación de servicios Web que implementan la arquitectura REST, para lo cual se ha creado un proyecto que contiene la lógica necesaria para la creación del backend de la aplicación, el cual será el encargado de la administración de los datos y su almacenamiento en una Base de Datos, a continuación, tenemos el archivo app.js, que es el encargado de inicializar el servicio web utilizando ExpressJS.

Figura 21. Archivo app.js, que es el encargado de inicializar el servicio web utilizando ExpressJS.

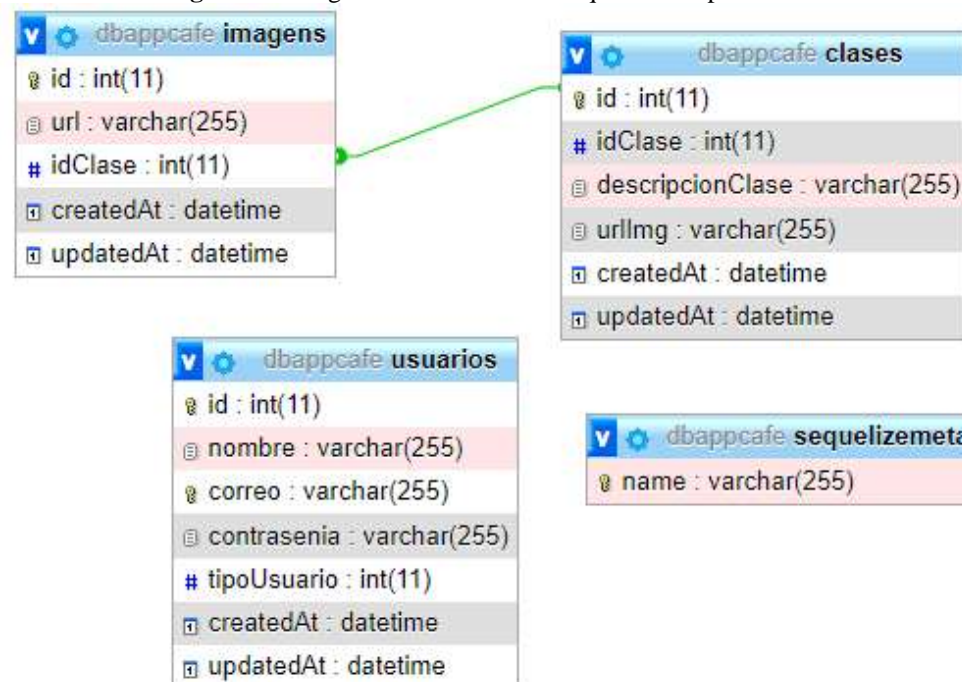
```
1  const express=require('express')
2  const app=express()
3  const cors = require('cors')
4  const cookieParser = require('cookie-parser')
5
6  app.use(cors({
7    credentials: true,
8    origin: ['http://localhost:3125', 'http://localhost:8082', 'http://192.168.100.100']
9  }))
10 app.use(cookieParser())
11
12 app.use(express.json({limit: '25mb'}));
13 app.use(express.urlencoded({extended: true,limit: '25mb'}));
14
15 app.use(express.static("uploads/imgs"))
16 app.use(express.static("uploads/docs"))
17
18
19 app.get('/',(req,res)=>{
20   res.send("PING")
21 })
22
```

Fuente: Los investigadores.

- **MySQL**

MySQL es el gestor de base de datos donde creamos la base de datos “dbappcafe”, que es donde se almacenan todos los datos necesarios para el funcionamiento de la aplicación. A continuación, se muestra una captura del diagrama de base de datos que usa la aplicación.

Figura 22. Diagrama de base de datos que usa la aplicación.



Fuente: Los investigadores.

11.2.2. Fase de Inicialización

En esta fase tiene como resultado la realización de actividades para el desarrollo y diseño de la aplicación móvil.

11.2.2.1. Configuración del ambiente de desarrollo

Esta actividad está explícitamente destinada para el desarrollador de la aplicación móvil, tiene como objetivo el de plantear un ambiente adecuado para realizar el desarrollo, en esta actividad además el desarrollador puede ejecutar pruebas de los requerimientos, sin tener la necesidad de una implementación real.

- **Tipo de proyecto:** Aplicación móvil.
- **Lenguaje de programación aplicación:** JavaScript.
- **Lenguaje de programación de modelo:** Python.

11.2.2.2. Preparación del ambiente

Instalación de las siguientes herramientas a ocupar:

- Jupyter Lab, tensorflow y keras para creación y entrenamiento de modelo.
- IDE Visual Studio Code, React native, y NodeJs para aplicativo móvil
- MySQL para la gestión de bases de datos.

11.2.2.3. Capacitaciones

Estudio técnico por parte del desarrollador sobre el uso de Machine Learning para la creación y entrenamiento de modelo, e integración con el desarrollo del aplicativo móvil, que permitió al desarrollador tener un mayor conocimiento sobre el tema y a despejar puntos que no haya quedado claro a la hora de desarrollo.

11.2.2.4. Planificación de fases

Tabla 8. Matriz de fases del desarrollo Mobile-D

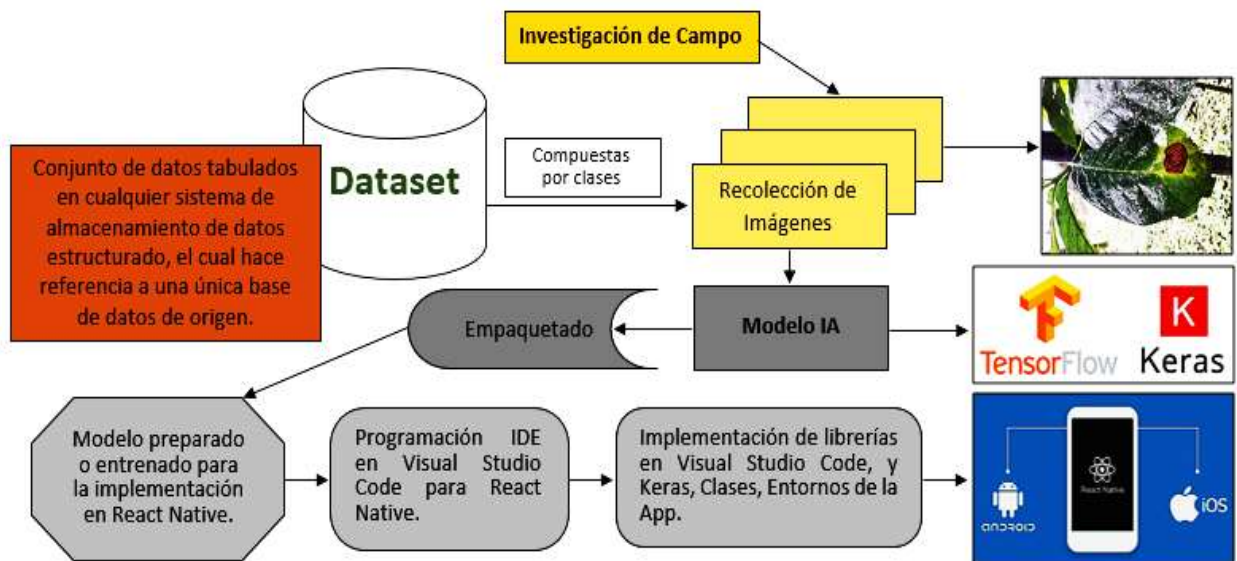
Fase	Iteración	Descripción
Exploración	Iteración 0	Establecimiento del proyecto, establecimiento de los grupos de interés, limitaciones, supuestos y dependencias.
Inicialización	Iteración 0	Análisis de los requerimientos.
Producción	Iteración 1	Integración de la autenticación de acceso de usuarios al sistema. Integración de la funcionalidad de diagnóstico de enfermedad mediante modelo de inteligencia artificial, generación de interfaces. Generación y pruebas de aceptación.
	Iteración 2	Implementación de la funcionalidad de registro de usuarios. Incorporar mejoras al modelo después de haber realizado reentrenamiento mediante inteligencia artificial, mejora en la presentación de interfaces. Generación y pruebas de aceptación.
	Iteración 3	Implementación de la funcionalidad de reconocimiento de enfermedades del cafeto usando la cámara y storage de dispositivo. Incorporar mejoras a la funcionalidad de diagnóstico de enfermedad mediante inteligencia artificial, mejora en la presentación de interfaces. Generación y pruebas de aceptación.

	Iteración 4	Implementación de vistas de historial y resumen de enfermedades diagnosticadas. Implementación de la funcionalidad de almacenamiento y sincronización de datos con el servidor, mejora en la presentación de interfaces. Generación y pruebas de aceptación.
	Iteración 5	Integración de vistas de configuración y ayuda en el manejo de aplicativo móvil, mejora en la presentación de interfaces. Generación y pruebas de aceptación.
Estabilización	Iteración 6	Refactorización de la autenticación de acceso de usuarios al sistema. Definición de la funcionalidad diagnóstico de enfermedad mediante modelo de inteligencia artificial y definición de las de interfaces definitivas. Aplicación de las pruebas para su correspondiente aceptación.
	Iteración 7	Refactorización de la funcionalidad de registro de usuarios. Definición de la funcionalidad diagnóstico de enfermedad mediante modelo de inteligencia artificial y definición de las de interfaces definitivas. Aplicación de las pruebas para su correspondiente aceptación.
	Iteración 8	Refactorización de la funcionalidad de reconocimiento de enfermedades del cafeto usando la cámara y storage de dispositivo. Definición de mejoras a la funcionalidad de diagnóstico de enfermedad mediante inteligencia artificial, y definición de las de interfaces definitivas.. Aplicación de las pruebas para su correspondiente aceptación.
	Iteración 9	Refactorización de vistas de historial y resumen de enfermedades diagnosticadas. Definición de la funcionalidad de almacenamiento y sincronización de datos con el servidor, definición de las de interfaces definitivas. Aplicación de las pruebas para su correspondiente aceptación.
	Iteración 10	Refactorización de vistas de configuración y ayuda en el manejo de aplicativo móvil y definición de las de interfaces definitivas. Aplicación de las pruebas para su correspondiente aceptación.
Pruebas del sistema	Iteración 11	Se iniciará con un proceso de evaluación de pruebas correspondientes al sistema y realizar un análisis de resultados.

Fuente: Los investigadores.

11.2.2.5. Diseño de la aplicación

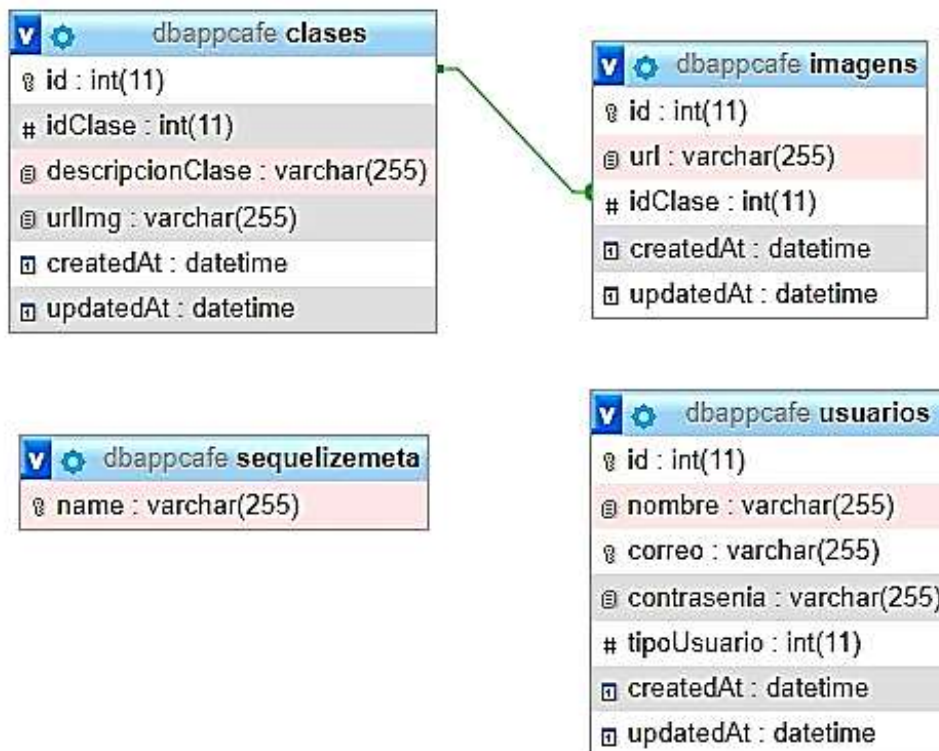
Figura 23. Diseño de la aplicación.



Fuente: Los investigadores

11.2.2.5.1. Diagrama de Base de Datos

Figura 24. Diagrama de la base de datos.



Fuente: Los investigadores.

11.2.2.6. Diagrama de Caso de Uso inicial de App. Móvil.

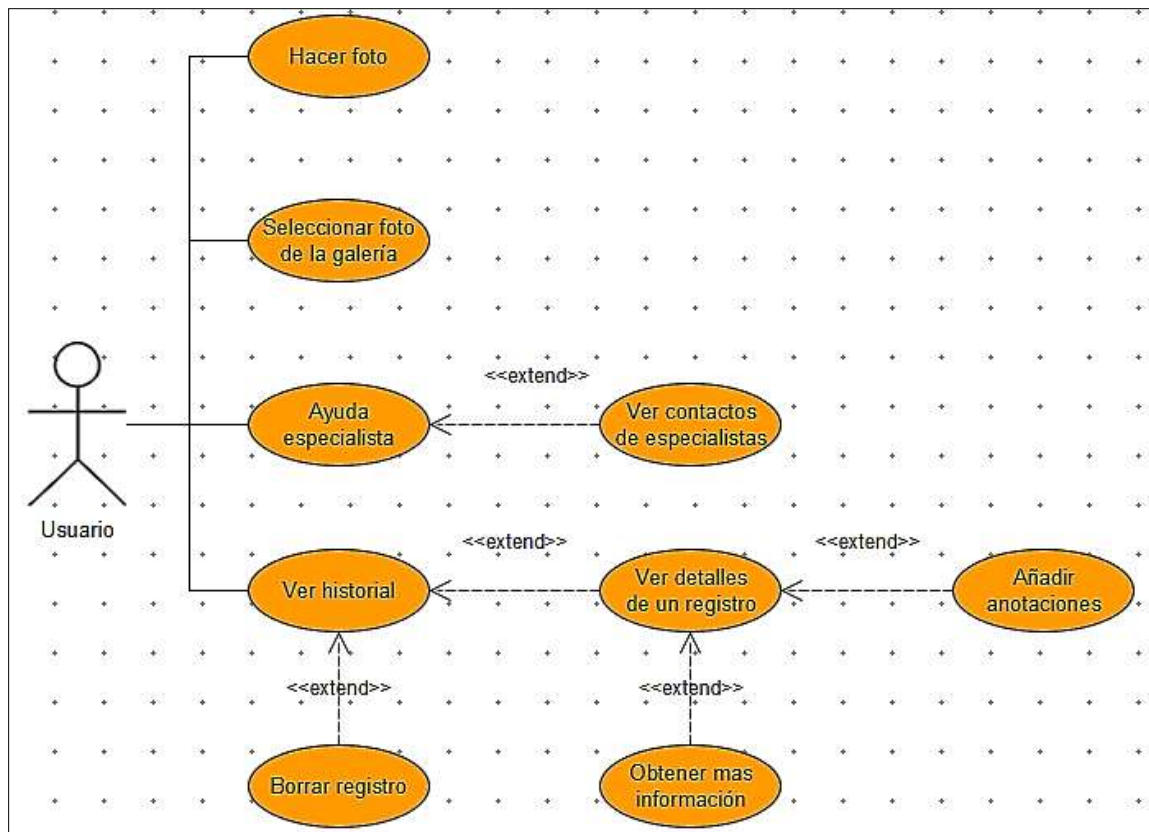


Figura 25. Arquitectura funcional de caso de uso, empleadas en el proyecto de Investigación

Caso de uso: Hacer foto.

Descripción: El usuario realiza una fotografía de la enfermedad reflejada en la hoja del cafeto para que sea analizada.

Actores: Usuario.

Precondiciones: Permisos de acceso a la cámara y al almacenamiento concedidos.

Flujo normal:

- **Paso 1:** Hacer clic en el botón “Hacer foto”.
- **Paso 2:** Enfocar la superficie a fotografiar.
- **Paso 3:** Tomar la fotografía.
- **Paso 4:** Confirmar la imagen capturada.

Postcondiciones: La imagen es guardada en la memoria del teléfono y en el historial se crea un nuevo registro.

Excepciones: Si no hay conexión a internet o el servidor no está operativo, se muestra una ventana flotante informando al usuario.

Caso de uso: Seleccionar foto de la galería.

Descripción: El usuario selecciona una fotografía almacenada en la memoria de su dispositivo.

Actores: Usuario.

Precondiciones: Permisos de acceso a la cámara y al almacenamiento concedidos.

Flujo normal:

- **Paso 1:** Hacer clic en el botón “Seleccionar foto de la galería”.
- **Paso 2:** Elegir la imagen deseada.

Postcondiciones: En el historial se crea un nuevo registro.

Excepciones: Si no hay conexión a internet o el servidor no está operativo, se muestra una ventana flotante informando al usuario.

Caso de uso: Ayuda especialista.

Descripción: El usuario ingresa a una actividad en donde se reflejará el contacto directo de personal especialista, para brindar soporte y o sugerencias sobre el uso del aplicativo móvil, o sobre alguna plantación afectada por alguna enfermedad.

Actores: Usuario.

Precondiciones: Permiso de acceso ubicación concedido.

Flujo normal:

- **Paso 1:** Navegar a la vista “Ayuda especialista”.

Extensiones:

- **Paso 2:** Visualizar contactos de especialistas.
- **Caso de uso:** Ver contactos de especialistas.

Postcondiciones: El listado queda actualizado y en la parte superior se muestra el día y hora de la última búsqueda.

Excepciones: Si no hay conexión a internet se muestra una ventana flotante informando al usuario.

Caso de uso: Ver historial.

Descripción: El usuario visualiza un listado con todas las imágenes analizadas hasta la fecha.

Actores: Usuario.

Precondiciones: Permiso de acceso al almacenamiento concedido.

Flujo normal:

- **Paso 1:** Navegar a la vista “Historial”.

Extensiones:

- **Paso 2.1:** El usuario desea eliminar uno de los registros listados.
 - **Caso de uso:** Borrar registro.
- **Paso 2.2:** El usuario desea conocer más información acerca de un registro concreto.
 - **Caso de uso:** Ver detalles de un registro

Postcondiciones: Se muestra el historial ordenado del registro más reciente al más antiguo.

Caso de uso: Borrar registro.

Descripción: El usuario elimina un registro del historial.

Actores: Usuario.

Flujo normal:

- **Paso 1:** Hacer clic en el botón “Borrar”.
- **Paso 2:** Hacer clic en el botón “Confirmar” dentro de la ventana de confirmación.

Postcondiciones: El registro en cuestión desaparece del historial.

Caso de uso: Ver detalles de un registro.

Descripción: El usuario accede a una nueva vista para obtener más información acerca de un registro del historial.

Actores: Usuario.

Flujo normal:

- **Paso 1:** Hacer clic en el botón “Detalles”.

Extensiones:

- **Paso 2.1:** El usuario desea informarse acerca de la enfermedad predicha por la red neuronal.
 - **Caso de uso:** Obtener más información.
- **Paso 2.2:** El usuario quiere añadir una anotación al registro que está visualizando.
 - **Caso de uso:** Añadir anotaciones.

Postcondiciones: Se accede a una nueva vista donde se muestra más información acerca del registro seleccionado.

Caso de uso: Obtener más información.

Descripción: El usuario accede a información acerca de la enfermedad que ha predicho la red neuronal.

Actores: Usuario.

Flujo normal:

- **Paso 1:** Hacer clic en el botón “Obtener más información”.

Postcondiciones: Se muestra la nueva vista con la información correspondiente.

Caso de uso: Añadir anotaciones.

Descripción: El usuario añade anotaciones al registro que está visualizando.

Actores: Usuario.

Flujo normal:

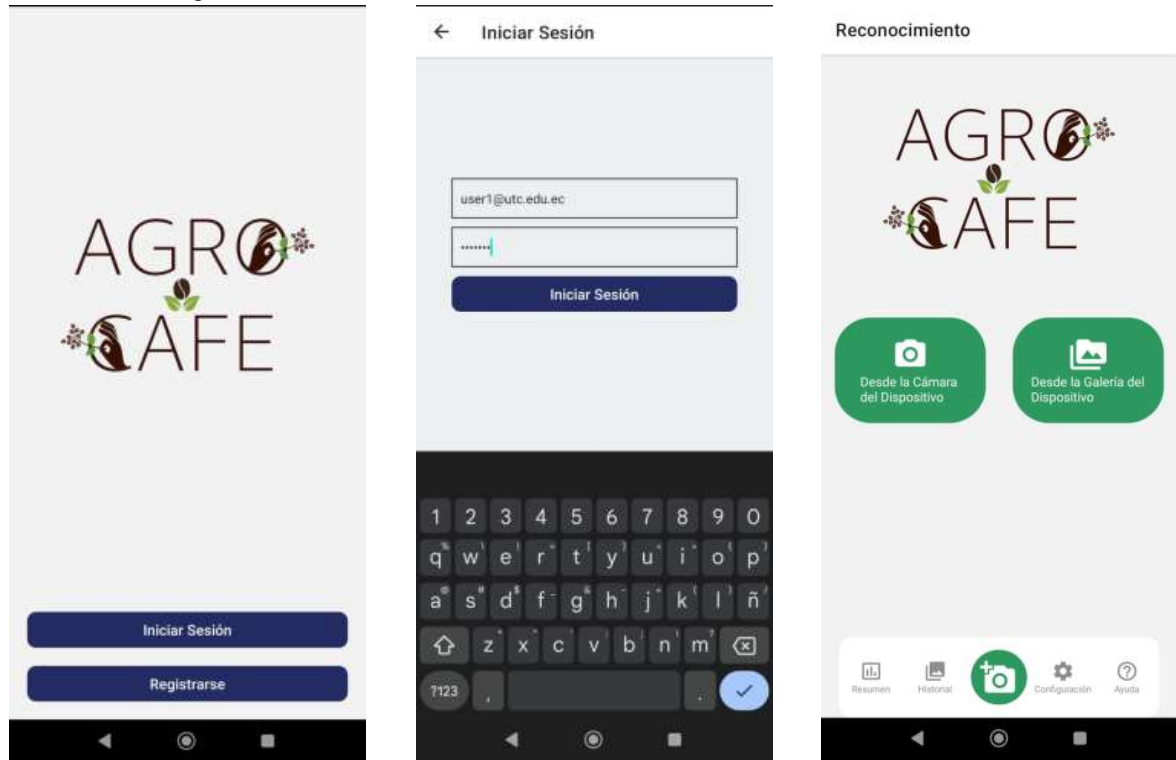
- Paso 1: Hacer clic en el botón con el símbolo “+”.
- Paso 2: Escribir el texto que se quiera guardar como anotación.
- Paso 3: Hacer clic en el botón “Guardar”.

Postcondiciones: Se muestra la vista del registro con la nueva anotación añadida o modificada.

Observaciones: Se establece un límite de 240 caracteres para las anotaciones de cada registro.

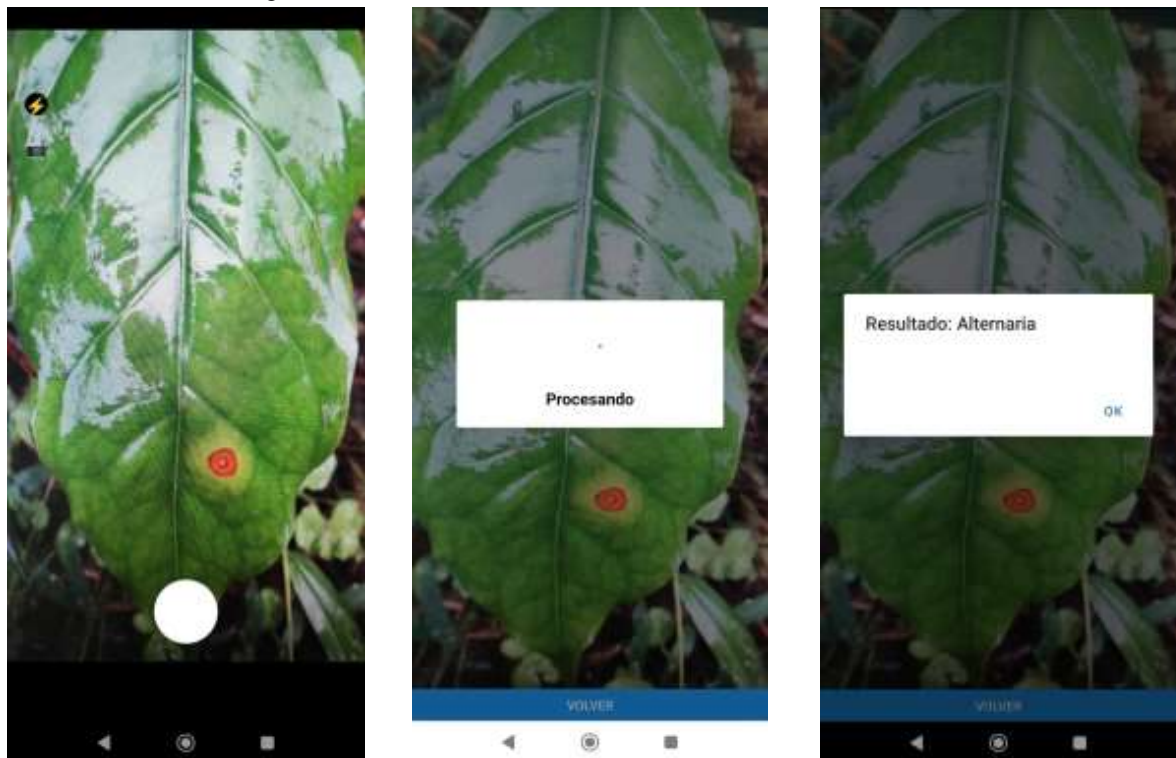
11.2.2.7. Diseño de interfaces de aplicativo móvil

Ilustración 1. Registro e Inicio de Sesión de Usuario



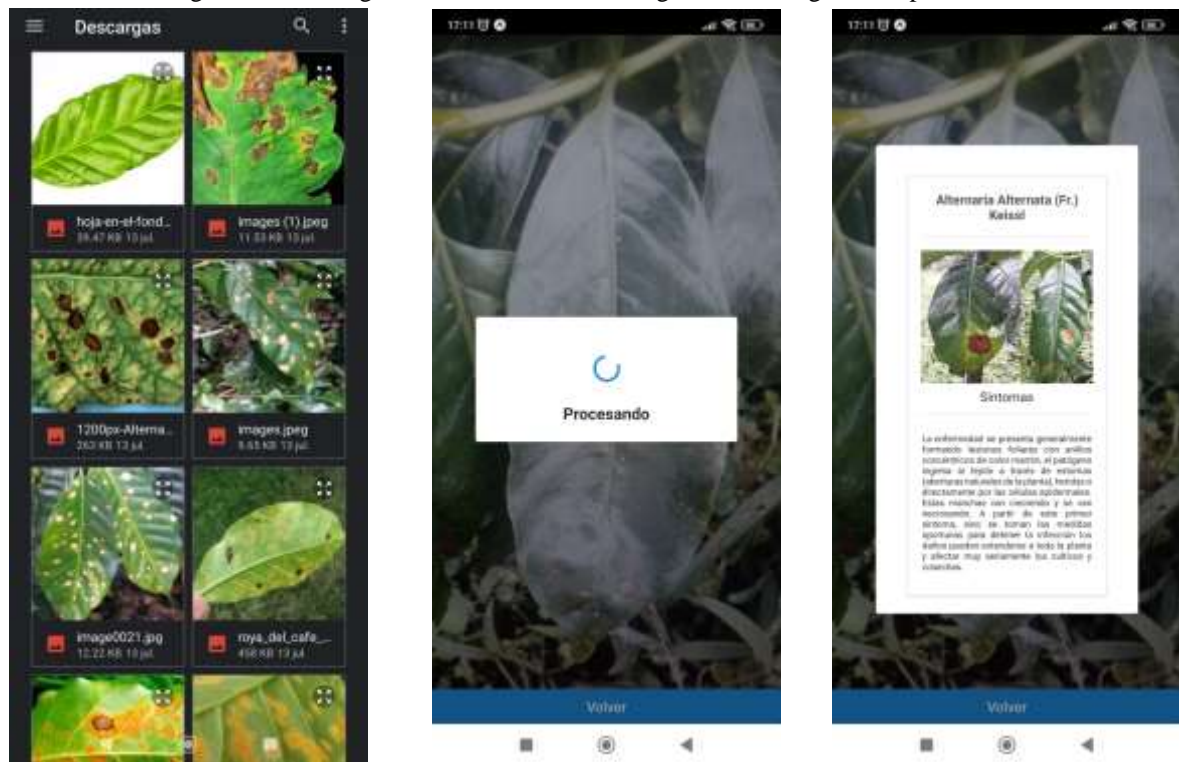
Elaborado por: Los Investigadores

Ilustración 2. Toma Fotográfica de enfermedad foliar de Cafeto.



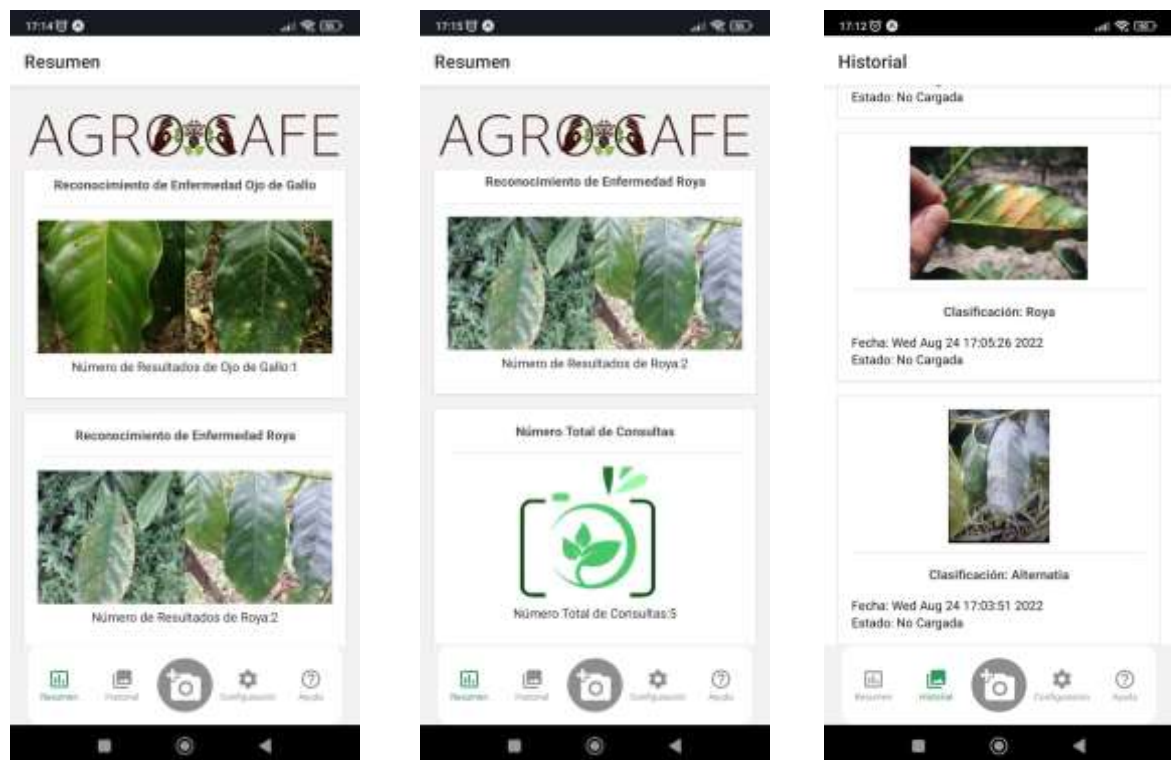
Elaborado por: Los Investigadores

Ilustración 3. Diagnóstico de imagen foliar enferma desde la galería o storage del dispositivo móvil.



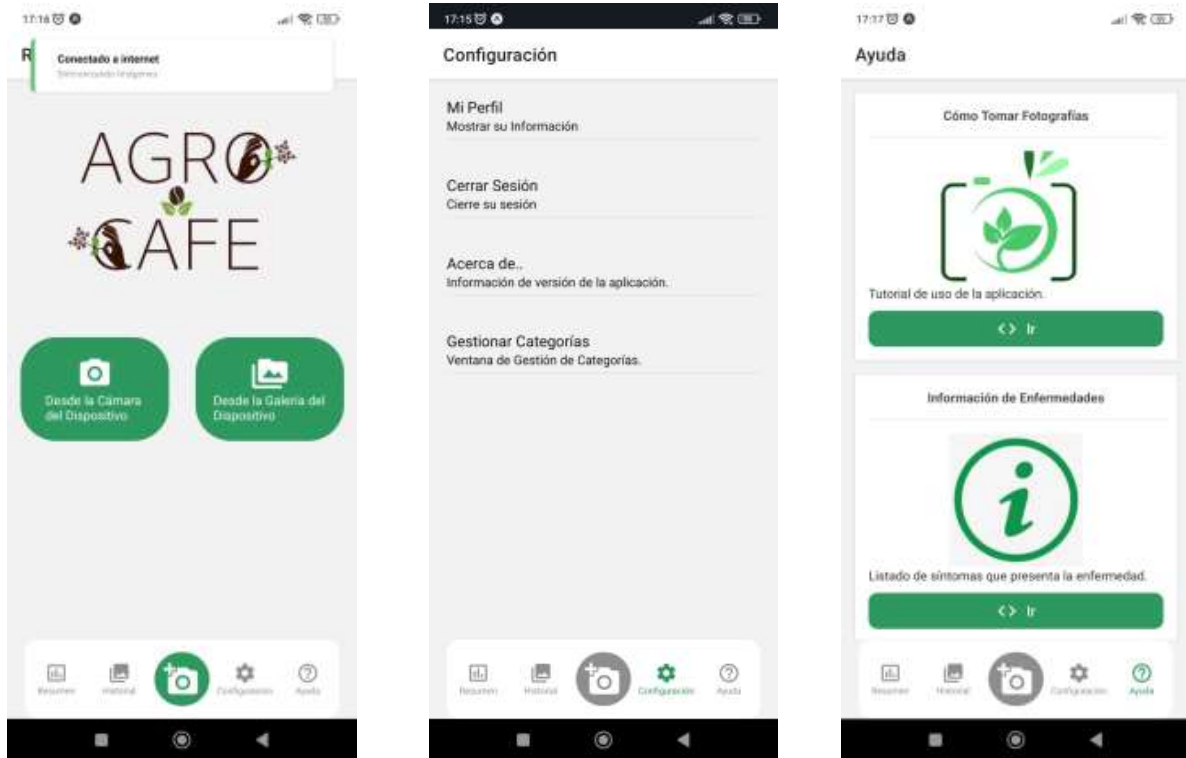
Elaborado por: Los Investigadores

Ilustración 4. Vista del menú resumen y de historial de enfermedades diagnosticadas.



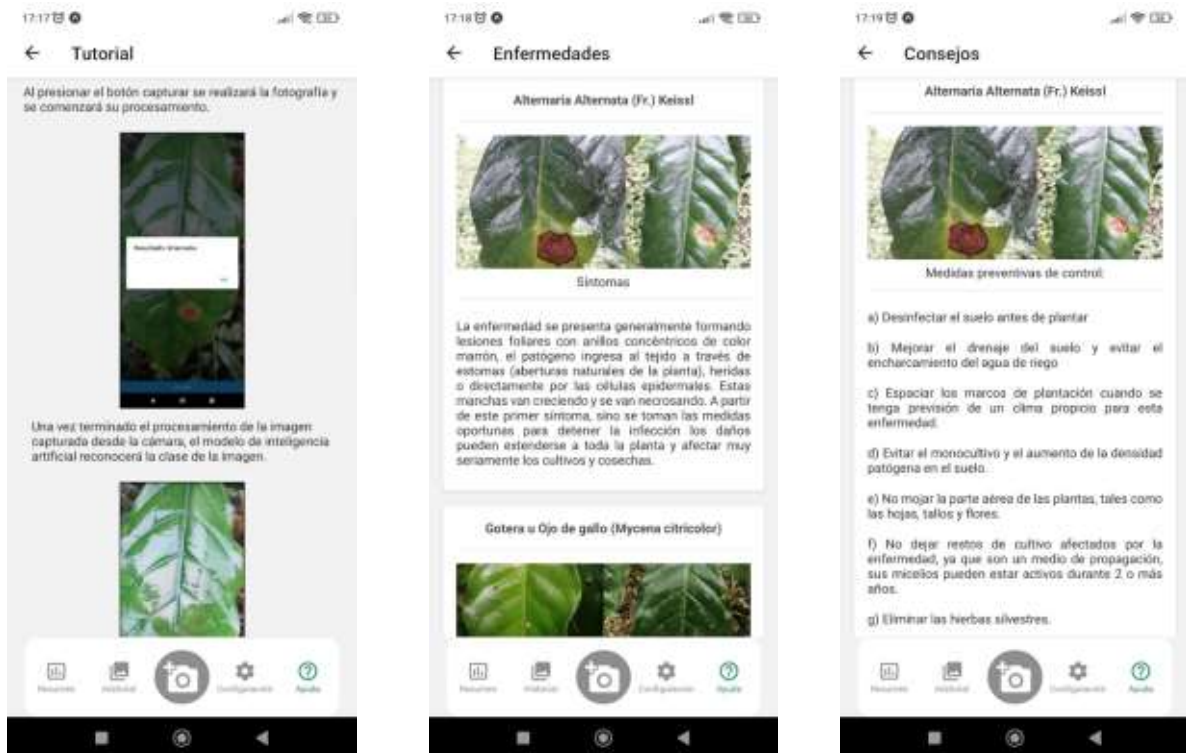
Elaborado por: Los Investigadores

Ilustración 5. Sincronización de imágenes con enfermedades diagnosticadas, configuración, y ayuda.

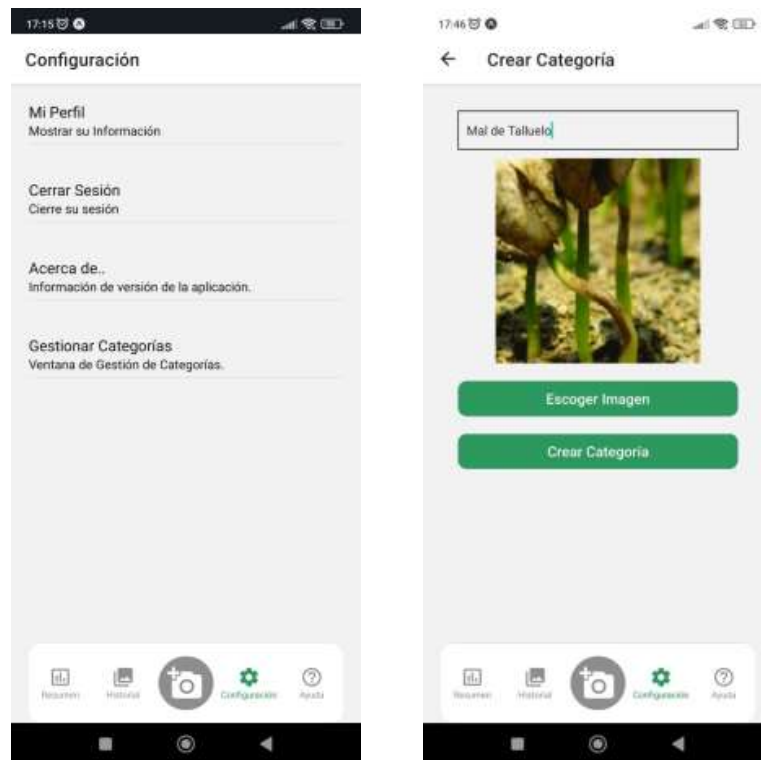


Elaborado por: Los Investigadores

Ilustración 6. Ayuda: Tutorial de uso de aplicativo, Información de enfermedades y consejos de control.



Elaborado por: Los Investigadores

Ilustración 7. Ventana de gestión de categoría de enfermedades encontradas.

Elaborado por: Los Investigadores

Tabla 9. Personas que intervienen en el proyecto de investigación

Agente	Funciones	Técnicas, espacios y distribución	Población
Tutor	Guía	Técnica experimental	1
Estudiantes	Investigadores	Ejecutores del proyecto	2
Ingeniero agrónomo	Técnico Agrícola	Entrevista y aval técnico fitosanitario.	2
Personal de muestra	Suministran información	Encuesta.	38

Elaborado por: Los Investigadores

11.2.2.8. Resultados de la entrevista aplicada

Mediante la entrevista que se realizó se pudo obtener los siguientes datos:

La entrevista se realizó al Ing. Agrón. Kleber Espinoza, Técnico Especialista en Sanidad Vegetal de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná, quien brindó información fundamental para la integración y desarrollo del proyecto de investigación con el título “IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS MACHINE LEARNING APLICADOS AL

ESTUDIO DE ENFERMEDADES DEL CAFÉ PARA HUERTAS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA, UBICADA EN LA PARROQUIA GUASAGANGA, CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI”.

Dicha entrevista fue de tipo abierta, y se la realizó en el mismo entorno de las huertas cafeteras del Centro de Investigación Sacha Wiwa, permitiendo conocer expectativas y puntos de vista sobre las enfermedades que más afectan al sector cafetero, entre las cuales se destacaron: la Roya (*Hemileia vastatrix*), Alternaria Alternata (Fr.) Keissl, Gotera u Ojo de gallo (*Mycena citricolor*), y Broca del fruto (*Hypotenemus hampei Ferrari*).

Roya (*Hemileia vastatrix*)

Se la caracteriza como la enfermedad más destructiva del café y la de mayor importancia económica a nivel mundial, ya que provoca la caída prematura de las hojas, propiciando la reducción de la capacidad fotosintética así como el debilitamiento de árboles enfermos y en infecciones severas puede ocasionar muerte regresiva en ramas e incluso la muerte de los árboles. Esta enfermedad se reproduce por esporas que pueden ser dispersadas por el viento, la lluvia o por el movimiento de personas y animales dentro de las plantaciones. La sintomatología que demuestra esta enfermedad en una planta afectada, es que inicia en las hojas viejas caracterizándolas por manchas amarillas con necrosis, y en el envés de las hojas pueden visualizarse pústulas de color naranja, que luego se diseminan al resto de la planta.

Ilustración 8. Presencia de Roya (*Hemileia vastatrix*) en huertas cafeteras del Centro de Investigación Sacha Wiwa.



Elaborado por: Los investigadores.

Alternaria Alternata (Fr.) Keissl

Es una de las enfermedades más importantes que afectan los tejidos debilitados del cultivo del café, en los que provoca manchas oscuras y redondeadas con los típicos círculos concéntricos en sus hojas. Entre los diversos factores que inciden en el desarrollo de esta enfermedad, se destacan las condiciones ambientales favorables al desarrollo y multiplicación del patógeno, así como el estrés fisiológico en la planta por diversos factores como la mala nutrición, el ataque de otras plagas, suelos de mala calidad, etc.

Esta enfermedad ataca plantas de café en todas sus etapas de desarrollo, iniciando desde el vivero, hasta plantas en desarrollo y en producción en la plantación establecida. Afecta las hojas, ramas, flores y frutos del café. Provoca defoliación y muerte regresiva en las ramas, causando la muerte de las plantas o reduciendo su capacidad productiva. La enfermedad se presenta en diferentes condiciones y altitudes, afectando cafetales con diferentes niveles tecnológicos, desde tradicional hasta tecnificado, así como diferentes variedades; se presenta en todas las zonas cafetaleras, tanto en zonas bajas y secas como en zonas altas y húmedas (FUNICA, 2010, pág. 3)

Ilustración 9. Presencia de *Alternaria Alternata* (Fr.) Keissl en huertas cafeteras del Centro de Investigación Sacha Wiwa.



Elaborado por: Los investigadores.

Gotera u Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)

Por otro lado, también esta enfermedad es uno de los disturbios patológicos que ocasiona más daños en la planta de café, de preferencia en las hojas, especialmente en plantaciones con exceso de sombrero de especies forestales, alta humedad relativa, baja luminosidad, pocas horas de luz, bajas temperaturas, poca ventilación y regiones con alta precipitación y con deficientes sistemas de drenaje. El daño principal ocasionado por esta enfermedad en las plantas de café es la defoliación, lo cual hace que disminuya notablemente el área fotosintética de la planta y se reduzca el crecimiento de la misma y su producción.

Ilustración 10. Presencia de Gotera u Ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en huertas cafeteras del Centro de Investigación Sacha Wiwa.



Elaborado por: Los investigadores.

Broca del fruto (*Hypotenemus hampei* Ferrari)

Este es el tipo de plaga (insecto) más importante en plantaciones comerciales de café en prácticamente todos los países productores del mundo, y afecta a todas las variedades y especies comerciales de café reduciendo el rendimiento y mermando la calidad del grano.

Ilustración 11. Presencia de Broca del fruto (*Hypotenemus hampei* Ferrari) en huertas cafeteras del Centro de Investigación Sacha Wiwa



Elaborado por: Los investigadores.

11.2.2.9. Resultado de aval fitosanitario de enfermedades foliares encontradas.

DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO DE SANIDAD VEGETAL

08/08/2022

El presente diagnóstico tiene como finalidad dar a conocer los problemas fitosanitarios foliares que se han analizado y determinado en los cultivos de café del Centro de Investigación "Sacha Wiwa", ubicado geográficamente en las coordenadas WGS840°47'46" S; 79°09'31", con una altitud de 500 m.s.n.m. perteneciente a la Parroquia Guasaganda, Cantón la Maná, Provincia de Cotopaxi. Actualmente existe un sinnúmero de enfermedades que se han diagnosticado a nivel mundial, y son causadas por hongos, bacterias, virus, gusanos macro y microscópicos y daños causados por insectos. A continuación, se destacan los problemas fitosanitarios foliares encontrados, según toma de imágenes de muestra recopilados de los cultivos de café del Centro de Investigación "Sacha Wiwa":

1. Roya del café o roya amarilla (*Hemileia vastatrix*)

Figura 1: Roya del café o roya amarilla (*Hemileia vastatrix*)



Nota. Toma de imágenes de muestra recopilados de los cultivos de café del Centro de Investigación "Sacha Wiwa".

1.1. Síntomas:

Esta enfermedad se caracteriza por producir manchas color amarillo pálido en la parte superior de las hojas y que contienen un polvillo de color anaranjado por debajo de éstas. Las esporas se liberan y se propagan por el aire. En ataques severos, las hojas caen, perdiendo el café gran parte del follaje y con ello disminuye drásticamente la producción.

1.2. Medidas preventivas de control:

- Podas selectivas en café y Regular la sombra de árboles; en la época de descanso del cultivo.
- Manejar un plan de abonamiento que garantice una nutrición oportuna del café, el momento más oportuno para abonamiento es antes de la floración o al caer las primeras lluvias, en caso de una segunda aplicación en los meses de marzo o abril, cuatro meses antes de la cosecha.
- Enriquecer el abonamiento con enmiendas ricas en potasio y magnesio para fortalecer el follaje.
- Complementar con aplicación de purines, bioles.
- Deshierbar oportunamente y manejar buena cobertura de mulch, para disminuir la humedad en el cafetal.

2. Alternaria Alternata (Fr.) Keissl

Figura 2: Alternaria Alternata (Fr.) Keissl



Nota. Toma de imágenes de muestra recopilados de los cultivos de cafeto del Centro de Investigación "Sacha Wiwa".

2.1. Síntomas:

La enfermedad se presenta generalmente formando lesiones foliares con anillos concéntricos de color marrón, el patógeno ingresa al tejido a través de estomas (aberturas naturales de la planta), heridas o directamente por las células epidermales. Estas manchas van creciendo y se van necrosando. A partir de este primer síntoma, sino se toman las medidas oportunas para detener la infección los daños pueden extenderse a toda la planta y afectar muy seriamente los cultivos y cosechas.

2.2. Medidas preventivas de control:

- a) Desinfectar el suelo antes de plantar.
 - b) Mejorar el drenaje del suelo y evitar el encharcamiento del agua de riego.
 - c) Espaciar los marcos de plantación cuando se tenga previsión de un clima propicio para esta enfermedad.
 - d) Evitar el monocultivo y el aumento de la densidad patógena en el suelo.
 - e) No mojar la parte aérea de las plantas, tales como las hojas, tallos y flores.
 - f) No dejar restos de cultivo afectados por la enfermedad, ya que son un medio de propagación, sus micelios pueden estar activos durante 2 o más años.
 - g) Eliminar las hierbas silvestres.
 - h) Utilizar tratamientos fungicidas postcosecha.
 - i) Limpiar las herramientas de poda antes y después de usarlas con alcohol de farmacia o unas gotas de lavavajillas.
-

3. Gotera u Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)

Figura 3: Gotera u Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)



Nota. Toma de imágenes de muestra recopilados de los cultivos de cafeto del Centro de Investigación "Sacha Wiwa".

3.1. Síntomas:

Esta enfermedad se produce por el exceso de sombra, y donde hay alta humedad relativa (Cerca de arroyos y quebradas), y ataca hojas y frutos en todos sus estados de desarrollo y se observa como una mancha redonda hundida y de diferente tamaño, tomando un color amarillento, volviéndose pardo al final. Los niveles de infección de "ojo de gallo" son altos, donde la precipitación y el poco o nulo manejo de poda y mayor número de hijos por planta favorecen el desarrollo del hongo. Causando la pérdida del follaje del cafeto, el debilitamiento de la planta y la baja en producción, ya que al ser alto el número de manchas o bien cuando afecta directamente la nervadura de la hoja, ésta cae.

3.2. Medidas preventivas de control:

- a) Regulación de sombra.
- b) Control de malezas.
- c) Manejo de tejidos (podas).
- d) Abonamientos oportunos.
- e) Prevenir con aplicación de caldos bórdales.

Avalado por,



Firmado digitalmente por
MILTON FERNANDO
CABEZAS GUERRERO

Ph.D. MILTON FERNANDO CABEZAS GUERRERO

11.2.2.10. Resultados de encuesta aplicada

Encuesta dirigida al personal administrativo y de servicios del Centro de Investigación Sacha Wiwa, Docentes y Estudiantes del Colegio Experimental Intercultural Bilingüe “Jatari Unancha” y comunidad caficultora de la zona.

Tabla 10. Resultados de la Aplicación de la Encuesta

Pregunta	Resultado	Interpretación
1.- ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que conoce que afectan al cultivo del café?	<ul style="list-style-type: none"> - Roya (Hemileia vastatrix) 13 - Alternaria Alternata (Fr.) Keissl 9 - Ojo de gallo (Mycena citricolor) 11 - Broca (Hypotenemus hampei Ferr.) 9 - Ninguna de las anteriores 10 - Otra 0 	De acuerdo a los resultados emitidos por parte del 100 % de la población encuestada (38 personas), se puede apreciar que la enfermedad más conocida que afecta al cafeto, es la Roya con índice porcentual del 25 %, seguido por la enfermedad del Ojo de Gallo con el 21 %, y la Alternaria Alternata (Fr.) Keissl como también la plaga de la Broca del fruto con un índice porcentual del 18 y 17 %. Cabe también recalcar que se obtuvo un índice porcentual del 19 % de personas que desconocían acerca de estas enfermedades, y un 0 % de índice de conocer alguna otra enfermedad muy aparte de estas que afecten al cultivo del cafeto.
2.- ¿Usted sabe reconocer estas enfermedades en el cultivo del cafeto?	<ul style="list-style-type: none"> Si 26% No 74% 	Tras conocer los resultados obtenidos refleja que la mayoría de la población desconocen contra que enfermedades están tratando, lo que determina la importancia de una aplicación móvil en donde pueda reconocer la enfermedad que padece el cafeto, específicamente de la enfermedad reflejada en sus hojas.

<p>3.- ¿Cuál ha sido su experiencia con las aplicaciones móviles?</p>	<p>Buena 31% Regular 6% Mala 3%</p>	<p>Tras conocer el análisis se determina que la mayoría de la población encuestada ha tenido buenas y regulares experiencias con el uso de aplicaciones móviles, dando como resultado favorable la implementación de una aplicación móvil con un modelo de inteligencia artificial que ayude al reconocimiento de enfermedades que se presentan en el café.</p>
<p>4.- ¿Conoce usted alguna aplicación móvil que identifique las enfermedades del cultivo de café?</p>	<p>Si 13% No 87%</p>	<p>Tras conocer los resultados se determina que existe un alto índice del desconocimiento de aplicaciones móviles por parte de los encuestados, por lo que da como efecto la importancia de este proyecto debido a su fusión de IA en una aplicación móvil que permite reconocer las enfermedades y la precisión con las que arroja su respuesta.</p>
<p>5.- ¿Considera usted que una aplicación móvil orientada al campo agrícola aportara al sector productivo cafetero?</p>	<p>Si 95% No 5%</p>	<p>De acuerdo con los encuestados el 95% de la población total indicaron que una aplicación móvil orientada al campo agrícola si aportada al sector cafetero en la productividad, mientras que el 5% de la población indicó que no aportaría de nada una aplicación móvil en este campo agrícola.</p>

<p>6.- ¿Cree usted que las aplicaciones móviles dirigidas al campo agrícola permitirán reducir el tiempo utilizado por el agricultor para poder identificar una plaga o enfermedad en el cultivo del café?</p>	<p>Si 89% No 11%</p>	<p>El 89 % de la población encuestada, indica que si están de acuerdo con que una aplicación móvil dirigida al sector agrícola reduciría el tiempo de identificación de enfermedades o plagas por parte de los agricultores, mientras que el 11 % restante del 100% de la población indicaron que no. Tras conocer los resultados el 89 % de la población que vendrían siendo 34 encuestados indicaron óptimos resultados.</p>
<p>7.- ¿Cree usted que las aplicaciones móviles incrementaran los niveles de información que se obtienen acerca de la plaga o enfermedad identificada; en sectores de producción agrícola?</p>	<p>Si 89% No 11%</p>	<p>Del 100% de los encuestados el 89% están de acuerdo que por medio de una aplicación móvil, si se incrementa los niveles de información que se obtiene de las enfermedades identificadas en los sectores agrícolas y el 11% de la población indican que no. Tras conocer los resultados el 89% de la población encuestada indican que están de acuerdo que por medio de las aplicaciones móviles si se puede obtener más información acerca de las diferentes enfermedades que padecen el cultivo del café. Dando como resultado la importancia de la implementación de la aplicación móvil debido a que fortalece el conocimiento de los agricultores a parte de facilitarles la detección de enfermedades.</p>

Elaborado por: Los Investigadores

La tabulación de los resultados se encuentra detallado en el Anexo 5.

11.2.3. Fase de Producción y estabilización

Dentro de estas fases se procede a realizar la funcionalidad de la aplicación móvil e integración en conjunto con los requisitos que fueron recolectados en las fases anteriores, asegurando que cada una cumpla con la calidad esperada de forma correcta.

11.2.4. Fase de Pruebas

Para esta fase se tomó en cuenta una evaluación de las interfaces desarrolladas, además de los requerimientos funcionales definidos para concretar los resultados del correcto uso y funcionamiento de la aplicación móvil.

11.2.4.1. Verificación de Interfaces

Tomando en cuenta los diseños realizados previamente en MarvelApp y las interfaces desarrolladas de la aplicación, se corrobora que la estructura contenga lo mismo que los prototipos, todos estos datos son mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 11. Verificación de Interfaces desarrolladas.

Interfaz de la aplicación	Cumplimiento
INTERFACES GENERALES DE USUARIO	
Registro de nuevo usuario	Hecho
Inicio de sesión	Hecho
Diagnóstico de imagen foliar enferma desde la galería o storage del dispositivo móvil.	Hecho
Vista del menú resumen y de historial de enfermedades diagnosticadas.	Hecho
Sincronización de imágenes con enfermedades diagnosticadas	Hecho
Vista del menú de configuración, y ayuda.	Hecho
INTERFACES DEL ADMINISTRADOR	
Vista del administrador	Hecho
Ventana de gestión de categoría de enfermedades encontradas.	Hecho

Elaborado por: Los Investigadores

11.2.4.2. Pruebas funcionales

Se realiza una comprobación a los requerimientos funcionales analizados dentro de la fase de exploración, verificando que se han logrado cumplir de forma correcta cada uno de ellos.

Tabla 12. Pruebas funcionales.

Id	Requerimiento	Cumplimiento
RF1	Registro de usuario administrador	Hecho
RF2	Registro de usuario común	Hecho
RF3	Autenticación del usuario	Hecho
RF4	Respuesta de diagnóstico	Hecho
RF5	Generar Resumen	Hecho
RF6	Historial de App	Hecho
RF7	Actualización de imágenes	Hecho
RF8	Acceso configuración	Hecho

Elaborado por: Los Investigadores

12. IMPACTO

12.1. Impacto Tecnológico

La aplicación móvil que permite diagnosticar enfermedades en el cafeto, tiene un gran impacto puesto que permite agilizar el proceso de identificación y diagnóstico de una determinada enfermedad dentro del sector agrícola, tomando como caso de estudio al Centro de Investigación Sacha Wiwa, permitiendo a los usuarios el acceso al servicio de identificación desde un dispositivo móvil.

12.2. Impacto Social

Los dispositivos móviles en la actualidad se han vuelto indispensables y útiles, ya que proveen de múltiples aplicaciones para el entretenimiento, social, educación, etc. Como se pudo apreciar por medio del estudio de Zambrano García (2017), los dispositivos con sistema operativo Android son los que son de mayor preferencia entre otros Sistemas Operativos como iOS, por lo cual la integración de aplicaciones móviles con Machine Learning ha ido alcanzando un gran auge a nivel de los campos de estudio, y disminuyendo las necesidades que se tienen en estas. Además, es un punto más factible dentro del campo de la agricultura, como de los usuarios que hacen uso de la misma, dando una mejora en el servicio de diagnóstico de enfermedades que brindan a través del aplicativo móvil.

12.3. Impacto Económico

Dentro del impacto económico, al proporcionar un aplicativo móvil para el diagnóstico de enfermedades del Cafeto, se facilita el proceso de detección y reconocimiento de las enfermedades para que puedan tomar medidas entorno a estas y contrarrestar la enfermedad o plaga mejorando la calidad de producción y el ámbito económico de la productividad.

13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Tabla 13. Presupuesto del proyecto

RECURSOS			
	Cantidad	Precio U	Total
PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO			
Servidor Dell Torre PowerEdge T40 Xeon E3-2224g, 8gb,1tb,15m	1	769,00	769,00
Sub- total			769,00
Herramientas de Desarrollo			
Jupyter Lab	1	0,00	0,00
Visual Studio Code	1	0,00	0,00
Sub-total			0,00
Accesorios técnicos de especialización Agronómica			
Asesoría en la especialización Agronómica	1	25,00	25,00
Sub-total			25,00
Gastos Indirectos			
Transporte	5 días	4,00	20,00
Alimentación	5 días	5,00	25,00
Servicio de Internet	4 Mbps / 6 meses	31,00	186,00
Computador	1	1.280,00	1.280,00
Celular	1	250,48	250,48
Pendrive	1	15,00	15,00
Sub-total			1806,48
TOTAL			2570,48

Elaborado por: Los Investigadores

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. CONCLUSIONES

- La actividad cafetera siempre se ha visto amenazada por la presencia de plagas y enfermedades que impiden el desarrollo adecuado de los cultivos y afectan negativamente a la economía de los agricultores. Las enfermedades epidémicas de hongos afectan a los cafetos y causa una defoliación masiva de tal manera que en este aspecto interviene el proceso de clasificación y predicción de enfermedades del café mediante la recopilación de datos (fotos) de las hojas y enfermas a través de la investigación de campo para la obtención del DataSet y el desarrollo del plan modelo de la IA.
- Mediante el modelo de Machine Learning desarrollado en el entorno virtual “Jupyter lab” se logró crear y entrenar las redes neuronales convencionales para la clasificación de las enfermedades del café expuestas en el caso de estudio (Roya, Alternaría y Ojo de Gallo) en conjunto con la clasificación sana del cafeto.
- Los dispositivos móviles que podrán ejecutar esta aplicación serán los que cuenten con el sistema operativo Android, que como mínimo deben contar con la versión 7.0, ya que según un caso de estudio destacado por Mena (2020) resalta que en el mercado los sistemas operativos para los Smartphone más usados es Android e iOS, en estadísticas la cuota en el mercado entre el 2014 y 2019 el sistema operativo de Android se situó en la primera posición con el 86,1% de unidades distribuidas, mientras que el sistema operativo de iOS con el 13,9% de smartphones distribuidos, de una distribución de dispositivos móviles de 1.372 millones.

14.2. RECOMENDACIONES

- La obtención de datos (imágenes en nuestro caso de estudio) es una parte fundamental para dar inicio a una aplicación basada en aprendizaje automático, además, es importante tener en cuenta la resolución de la imagen, es decir, que todas las imágenes tengan la misma resolución y distancia de captura para poder obtener una fotografía de buena calidad; también es necesario hacer uso de herramientas que faciliten el etiquetado y renombramiento de las imágenes.
- La orientación del Aplicativo a dispositivos móviles con sistema operativo iOS se la omitió en nuestro caso de estudio, por cuestiones de factor económico y de tiempo, pero si se destaca que se lo puede generar por medio de React Native haciendo uso de un equipo Mac, y un dispositivo iPhone para a partir de él, realizar las pruebas necesarias y generarlo para este tipo de sistemas operativos.
- Es fundamental tomar en cuenta una metodología de desarrollo ágil al momento de desarrollar un software, que permita llevar de manera organizada todo el proceso que requiere realizar este tipo de aplicación, además es importante ya que permite obtener un producto final de calidad.

15. BIBLIOGRAFÍA

- APKPLS. (2022). APKPLS. Obtenido de PlantVillage Nuru: <https://apkpls.com/es/app/plantvillage.nuru>
- Brugués, A. (25 de Febrero de 2019). Programa en Python. Obtenido de Crear Entornos Virtuales Python: <https://www.programaenpython.com/miscelanea/crear-entornos-virtuales-en-python/>
- Bustamante Ochoa, M. J., & García Peña, M. J. (2021). Repositorio UTC. Obtenido de IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS MACHINE LEARNING APLICADOS AL ESTUDIO DE ENFERMEDADES DEL Theobroma cacao PARA HUERTAS AGROECOLÓGICAS DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7289/1/UTC-PIM-000300.pdf>
- Cortijo, J. D. (28 de Enero de 2017). Infocafes: El portal especializado en la cadena productiva del Café. Obtenido de El mundo del café: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/01/cafe.pdf>
- Developer Mozilla. (04 de Agosto de 2022). JavaScript. Obtenido de <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript>
- ExpressJS. (s.f.). ExpressJS. Obtenido de <http://expressjs.com/es/>
- FORUM CAFÉ. (04 de Marzo de 2020). El Café en el Ecuador. Revista Fórum Café.
- Freesia. (23 de Febrero de 2020). Sistema Operativo mas usado en el mercado.
- FUNICA. (Julio de 2022). FUNICA - Universidad Nacional Agraria (UNA). Obtenido de Café - FUNICA: <https://www.funica.org.ni/wp-content/uploads/2022/07/Guia-de-identificacion-y-manejo-de-antracnosis-en-cafe-pdf.pdf>
- Gustavo B. (27 de Mayo de 2022). Hostinger. Obtenido de ¿Qué es MySQL?: <https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-mysql>
- Hernandez, D., & Gómez, J. (03 de Marzo de 2016). Mobile D (programacion dispositivos moviles). Obtenido de <https://es.slideshare.net/pipehernandez1020/mobile-d-programacion-dispositivos-moviles>
- INIAP. (04 de Febrero de 2016). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Obtenido de Café arábigo: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcafea>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC). (2016). Ecuador en Cifras. Quito: Dirección de Estudios Analíticos Estadísticos (DESAE).

- Lizardo, C., & Trejo, A. (12 de Julio de 2020). Issuu: Boletín Técnicafe. Obtenido de Ojo de gallo (Mycena citricolor) y su manejo integrado: https://issuu.com/satihcafe/docs/bolet_n_no._12_ojo_de_gallo_y_su_manejo_integrad_o_
- Mena. (2020). Android es el sistema operativo preferido para smartphones. Obtenido de ProAndroid: <https://www.proandroid.com/android-sistema-operativo-preferido-para-smartphones/>
- Molina Ospina, A. K. (25 de Enero de 2019). Perfect Daily Grind. Obtenido de Guía de plagas y enfermedades comunes del café: <https://perfectdailygrind.com/es/2019/01/25/guia-de-plagas-y-enfermedades-comunes-del-cafe/>
- Muñoz, J. C. (Abril de 2019). Repositorio Institucional de CIDESI. Obtenido de Sistema Inteligente para Detección Temprana de la Roya en Cafetales: <https://cidesi.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1024/422/1/M-JCGM-2019.pdf>
- Nagar, S. (2018). Introduction to Python for Engineers and Scientists. New York, USA: Apress. Obtenido de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4842-3204-0>
- NodeJS. (s.f.). Introduction to Node.js. Obtenido de <https://nodejs.dev/en/learn/introduction-to-nodejs>
- Ponce Vaca, L. A., Orellana Suarez, K. D., Acuña Velázquez, I. R., Aleman, J. A., & Fuentes Figueroa, T. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana: Perspectivas / Situation of the Ecuadorian Coffee Industry: Perspectives. Revista Flacso. Obtenido de <http://www.revflacso.uh.cu/index.php/EDS/article/view/251>
- Presta, M. (31 de Enero de 2021). Los 10 mejores IDE para React Native. Obtenido de Back4app: https://blog.back4app.com/es/los-10-mejores-ide-para-react-native/#1_Visual_Studio
- Primero Café. (14 de Octubre de 2020). Primero Café. Obtenido de 6 enfermedades más comunes del cafeto: <https://primerocafe.com.mx/caficultura/6-enfermedades-mas-comunes-cafeto/>
- Project Jupyter. (2020). Jupyter. Obtenido de Jupyter Lab: <https://jupyter.org/>
- React Native. (24 de Febrero de 2020). Cree aplicaciones nativas para Android e iOS usando React. Obtenido de React Native: <https://reactnative.dev/>
- Red Hat. (08 de Mayo de 2020). ¿Qué es una API de REST? Obtenido de <https://www.redhat.com/es/topics/api/what-is-a-rest-api>
- Saillog LTD. (2019). Aplicación Agrio. Obtenido de <https://agrio.app/>

- SENASA. (07 de Febrero de 2017). SENASA Contigo. Obtenido de SENASA Contigo: <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/ojo-de-gallo-una-amenza-para-cultivo-de-de-cafe/>
- Sequelize. (2022). Obtenido de <https://sequelize.org/>
- SICA. (16 de Agosto de 2019). SICA. Obtenido de SICA: <https://www.sica.int/Iniciativas/cafe>
- Suárez Peña, J. A. (Diciembre de 2019). Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD. Obtenido de MODELO DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA LA PREDICCIÓN DE LA CALIDAD DEL CAFÉ: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/23560/SuarezPe%C3%B1aJavierAndres2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Team Keras. (2018). Keras. Obtenido de <https://keras.io/>
- TensorFlow. (2020). TensorFlow. Obtenido de <https://www.tensorflow.org/?hl=es-419>
- Tomàs, E. (17 de Septiembre de 2021). Obtenido de Qué es REST: <https://desarrolloweb.com/articulos/que-es-rest-caracteristicas-sistemas.html>
- Uribe Churta, A. (31 de Diciembre de 2020). Desarrollo de un sistema de reconocimiento del estado de los cultivos de café en tiempo real usando redes neuronales artificiales. Obtenido de Revista CINTEX: <https://doi.org/10.33131/24222208.362>
- Zambrano García, W. A. (14 de Febrero de 2017). ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS DE DESARROLLO ÁGIL EN BASE AL DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INFORMÁTICO. Obtenido de Repositorio Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9445/1/T-UCE-0011-305.pdf>
- Rupavatharam, S., Kennepohl, A., Kummer, B., & Parimi, V. (2018). Diagnóstico automatizado de enfermedades de las plantas utilizando una innovadora aplicación para Android (Plantix) para agricultores en el estado indio de Andhra Pradesh. Vicrisat.
- Harjeet, K., Deepak, P., & Madhuri. (2019). Applications of Machine Learning In Plant Disease Detection. Think India Journal, 3100-3105.
- Boyd, D., & Sun, M. (1994). Prototyping an expert system for diagnosis of potato diseases. Computers and Electronics in Agriculture, 259-267.
- Dipakkumar, J. (2018). Plant Disease Identification using Artificial Intelligence: Machine Learning Approach. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 11082-11084.

- Sarma, S., Singh, K., & Singh, A. (2010). An Expert System for diagnosis of diseases in Rice Plant. *International Journal of Artificial Intelligence*, 26-31.
- Ballede, K. e. (2014). Agpest: An efficient rule-based expert system to prevent pest diseases of rice and wheat crops. *Intelligent Systems and Control*.
- Trival, T., Patel, J., & Bhatt, C. (2013). Weather based plant diseases forecasting using fuzzy logic. *NUiCONE*.
- Babu, M., & Rao, B. (2007). Leaves recognition using back propagation neural network-advice for pest and disease control on crops. *IndiaKisan*.
- Ismail, M., & Mustikasari. (2013). Intelligent system for tea leaf disease detection. *L IPSJ Technical*, 1-4.
- Hanson, A., Joy, A., & Francis, J. (2017). Plant LeafDisease Detection using Deep Learning and Convolutional Neural Network. *International Journal of Engineering Science*, 5324-5328.
- Huang, K. (2007). Application of artificial neural network for detecting Phalaenopsis seedling diseases using color and texture features. *Computers and Electronics in agriculture*, 3-11.
- Sannakki, H. e. (2011). Fast and accurate detection and classification of plant diseases. *Computer Application*, 31-38.

16. ANEXOS

Anexo 1: Hoja de vida del tutor.

GEOVANNY EUCLIDES SILVA PEÑAFIEL



DATOS PERSONALES

NOMBRE	Geovanny Euclides Silva Peñafiel
DOCUMENTO DE IDENTIDAD	0602891764
FECHA DE NACIMIENTO	30 de Junio de 1986
LUGAR DE NACIMIENTO	Riobamba-Ecuador
ESTADO CIVIL	Casado
DIRECCIÓN	Altar y Chimborazo (Conjuntos Mutualista Pichincha)
TELÉFONO	0983510375 - 023195970
E-MAIL	geova3006sp@yahoo.es

PERFIL

Experiencia, facilidad y disposición para aprender, buenas relaciones interpersonales, responsable, organizado, facilidad de trabajar en grupo, interés por la actualización profesional. Docencia y pedagogía. Gerencia de Proyectos Informáticos (PMBOOK, PMI, etc.), Manejo de Sistemas Informáticos, diseño, implementación y configuración de redes de datos, business Intelligence, diseño y administración de base de datos, programación, diseño y administración de páginas web (Análítica Web mediante Herramientas Google), Tics, , Manteniendo preventivo y Correctivo de Sistemas de Cómputo, redes, hardware y software.

Anexo 2. Hoja de vida de la Investigadora.**CURRICULUM VITAE****DATOS PERSONALES**

Nombres: Janara Aslehy
 Apellidos: García Fuentes
 Nacionalidad: Ecuatoriana
 Fecha de nacimiento: 11 de noviembre de 1998
 Lugar de nacimiento: La Mana, Cotopaxi, Ecuador
 Cédula de identidad: 0503719551
 Estado civil: Soltera
 Teléfono: 0979016385
 Dirección domiciliaria: Sector Pucayacu Chico, vía Latacunga
 Cantón: La Maná
 Correo electrónico: janara.garcia9551@utc.edu.ec

**ESTUDIOS REALIZADOS**

Instrucción primaria: Escuela de Niñas "Luis Andino Gallegos" (2005 – 2011)
 Instrucción secundaria: Unidad Educativa La Maná (2012 – 2017)


TÍTULOS OBTENIDOS

Bachiller en Ciencias

CERTIFICADOS OBTENIDOS

- I Conferencia Internacional de Innovación Informática Organizada por ADN Consultoría C.A - Noviembre 2017
- "III Jornadas Informáticas" Organizada por Universidad Técnica de Cotopaxi – La Maná 2018
- OWASP Latam Tour 2019 "Ciberseguridad y Ciberinteligencia"
- "IV Jornadas Sistemas de Información" Organizada por la Carrera de Sistemas de la Información, diciembre 2019
- Cisco " Introducción a la Seguridad Cibernética" 2019

Anexo 3. Hoja de vida del Investigador**CURRICULUM VITAE****DATOS PERSONALES**

Nombres	Bryan Alexander	
Apellidos	Ulloa Latacunga	
Nacionalidad	Ecuatoriano	
Fecha de nacimiento	11 de Octubre de 1999	
Lugar de nacimiento	La Maná	
Cédula de identidad	1728480987	
Estado civil	Soltero	
Teléfono	0988948718	
Dirección domiciliaria	Rcto. Recta de Vélez, Km 123 y medio - Vía a Latacunga	
Cantón	Pujilí	
Email	bryan.ulloa0987@utc.edu.ec	

ESTUDIOS REALIZADOS

Instrucción Primaria: Escuela Fiscal Mixta “Dr. Leonidas García Ortiz” (2005 - 2011)

Instrucción secundaria: Unidad Educativa “La Maná” (2012 - 2017)

TÍTULOS OBTENIDOS

Bachiller Técnico – De Servicios Aplicaciones Informáticas

CERTIFICADOS OBTENIDOS

- Operadores de Sistemas (Capacitación Ocupacional QueveCompu)
- Ciberseguridad y Ciberinteligencia (OWASP LATAM TOUR 2019)
- Introducción a la Seguridad Cibernética (CISCO)
- IV Congreso Internacional de Investigación Científica (UTC – La Maná 2019)
- IV Jornadas Sistemas de Información (UTC – La Maná 2019)
- VI Jornadas Informáticas (UTC – La Maná 2021)
- VI Congreso Internacional de Investigación Científica (UTC – La Maná 2022)

Anexo 4. Formato de la encuesta realizada



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN - LA MANÁ**

ENCUESTA DIRIGIDA:

- ❖ **AL PERSONAL ADMINISTRATIVO Y DE SERVICIOS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA.**
- ❖ **DOCENTES Y ESTUDIANTES DEL COLEGIO EXPERIMENTAL INTERCULTURAL BILINGÜE “JATARI UNANCHA”.**
- ❖ **COMUNIDAD CAFICULTORA DE LA ZONA.**

Instrucciones:

En los siguientes enunciados responda según su criterio y marque con una (X).

1.- ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que conoce que afectan al cultivo del café?

Roya	<input type="checkbox"/>	Broca	<input type="checkbox"/>
Alternaria Alternata	<input type="checkbox"/>	Ninguna de las anteriores	<input type="checkbox"/>
Ojo de gallo	<input type="checkbox"/>	Otra: _____	

2.- ¿Usted sabe reconocer estas enfermedades en el cultivo del cafeto?

Sí No

3.- ¿Cuál ha sido su experiencia con las aplicaciones móviles?

Buena Regular Mala

4.- ¿Conoce usted alguna aplicación móvil que identifique las enfermedades del cultivo de café?

Sí No

5.- ¿Considera usted que una aplicación móvil orientada al campo agrícola aportara al sector productivo cafetero?

Sí No

6.- ¿Cree usted que las aplicaciones móviles dirigidas al campo agrícola permitirán reducir el tiempo utilizado por el agricultor para poder identificar una plaga o enfermedad en el cultivo del café?

Sí No

7.- ¿Cree usted que las aplicaciones móviles incrementaran los niveles de información que se obtienen acerca de la plaga o enfermedad identificada; en sectores de producción agrícola?

Sí No

Anexo 5. Resultados de tabulación de los datos de la encuesta.

TABULACIÓN DE DATOS DE LA ENTREVISTA

1.- ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que conoce que afectan al cultivo del café?

Tabla 14. ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que conoce que afectan al cultivo del café?

Detalle	Frecuencia
Roya (Hemileia vastatrix)	13
Alternaria Alternata (Fr.) Keissl	9
Ojo de gallo (Mycena citricolor)	11
Broca del fruto (Hypotenemus hampei Ferrari)	9
Ninguna de las anteriores	10
Otra	0

Gráfico 1. Índice promedio de personas que conocían una determinada enfermedad.

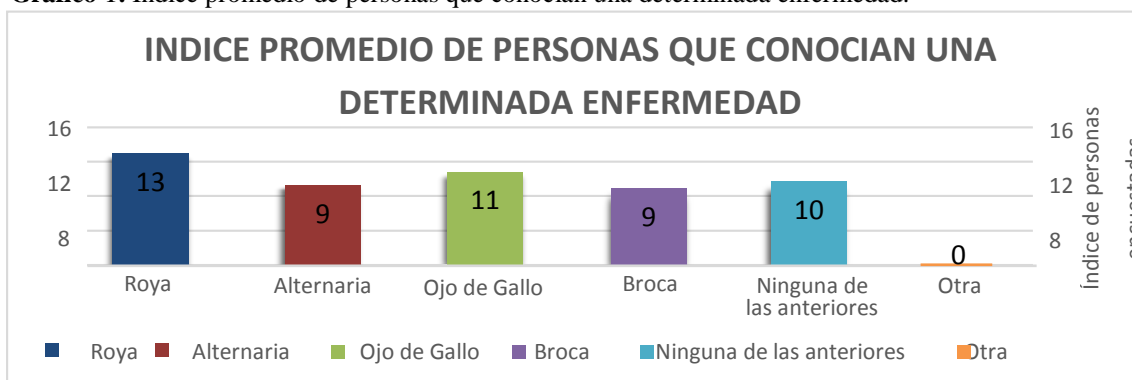
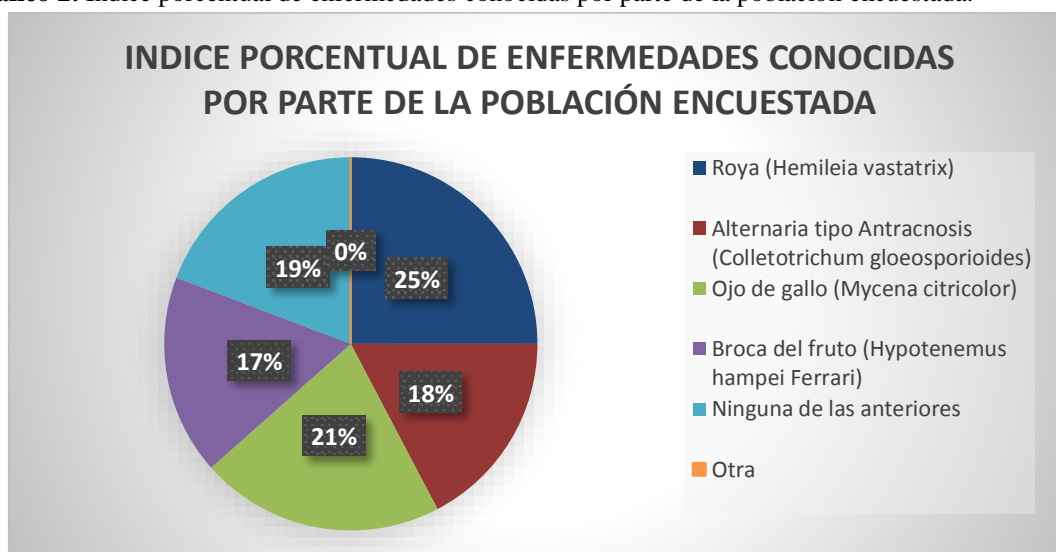


Gráfico 2. Índice porcentual de enfermedades conocidas por parte de la población encuestada.



Elaborado por: Los Investigadores

Fuente: Encuesta

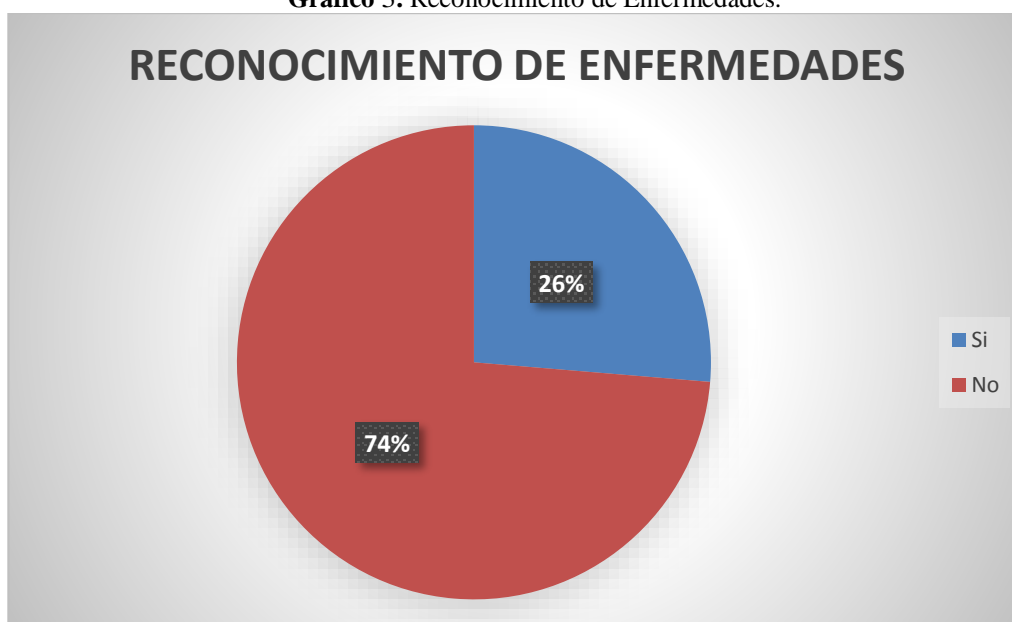
Análisis e interpretación: De acuerdo a los resultados emitidos por parte del 100 % de la población encuestada (38 personas), se puede apreciar que la enfermedad más conocida que afecta al cafeto, es la Roya con índice porcentual del 25 %, seguido por la enfermedad del Ojo de Gallo con el 21 %, y la Alternaria Alternata (Fr.) Keissl como también la plaga de la Broca del fruto con un índice porcentual del 18 y 17 %. Cabe también recalcar que se obtuvo un índice porcentual del 19 % de personas que desconocían acerca de estas enfermedades, y un 0 % de índice de conocer alguna otra enfermedad muy aparte de estas que afecten al cultivo del cafeto. Cada una de estas enfermedades que se destacaron en la encuesta, afectan en gran manera la producción del cafeto, para lo cual se ha determinado en primera instancia la importancia del estudio, identificación y clasificación de 3 de estas (la Roya, Alternaria Alternata (Fr.) Keissl, y Ojo de Gallo) para el desarrollo de la aplicación móvil con IA, ya que estas 3 enfermedades se presentan en las hojas del Café y la Broca se presenta en el fruto.

2.- ¿Usted sabe reconocer estas enfermedades en el cultivo del cafeto?

Tabla 15. ¿Usted sabe reconocer estas enfermedades en el cultivo del cafeto?

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	10	26%
No	28	74%
TOTAL	38	100%

Gráfico 3. Reconocimiento de Enfermedades.



Elaborado por: Los Investigadores

Fuente: Encuesta

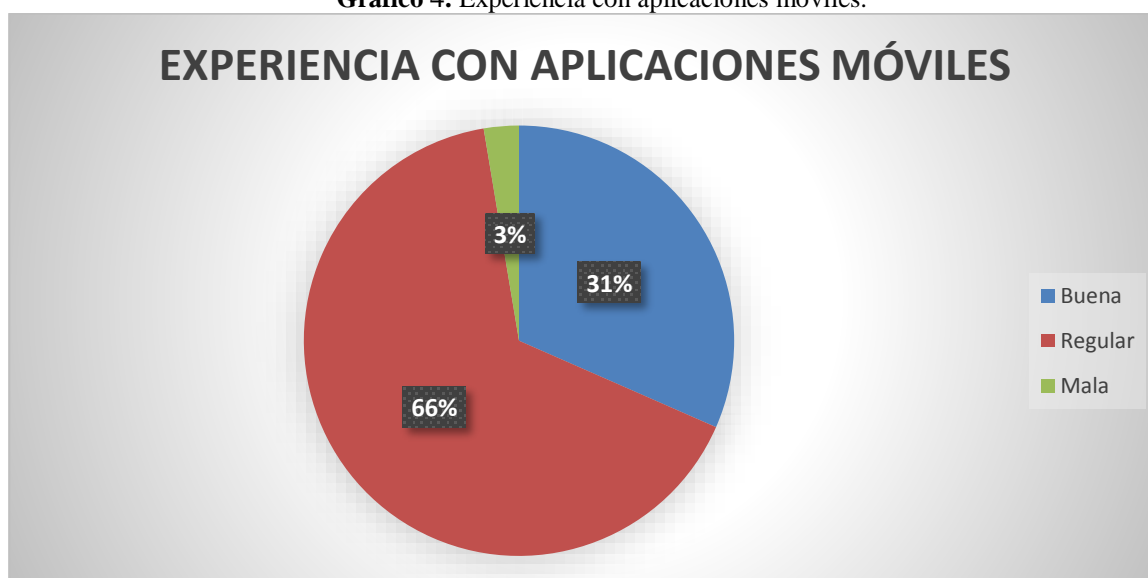
Análisis e interpretación: Del 100% de la población encuestada el 74% no saben reconocer las enfermedades que se presentan en los cultivos cafeteros, mientras que el 26% si las reconocen. Tras conocer los resultados obtenidos refleja que la mayoría de la población desconocen contra que enfermedades están tratando, lo que determina la importancia de una aplicación móvil en donde pueda reconocer la enfermedad que padece el cafeto, específicamente de la enfermedad reflejada en sus hojas.

3.- ¿Cuál ha sido su experiencia con las aplicaciones móviles?

Tabla 16. ¿Cuál ha sido su experiencia con las aplicaciones móviles?

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Buena	12	31%
Regular	25	66%
Mala	1	3%
TOTAL	38	100%

Gráfico 4. Experiencia con aplicaciones móviles.



Elaborado por: Los Investigadores

Fuente: Encuesta

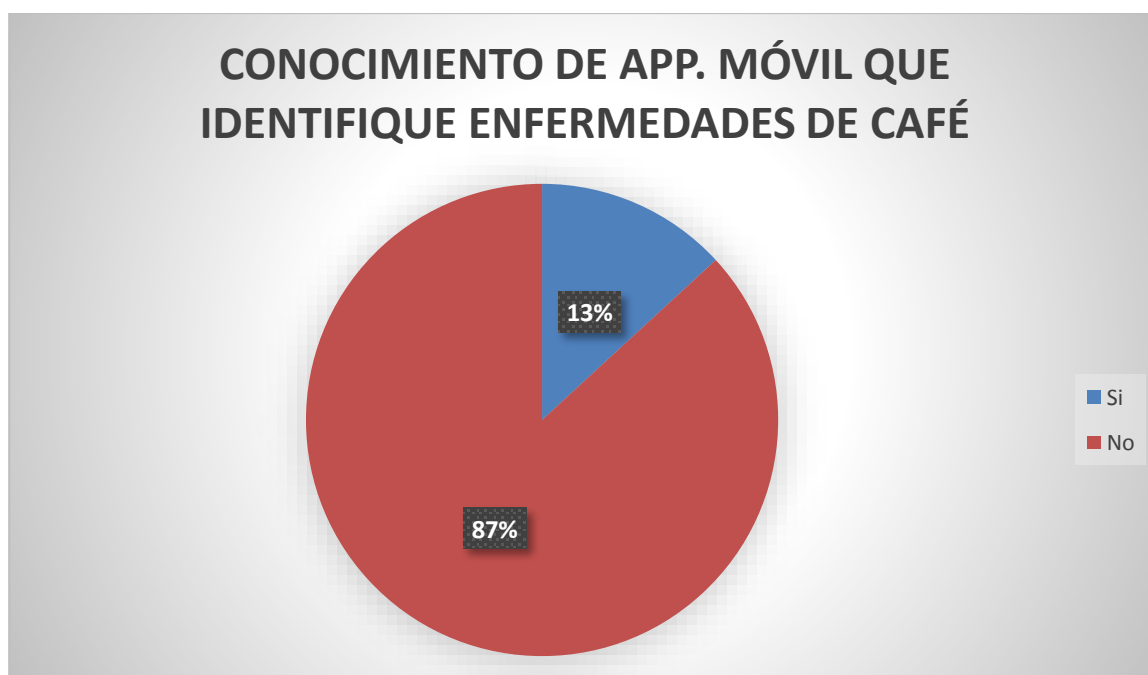
Análisis e interpretación: De acuerdo con los resultados obtenidos de las encuestas realizadas el 31 % de la población ha tenido buenas experiencias en el uso de las aplicaciones móviles, mientras que el 66 % indican sus experiencias como regular, y el 3% de los encuestados indican sus experiencias como mala. Tras conocer el análisis se determina que la mayoría de la población encuestada ha tenido buenas y regulares experiencias con el uso de aplicaciones móviles, dando como resultado favorable la implementación de una aplicación móvil con un modelo de inteligencia artificial que ayude al reconocimiento de enfermedades que se presentan en el café.

4.- ¿Conoce usted alguna aplicación móvil que identifique las enfermedades del cultivo de café?

Tabla 17. ¿Conoce usted alguna aplicación móvil que identifique las enfermedades del cultivo de café?

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	5	13%
No	33	87%
TOTAL	38	100%

Gráfico 5. Conocimiento de App. Móvil que identifique enfermedades de Café.



Elaborado por: Los Investigadores

Fuente: Encuesta

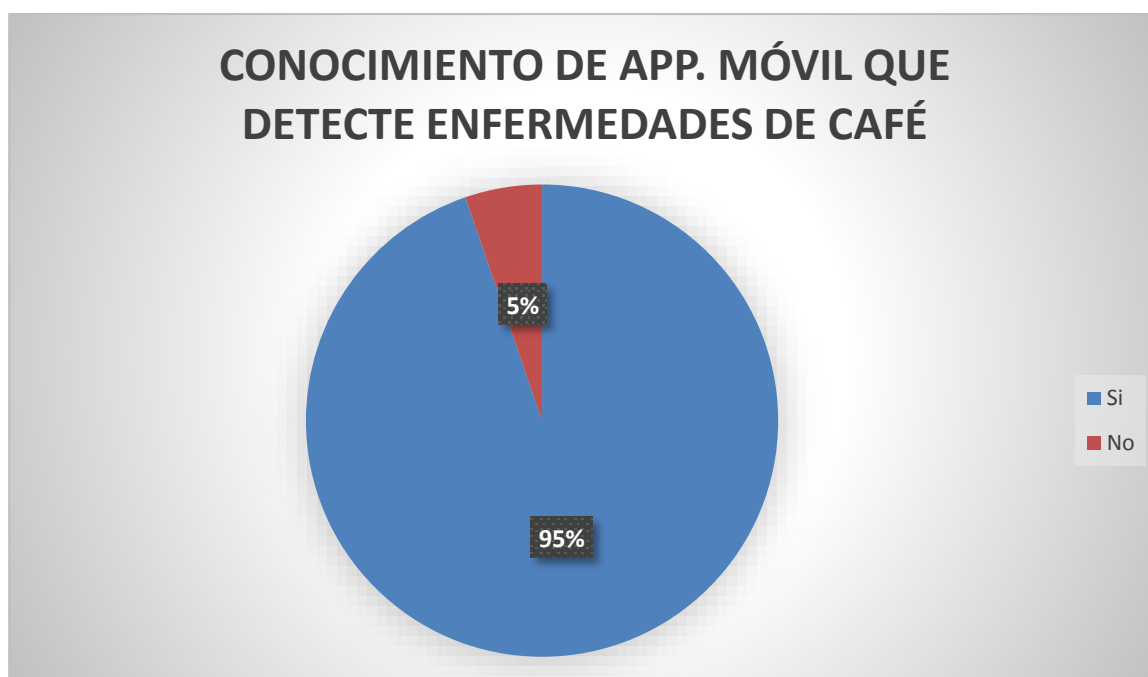
Análisis e interpretación: Del 100% de la población encuestada el 87 % de la población que corresponde a 33 encuestados, indican que no conocen ninguna aplicación móvil que se dedique al servicio de identificar enfermedades del café, y el 13 % restante, indica que si conocen acerca de algún App. Móvil que brinde este servicio. Tras conocer los resultados se determina que existe un alto índice del desconocimiento de aplicaciones móviles por parte de los encuestados, por lo que da como efecto la importancia de este proyecto debido a su fusión de IA en una aplicación móvil que permite reconocer las enfermedades y la precisión con las que arroja su respuesta.

5.- ¿Considera usted que una aplicación móvil orientada al campo agrícola aportara al sector productivo cafetero?

Tabla 18. ¿Considera usted que una aplicación móvil orientada al campo agrícola aportara al sector productivo cafetero?

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	36	95%
No	2	5%
TOTAL	38	100%

Gráfico 6. Conocimiento de app. Móvil que detecte enfermedades de café.



Elaborado por: Los Investigadores

Fuente: Encuesta

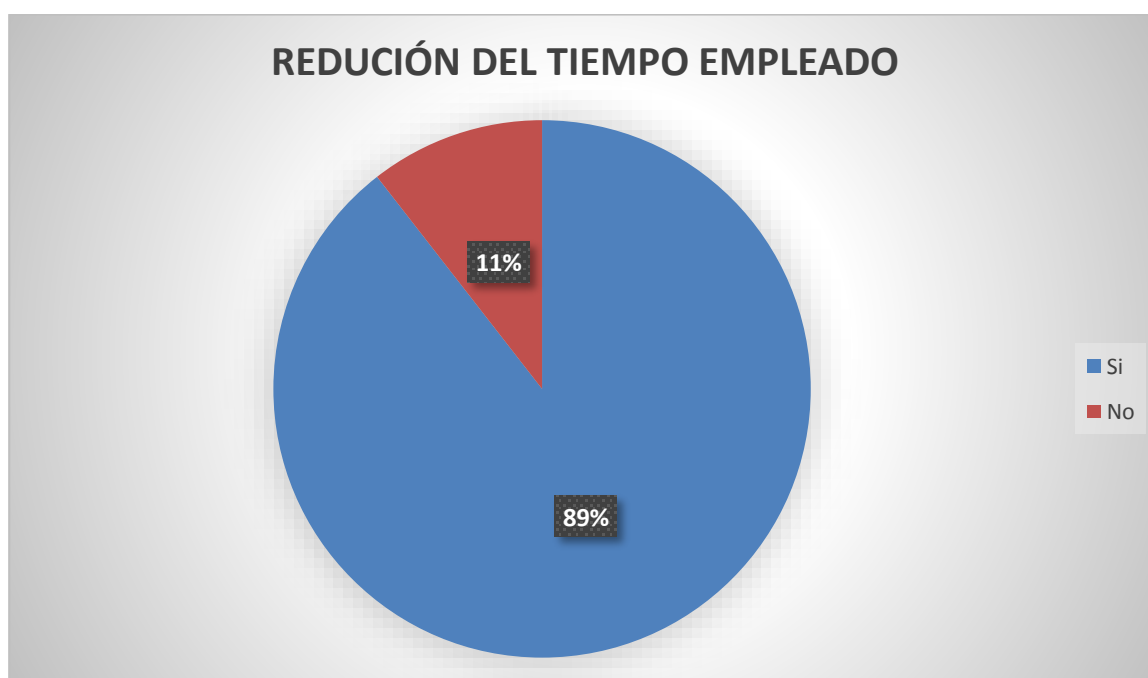
Análisis e interpretación: De acuerdo con los encuestados el 95% de la población total indicaron que una aplicación móvil orientada al campo agrícola si aportada al sector cafetero en la productividad, mientras que el 5% de la población indicaron que no aportaría de nada una aplicación móvil en este campo agrícola. Tras conocer los resultados obtenidos la mayoría de la población encuestada que representa un 95% está de acuerdo que una aplicación móvil aportaría de mucho a este sector, dando como resultado la importancia de acogida de la aplicación.

6.- ¿Cree usted que las aplicaciones móviles dirigidas al campo agrícola permitirán reducir el tiempo utilizado por el agricultor para poder identificar una plaga o enfermedad en el cultivo del café?

Tabla 19. ¿Cree usted que las aplicaciones móviles dirigidas al campo agrícola permitirán reducir el tiempo utilizado por el agricultor para poder identificar una plaga o enfermedad en el cultivo del café?

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	34	89%
No	4	11%
TOTAL	38	100%

Gráfico 7. Consideración de si las aplicaciones móviles dirigidas al campo agrícola permitirán reducir el tiempo utilizado por el agricultor para poder identificar una plaga o enfermedad en el cultivo del café.



Elaborado por: Los Investigadores

Fuente: Encuesta

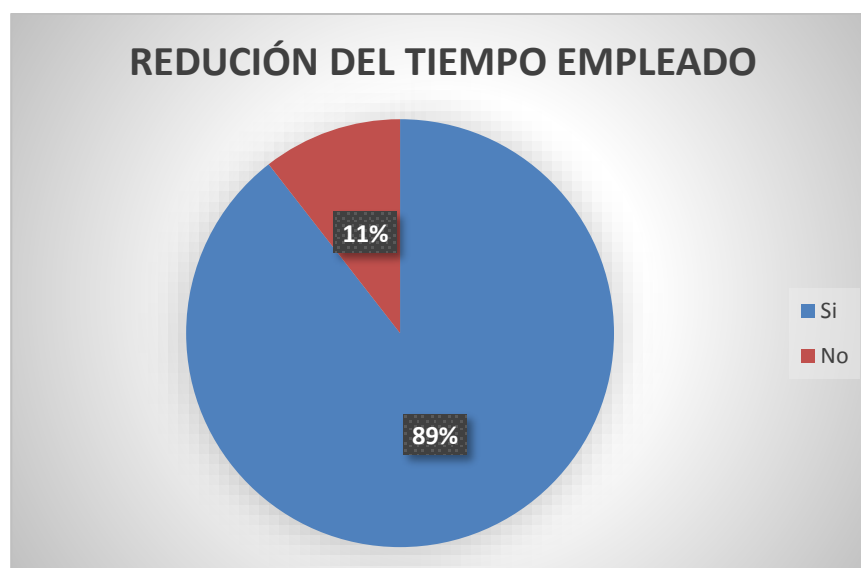
Análisis e interpretación: El 89 % de la población encuestada, indica que si están de acuerdo con que una aplicación móvil dirigida al sector agrícola reduciría el tiempo de identificación de enfermedades o plagas por parte de los agricultores, mientras que el 11 % restante del 100% de la población indicaron que no. Tras conocer los resultados el 89 % de la población que vendrían siendo 34 encuestados indicaron óptimos resultados.

7.- ¿Cree usted que las aplicaciones móviles incrementarían los niveles de información que se obtienen acerca de la plaga o enfermedad identificada; en sectores de producción agrícola?

Tabla 20. ¿Cree usted que las aplicaciones móviles incrementarían los niveles de información que se obtienen acerca de la plaga o enfermedad identificada; en sectores de producción agrícola?

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	34	89%
No	4	11%
TOTAL	38	100%

Gráfico 8. Consideración de que si se cree que las aplicaciones móviles incrementarían los niveles de información que se obtienen acerca de la plaga o enfermedad identificada; en sectores de producción agrícola.

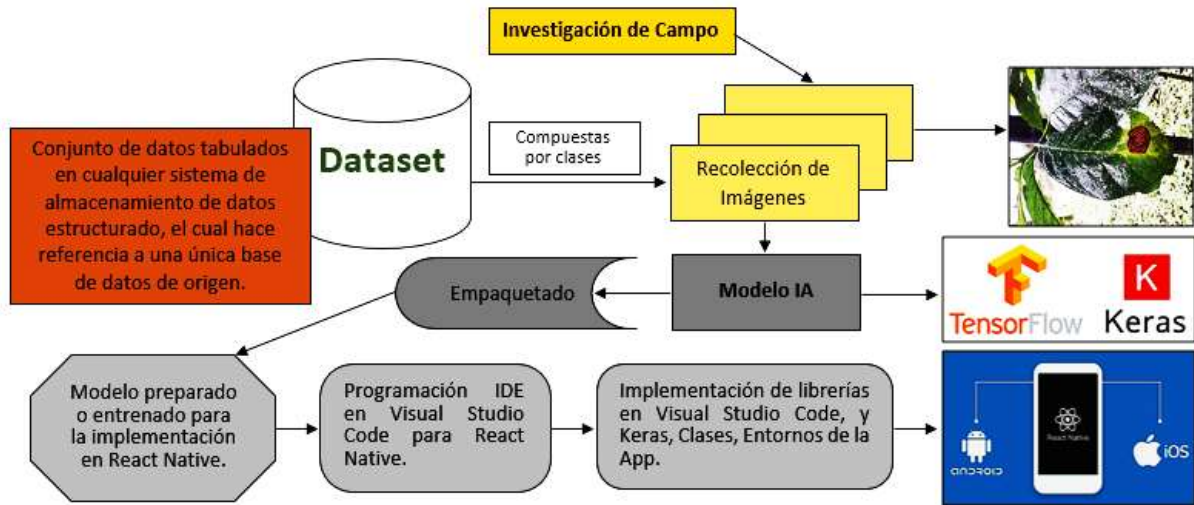


Elaborado por: Los Investigadores

Fuente: Encuesta

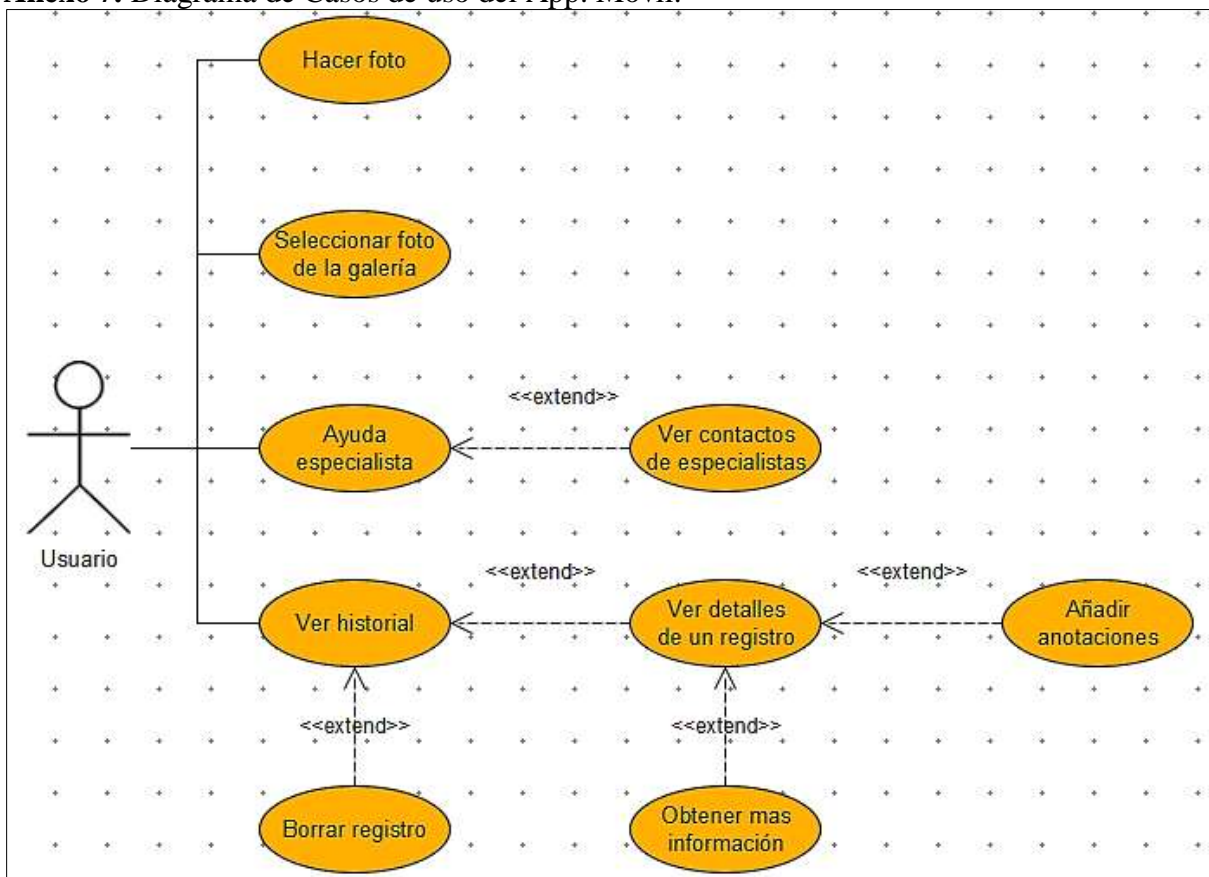
Análisis e interpretación: Del 100% de los encuestados el 89% están de acuerdo que por medio de una aplicación móvil, si se incrementa los niveles de información que se obtiene de las enfermedades identificadas en los sectores agrícolas y el 11% de la población indican que no. Tras conocer los resultados el 89% de la población encuestada indican que están de acuerdo que por medio de las aplicaciones móviles si se puede obtener más información acerca de las diferentes enfermedades que padecen el cultivo del café. Dando como resultado la importancia de la implementación de la aplicación móvil debido a que fortalece el conocimiento de los agricultores a parte de facilitarles la detección de enfermedades.

Anexo 6. Arquitectura de desarrollo del proyecto de Investigación.



Descripción: Arquitectura de desarrollo empleadas en el proyecto de Investigación

Anexo 7. Diagrama de Casos de uso del App. Móvil.



Descripción: Arquitectura funcional de caso de uso, empleadas en el proyecto de Investigación

Anexo 8. Exploración de campo en el Centro de Investigación Sacha Wiwa.



Anexo 9. Realización de encuesta al personal administrativo y de servicios del Centro de Investigación Sacha Wiwa, docentes y estudiantes del Colegio Experimental Intercultural Bilingüe “Jatari Unancha”, y comunidad caficultora de la zona.



Anexo 10. Aval de Implementación**AVAL DE IMPLEMENTACIÓN**

Yo, RICARDO AUGUSTO LUNA MURILLO, con cédula de ciudadanía No. 091296922-7, en calidad de Director de Dirección de Investigación, certifico que los estudiantes García Fuentes Janara Aslehy con cédula de ciudadanía No. 050371955-1 y Ulloa Latacunga Bryan Alexander con cédula de ciudadanía No. 172848098-7, alumnos de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales desarrollaron su proyecto de titulación con el tema: “IMPLEMENTACIÓN DE MODELO MACHINE LEARNING APLICADO AL ESTUDIO DE ENFERMEDADES DE CAFÉ EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA GUASAGANGA, CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI”, trabajo que fue presentado, probado e implementado de manera satisfactoria.

Eso es en cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a las peticiones hacer uso del presente certificado de la manera que estimen conveniente.

La Maná, Agosto del 2022

Atentamente,



Ing. Mgtr. Luna Murillo Ricardo Augusto
C.I: 0912969227

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN



Anexo 11. Aval de Traducción

AVAL DE TRADUCCIÓN

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

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE MODELO MACHINE LEARNING APLICADO AL ESTUDIO DE ENFERMEDADES DE CAFÉ EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA GUASAGANGA, CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI”** presentado por: **García Fuentes Janara Aslehy y Ulloa Latacunga Bryan Alexander** egresados de la Carrera de: **Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales**, perteneciente a la Facultad de **Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructuragramatical del Idioma.

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

La Maná, Agosto del 2022

Atentamente,


Mg. Ramón Amores Sebastián Fernando
DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS
CI: 050301668-5

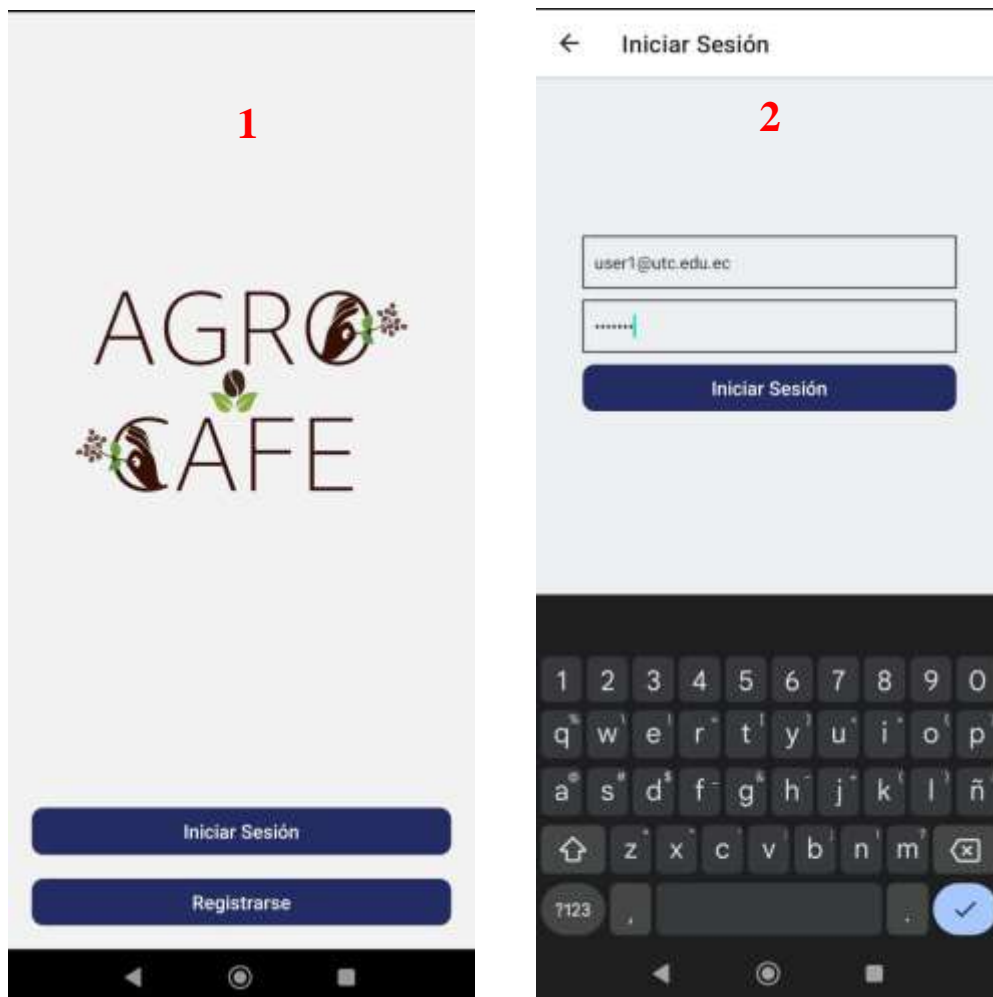
Anexo 12. Manual de Usuario



Se ha generado el manual de usuario del aplicativo móvil orientado a la detección de enfermedades de café, haciendo uso de modelo Machine Learning entrenado para la detección de las 4 clasificaciones que se destaca en el punto **10.4.2. Muestra de los datos (imágenes) – Caso de estudio**. El aplicativo móvil cuenta con dos roles de usuarios; el usuario administrador y el usuario común.

USUARIO COMÚN

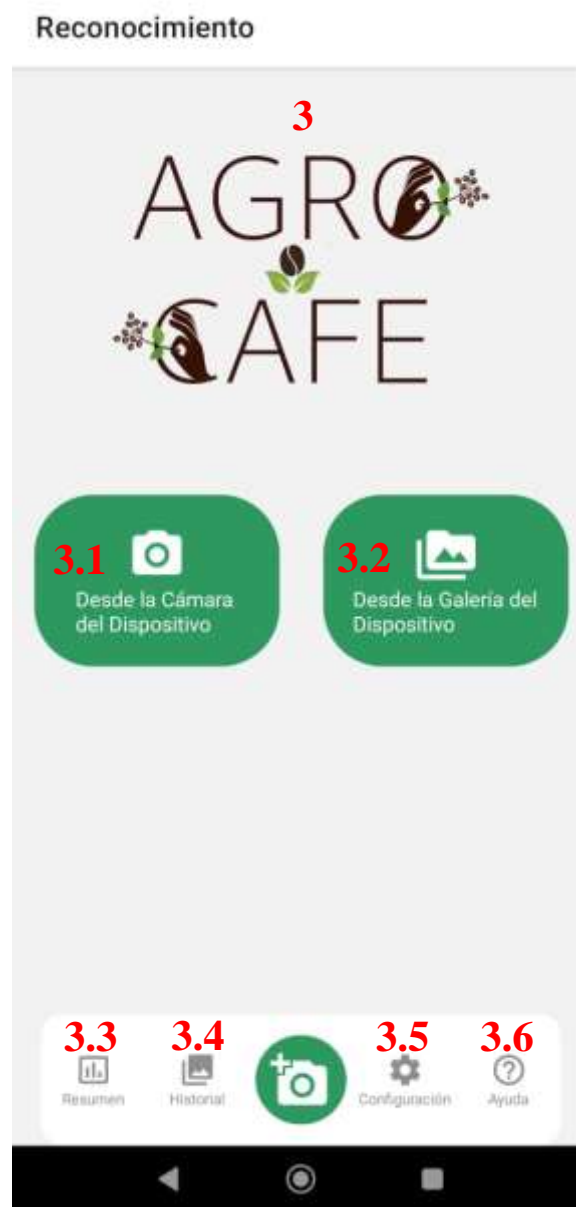
1. El usuario ingresa al aplicativo móvil para poder iniciar sesión o registrarse en caso de no estar registrado en la Base de Datos.
2. Una vez registrado (en caso de no estarlo) se procede al inicio de sesión con su correo y credencial registrado.



Elaborado por: Los Investigadores

3. Si el correo y las credenciales son correctas, se nos mostrará la interfaz principal de “Reconocimiento” del aplicativo, en donde tenemos las siguientes interacciones con el usuario:

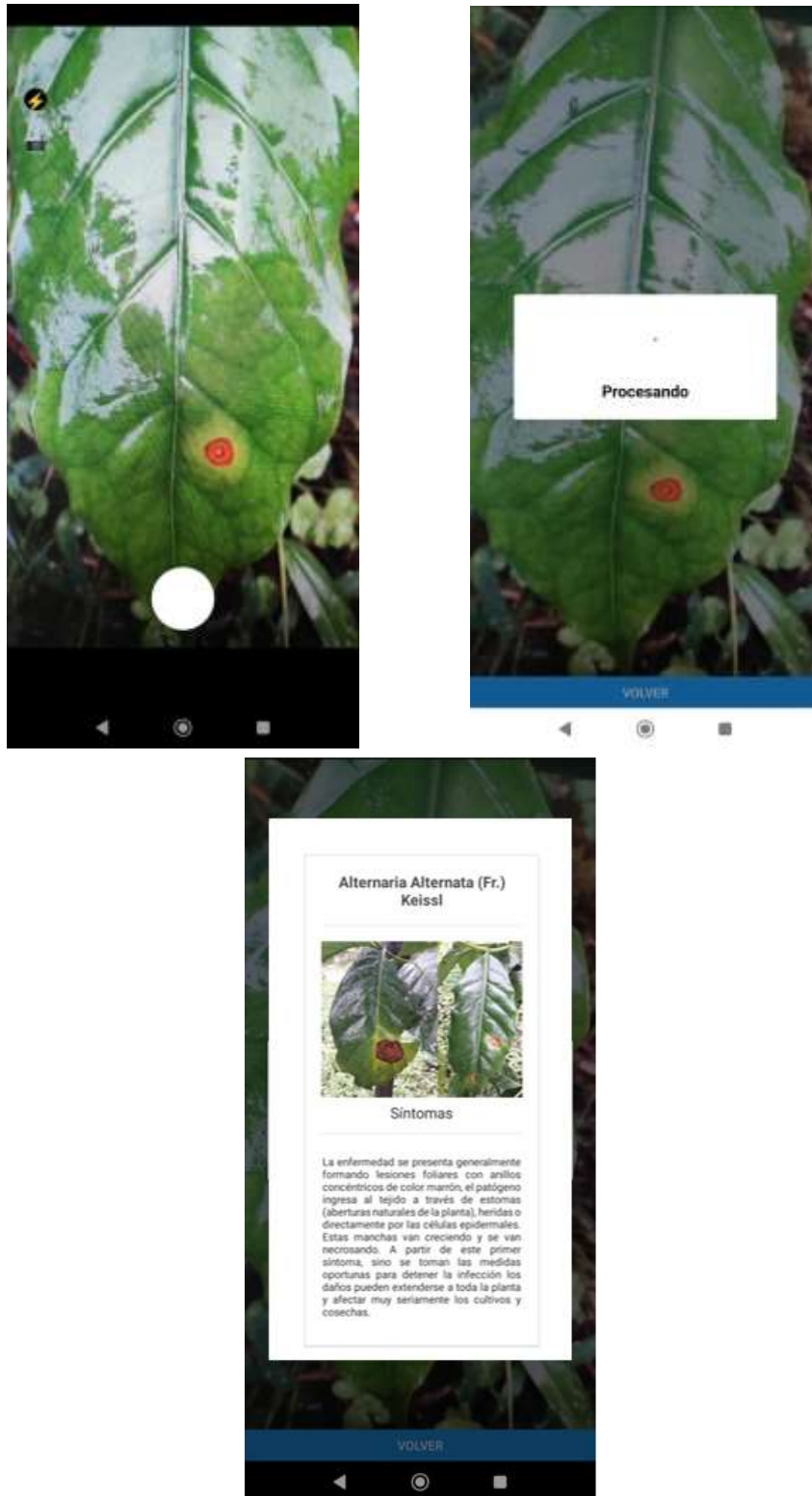
- 3.1. Tomar una foto “Desde la Cámara del Dispositivo”.
- 3.2. Elegir una foto Desde la Galería del Dispositivo”.
- 3.3. Visitar la pestaña de “Resumen” de consultas realizadas.
- 3.4. Visitar la pestaña de “Historial” de consultas realizadas y estado de carga de las imágenes procesadas en la base de datos.
- 3.5. Visitar la pestaña de “Configuración”.
- 3.6. Visitar la pestaña de “Ayuda”.



Elaborado por: Los Investigadores

3.1. Tomar una foto “Desde la Cámara del Dispositivo”.

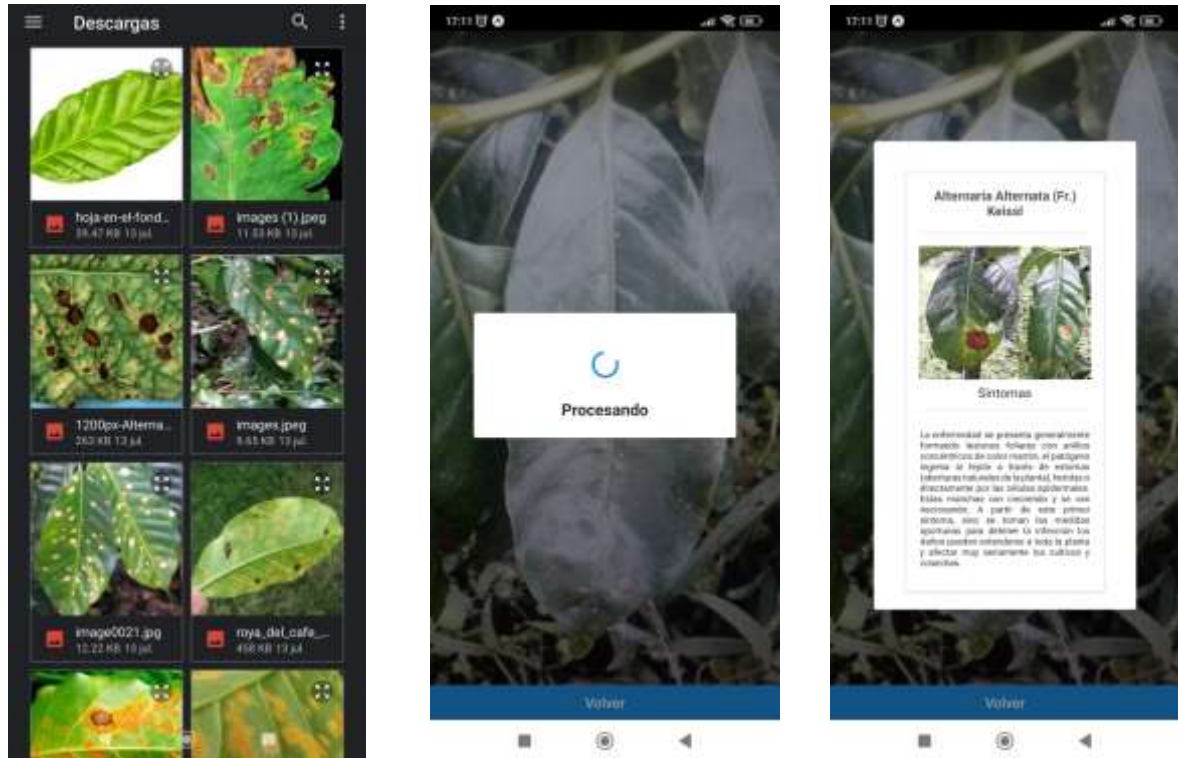
Al momento de escoger tomar una foto desde la cámara del dispositivo, primeramente hay que dar los permisos respectivos para hacer uso de la cámara y almacenamiento del dispositivo, se captura la hoja que presenta la enfermedad, y automáticamente se procesa la imagen arrojando el diagnóstico de la enfermedad que presenta.



Elaborado por: Los Investigadores

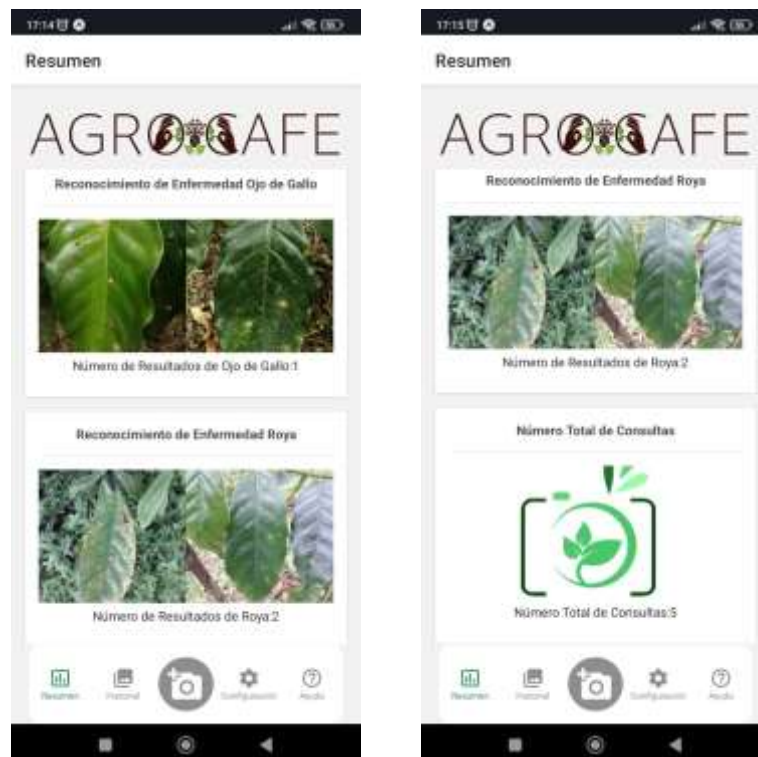
3.2. Elegir una foto Desde la Galería del Dispositivo”.

La opción de elegir una foto desde la cámara del dispositivo, se escoge una imagen (de la hoja que presenta la enfermedad) que tengamos en el almacenamiento de nuestro dispositivo, y automáticamente se procesa la imagen arrojando el diagnóstico de la enfermedad que presenta.



Elaborado por: Los Investigadores

3.3. Visitar la pestaña de “Resumen”: donde se muestran las consultas realizadas.

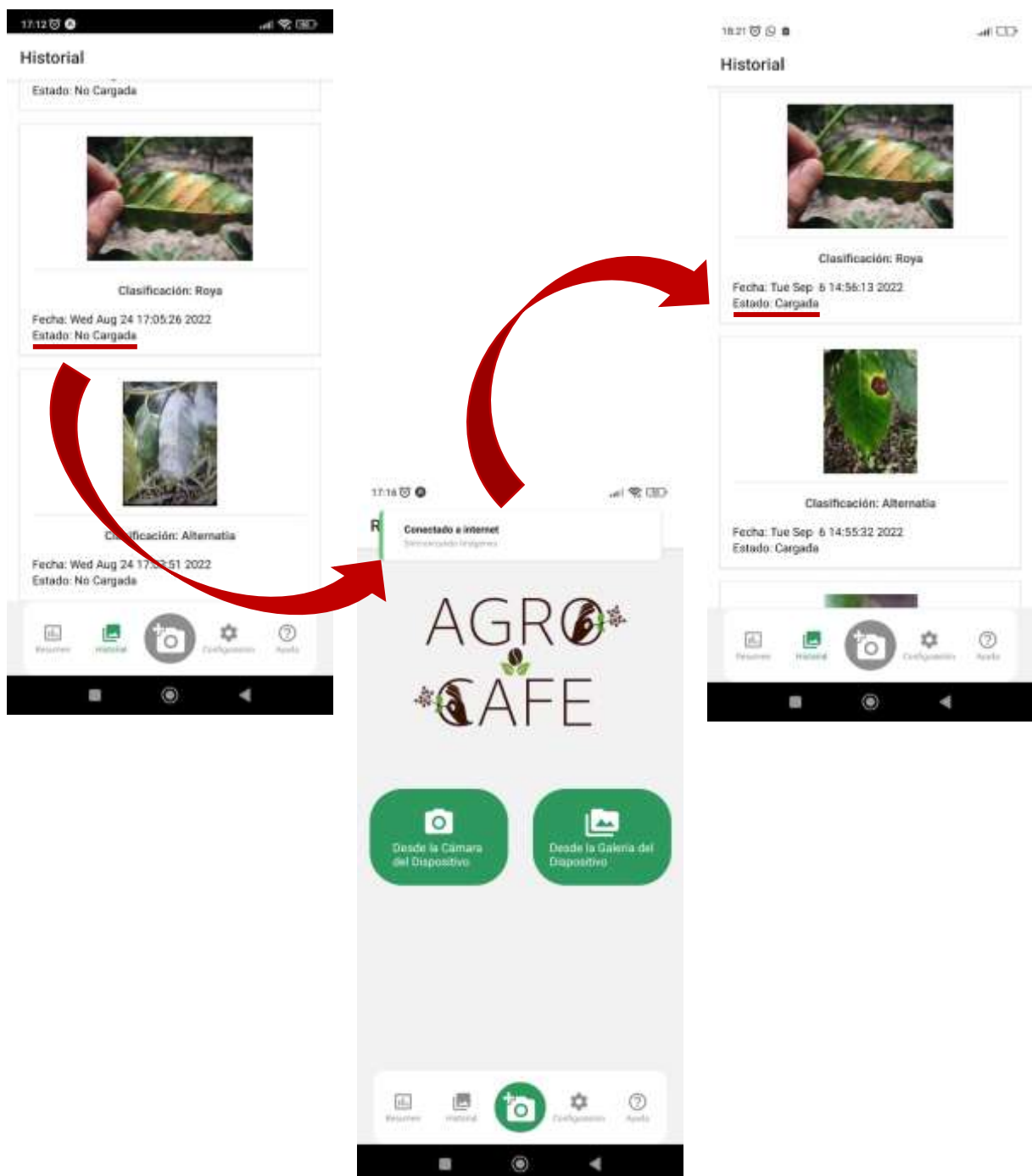


Elaborado por: Los Investigadores

3.4. Visitar la pestaña de “Historial”

Aquí se muestran las imágenes que se han tomado o subido desde el dispositivo móvil en referencia a las consultas realizadas; se muestra el estado de carga de las imágenes procesadas en la base de datos, la fecha en la que se ha procesado, y la clasificación en la que se encuentra.

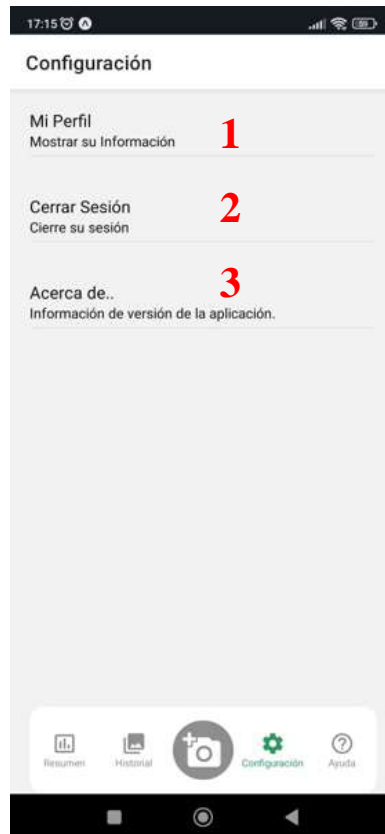
Observación: El estado de carga no se sincroniza inmediatamente, sino que hay que cerrar la aplicación y nuevamente abrirla para las imágenes que están en el dispositivo almacenadas, se sincronicen con la base de datos.



Elaborado por: Los Investigadores

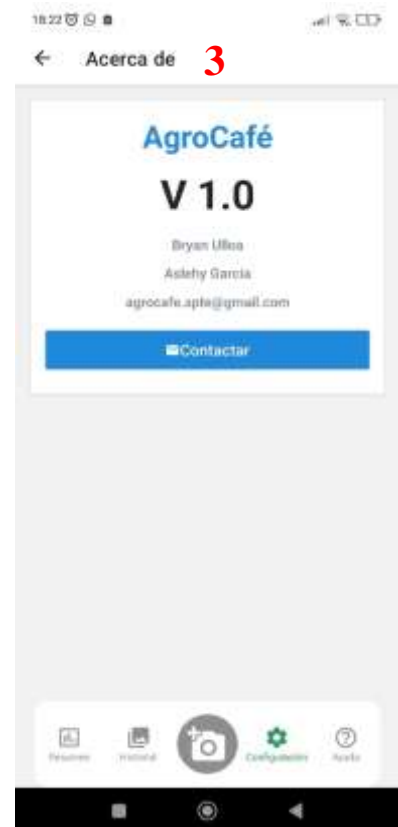
3.5. Visitar la pestaña de “Configuración”

2. En el menú “Mi Perfil” se puede observar la información básica del usuario sobre el registro en la base de datos, y hay la opción de modificar la contraseña.



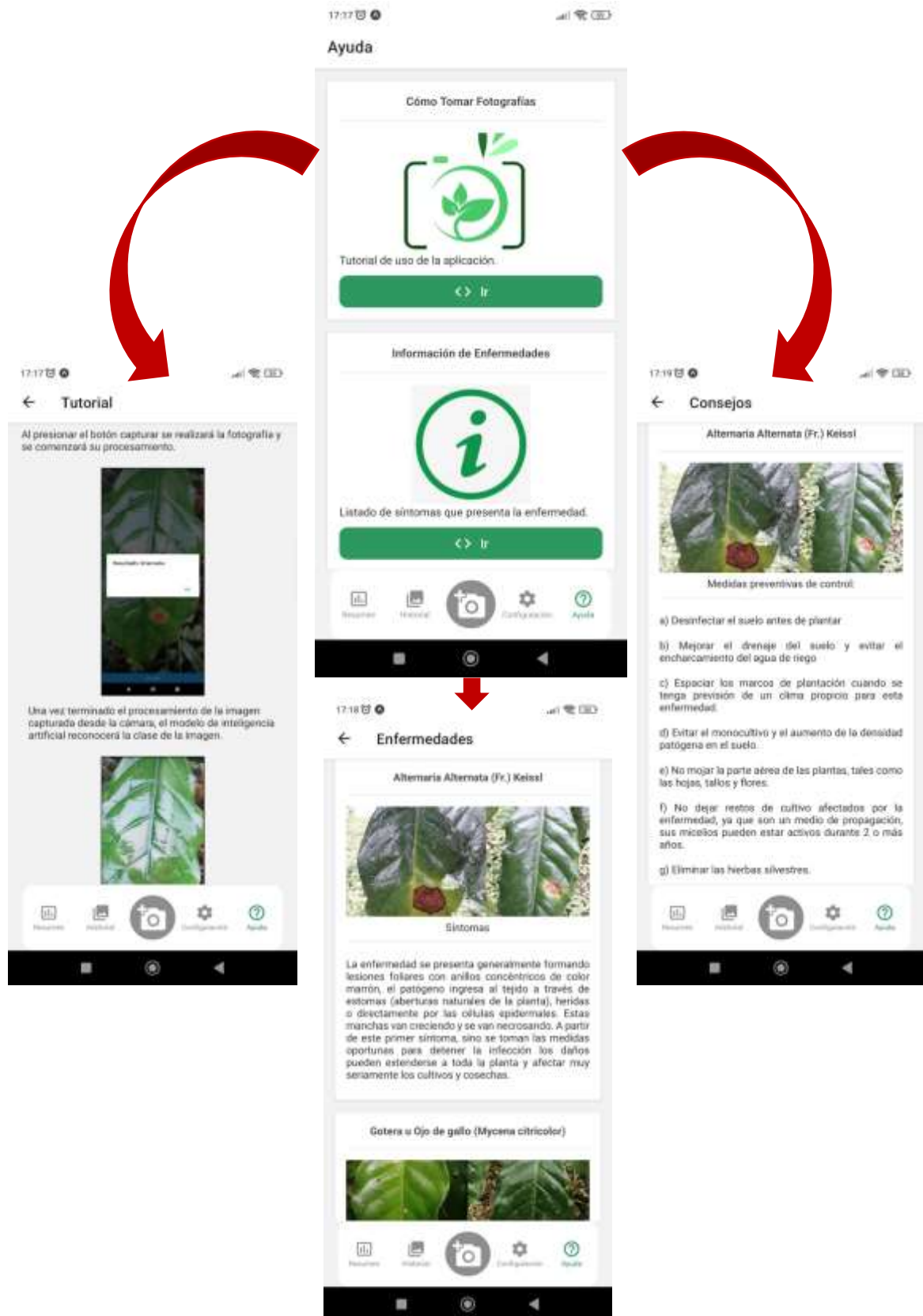
3. En el menú “Acerca de...” se puede observar la información de contacto sobre los desarrolladores del aplicativo móvil, por medio del correo: agrocafe.spte@gmail.com

1. En el menú “Cerrar Sesión”, básicamente como su nombre lo dice, nos permite cerrar sesión del usuario actualmente registrado.



Elaborado por: Los Investigadores

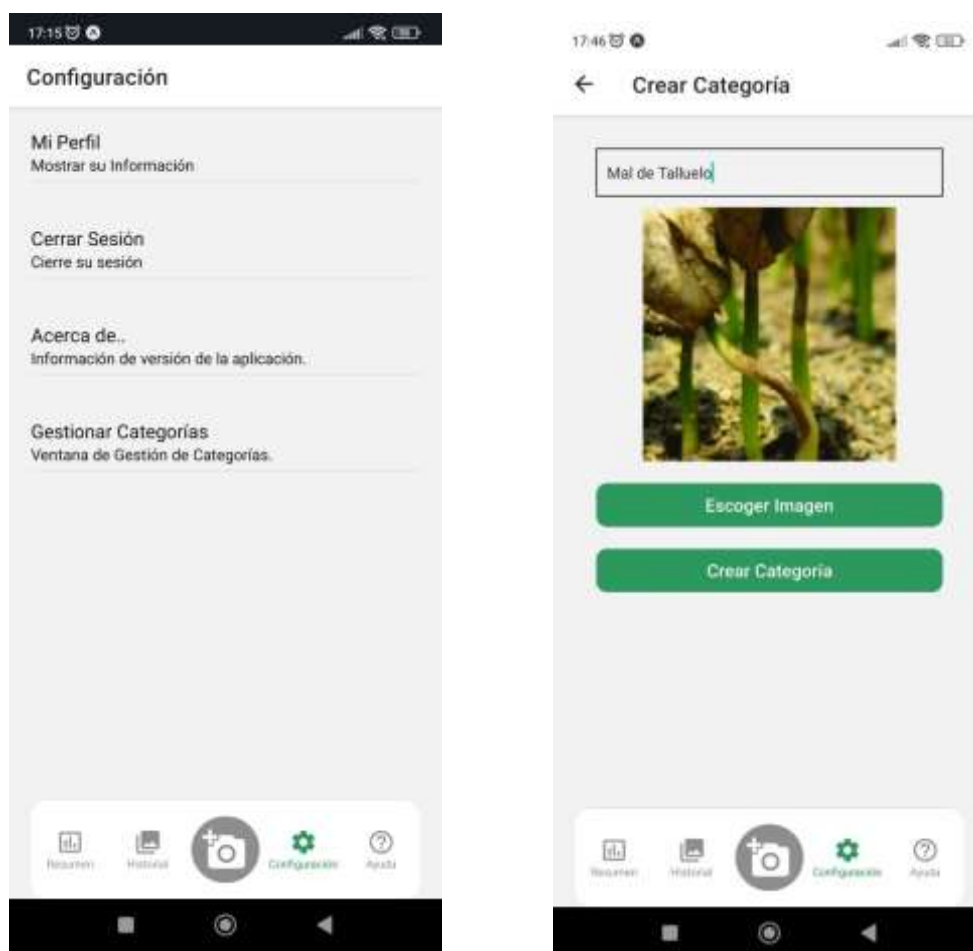
3.6. Visitar la pestaña de “Ayuda”: aquí se muestran un tutorial de uso de la aplicación, información de enfermedades trabajadas en el caso de estudio, y consejos por especialistas fitosanitarios para controlar estas enfermedades.



Elaborado por: Los Investigadores

USUARIO ADMINISTRADOR

Se resalta que el usuario administrador además de tener acceso a las mismas especificaciones que un usuario común, este tendrá un apartado en la pestaña “Configuración” donde tenemos la opción de Gestionar las Categorías de las enfermedades nuevas que se encuentren en algún caso de estudio, y a las cuales una vez creada, se podrá añadir las imágenes correspondientes a esa enfermedad en la base de datos. Una vez se crea conveniente según el número en el set de datos (imágenes) recopilado, se deberá coordinar con el encargado de sistemas para hacer el entrenamiento de modelo de esta nueva categoría creada, de manera manual.



Elaborado por: Los Investigadores

Anexo 13. Certificado de Urkund



Document Information

Analyzed document	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN - UTC LA MANÁ - B. ULLOA _ A. GARCÍA.docx (D143443439)
Submitted	8/31/2022 4:27:00 PM
Submitted by	
Submitter email	johnny.bajana@utc.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	jaime.cajas.utc@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / TESIS MUÑOZ Y MUYULEMA CORRECCIONES PRE DEFENSA ...docx Document TESIS MUÑOZ Y MUYULEMA CORRECCIONES PRE DEFENSA ...docx (D133108975) Submitted by: kleber.espinosa@utc.edu.ec Receiver: jaime.cajas.utc@analysis.orkund.com	2
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / PDF - BUSTAMANTE MARIA - GARCIA MARIA.pdf Document PDF - BUSTAMANTE MARIA - GARCIA MARIA.pdf (D97756071) Submitted by: jaime.cajas@utc.edu.ec Receiver: jaime.cajas.utc@analysis.orkund.com	33
SA	PILOZO TESIS UNESUM. URKUND.docx Document PILOZO TESIS UNESUM. URKUND.docx (D119677945)	2
SA	TITULACIÓN URKUND MARIA ILIANA MAYO 12 DEL 2021 (3).docx Document TITULACIÓN URKUND MARIA ILIANA MAYO 12 DEL 2021 (3).docx (D104878032)	4
SA	TITULACIÓN URKUND MARIA ILIANA MAYO.docx Document TITULACIÓN URKUND MARIA ILIANA MAYO.docx (D105170819)	1
W	URL: https://core.ac.uk/download/pdf/287338937.pdf Fetched: 8/8/2022 3:50:34 PM	2
W	URL: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9445/1/T-UCE-0011-305.pdf Fetched: 8/31/2022 4:29:00 PM	4
SA	2. Plagas y enfermedades en café - umbral y metodología..docx Document 2. Plagas y enfermedades en café - umbral y metodología..docx (D138164996)	1
SA	Manejo Integrado de Café en Cusco - Ojeda - Tello.pdf Document Manejo Integrado de Café en Cusco - Ojeda - Tello.pdf (D138165012)	1
SA	anteproyecto-jazmin.docx Document anteproyecto-jazmin.docx (D41050176)	1