



**Sistema de apoyo a la toma de decisiones utilizando aprendizaje
automático para determinar aplicaciones nutricionales y medicinales del
patrimonio vegetal nativo del cantón La Maná**

Beltrán Caza, Diego Andrés y Carvajal Calvopiña, Abigail Gabriela

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas e
Informática

PhD. Loachamín Valencia, Mauricio Renán

7 de febrero del 2022



TrabajoGraduacion_BELTRAN_CARVAJAL.docx

Scanned on: 13:21 February 9, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	0
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	0
Ommited Words	1512



Website | Education | Businesses

.....
PhD. Loachamín Valencia, Mauricio Renán

Director



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, **“Sistema de apoyo a la toma de decisiones utilizando aprendizaje automático para determinar aplicaciones nutricionales y medicinales del patrimonio vegetal nativo del cantón La Maná”** fue realizado por los señores **Beltrán Caza, Diego Andrés y Carvajal Calvopiña, Abigail Gabriela** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 07 de febrero de 2022

.....
PhD. Loachamín Valencia, Mauricio Renán

C. C.: 1711378362



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Beltrán Caza, Diego Andrés y Carvajal Calvopiña, Abigail Gabriela**, con cédulas de ciudadanía n°1726010638 y n°1720980067, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Sistema de apoyo a la toma de decisiones utilizando aprendizaje automático para determinar aplicaciones nutricionales y medicinales del patrimonio vegetal nativo del cantón La Maná**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 07 de febrero de 2022

Beltrán Caza, Diego Andrés

C.C.: 1726010638

Carvajal Calvopiña, Abigail Gabriela

C.C.: 1720980067



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

Autorización de publicación

Nosotros, **Beltrán Caza, Diego Andrés y Carvajal Calvopiña, Abigail Gabriela**, con cédulas de ciudadanía N° 1726010638 y N° 1720980067, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “Sistema de apoyo a la toma de decisiones utilizando aprendizaje automático para determinar aplicaciones nutricionales y medicinales del patrimonio vegetal nativo del cantón La Maná”. en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 07 de febrero de 2022

Beltrán Caza, Diego Andrés

C.C.: 1726010638

Carvajal Calvopiña, Abigail Gabriela

C.C.: 1720980067

Dedicatorias

El presente trabajo de titulación lo dedico a mis padres quienes siempre me inculcaron valores y sobre todo me dieron lo necesario para poder cumplir esta meta, me enseñaron que de nada sirve las riquezas si el corazón es pobre.

A mis abuelos quienes me dieron su cariño, enseñanzas y bendiciones para poder tomar las mejores decisiones, así como la determinación necesaria para poder crecer como persona y como profesional, siempre tratando de mejorar personalmente y ayudando a quien lo necesite.

A mi hermano Tommy, que siempre me ha visto como un ejemplo a seguir y por ese anhelo ajeno me motivaba a seguir creciendo con el pasar del tiempo, ahora puedo motivarlo dándole inspiración para cumplir sus metas.

Diego Beltrán

A toda mi familia, por ser la base de la persona que soy hoy y por brindarme apoyo en todo momento.

A las personas que recorrieron conmigo este camino y me empujaron a lograr mis metas.

Abigail Carvajal

Agradecimientos

Agradecer a Dios y a mis padres por todas las bendiciones dadas, preocupación y aliento que me brindaron en todo este transcurso, sobre todo en los momentos difíciles en los cuales más duro se hacía el camino, con sus consejos y alientos cada vez se hacía más clara la meta. A mis abuelitos Manuel, Delfina, Irene y Adán quienes fueron el motor de arranque para esta carrera, que con sus consejos y cariño aplanaron el camino y lo hicieron más fácil, finalmente esta será una alegría y un sueño cumplido para todos. A toda mi familia por siempre brindarme sus consejos y experiencias para poder afrontar de la mejor manera cada decisión que debía tomar.

Agradecer a todos los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por la dedicación y conocimientos impartidos. De manera muy especial al Ing. Mauricio Loachamín y a la Ing. Sonia Cárdenas quienes nos brindaron toda su ayuda, tiempo y conocimiento en este proceso de elaboración de nuestro proyecto de tesis. A la Dra. Raluka Mihai por permitirnos contribuir en su proyecto de vinculación.

Finalmente, a Cindy que desde el principio de mi carrera fue una ayuda en innumerables ocasiones. A Carlos y Anthony por los momentos de amigos que pudimos compartir y brindarnos la oportunidad de sobresalir en la Universidad. Adicionalmente a Abi que aceptó formar parte de este proyecto y que con gran satisfacción logramos llegar a cumplirlo, apreciándola como amiga y profesional.

Diego Beltrán

Quiero agradecer a mi familia por que han sido el mejor soporte durante todo este camino.

Expresar mi agradecimiento al Ing. Loachamín y la Ing. Cárdenas por compartir experiencias con nosotros y brindar su invaluable conocimiento. De igual manera a la Dra. Raluka Mihai por permitirnos participar en su proyecto de vinculación.

A las grandes personas que me acompañan y me apoyan constantemente, gracias por su amistad y cariño, ustedes saben lo que significan para mí, sería muy extenso nombrarles.

A Diego por ser un gran amigo y compañero durante la vida universitaria, sobre todo en esta última fase de nuestra meta.

Abigail Carvajal

Índice de contenidos

Copyleaks	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatorias	6
Agradecimientos.....	8
Índice de Tablas	13
Índice de Figuras.....	14
Resumen.....	16
Abstract	17
Capítulo I.....	18
Introducción.....	18
Antecedentes.....	18
Planteamiento del Problema	20
Justificación	23
Objetivos.....	25
Objetivo General	25
Objetivos Específicos	25
Alcance	26
Hipótesis.....	27
Capítulo II.....	28
Marco teórico.....	28
Metodología de Desarrollo	28
Metodología SCRUM.....	28
<i>Definición de Roles</i>	28
<i>Ciclo de trabajo de SCRUM</i>	29
<i>Backlog</i>	29
Señalamiento de variables	31
Red de categorías.....	31
Fundamentación Científica de la variable independiente.....	32
Fundamentación Científica de la variable dependiente.....	37
Herramientas de Desarrollo	39

Software.....	39
Hardware.....	42
Características mínimas	43
Capítulo III	44
Desarrollo.....	44
Planificación y Análisis.....	44
<i>Plan de entrega de SPRINTS</i>	58
Arquitectura y Diseño.....	61
Diagrama de Arquitectura.....	61
Modelo de base de datos relacional	62
Diseño de la aplicación móvil	63
Mockups.....	63
Interfaces	65
Diseño de la aplicación web	67
Mockups.....	67
Interfaces	69
Diseño de red convolucional.....	72
Entrenamiento del dataset de imágenes.....	75
Tiempos de respuesta.....	76
Datos que se obtuvieron.....	76
Resultados de la clasificación.....	77
Capítulo IV	81
Pruebas y Resultados	81
Pruebas	81
Instalación y configuración	81
Capacitación a los usuarios.....	83
Aplicación del cuestionario de usabilidad	85
Análisis de resultados cuestionario de usabilidad.....	86
Capítulo V	89
Conclusiones y Recomendaciones.....	89
Conclusiones	89
Recomendaciones	90
Bibliografía	91

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Definición de roles</i>	44
Tabla 2 <i>Historia de usuario 001</i>	45
Tabla 3 <i>Historia de usuario 002</i>	46
Tabla 4 <i>Historia de usuario 003</i>	46
Tabla 5 <i>Historia de usuario 004</i>	47
Tabla 6 <i>Historia de usuario 005</i>	47
Tabla 7 <i>Historia de usuario 006</i>	48
Tabla 8 <i>Historia de usuario 007</i>	49
Tabla 9 <i>Historia de usuario 008</i>	49
Tabla 10 <i>Historia de usuario 009</i>	50
Tabla 11 <i>Historia de usuario 010</i>	50
Tabla 12 <i>Historia de usuario 011</i>	51
Tabla 13 <i>Historia de usuario 012</i>	51
Tabla 14 <i>Historia de usuario 013</i>	52
Tabla 15 <i>Historia de usuario 014</i>	53
Tabla 16 <i>Historia de usuario 015</i>	53
Tabla 17 <i>Historia de usuario 016</i>	54
Tabla 18 <i>Historia de usuario 017</i>	54
Tabla 19 <i>Historia de usuario 018</i>	55
Tabla 20 <i>Historia de usuario 019</i>	55
Tabla 21 <i>Historia de usuario 020</i>	56
Tabla 22 <i>Historia de usuario 021</i>	57
Tabla 23 <i>Historia de usuario 022</i>	57
Tabla 24 <i>Cronograma de SPRINTS</i>	58
Tabla 25 <i>Tiempos de ejecución de la transferencia de aprendizaje</i>	76

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Árbol de problemas</i>	22
Figura 2 <i>Ciclo de vida SCRUM</i>	31
Figura 3 <i>Red de categorías</i>	32
Figura 4 <i>Ciclo de vida de Machine Learning</i>	36
Figura 5 <i>Diagrama de la Arquitectura del Sistema</i>	61
Figura 6 <i>Diagrama entidad relación BDD</i>	62
Figura 7 <i>Funcionalidad e integración entre aplicaciones</i>	63
Figura 8 <i>Mockups interfaces inicio de sesión y principal</i>	64
Figura 9 <i>Mockups interfaces registro de especie</i>	64
Figura 10 <i>Diagrama de interfaces</i>	65
Figura 11 <i>Mockups inicio de sesión web</i>	67
Figura 12 <i>Mockups pantalla catálogo de especies y registro de nueva especie</i>	67
Figura 13 <i>Interfaz pantalla de ubicación de especies y reportería</i>	68
Figura 14 <i>Interfaz pantalla de módulo de reconocimiento</i>	68
Figura 15 <i>Interfaz de inicio de sesión web</i>	69
Figura 16 <i>Interfaz principal web</i>	69
Figura 17 <i>Interfaz Mapa web</i>	70
Figura 18 <i>Interfaz formulario de especies</i>	71
Figura 19 <i>Modelo referencial del Módulo de Reconocimiento</i>	72
Figura 20 <i>Dataset de Lirio Africano</i>	73
Figura 21 <i>Dataset de Hybiscus</i>	74
Figura 22 <i>Dataset de MadreSelva</i>	74
Figura 23 <i>Imágenes aleatorias del dataset de entrenamiento</i>	75

Figura 24 <i>Gráfica de precisión de entrenamiento y pruebas</i>	77
Figura 25 <i>Tasa de error del entrenamiento y pruebas</i>	77
Figura 26 <i>Interfaz del módulo de reconocimiento</i>	78
Figura 27 <i>Ficha técnica generada a partir de los datos recolectados</i>	79
Figura 28 <i>Interfaz de búsquedas</i>	80
Figura 29 <i>Diagrama de proceso de pruebas</i>	81
Figura 30 <i>Esquema instalación aplicación móvil</i>	82
Figura 31 <i>Esquema despliegue aplicación web</i>	82
Figura 32 <i>Capacitación uso de aplicación móvil a usuarios</i>	83
Figura 33 <i>Capacitación uso de plataforma web a usuario</i>	83
Figura 34 <i>Uso de la aplicación móvil por parte de los usuarios</i>	84
Figura 35 <i>Usuario utilizando la aplicación web</i>	85
Figura 36 <i>Resultados cuestionario de usabilidad de la Aplicación Web</i>	86
Figura 37 <i>Resultados cuestionario de usabilidad de la Aplicación Móvil</i>	87

Resumen

Las comunidades que habitan en las zonas rurales han planteado iniciativas para llevar a cabo proyectos para conocer las especies nativas. En este trabajo se muestra la contribución realizada en uno de los proyectos de vinculación en que ha decidido apoyar la Universidad de las Fuerzas Armadas por medio de sus Departamentos de Ciencias de la Vida y Ciencias de la Computación. El trabajo desarrollado presenta un aplicativo móvil y web. La app móvil permite recolectar la información biológica de cada una de las especies vegetales, las fotos de sus partes y coordenadas geográficas de ubicación. En las zonas donde se recopilan los datos no se dispone de internet, por lo que se guardan temporalmente en la memoria local del dispositivo y se sincronizan con la base de datos una vez acceda a Internet. La aplicación web recupera la información recopilada en campo, registra las características morfológicas y metabolómicas que se obtienen de la muestra estudiada en laboratorio. Para desarrollar los aplicativos se utilizó la metodología SCRUM, técnicas de aprendizaje automático y herramientas como Node.js, Ionic, Angular y Python. Se implementó la identificación de especies vegetales a partir de las imágenes recopiladas y la clasificación por el tipo de uso. Para validar los aplicativos se realizaron pruebas con el personal que participa en el proyecto. Ellos puntuaron con una media de 4.65/5 en la usabilidad. La puntuación de los usuarios demuestra la utilidad y la validez de los aplicativos en beneficio de las comunidades que impulsan proyectos para valorar la biodiversidad.

Palabras clave:

- **APLICACIÓN MÓVIL Y WEB**
- **RECONOCIMIENTO**
- **PLANTAS**
- **ESPECIES NATIVAS**

Abstract

The communities that live in rural zones have raised initiatives to carry out projects to learn about the native species. This work shows the contribution made in one of the projects that “Universidad de las Fuerzas Armadas” through their departments of Life Science and Computer Science. The work develop is a mobile and web app. The mobile application allows to collect the biological information of each species, the photos of their parts and geographical location coordinates. Internet is not available in the areas where the data is collected, so it's temporarily stored in the local memory of the device and is synchronized with the database once it accesses the internet. The web app retrieve information collected, records morphological and metabolomic characteristics obtained from the sample studied in the laboratory. The development of the applications is based on the SCRUM methodology, machine learning techniques and tools like Node.js, Ionic, Angular y Python. To validate the applications, tests were carried out with different users, in which the satisfaction and functionality of the applications were evaluated. The identification of plant species was implemented from images collected. To validate apps, test was carried out with the participants of the project. They scored an average of 4.65/5 on usability. The users' score demonstrates the usefulness and validity of the apps for the benefit of the communities that promote projects to value biodiversity.

Key words:

- **MOBILE AND WEB APP**
- **RECOGNITION**
- **PLANTS**
- **NATIVE PLANTS**

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

El Ecuador posee una inmensa riqueza vegetal que es poco conocida y frecuentemente se encuentra amenazada. La mayor diversidad parece estar en la región andina, aproximadamente el 64% del total (Jorgensen & León, 1999). Esto se atribuye a la diversidad de climas, a los diferentes tipos de suelo, a la exposición diferencial entre la cordillera oriental y occidental, a la complejidad geológica y geomorfológica. Lo que ha originado una variedad de ecosistemas complejos; sin embargo, muchos de estos ecosistemas aún son poco conocidos en el país (Mena, Medina, & Hofstede, 2001). En los Andes de nuestro país han desaparecido una gran proporción de bosques, de vegetación nativa y con ello muchas especies vegetales, lo que genera degradación de entornos y ecosistemas (Valencia, Pitman, León-Yáñez, & Jorgensen, 2000). En especial Ecuador posee riqueza taxonómica de especies vegetales, siendo considerado uno de los 18 países más diversos del planeta, pero según el Ministerio del Ambiente no existe en el territorio inventarios biológicos detallados (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2016).

La Constitución de 2008 en su Artículo 71 contempla los derechos de la naturaleza y por tanto se debe respetar integralmente la existencia, su mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivo (Constitución Ecuador, 2008). Sin embargo, el Ecuador es uno de los países que enfrenta un deterioro acelerado de sus diversos ecosistemas y no se cuenta o existen escasos trabajos que hagan referencia a un inventario de su vegetación nativa.

Alrededor del mundo, varios países cuentan con herramientas tecnológicas enfocadas al inventario, monitoreo y cuidado de la vegetación de recursos naturales y

sus bases de datos integran la información de sus ecosistemas, entre otros. Además, se utilizan diferentes técnicas como GIS/GPS e Inteligencia Artificial que permitan realizar evaluaciones precisas sobre los ecosistemas y cuantificar los productos forestales, identificar especies vegetales, proyectar su conservación y crecimiento (Fankhauser et al., 2018). Estas herramientas brindan información confiable y permiten la toma de decisiones basada en evidencia, con el fin de proteger los recursos naturales, por lo cual están diseñados para una evaluación permanente de los recursos, permitiendo realizar el seguimiento de tendencias basándose en los datos actuales (Bangladesh Forest Department, 2018).

En el Ecuador existen varias organizaciones interesadas en identificar las especies vegetales nativas y realizar estudios para conocer la vegetación, emprender actividades como planificación, conservación, predicción y desarrollo sustentable. En este sentido, las comunidades que habitan en las zonas rurales plantean iniciativas para llevar a cabo dichos proyectos que permitan obtener información actualizada referente a la vegetación nativa y remanente en cada una de sus zonas. En el caso de la comunidad del Cantón la Maná de la Provincia de Cotopaxi, está impulsando el desarrollo de un proyecto para realizar el inventario de las distintas especies vegetales nativas de la zona integrando parámetros geográficos y ambientales de los materiales vegetativos existentes.

En apoyo a estas iniciativas, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por medio de sus Departamentos de Ciencias de la Vida y Ciencias de la Computación colaboraron en el desarrollo de un proyecto de vinculación en apoyo a dichas comunidades. Específicamente en esta propuesta se acordó contribuir en el desarrollo de una herramienta tecnológica que permita recopilar y registrar en un repositorio digital las características anatómicas, morfológicas, propiedades biológicas y ubicación de las

especies vegetales del Cantón La Maná. Además, se propuso utilizar técnicas de aprendizaje automático para reconocer la característica metabólica de dicho patrimonio vegetal nativo y posteriormente contribuir en un estudio que permita determinar las aplicaciones en las que se puede utilizar dicha vegetación de la zona.

Planteamiento del Problema

Ecuador es un país privilegiado en relación con su biodiversidad, gracias a que está atravesado por la cordillera de los Andes. Dicho entorno ecológico permite la existencia de una gran cantidad de especies vegetales y animales que viven desde las altas cumbres nevadas pasando por páramos, valles, bosques, montañas y volcanes. Esta realidad ha dado lugar a diferentes tipos de vegetación con características únicas para cada zona y a la vez ha generado la necesidad de conocer y clasificar dichas especies para fortalecer la planificación, manejo y conservación de estos bienes naturales y servicios ecológicos del país.

Las plantas nativas cumplen una función fundamental en los ecosistemas; además, algunos autores indican que inclusive son un reservorio natural de principios activos de medicamentos que normalmente se desconocen. Esta falta de conocimiento influye en la falta de protección y conservación de la vegetación por parte de la población de cada zona y de la ciudadanía en general (Saltos, Ecuador, CUBA: Universitaria del ministerio de Educación Superior de la república de Cuba, 2016), (Jorgensen & León, 1999).

En este contexto, varias instituciones han planteado diferentes tipos de estudios y proyectos para conocer la maravillosa biodiversidad existente en nuestro país, cuantificar daños derivados de las acciones humanas y la conservación de las diversas especies. Sin embargo, la investigación al respecto avanza lentamente. Por esta razón, las comunidades que habitan en estas zonas rurales han planteado iniciativas para

llevar a cabo proyectos que permitan obtener información actualizada referente a la vegetación nativa y remanente de cada una de ellas. Esto con el fin de estudiar y clasificar dichas especies por categorías en función de necesidades de conservación, utilidad y condiciones climáticas.

En el Cantón la Maná de la Provincia de Cotopaxi, existe una gran variedad de plantas nativas que aún no han sido estudiadas, y por tanto no se ha promovido entre la población, su uso, cuidado, pero sobre todo acciones para su conservación. La comunidad se encuentra organizada y ha buscado apoyo académico y técnico en varias instituciones para canalizar estas necesidades.

Ante esta situación, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con el Departamento de Ciencias de la Vida y el Departamento de Ciencias de la Computación, decidió impulsar y apoyar a la comunidad del Cantón la Maná de la Provincia de Cotopaxi, en conjunto con la Unidad Educativa Comunitaria Intercultural Bilingüe “Jatari Unancha” y el Centro de Investigación “Sacha Wiwa”, mediante un proyecto de vinculación con la sociedad. Este proyecto permitió conocer las características morfológicas, ubicación, propiedades biológicas y utilidad de las distintas especies vegetales nativas y remanentes de la zona, mediante un inventario detallado y minucioso de los materiales vegetativos existentes y el análisis de las muestras en el laboratorio de la universidad.

Respecto al apoyo tecnológico a dicho proyecto, en este trabajo se propuso contribuir con el desarrollo de una herramienta tecnológica que permita registrar la información del inventario del patrimonio vegetal nativo de la Parroquia Guasaganda, en el cantón La Maná de la Provincia de Cotopaxi. El inventario incluirá datos de las características morfológicas, ubicación y propiedades biológicas de la vegetación objeto de estudio. Además, se propuso utilizar técnicas de aprendizaje automático para

reconocer la característica metabolómica de dicho patrimonio vegetal nativo a partir del análisis realizado en las muestras recolectadas. Lo que permitirá contribuir en la creación de la primera versión de un catálogo de especies nativas de la zona como insumo para proponer proyectos sobre la conservación, utilidad y sobre todo ayudar a la comunidad para que se conozca la biodiversidad disponible en su zona y emprendan acciones para su cuidado.

Figura 1

Árbol de problemas



Justificación

En relación con la problemática identificada, varias instituciones han planteado diferentes tipos de estudios y proyectos para conocer la biodiversidad existente en el Ecuador. Sin embargo, estas propuestas no han logrado un avance significativo, por lo que la población que habita en las zonas rurales del Ecuador se ha organizado para desarrollar proyectos con el apoyo de la academia e iniciar acciones referentes al estudio y conocimiento de la utilidad, conservación de la vegetación nativa y remanente de sus zonas.

La comunidad de la Parroquia Guasaganda del cantón la Maná, se encuentra organizada y ha buscado apoyo académico y técnico en varias instituciones para canalizar estas necesidades. Ante esta situación, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con el Departamento de Ciencias de la Vida y el Departamento de Ciencias de la Computación han decidido impulsar y apoyar esta iniciativa mediante un proyecto de Vinculación con la Sociedad.

Este proyecto permitió conocer las características morfológicas, ubicación, propiedades biológicas, y la caracterización metabolómica y fitoquímica de la vegetación de la zona. Para dicha caracterización se recopilaron muestras de la vegetación que serán analizadas en el Laboratorio de Enzimología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con el fin de determinar la utilidad y conservación de las especies vegetales en aspectos medicinales y de nutrición.

El desarrollo del proyecto de vinculación planteado en este trabajo propuso el apoyo tecnológico a través del desarrollo de una aplicación móvil que permita registrar la información del patrimonio vegetal nativo de la zona de estudio y registrarla en una base de datos de forma automática. Además, se integrará a la base datos la información obtenida del análisis de las muestras realizadas en el laboratorio y a partir

de los datos recopilados se desarrollará un módulo para clasificar e identificar la característica metabólica de dicho patrimonio vegetal nativo, utilizando técnicas de aprendizaje automático.

Dicha herramienta tecnológica permitirá determinar las aplicaciones de la vegetación estudiada, sus utilidades nutricionales y medicinales, para contribuir en la creación de la primera versión de un catálogo de especies vegetales nativas de la parroquia Guasaganda, del Cantón La Maná. Esto será insumo para proponer proyectos sobre la conservación, utilidad, pero sobre todo ayudar a la comunidad en general para que conozcan, valoren y cuiden la biodiversidad disponible en el país.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema de apoyo a la toma de decisiones utilizando técnicas de Aprendizaje Automático para determinar las aplicaciones nutricionales y medicinales del patrimonio vegetal nativo de la Parroquia Guasaganda en el cantón la Maná, Provincia de Cotopaxi, a partir de la característica metabolómica.

Objetivos Específicos

- Analizar y definir los requisitos del sistema en conjunto con los especialistas e investigadores del proyecto.
- Desarrollar una aplicación móvil, con sistema GPS, para recolectar y almacenar los datos de la vegetación en la zona definida para el estudio.
- Crear una base de datos y de conocimiento, a partir de la información recolectada en campo, además de los datos obtenidos a partir de la muestra estudiada en el Laboratorio de Enzimología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Crear el módulo de aprendizaje automático supervisado para clasificar e identificar la característica metabolómica de la vegetación analizada.
- Realizar validaciones que permitan comprobar la confiabilidad de la clasificación e identificación automática de la característica metabolómica mediante la comparación de los resultados obtenidos en el análisis de fenoles y metabolitos que realiza el especialista.
- Aplicar pruebas de usabilidad del sistema para conocer la experiencia del usuario.

Alcance

Se realizaron reuniones con los especialistas e investigadores del proyecto. Se aplicaron entrevistas y observaciones con el propósito de recopilar la información relacionada al proyecto para conocer los requerimientos funcionales del sistema. Para estructurar la base de datos se definió la información que se debe recolectar y registrar en campo y la que se genera en laboratorio a partir de las muestras recolectadas de la vegetación. Se firmaron actas de reuniones y se dispone de la información en físico y digital.

Se desarrolló una aplicación móvil, utilizando la tecnología Ionic, facilitando la distribución para los dos sistemas operativos móviles, Android y iOS. La aplicación móvil cuenta con los módulos de inicio de sesión y registro de los datos propios de la vegetación antes mencionados, así como se utilizará el módulo GPS para capturar las coordenadas geográficas de la planta de estudio. Adicionalmente, al estar fuera de los rangos de cobertura de internet fijo y móvil, se plantea la recolección de los datos almacenándolos en la memoria local del dispositivo, para su posterior sincronización con la base de datos alojada en la nube. Se dispondrá de una aplicación móvil que permita recolectar los datos de acuerdo con los requerimientos solicitados.

Como complemento de la aplicación móvil, se desarrolló una aplicación web con la tecnología ANGULAR, la cual permitió tener una visualización con acceso libre a la comunidad para su información. La aplicación web estará a disposición de los especialistas.

Se modeló y creó una base de datos relacional la cual se encarga de almacenar todos los registros ingresados desde la aplicación móvil, así como la información recolectada en el Laboratorio de Enzimología de la Universidad de Las Fuerzas

Armadas ESPE. Se tiene una base de datos configurada y trabajando en conjunto con la aplicación web y móvil.

Se desarrolló un módulo de reconocimiento utilizando Python. Este módulo permite clasificar e identificar la característica metabólica de las especies vegetales en estudio, a partir de las imágenes recolectadas en campo y de los datos registrados en el Laboratorio de Enzimología relacionados con fenoles y metabolitos. Este módulo apoyará a los investigadores en la determinación de las aplicaciones nutricionales y medicinales de cada especie vegetal estudiada.

Para la comunicación entre la aplicación móvil, aplicación web y la base de datos se desarrolló un servicio REST mediante la tecnología NODEJS. Esta tecnología permite configurar e instalar en un servidor, los servicios dentro de una arquitectura orientada a microservicios utilizando contenedores. Se dispone de un manual técnico y de usuario que permita la configuración y funcionamiento para el consumo de datos y uso de las aplicaciones.

Se realizaron las respectivas validaciones para comprobar la confiabilidad de la clasificación e identificación automática de acuerdo con los parámetros establecidos por los especialistas e investigadores.

También, se evaluó la usabilidad del sistema para conocer la experiencia del usuario respecto a funcionalidad y utilidad.

Hipótesis

Un sistema basado en técnicas de aprendizaje automático supervisado permitirá clasificar e identificar las especies vegetales por su tipo de uso, en base a los datos registrados en el laboratorio y en las imágenes recopiladas en campo.

Capítulo II

Marco teórico

Metodología de Desarrollo

Metodología SCRUM

Es un marco que ayuda a las personas, los equipos y las organizaciones a generar valor a través de soluciones adaptables para problemas complejos. Los cocreadores de Scrum, Ken Schwaber y Jeff Sutherland lo definen como un marco dentro del cual las personas pueden abordar problemas complejos de adaptación, al tiempo que entregan productos de manera productiva y creativa del mayor valor posible (SCRUM, 2020).

SCRUM pretende entregar un producto que satisfaga las necesidades del usuario de manera incremental trabajando con equipos multidisciplinarios que puedan resolver problemas inesperados y que puedan adaptarse continuamente (Huambachano, 2017).

El ciclo de vida de SCRUM consta de varios eventos a cargo de tres roles fundamentales que son: el Product Owner, el Scrum Master y el equipo de desarrollo. El Product Owner es el encargado de escribir las historias de usuario y colocarlas en el Product Backlog, priorizando y ordenando la secuencia de las mismas, para realizar una reunión de planificación del Sprint delegando las tareas por equipo de desarrollo, y comenzando la iteración del Sprint; el equipo se reúne diariamente para la planificación y sincronización de tareas; una vez terminado el Sprint se obtiene un producto funcional y se debe realizar una retrospectiva del Sprint (Subra & Vannieuwenhuyze, 2018).

Definición de Roles

En SCRUM los roles son:

- Dueño del producto: Aporta ideas para el producto final.

- Equipo de desarrollo: Se encargan de implementar las ideas u objetivos dentro de cada sprint; no existen roles definidos en el equipo.
- Scrum Máster: Es el eje de los equipos y se encarga de coordinar todos los requerimientos del sprint.

Ciclo de trabajo de SCRUM

A continuación, se resume brevemente lo que se realiza en cada fase de SCRUM.

Backlog

Conocida también como bitácora, es aquella que contiene los requisitos del producto final, es alimentada cada 2 semanas o 3 semanas en las cuales se reciben nuevas especificaciones. Al final del sprint se tiene una nueva versión del producto que claramente demuestra mejora continua y funcionalidad.

Sprint

Ciclo corto de desarrollo del producto en el cual el equipo se enfoca en cumplir con un objetivo común; en un inicio se fijan los objetivos y las actividades a realizar por cada persona del equipo tomadas del backlog para al final del sprint contar con un producto funcional.

SCRUM Diario

Reunión diaria de duración de quince minutos en la cual se realiza tres preguntas a todas las personas del equipo. Las preguntas consisten son:

- ¿Qué hiciste ayer?

Con la finalidad de que todos sepan cual fue el progreso hasta el momento.

- ¿Qué vas a hacer hoy?

Cuáles son los objetivos del día de hoy.

- ¿Hay algún obstáculo para realizarlo?

El equipo debe identificar cualquier problema que impida que se lleven a cabo los objetivos propuestos para el día.

Al finalizar la reunión todos los miembros del equipo están al tanto del avance que se ha logrado del proyecto.

Presentación del Producto

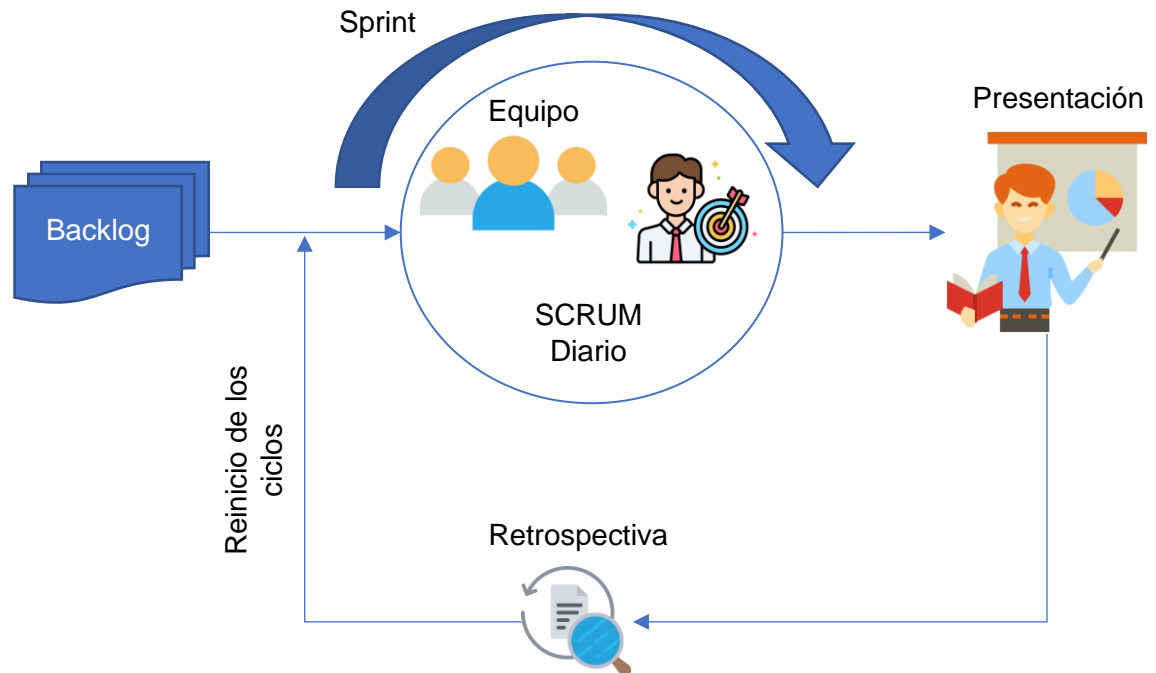
En el cual se demuestra las nuevas características, actualizaciones y avances del producto. Todo el equipo debe revisar que se hayan cumplido los requisitos del backlog o bitácora, revisando el producto minuciosamente, en el caso de que haya tareas pendientes o no aprobadas se deberán tomar en cuenta dentro de otro sprint.

Retrospectiva

El equipo analiza sus experiencias, problemas y soluciones dentro del sprint. Junto con el Scrum master debe analizar y planificar el siguiente sprint en base a esta reunión.

Reinicio de los ciclos

En esta fase se comienza nuevamente con la planificación y repartición de tareas al equipo para cumplir con el objetivo del nuevo sprint.

Figura 2*Ciclo de vida SCRUM***Señalamiento de variables**

- **Variable Independiente:** Sistemas basados en aprendizaje automático supervisado
- **Variable Dependiente:** Clasificación e identificación de características metabolómicas

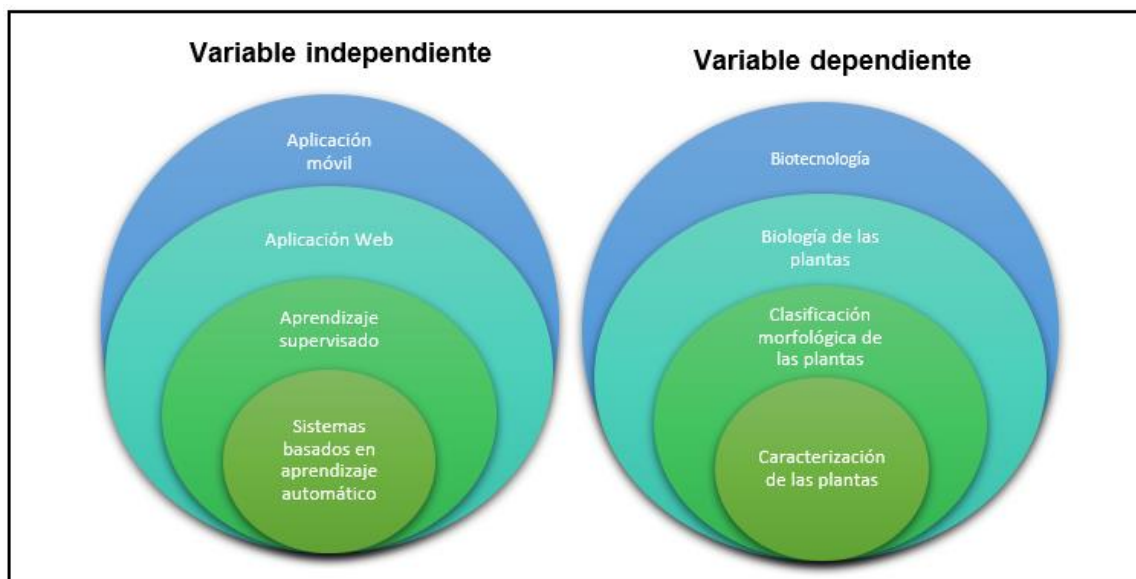
Red de categorías

Con la finalidad de tener un sustento en la sección teórica, se procedió a conformar una red de categorías que se muestran en la

Figura 3.

Figura 3

Red de categorías



Nota. Red de categorías usada en el presente marco teórico.

Fundamentación Científica de la variable independiente

Aplicaciones Móviles

Existen varias definiciones para una aplicación móvil, para (López M. , 2012) es un programa que puede ser instalado en dispositivos móviles o tabletas, generalmente gratuitas y enfocadas en varios aspectos como educación, negocios, ocio, información, fotografía, video, entre otras; además, la mayoría utiliza una conexión a internet para

funcionar u ofrecer un servicio específico. Según (Florida-Benítez, 2016) es un software que sirve como herramienta de gestión que se encarga de proporcionar al usuario las necesidades que demande de esta de forma interactiva.

Por tanto, una aplicación móvil es una herramienta capaz de presentar información y gestionar actividades que sean de interés para el usuario que las necesite.

Sistemas GPS

Sistema de posicionamiento global diseñado por el departamento de los Estados Unidos para estimar posición, velocidad y tiempo mediante un cálculo de distancias del punto a tres satélites cuya ubicación es conocida (Herring, 1996). La georreferenciación usa la latitud y longitud de mapa para asignar una ubicación espacial.

Los dispositivos inteligentes que cuentan con sistema operativo Android poseen un sistema de localización geográfica mediante GPS, además que tiene acceso a los mapas de Google como desarrollador lo cual permite obtener la ubicación del usuario y tener puntos de referencia para ubicarse en el lugar que se requiera (Castellón & Velásquez, 2012).

Google Maps Platform

Proporciona servicios de cartografía y sirve como herramienta de programación de APIs para sistemas operativos como Android o iOS debido a sus funciones de reconocimiento de localización; en el caso de desarrollar una aplicación con geolocalización se usa la API Geolocation que cuenta con una función para encontrar dispositivos en base a señales GPS, torres de celular o Wi-Fi (Del Medico, 2020).

Servidores web

Para (Vilajosana & Navarro, 2019) es un ordenador que atiende las peticiones por parte de un cliente, en caso de éxito o error en la ejecución de la petición enviará un mensaje. Además, el servidor se encarga de enviar el código para que el cliente lo interprete, pero adicional a esto los servidores web pueden ejecutar aplicaciones web, estas pueden ser del lado del cliente o del lado del servidor.

En el caso de las aplicaciones, en el lado del cliente se ejecutan en el navegador y generalmente son de lenguaje JavaScript o Java, mientras que las aplicaciones en el lado del servidor se dan cuando existe una respuesta desde el navegador la cual se la envía al servidor para ser nuevamente procesada.

Aplicaciones Web

Existen varios conceptos sobre las aplicaciones web, para (Luján Mora, 2002) son instrumentos que permiten hacer uso de un servidor web mediante un navegador; es decir, se ejecutan directamente en internet sin necesidad de una descarga. En sus inicios la web consistía en páginas estáticas, pero con el pasar del tiempo se tuvieron que crear sitios dinámicos y se usó el protocolo HTTP para las comunicaciones entre los servidores y el lenguaje HTML para estructurar las páginas. Por tanto, las aplicaciones web son páginas dinámicas creadas para facilitar acceder, recolectar y guardar información de manera rápida y sencilla, sin que ello implique la descarga de un programa al computador del usuario.

Inteligencia Artificial

Según (Rouhiainen, 2018), la definición de inteligencia artificial es “La habilidad de los ordenadores para hacer actividades que normalmente requieren de inteligencia humana”. Para ser más exactos se puede decir que mediante algoritmos ejecutados por máquinas las cuales aprenden de datos se pueden utilizar para la toma de decisiones.

El autor recalca que la diferencia radica en que la máquina no realiza esfuerzo físico y puede analizar una gran cantidad de datos, lo cual el humano no podría realizarlo.

Una encuesta realizada por (Monnet & Lewis, 2018) se identifica cientos de definiciones para el término inteligencia artificial, obteniendo como conclusión una relación entre el cerebro humano y los sistemas computacionales, todas las definiciones extraídas se las enuncia por puntos de vista de cada característica presente en el cerebro humano.

Lo más importante de la inteligencia artificial, según varios estudios, es que la velocidad de procesamiento de las máquinas hace posible que tengan un conocimiento extenso en poco tiempo (AECOC, 2020).

Aprendizaje Automático

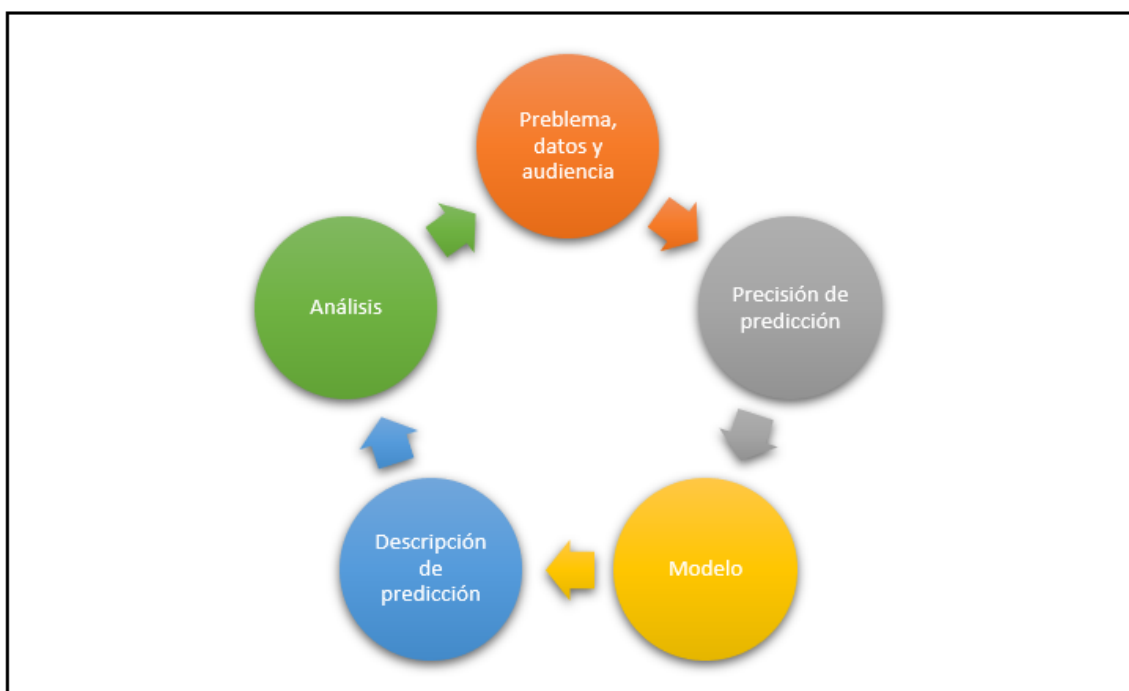
Para Sandoval machine learning es la rama de la inteligencia artificial encargada de generar algoritmos para el aprendizaje de eventos, sin tener que un desarrollador programar estos algoritmos teniendo en cuenta todos los escenarios o excepciones, lo único que se necesita es un volumen de datos considerables para el aprendizaje y toma de decisiones (Sandoval, 2018).

Para la interpretación de machine learning se plantea un ciclo de vida para la ciencia de datos, la cual se ha propuesto para capturar la mayoría de los problemas en esta ciencia, este término interpretación ocurre mayoritariamente en las fases de modelado y análisis en las cuales se elige el método más apropiado para la resolución del problema (Murdoch, Singh, Kumbier, Abbasi-Asl, & Yu, 2018).

En la siguiente figura se muestra un esquema de este ciclo de vida.

Figura 4

Ciclo de vida de Machine Learning



Nota. Ciclo de vida planteado por (Murdoch, Singh, Kumbier, Abbasi-Asl, & Yu, 2018).

Dentro de Machine Learning existen dos tipos de aprendizaje: supervisado y no supervisado. La diferencia recae en el tipo de datos que se entrega al algoritmo, si datos clasificados o datos sin clasificar con la única certeza por parte del algoritmo que tienen alguna relación.

Otra temática dentro de ML son los modelos: lineales, modelos de árbol y redes neuronales. Estos modelos tienen como finalidad encontrar un camino en específico al cual el proceso se ajuste según los datos proporcionados encontrando así una salida

esperada. Las redes neuronales son unos de los modelos más utilizados en temas de reconocimiento de imágenes, o videos, la desventaja de este modelo es la alta demanda de recursos computacionales y la lentitud para entrenarlas (Sandoval, 2018).

Aprendizaje Supervisado

Este modelo de algoritmos esta especificados para la entrega de datos etiquetados, el objetivo de este tipo de algoritmos es la salida de datos con la etiqueta correcta. La funcionalidad se la debe a una base de datos históricos en la cual ya se cuenta con datos etiquetados y para su salida ya se tiene un entrenamiento previo por lo cual predice la salida (Simeone, 2018).

Los usos que se le puede dar a los modelos de aprendizaje supervisado son:

- Problemas de clasificación de información

Los tipos de variables que se utilizan son de tipo categórico.

- Problemas de regresión o predicciones

La variable objetivo es de tipo numérico

Fundamentación Científica de la variable dependiente

Biotechnología

La biotecnología aplica la ciencia y tecnología a los organismos vivos, con el fin de crear o modificar los procesos de estos para generar bienes y conocimientos de interés para los seres humanos (Vega, 2020). La biotecnología agrupa técnicas y procesos de todo tipo de organismo, además que esta utiliza varias ciencias como la biología, la medicina, la bioquímica, entre otros en los cuales se apoya para su constante progreso. Según (Ortega, 2020) algunos países aún cuentan con limitaciones

tecnológicas debido a que no se destinan recursos para estos estudios, lo que impide que exista el debido aprovechamiento de recursos biológicos.

Las aplicaciones de la biotecnología en campos como la agricultura, medicina, medio ambiente son producción de cultivos resistentes a enfermedades, prevención de enfermedades hereditarias, protección y restauración de hábitats, entre otros igual de importantes para el ser humano.

Biología

Ciencia que se encarga de explicar el funcionamiento y estructura de los organismos y se apoya de otras ciencias para explicar algunos de los procesos que estos realizan; una rama de esta ciencia es la botánica la cual se encarga del estudio de las plantas, hongos y algas, así como de su anatomía, taxonomía, morfología, patología y fisiología vegetal (Muñoz, 2016).

Botánica

Ciencia que estudia las plantas mediante la sistemática vegetal, teniendo en cuenta que existe una clasificación de seres vivos en cinco reinos, cada una con características específicas. Para (Cronquist, 1984) la clasificación general de las plantas se da en dos ramas: subreino thallobionta y subreino embryobionta; las características para la clasificación morfológica de la planta se basan en estas ramas.

Clasificación morfológica de las plantas

La morfología estudia la estructura de los órganos que componen las plantas y su anatomía. El análisis externo de los órganos de las plantas se divide en dos sistemas que son el radicular que comprende sus raíces y el vástago que comprende tallos, hojas y yemas (Chuncho, Chuncho, & Aguirre, 2019). En cuanto a la anatomía se incluyen la

citología que describe a la célula vegetal en forma, tamaño, estructura y funciones, y la histología que se centra en los tejidos de las plantas y en su nivel de organización (Gómez-Alvarez, y otros, 2002).

Clasificación Metabolómica

Para (Goodacre, Vaidyanathan, Dunn, Harrigan, & Kell, 2004) son una herramienta para el estudio de productos naturales. La metabolómica detecta características relacionadas con los fenotipos y las respuestas al estímulo que se hayan dado durante el estudio. En estudios de plantas medicinales, la metabolómica apoya en la identificación y detección de metabolitos activos, que son sustancias con propiedades farmacológicas en la planta, con capacidad de provocar efectos en los humanos o animales. Muchas veces las plantas medicinales son usadas empíricamente por los efectos que producen, pero gracias a la metabolómica se pueden identificar los metabolitos secundarios (Liu, y otros, 2010).

Clasificación de los metabolitos

Existen cuatro criterios clasificatorios (Pedrozo, 2004) mayormente aceptados, estos son: estructura química, origen biogenético, acción biológica y acción farmacológica. Otros autores (Taiz & Zeiger, 2006) clasifican a los metabolitos como: nitrogenados, fenólicos y terpenoides.

Herramientas de Desarrollo

Software

Visual Studio Code

Este editor de código es compatible con sistemas operativos de software libre y propietario. A continuación, se describen algunas características de esta herramienta:

- Trabaja con lenguajes como Java, Python y HTML, entre otros.
- Permite ensamblar aplicaciones web.
- Ofrece una serie de extensiones para mejorar la presentación del código y reducir tiempos de desarrollo.
- Incluye diversos SDK que facilita el despliegue de aplicaciones, la correcta depuración de código y su entrega continua (Visual Studio Code, 2021).

En este proyecto se utilizó el editor de código Visual Studio Code en base a sus bondades anteriormente descritas.

Ionic

Ionic Framework es una herramienta para el desarrollo de aplicaciones móviles y de escritorio. Utiliza tecnologías web (HTML, CSS y JavaScript) con integraciones para Angular, React y Vue. Además, facilita la creación de interfaces de usuario de una aplicación: controles de interfaz, interacciones, gestos, animaciones (Ionic, 2020).

Se escogió al framework IONIC en base a la experiencia actual de los desarrolladores y por las siguientes características:

- Maquetar fácilmente interfaces.
- Documentación amplia por parte de la comunidad.
- Rapidez en el desarrollo.

Angular

Es un framework para el desarrollo de aplicaciones web que nos permite crear y mantener la aplicación en una sola página. El principal objetivo es el orden y auto escalado del proyecto, y las siguientes características:

- Integración con diferentes librerías y repositorios.
- Lenguajes de desarrollo y opciones de depuración.

Para el desarrollo del proyecto, seleccionamos este framework debido a las características descritas anteriormente.

NodeJS

Es una herramienta que permite gestionar el intercambio de datos entre el servidor y los usuarios, se lo ejecuta capa del servidor, basado en el lenguaje de programación JavaScript. A continuación, enumeramos algunas de sus características:

- Facilidad de creación de servicios.
- Librerías para seguridad, acceso y manipulación de datos.

Se seleccionó NodeJS como herramienta de desarrollo por las características descritas anteriormente.

MySQL

Es una herramienta que sirve para el almacenamiento de datos en diferentes sistemas operativos, sus principales ventajas son:

- Flexibilidad y velocidad de respuesta.
- Uso en aplicaciones web.

El sistema gestor de base de datos MySQL fue elegido porque es compatible con las herramientas de desarrollo utilizadas.

Hardware

Contemplado la arquitectura diseñada para la solución, se ha seleccionado los siguientes componentes de hardware:

Servidores de aplicaciones

Mediante el uso de AWS como servicio de computación en la nube se creó una instancia de máquina virtual con las siguientes características:

- 1Gb de memoria RAM
- 64 bits de arquitectura
- 20 Gb de almacenamiento
- 750 Hrs de uso de la instancia en la capa gratuita

Servidores de base de datos

Igualmente se utilizó los servicios de RDS de AWS para la creación de una instancia de base de datos MySQL en la capa gratuita del servicio, que tiene las siguientes características.

- 20 Gb de almacenamiento de base de datos
- 20 Gb de almacenamiento de backups
- 750 Hrs de uso por mes

Dispositivos móviles

Para el desarrollo de la aplicación móvil, pruebas y presentación del producto se utilizó algunos dispositivos móviles, con diferentes especificaciones, a continuación, se detallarán sus características.

Huawei Honor 7x

- Sistema Operativo Android 7.0
- 4 Gb memoria Ram
- 64 GB de almacenamiento
- 8 Mpx Cámara principal

Xiaomi Mi 8

- Sistema Operativo Android 12
- 6 Gb memoria Ram
- 128 GB de almacenamiento
- 12 Mpx Cámara principal

Realme 6 Pro

- Sistema Operativo Android 11
- 8 Gb memoria RAM
- 128 GB de almacenamiento
- 24 Mpx Cámara principal

Características mínimas

Las características mínimas que se recomienda para la utilización de la aplicación móvil son las siguientes:

- Versión Android mayor o igual a 7.0
- 4 Gb de memoria RAM
- 32 GB de almacenamiento mínimo

Capítulo III

Desarrollo

En este capítulo se describen las fases de la metodología utilizada para el desarrollo de los aplicativos.

Planificación y Análisis

De acuerdo con las fases de la metodología SCRUM, en la Tabla 1 se detalla los roles asignados para el presente proyecto.

Tabla 1

Definición de roles

Responsable	Rol SCRUM	Descripción
Beltrán Diego	Programador, Tester	Responsable de la planificación, diseño, codificación y pruebas de funcionalidad del sistema.
Carvajal Abigail	Programadora, Tester	Responsable de la planificación, diseño, codificación y pruebas de funcionalidad del sistema.
Ing. Mauricio Loachamin	Scrum Master	Responsable de las revisiones en cada interacción con el objetivo de facilitar a los desarrolladores la interacción con el usuario.

Responsable	Rol SCRUM	Descripción
Ing. Raluca Alexandra Mihai	Product Owner	Responsable de los requerimientos para el desarrollo del proyecto, quien define las necesidades del producto

A continuación, se encuentran detalladas las historias de usuario que forman parte de la bitácora del proyecto.

Tabla 2

Historia de usuario 001

HISTORIA DE USUARIO			
Número:	001	Responsable:	Desarrollador
Nombre de la historia: Instalación y ejecución de la plataforma de código.			
Prioridad:	Alta	Riesgo de desarrollo:	Bajo
Puntos estimados:	5	Iteración asignada:	1
Desarrollador responsable:		Diego Beltrán	
Descripción:			
Conceptuar la estructura y aplicación móvil usando ionic framework como herramienta de desarrollo de software con código híbrido.			

Tabla 3*Historia de usuario 002*

HISTORIA DE USUARIO			
Número:	002	Responsable:	Desarrollador
Nombre de la historia: Modelado y diseño de la base de datos (Permisos del sistema, roles y usuarios).			
Prioridad:	Alta	Riesgo de desarrollo:	Alto
Puntos estimados:	5	Iteración asignada:	1
Desarrollador responsable:	Abigail Carvajal		
Descripción:			
Se requiere modelar una base de datos en MySQL que asigne permisos y roles a los usuarios del sistema.			

Tabla 4*Historia de usuario 003*

HISTORIA DE USUARIO			
Número:	003	Responsable:	Desarrollador
Nombre de la historia: Creación de endpoints para el registro y autenticación del usuario			
Prioridad:	Alta	Riesgo de desarrollo:	Alto
Puntos estimados:	6	Iteración asignada:	1
Desarrollador responsable:	Diego Beltrán		

HISTORIA DE USUARIO

Descripción:

Creación de endpoints rest para los métodos de autenticación de la web y aplicación móvil.

Tabla 5

Historia de usuario 004

HISTORIA DE USUARIO

Número: 004 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Creación de endpoints para el almacenamiento de datos provenientes de la aplicación móvil.

Prioridad: Alta **Riesgo de desarrollo:** Alto

Puntos estimados: 6 **Iteración asignada:** 2

Desarrollador responsable: Diego Beltrán

Descripción:

Creación de endpoints rest para los procesos de almacenamiento de datos provenientes de la aplicación móvil.

Tabla 6

Historia de usuario 005

HISTORIA DE USUARIO

Número: 005 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Creación de endpoints para el almacenamiento y recuperación de fotos capturadas con el móvil.

HISTORIA DE USUARIO

Prioridad: Alta **Riesgo de** Alto

desarrollo:

Puntos estimados: 6 **Iteración** 2

asignada:

Desarrollador responsable: Diego Beltrán

Descripción:

Creación de endpoints rest para los procesos de almacenamiento de fotografías provenientes de la aplicación móvil.

Tabla 7

Historia de usuario 006

HISTORIA DE USUARIO

Número: 006 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Creación de interfaces gráficas (Registro e Inicio de Sesión).

Prioridad: Alta **Riesgo de** Medio

desarrollo:

Puntos estimados: 8 **Iteración** 3

asignada:

Desarrollador responsable: Abigail Carvajal / Diego Beltrán

Descripción:

Creación de interfaces gráficas que sean intuitivas y fáciles de usar para el usuario.

Tabla 8*Historia de usuario 007*

HISTORIA DE USUARIO

Número: 007 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Creación de interfaces gráficas (Interfaz de inicio y formulario de registro de datos).

Prioridad: Alta **Riesgo de desarrollo:** Medio

Puntos estimados: 6 **Iteración asignada:** 3

Desarrollador responsable: Abigail Carvajal / Diego Beltrán

Descripción:
Creación de interfaces gráficas en la pantalla de inicio y formulario de registro de datos de la especie vegetal.

Tabla 9*Historia de usuario 008*

HISTORIA DE USUARIO

Número: 008 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Validación del ingreso de datos en las interfaces.

Prioridad: Alta **Riesgo de desarrollo:** Alto

Puntos estimados: 4 **Iteración asignada:** 3

Desarrollador responsable: Abigail Carvajal / Diego Beltrán

Descripción:

HISTORIA DE USUARIO

Validar que los datos ingresados al sistema sean los necesarios y acordes a lo que pide el sistema.

Tabla 10

Historia de usuario 009

HISTORIA DE USUARIO

Número:	009	Responsable:	Desarrollador
Nombre de la historia: Servicio para detectar si el dispositivo cuenta con internet.			
Prioridad:	Alta	Riesgo de desarrollo:	Alto
Puntos estimados:	6	Iteración asignada:	4
Desarrollador responsable:	Diego Beltrán		
Descripción:			
Servicio que verifica si el dispositivo móvil encargado de recolectar datos en campo cuenta o no con acceso a internet.			

Tabla 11

Historia de usuario 010

HISTORIA DE USUARIO

Número:	010	Responsable:	Desarrollador
Nombre de la historia: Servicio para almacenamiento de registros de forma local.			
Prioridad:	Alta	Riesgo de desarrollo:	Alto

HISTORIA DE USUARIO

Puntos estimados: 4 **Iteración** 4

asignada:

Desarrollador responsable: Diego Beltrán

Descripción:

Servicio para almacenar los registros capturados por el usuario, en registros locales dentro del dispositivo móvil.

Tabla 12

Historia de usuario 011

HISTORIA DE USUARIO

Número: 011 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Servicio para realizar el proceso de subida de datos

Prioridad: Alta **Riesgo de** Alto

desarrollo:

Puntos estimados: 6 **Iteración** 4

asignada:

Desarrollador responsable: Diego Beltrán

Descripción:

Servicio que se encarga de enviar los datos desde la aplicación móvil hacia el servicio REST.

Tabla 13

Historia de usuario 012

HISTORIA DE USUARIO

Número: 012 **Responsable:** Desarrollador

HISTORIA DE USUARIO

Nombre de la historia: Creación del template página web

Prioridad: Alta **Riesgo de** Alto

desarrollo:

Puntos estimados: 10 **Iteración** 5

asignada:

Desarrollador responsable: Diego Beltrán

Descripción:

Creación del proyecto Angular con sus estilos predefinidos mediante un template

Tabla 14

Historia de usuario 013

HISTORIA DE USUARIO

Número: 013 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Creación de las páginas de ingreso y registro

Prioridad: Alta **Riesgo de** Alto

desarrollo:

Puntos estimados: 6 **Iteración** 5

asignada:

Desarrollador responsable: Abigail Carvajal

Descripción:

Diseño y creación de las pantallas de inicio de sesión y registro de usuario

Tabla 15

Historia de usuario 014

HISTORIA DE USUARIO			
Número:	014	Responsable:	Desarrollador
Nombre de la historia: Creación de página principal de bienvenida			
Prioridad:	Media	Riesgo de desarrollo:	Alto
Puntos estimados:	4	Iteración asignada:	5
Desarrollador responsable:	Diego Beltrán		
Descripción:			
Creación de pantalla de bienvenida, contará con un mapa ubicando las especies recolectadas hasta el momento con posibilidad de revisar sus datos recolectados y analizados			

Tabla 16

Historia de usuario 015

HISTORIA DE USUARIO			
Número:	015	Responsable:	Desarrollador
Nombre de la historia: Creación de formulario para llenar datos en el laboratorio			
Prioridad:	Alta	Riesgo de desarrollo:	Alto
Puntos estimados:	8	Iteración asignada:	5
Desarrollador responsable:	Diego Beltrán		

HISTORIA DE USUARIO

Descripción:

Creación de pantalla con formulario para llenar datos en laboratorio y visualización de datos recolectados en campo.

Tabla 17*Historia de usuario 016*

HISTORIA DE USUARIO

Número: 016 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Creación de pantalla para mostrar información solo de lectura de las especies recolectadas

Prioridad: Alta **Riesgo de desarrollo:** Alto

Puntos estimados: 4 **Iteración asignada:** 6

Desarrollador responsable: Diego Beltrán

Descripción:

Creación de una pantalla informativa de los datos recolectados de las especies.

Tabla 18*Historia de usuario 017*

HISTORIA DE USUARIO

Número: 017 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Creación de pantalla perfil de usuario

Prioridad: Media **Riesgo de desarrollo:** Alto

HISTORIA DE USUARIO

Puntos estimados: 2 **Iteración** 6

asignada:

Desarrollador responsable: Abigail Carvajal

Descripción:

Creación de una pantalla para el perfil de usuario.

Tabla 19

Historia de usuario 018

HISTORIA DE USUARIO

Número: 018 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Creación de pantallas para la administración de usuarios

Prioridad: Alta **Riesgo de** Alto

desarrollo:

Puntos estimados: 10 **Iteración** 6

asignada:

Desarrollador responsable: Diego Beltrán

Descripción:

Creación de pantallas para la gestión de usuarios y asignación de perfiles.

Tabla 20

Historia de usuario 019

HISTORIA DE USUARIO

Número: 019 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Creación de servicios rest para la actualización de datos en laboratorio.

HISTORIA DE USUARIO

Prioridad: Alta **Riesgo de** Alto

desarrollo:

Puntos estimados: 4 **Iteración** 6

asignada:

Desarrollador responsable: Diego Beltrán

Descripción:

Creación de servicio rest para la actualización de datos de la especie en el laboratorio.

Tabla 21

Historia de usuario 020

HISTORIA DE USUARIO

Número: 020 **Responsable:** Desarrollador

Nombre de la historia: Recolección de datos para formar dataset.

Prioridad: Alta **Riesgo de** Alto

desarrollo:

Puntos estimados: 4 **Iteración** 7

asignada:

Desarrollador responsable: Abigail Carvajal

Descripción:

Recolección de datos a partir de la aplicación móvil desarrollada.

Tabla 22

Historia de usuario 021

HISTORIA DE USUARIO

Número:	021	Responsable:	Desarrollador
Nombre de la historia: Desarrollo de modelo de aprendizaje en python.			
Prioridad:	Alta	Riesgo de desarrollo:	Alto
Puntos estimados:	8	Iteración asignada:	7
Desarrollador responsable:	Abigail Carvajal		
Descripción:			
Desarrollo del modelo de aprendizaje automático para la detección de especies.			

Tabla 23

Historia de usuario 022

HISTORIA DE USUARIO

Número:	022	Responsable:	Desarrollador
Nombre de la historia: Entrenamiento del modelo de predicción.			
Prioridad:	Alta	Riesgo de desarrollo:	Alto
Puntos estimados:	6	Iteración asignada:	8
Desarrollador responsable:	Abigail Carvajal		
Descripción:			

HISTORIA DE USUARIO

Entrenamiento del modelo de predicción con los datos recolectados por la aplicación móvil

Plan de entrega de SPRINTS

Luego de tener en claro cada historia de usuario obtenida en las reuniones respectivas, se planteó la estimación de cada una y se definió su número de iteración, a continuación, se muestra la planificación de entrega de cada sprint con la descripción de su respectivo incremento.

Tabla 24

Cronograma de SPRINTS

SPRINTS ESTIMADOS Y DESARROLLADOS					
No.	Historias de usuario	Fecha de entrega	Incremento	Recomendaciones	Puntos de historia
1	HU1 HU2 HU3	29/09/2021	Creación de proyectos y modelado de base de datos. Creación de web services para la autenticación de usuarios	Revisar periódicamente las actualizaciones de las librerías utilizadas para la seguridad de autenticación.	16
2	HU4 HU5	13/10/2021	Creación de servicios para el	Tomar en cuenta el repositorio en la nube	12

SPRINTS ESTIMADOS Y DESARROLLADOS

No.	Historias de usuario	Fecha de entrega	Incremento	Recomendaciones	Puntos de historia
			almacenamiento de datos e imágenes	debido al coste de almacenamiento	
3	HU6 HU7 HU8	27/10/2021	Creación de interfaces de usuario para la aplicación móvil	Revisar la adaptación de imágenes y templates para diferentes tipos de interfaces.	18
4	HU9 HU10 HU11	10/11/2021	Creación de servicios para la detección de conexión a la red y servicios para el almacenamiento de datos	Revisar posibles actualizaciones de los sistemas operativos Android y iOS para permisos de almacenamiento	16
5	HU12 HU13 HU14 HU15	24/11/2021	Creación del primer avance desplegable de la página web	Establecer correctamente los datos necesarios para el registro de usuarios y las	28

SPRINTS ESTIMADOS Y DESARROLLADOS

No.	Historias de usuario	Fecha de entrega	Incremento	Recomendaciones	Puntos de historia
				opciones por primera vez asignadas	
6	HU16 HU17 HU18 HU19	08/11/2021	Versión estable y completa de la página web trabajando en conjunto con la aplicación móvil.	Establecer las seguridades necesarias para evitar el acceso indebido de usuarios.	20
7	HU20 HU21	08/12/2021	Esquema completo del modelo de predicción	Obtener datos reales recolectados y disponibles en la base de datos	12
8	HU22	22/12/2021	Entrenamiento completado en base a los datos disponibles		8

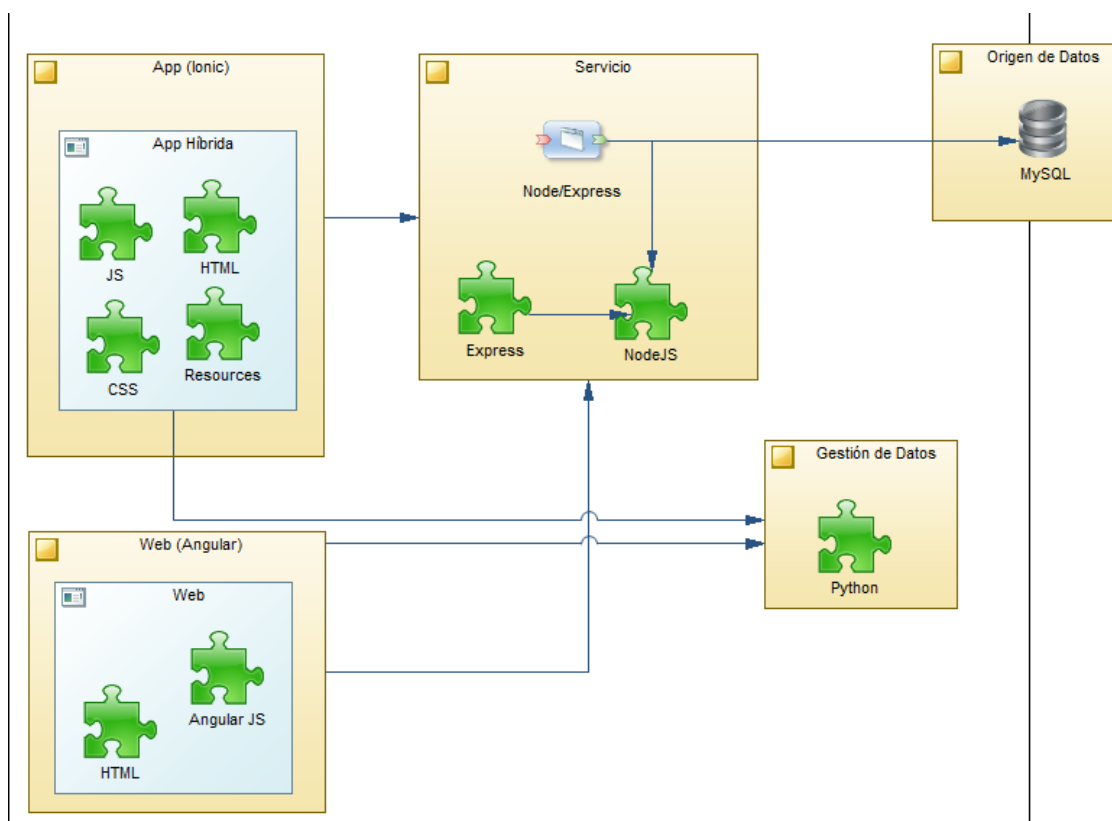
Arquitectura y Diseño

Diagrama de Arquitectura

En esta sección se muestra el diagrama de la arquitectura del software (ver Figura 5), la interacción entre los componentes del sistema y las principales herramientas utilizadas para el desarrollo.

Figura 5

Diagrama de la Arquitectura del Sistema



La arquitectura diseñada está basada en microservicios, dándonos la posibilidad de tener a cada módulo una autonomía y agilidad de procesos y funciones, permite la escalabilidad entre componentes y la fácil mantenibilidad e implementación de cambios.

para futuras mejoras al sistema, también es adaptable a fallas ya que no corromperá toda la aplicación y será más sencilla la solución de errores.

Modelo de base de datos relacional

El modelo de datos relacional se eligió por la cantidad de datos que se pueden manejar, además de la velocidad de respuesta que brinda una base de datos SQL y las características de búsquedas dinámicas mediante campos, que facilita la obtención de datos con relaciones complejas y con reglas de búsqueda específicas, de forma que los datos se pueden desplegar tanto en la aplicación móvil y en la aplicación web.

Figura 6

Diagrama entidad relación BDD

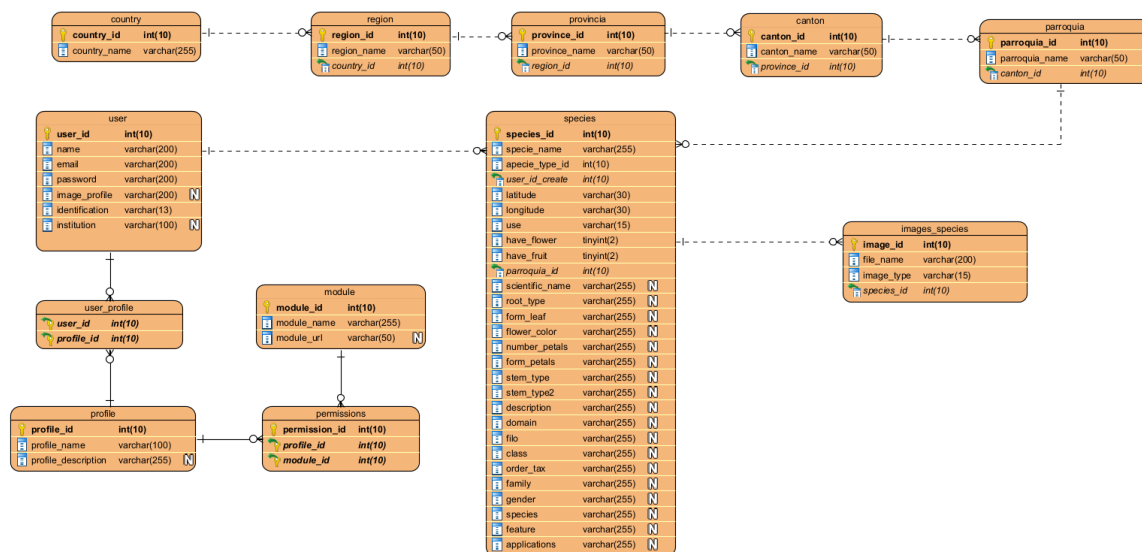
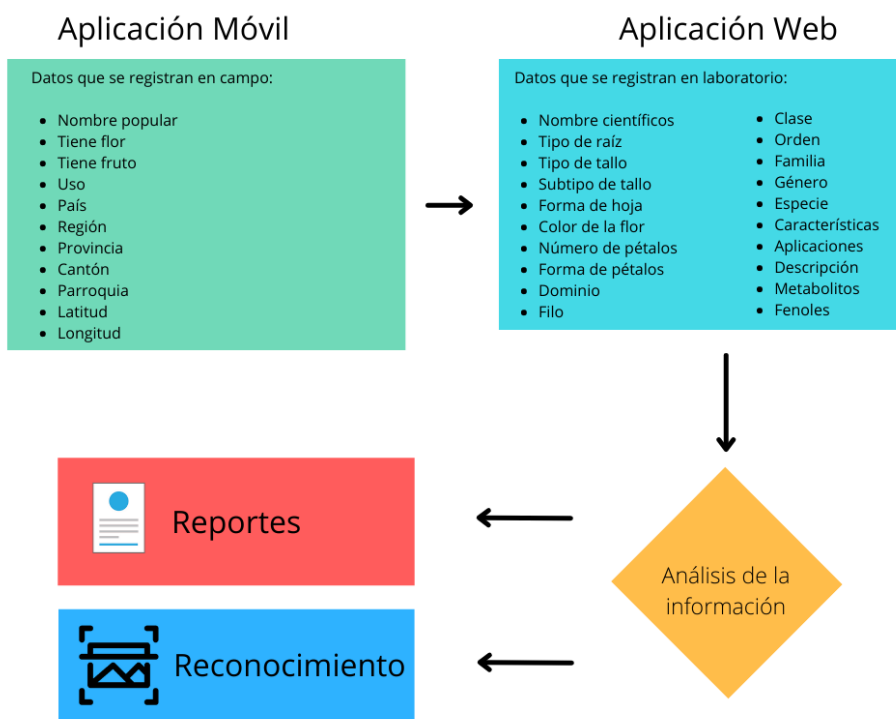


Figura 7*Funcionalidad e integración entre aplicaciones*

En la Figura 7 se muestra la integración entre la aplicación móvil y la aplicación web. Los datos que se registran en campo y en laboratorio se convierten en el insumo para ejecutar los procesos de análisis, identificación y clasificación de las especies vegetales.

Diseño de la aplicación móvil

Por medio de la aplicación móvil el usuario recolecta datos propios de las especies vegetales, el nombre común, existencia de flor y fruto, uso de la planta, ubicación y las imágenes de flor, fruto, raíz, tallo, hoja y planta completa. Las imágenes se obtienen mediante fotografías y se guardan en la base de datos.

Mockups

Luego de realizar el respectivo análisis y delimitar el flujo de información que se va a realizar en la aplicación móvil, se procedió a maquetar las interfaces de usuario de la aplicación móvil y así definir los primeros pasos para el desarrollo mediante el framework IONIC.

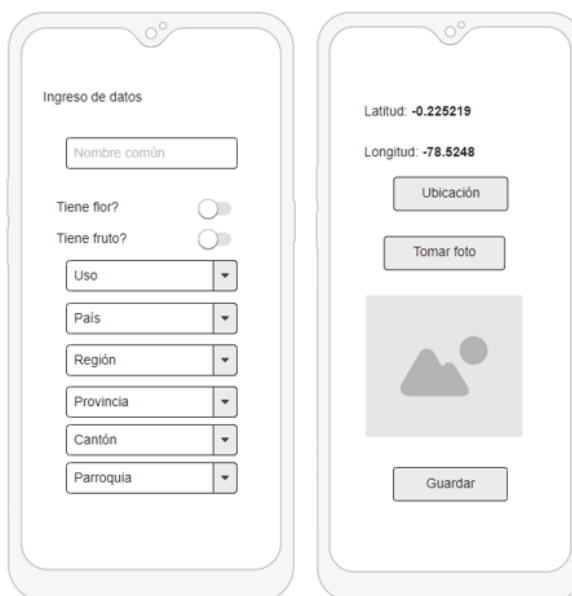
Figura 8

Mockups interfaces inicio de sesión y principal



Figura 9

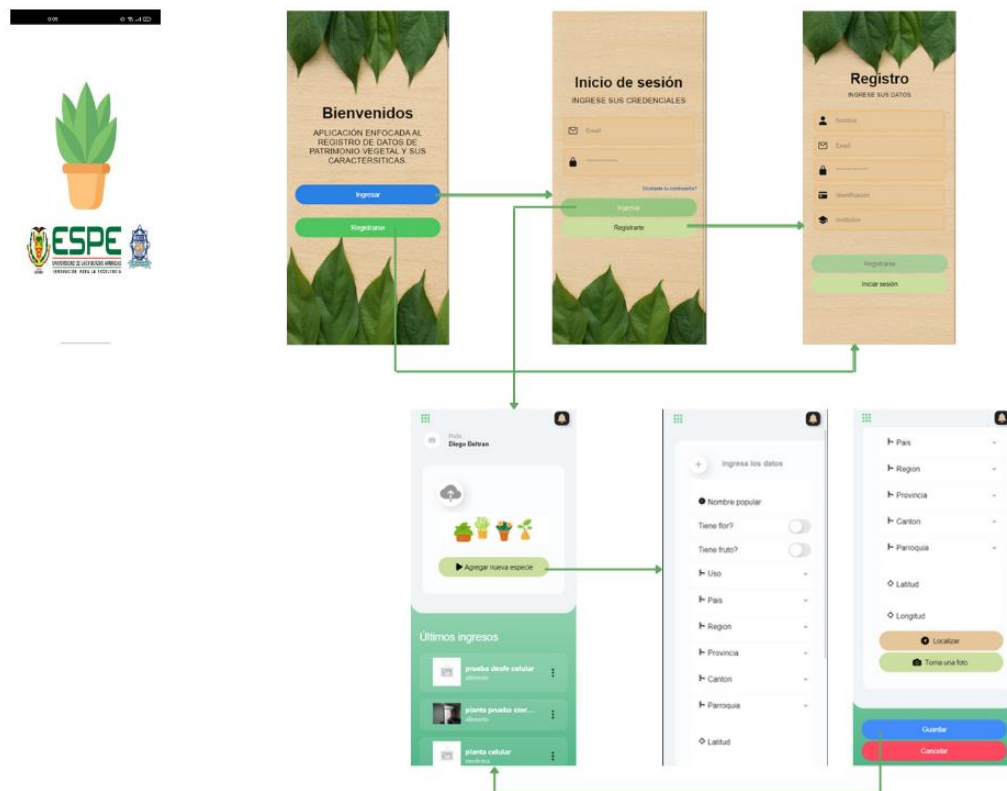
Mockups interfaces registro de especie



Interfaces

Figura 10

Diagrama de interfaces



Nota. Secuencia de navegación de la aplicación móvil.

La aplicación móvil cuenta con las siguientes pantallas:

- La pantalla de bienvenida muestra el objetivo que tiene la aplicación móvil y dos botones de acción, ingresar al inicio de sesión y registro de un nuevo usuario.
- El inicio de sesión cuenta con los campos de correo electrónico y contraseña, estos campos ingresados por el usuario serán validados con la información previamente almacenada, permitiendo al usuario acceder a la aplicación. También cuenta con la opción de olvidé mi contraseña, en la cual el usuario ingresa su correo y el sistema envía un email con una contraseña generada,

que le permite cambiar la contraseña dentro de la aplicación.

- El registro de un nuevo usuario cuenta con los campos de nombre, email, identificación o cédula, contraseña y nombre de la institución a la que pertenece, una vez completos los campos se verifica si el usuario no existe y se procede a crearlo, paso seguido ingresa a la aplicación.
- Una vez dentro del sistema aparece la pantalla principal en donde se encuentra un botón para ingresar al formulario de registro de una nueva especie y en la parte inferior se cuenta con una lista de las últimas especies registradas por el usuario.
- En el formulario de registro de una nueva especie se cuenta con campos para registrar: nombre común, si tiene flor y fruto, el uso que se le da a la especie, campos de ubicación como: país, región, provincia, cantón y parroquia, también se cuenta con un botón el cual se encarga de obtener la posición geográfica suministrada por el módulo de GPS dentro del dispositivo móvil y finalmente la opción para la captura de fotos de la especie vegetal. Una vez lleno todos los campos, se procede a guardar la información en la memoria interna del teléfono en caso de no contar con conexión a internet, o si se tiene acceso a internet se guarda en la base de datos disponible en la nube.

Diseño de la aplicación web

Estas interfaces permiten visualizar la información recopilada en campo, verificar, actualizar y completar la ficha de la especie vegetal con los datos que se obtienen del estudio de la muestra que se realiza en el laboratorio de enzimología. En el formulario de cada especie vegetal registrada se visualizan los datos recolectados. Los especialistas completan los campos relacionados con el nombre científico, tipo de tallo,

raíz, hojas, flores y fruto, metabolitos, fenoles y su taxonomía como: dominio, clase, filo, familia, orden y género.

Diseño de la aplicación web

Mockups

Al igual que en la aplicación móvil, para la aplicación web se diseñó mockups que nos permitieron obtener un bosquejo inicial, aplicando conceptos de usabilidad, de lo que sería las interfaces de usuario final desarrolladas con el framework ANGULAR.

Figura 11

Mockups inicio de sesión web

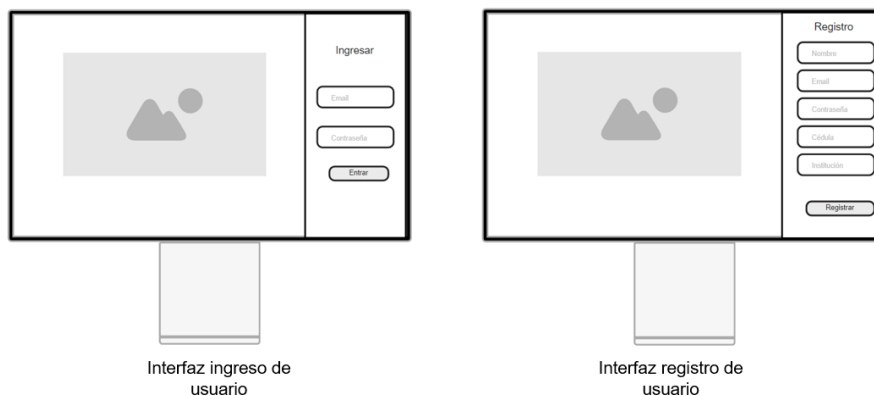


Figura 12

Mockups pantalla catálogo de especies y registro de nueva especie

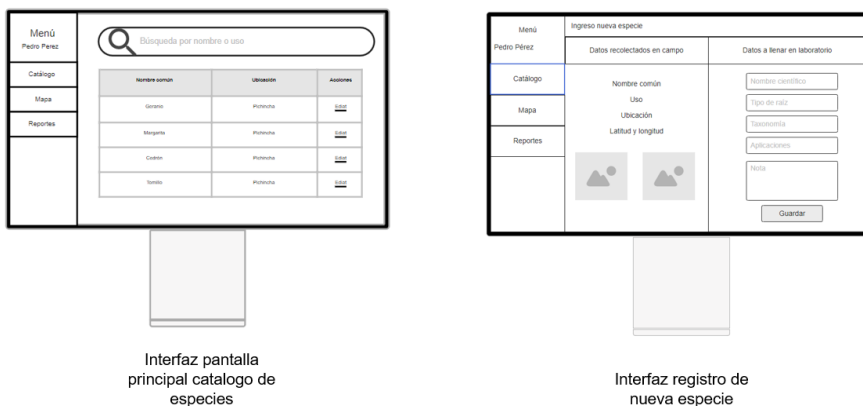


Figura 13

Interfaz pantalla de ubicación de especies y reportería

**Figura 14**

Interfaz pantalla de módulo de reconocimiento



Interfaces

Figura 15

Interfaz de inicio de sesión web



El inicio de sesión de la aplicación web cuenta con los campos de email y contraseña, estos son ingresados por el usuario y validados mediante algoritmos de encriptación y desencriptación. Si el usuario no tiene asignado los permisos para acceder a la aplicación web, el sistema muestra un error informando de esta situación.

Figura 16

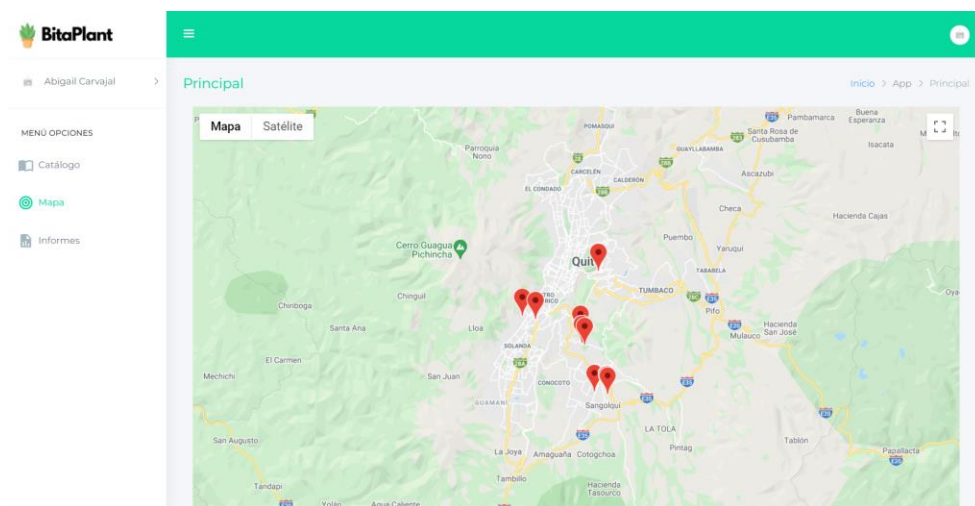
Interfaz principal web

No.	Nombre común	Uso	País	Región	Provincia	Cantón	Parroquia	Usuario registra	Acciones
1	Limon	alimento,medicina	ECUADOR	SIERRA	PICHINCHA	RUMIÑAHUI	SANGOLQUI	Mauricio Loachamin	[Iconos de acciones]
2	Guayaba	alimento	ECUADOR	SIERRA	PICHINCHA	RUMIÑAHUI	SANGOLQUI	Mauricio Loachamin	[Iconos de acciones]
3	Madre selva	medicina,decorativa	ECUADOR	SIERRA	PICHINCHA	RUMIÑAHUI	SANGOLQUI	Abigail Carvajal	[Iconos de acciones]
4	Lirio africano	medicina,decorativa	ECUADOR	SIERRA	PICHINCHA	RUMIÑAHUI	SANGOLQUI	Mauricio Loachamin	[Iconos de acciones]
5	cereza	alimento,medicina	ECUADOR	SIERRA	PICHINCHA	RUMIÑAHUI	SANGOLQUI	Abigail	[Iconos de acciones]

Una vez el usuario pasa la pantalla de inicio de sesión, la pantalla principal muestra un listado de las especies previamente registradas con la aplicación móvil. Dentro del listado se cuenta con 4 botones de acción en cada registro, el primero corresponde a la edición de la especie registrada, llevando a la interfaz de formulario de especies, el segundo botón direcciona a la interfaz de especies en modo únicamente lectura, la tercera opción descarga la ficha técnica con toda la información recolectada de la especie vegetal y finalmente la cuarta opción dirige a la interfaz de reconocimiento.

Figura 17

Interfaz Mapa web



Nota. Interfaz que muestra la ubicación de las especies registradas.

La opción de mapa muestra a los usuarios la ubicación de las especies vegetales guardadas en el sistema, posibilitando una vista de los sectores en donde predomina la vegetación y ofreciendo acceso directo a visualizar la información de cada especie registrada.

Figura 18

Interfaz formulario de especies

Bitaplant user

user Diego Beltran > Formulario Especies Inicio > App > Formulario Especies

Datos Obtenidos en campo

Datos propios

Identificador: 1ce444a5-b08


Nombre común: Madre selva

Tiene flor: Si

Tiene fruto: No

Uso: medicina,decorativa

Ubicación




Latitud: -0.317813 **Longitud:** -78.446709

País: ECUADOR **Región:** SIERRA

Provincia: PICHINCHA **Canton:** RUMIÑAHUI

Parroquia: SANGOLQUI

Imágenes



Datos a llenar en laboratorio

Nombre científico

Tipo de raíz

Tipo de tallo

Subtipo de tallo

Forma de la hoja

Color de la flor

Número de pétalos

Forma pétalos

Metabolitos

Fenoles

Taxonomía

Dominio

Filo

Clase

Orden

Familia

Género

Especie

Características

Aplicaciones

Descripción

Enviar Cancelar

© 2021 SGRN

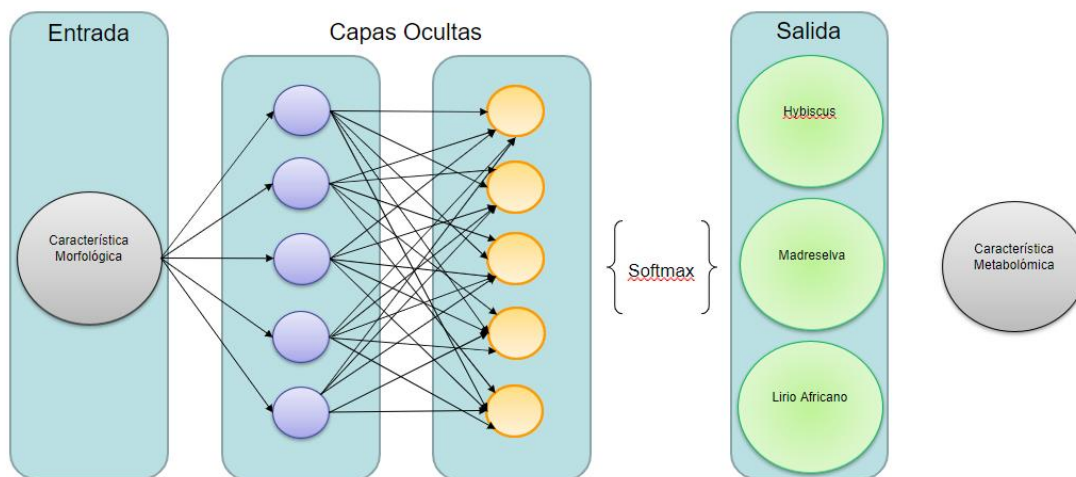
En el formulario de especie, al lado izquierdo se cuenta con toda la información recolectada a partir de la aplicación móvil, como: nombre común, uso, ubicación e imágenes. Al lado derecho se tiene el formulario en donde se llenan campos de laboratorio como: nombre científico, tipo de raíz, tallo, hojas, flores, características metabolómicas, fenolitos, taxonomía y una nota de la especie.

Desarrollo del Módulo de Reconocimiento

Este módulo se utiliza mediante el aplicativo web. El reconocimiento de especies se lo realiza a partir de las imágenes capturadas con la aplicación móvil. Las imágenes son enviadas a la red neuronal para su identificación y clasificación, y como resultado devuelve el nombre científico. A continuación, se comparan los datos de fenoles y metabolitos registrados en laboratorio con los datos de la especie y se obtiene el tipo de uso.

Figura 19

Modelo referencial del Módulo de Reconocimiento

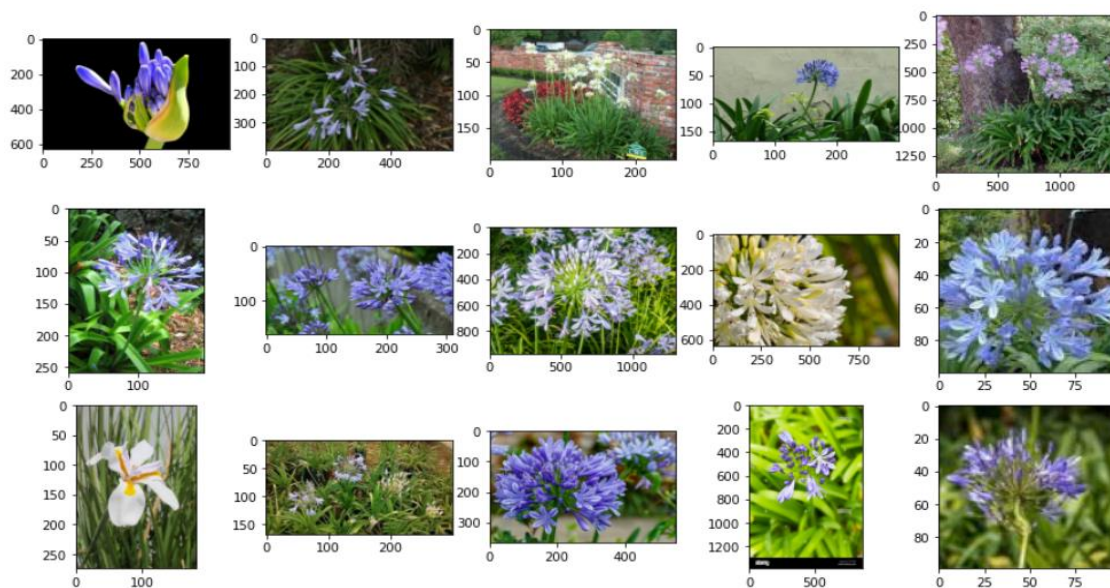


Diseño de red convolucional

Se utilizó una muestra de 93 imágenes por especie, en total tres especies: lirio africano, hibiscus y madre selva. Utilizando la transferencia de aprendizaje y un modelo previamente entrenado, del cual se entrena la última capa para que pueda identificar entre las tres especies nativas.

Figura 20

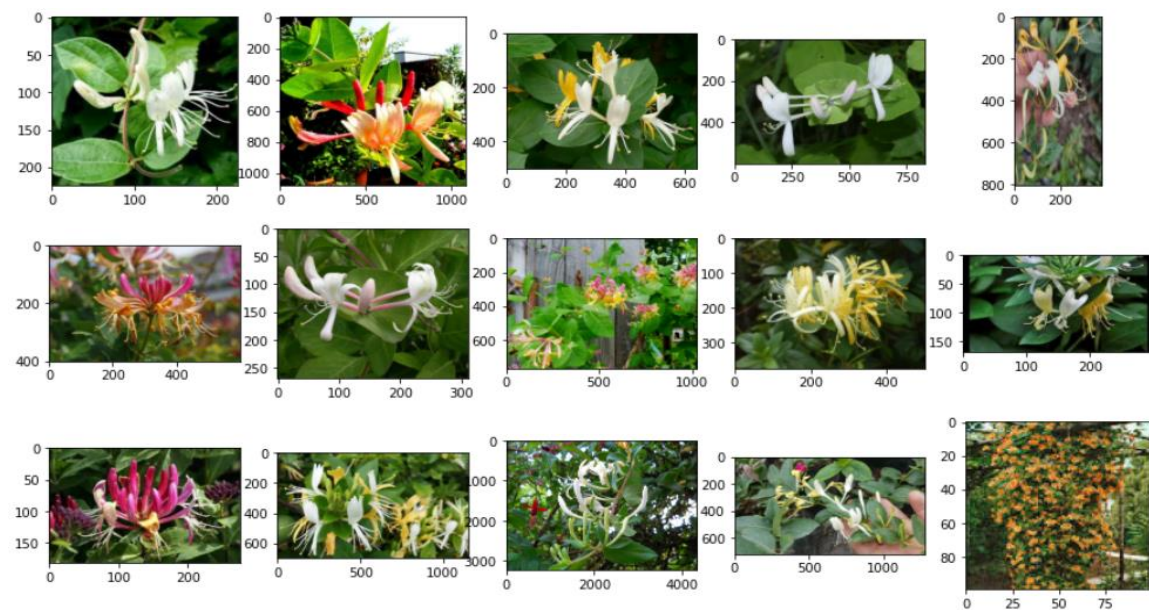
Dataset de Lirio Africano



Nota. Dataset para el entrenamiento de la especie lirio africano.

Figura 21*Dataset de Hibiscus*

Nota. Dataset para el entrenamiento de la especie Hibiscus.

Figura 22*Dataset de Madreselva*

Nota. Dataset para el entrenamiento de la especie Madreselva.

Para entrenar el modelo se empleó la técnica de validación cruzada, donde se utilizó el 20% de imágenes para pruebas y el 80% para entrenamiento. Debido a que el set de imágenes fueron pocas, se utilizó aumento de datos para dar variedad en el set de información.

Figura 23

Imágenes aleatorias del dataset de entrenamiento



Nota. Dataset de entrenamiento con aumento de datos.

El modelo ya entrenado, se ejecuta desde la función en Python, la cual recibe como parámetro una imagen y retorna la clasificación e identificación de la especie a la que pertenece. Como resultado retorna el nombre común y científico de la especie.

Entrenamiento del dataset de imágenes

Para un entrenar un modelo es necesario contar con memoria en disco y RAM. Se utilizó Google Collab para la transferencia de aprendizaje de la red convolucional. A continuación, se muestran los tiempos de ejecución de las tareas más relevantes del entrenamiento de la red convolucional.

Tabla 25*Tiempos de ejecución de la transferencia de aprendizaje*

Actividad	Tiempo de Ejecución
Carga de imágenes de cada categoría.	2 minutos
Mostrar las imágenes cargadas con Pyplot.	18 segundos
Aumento de datos con ImageDataGenerator y preparación de los sets de entrenamiento y pruebas.	4 segundos
Descarga del modelo y especifica forma de la entrada.	3 segundos
Crear el modelo de tipo secuencial.	1 segundo
Compilar el modelo.	0 segundos
Entrenar el modelo (50 épocas).	14 minutos 53 segundos
Pruebas de predicción.	1 segundo
Exportar el modelo.	6 segundos

Nota. En esta tabla se muestra los tiempos empleados para el entrenamiento del modelo de aprendizaje automático.

Tiempos de respuesta

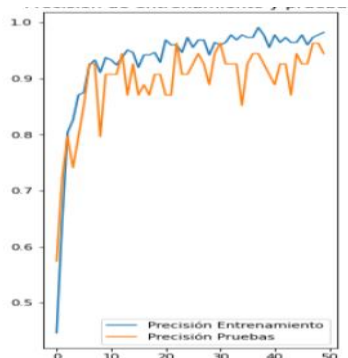
El servicio de predicción se realizó con Docker y Tensorflow Serving, el tiempo de respuesta es mínimo al realizar la petición de tipo POST al servidor.

Datos que se obtuvieron

Una vez entrenada la red, se pueden obtener las gráficas de precisión de entrenamiento y pruebas y la pérdida de entrenamiento y pruebas como se observa en la Figura 24.

Figura 24

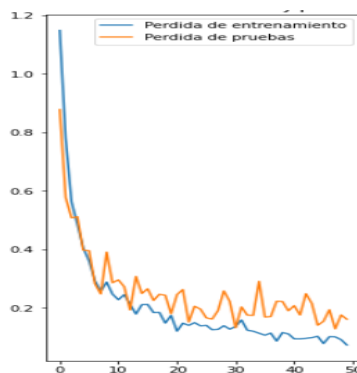
Gráfica de precisión de entrenamiento y pruebas



Nota. La precisión en entrenamiento y pruebas en algunos casos sube a la par, pero también se puede ver que la presión en pruebas tiene picos bajos lo cual indica que el modelo se aprendió los datos en el entrenamiento, pero no cuenta con la suficiente precisión en las pruebas.

Figura 25

Tasa de error del entrenamiento y pruebas



Nota. Comportamiento de la tasa de error en el entrenamiento va decrementando por lo que el modelo está aprendiendo. Se nota una ligera diferencia entre pérdida de entrenamiento y pruebas, pero el modelo identifica las tres especies que fueron entrenadas.

Resultados de la clasificación

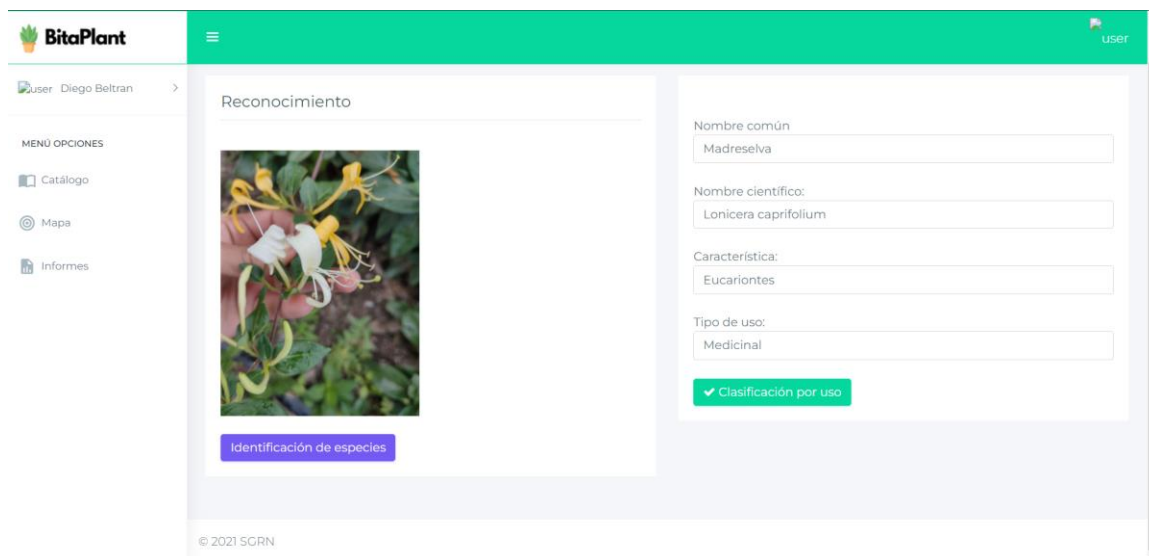
Debido a que el dataset de entrenamiento y pruebas fue de 98 imágenes por categoría, la precisión en pruebas tiene picos bajos en comparación al entrenamiento. Para mejorar la precisión se debería entrenar con un dataset más extenso y aumentar las épocas al hacerlo.

Con la finalidad de probar el modelo, se implementó una función dentro del código, la cual recibe una imagen y devuelve como resultado la identificación. El modelo predice correctamente imágenes correspondientes a las categorías: lirio africano, hibiscus y madreSelva.

A continuación, se muestra la interfaz con los resultados de la identificación y reconocimiento que ejecuta la aplicación, mediante el modelo aplicado.

Figura 26

Interfaz del módulo de reconocimiento



Nota. Interfaz que muestra los resultados de la identificación de especies a partir de las imágenes recopiladas y la clasificación por tipo de uso en base a los datos registrados en laboratorio.

La directora del proyecto fue quien validó los resultados obtenidos de la identificación de especies y clasificación por tipos de uso; se mostró satisfecha con el desarrollo de la aplicación. La puntuación dada por la Dra. Mihai a los aplicativos fueron de 4.98/5, porque considera de mucha utilidad y facilidad el uso de las dos aplicaciones. Lo que demuestra que la herramienta cumple con los requerimientos establecidos, que puede ser un muy útil para las comunidades involucradas en el proyecto de vinculación y que permitirá contribuir con los objetivos del proyecto.

Módulo de Reportes

Figura 27

Ficha técnica generada a partir de los datos recolectados

The screenshot shows a digital report titled "Ficha Técnica". It contains the following data:

Datos obtenidos en campos			
Identificador:	1ce444a5-b08	Latitud:	-0.317813
Nombre común:	Madre selva	Longitud:	-78.446709
Tiene flor:	Si	País:	Ecuador
Tiene fruto:	No	Región:	SIERRA
Uso:	medicina,decorativa	Provincia:	Pichincha
		Cantón:	Rumiñahui
		Parroquia:	SANGOLQUI

Below the data, there is a section for "Imágenes" which includes a photograph of the plant. At the bottom, there are sections for "Datos Técnicos", "Información principal", and "Taxonomía".

La ficha generada contiene todos los datos ingresados en campo por la aplicación móvil y los datos obtenidos en laboratorio ingresados en la aplicación web, así como las imágenes obtenidas desde la aplicación móvil. Esta ficha permite tener una visualización más ordenada de los datos de las especies, pudiendo armar una biblioteca de especies vegetales.

Figura 28

Interfaz de búsquedas

The screenshot displays the Bitaplant web application interface. At the top, there is a green header with the Bitaplant logo and a user profile. Below the header, a navigation menu on the left includes 'Catálogo', 'Mapa', and 'Informes'. The main content area is titled 'Reportes' and features a search criteria section with a dropdown for 'Provincia' set to 'Pichincha' and a 'Generar' button. Below the search criteria, a preview of an Excel report is shown, containing the following data:

ID	CODIGO	NOMBRE	USUARIO_RELATITUD	LONGITUDE	USO	FLOWER	FRUIT	FECHA_REGI	PARROQUIA	CANTON
19	18204b51-181	Limon	Mauricio Loa-0.190542	-78.455169	["alimento"], No	Si		2022-01-02T:	SANGOLQUI	Rumiñal
20	895be8a7-f1	Guayaba	Mauricio Loa-0.191026	-78.455629	["alimento"], Si	Si		2022-01-02T:	SANGOLQUI	Rumiñal
21	1ce444a5-b0	Madre selva	Abigail Carzu-0.317813	-78.446709	["medicina"], Si	No		2022-01-02T:	SANGOLQUI	Rumiñal
22	5277f19b-16	Lirio african	Mauricio Loa-0.318768	-78.446398	["medicina"], Si	No		2022-01-02T:	SANGOLQUI	Rumiñal
23	e41b71bd-1e	cereza salvaj	Abigail Carzu-0.316896	-78.446618	["alimento"], No	Si		2022-01-02T:	SANGOLQUI	Rumiñal
24	b206bf03-55	geranio	Abigail Carzu-0.2375727	-78.5346728	["medicina"], Si	No		2022-01-04T:	CONOCOTO	Quito
25	234d3956-aa	lirio	Abigail Carzu-0.2375727	-78.5346728	["medicina"], Si	No		2022-01-04T:	PACTO	Quito
26	683ad8f1-0e	orquidea	Abigail Carzu-0.2375698	-78.5346704	["decorativa"], Si	No		2022-01-20T:	CONOCOTO	Quito
27	cb31cc64-69:	cucarda	Rolando	-0.3192968	-78.4459249	["decorativa"], Si	No	2022-01-21T:	ALANGASI	Quito

La interfaz de búsqueda cuenta con criterios de búsqueda: provincia, nombre común, uso y usuarios, una vez seleccionado el criterio de búsqueda y seleccionado el valor a buscar, se generará un archivo Excel con todos los datos de la especie vegetal, dando la posibilidad a los usuarios a tener datos analizables por otros medios y accesibles desde otro software.

Capítulo IV

Pruebas y Resultados

En este capítulo se describe el proceso de pruebas y el análisis de resultados obtenidos en los cuestionarios de usabilidad.

Pruebas

Para el proceso de pruebas se estableció el flujo que se muestra en la Figura 22.

Figura 29

Diagrama de proceso de pruebas



Nota. Proceso de pruebas utilizado en el proyecto.

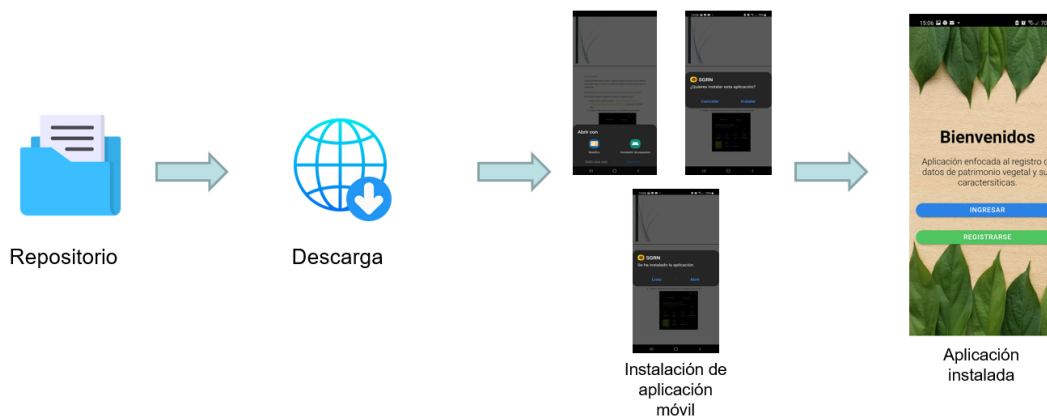
Instalación y configuración

Para la instalación de la aplicación móvil se generó un APK disponible desde un repositorio que además contiene el manual con las instrucciones detalladas para dispositivos con sistema operativo Android.

La instalación se realizó en dispositivos Android con diferentes versiones de SO, desde la 6.0 hasta la última versión 13, dando confianza a los usuarios del alto grado de soporte que brinda la aplicación.

Figura 30

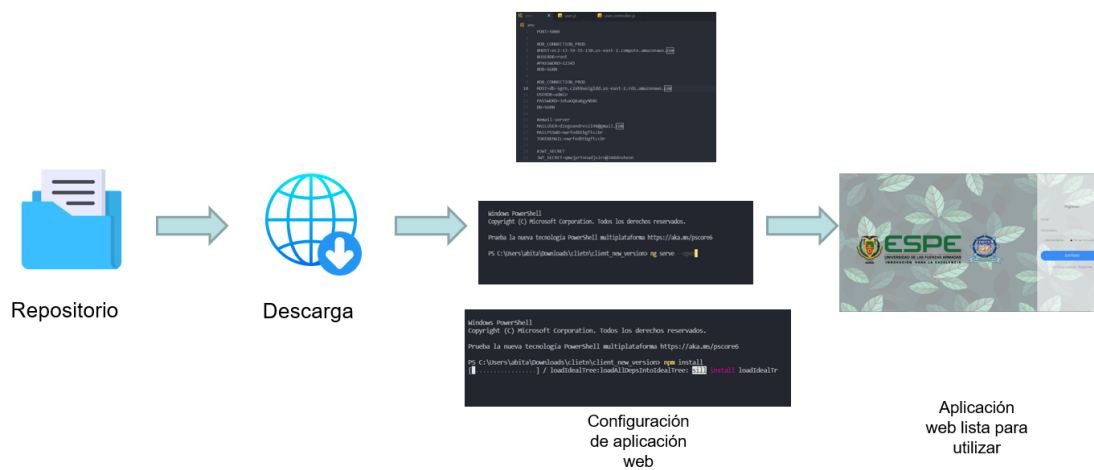
Esquema instalación aplicación móvil



Para el funcionamiento de la aplicación fue necesario configurar un servidor web, el software empleado para nuestro proyecto fue Node.js. Donde se colocaron los recursos de código y se configuró la conexión a la base de datos.

Figura 31

Esquema despliegue aplicación web



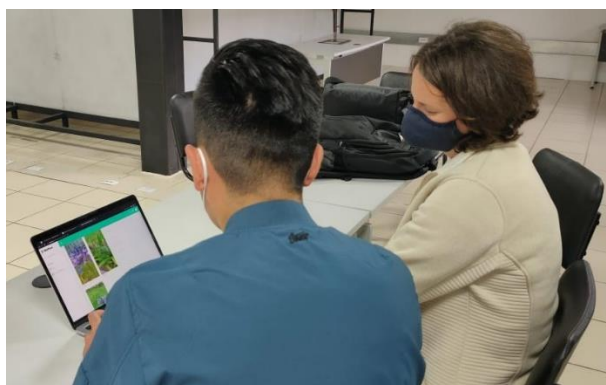
Capacitación a los usuarios

Como proceso de validación y pruebas se planificó una capacitación a los usuarios del uso de la aplicación, presentación de la solución y respuesta a preguntas acerca del funcionamiento. A continuación, se presentarán evidencias de este proceso.

Figura 32 *Capacitación uso de aplicación móvil a usuarios*



Figura 33 *Capacitación uso de plataforma web a usuario.*



Usuarios utilizando las aplicaciones

Figura 34 *Uso de la aplicación móvil por parte de los usuarios*

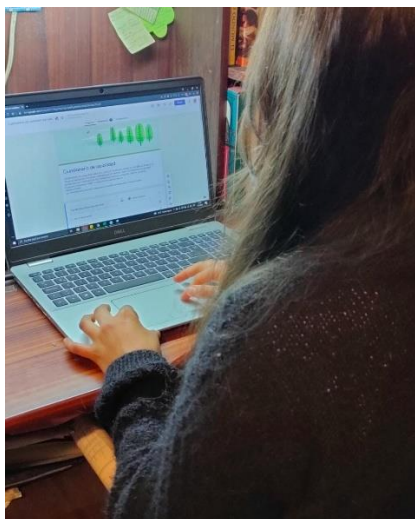


Luego de tener la capacitación acerca del funcionamiento de las aplicaciones se procedió a realizar el registro de datos de algunas especies vegetales como Lirio africano, Madreselva, Claudia silvestre entre otras. En el proceso se obtuvo datos de campo como: nombre común, uso, ubicación e imágenes de las especies.

Se realizó pruebas con escenarios en donde no se tuvo conexión a internet, para lo cual los registros se mantuvieron guardados en la memoria interna del dispositivo y una vez se tuvo acceso a internet los datos fueron grabados en la base de datos en la nube.

Figura 35

Usuario utilizando la aplicación web



Una vez finalizado con el proceso de registro de especies mediante la aplicación móvil, se procedió a verificar los datos guardados en la base de datos utilizando la aplicación web, dentro de la aplicación se encontraron todas las especies registradas y se continuó con la inserción de datos de laboratorio como: nombre científico, características de flores, fruto, hojas, raíz y tallo, así como datos de su taxonomía.

Aplicación del cuestionario de usabilidad

Una vez realizadas las pruebas con los aplicativos se administró el cuestionario de usabilidad. El cuestionario estuvo configurado en Google Forms y a cada usuario se le pidió responder las preguntas en cuanto finalizaron el uso de los aplicativos. El cuestionario consta de 4 preguntas y se ha utilizado la escala Likert del 0 al 5, las escalas fueron “Muy de acuerdo”, “De acuerdo”, “Indeciso”, “En desacuerdo” y “Muy en desacuerdo”. La encuesta realizada fue basada en el Cuestionario de Usabilidad en Sistemas Informáticos, el cual es mundialmente aceptado y se considera uno de los mejores para evaluar la

usabilidad de un sistema de computación (Hedlefs, De la Garza, & Sánchez, 2015).

El cuestionario se aplicó para medir la satisfacción del usuario respecto al sistema, además de comprobar si le resultó fácil de aprender y usar las funciones que brindan los aplicativos.

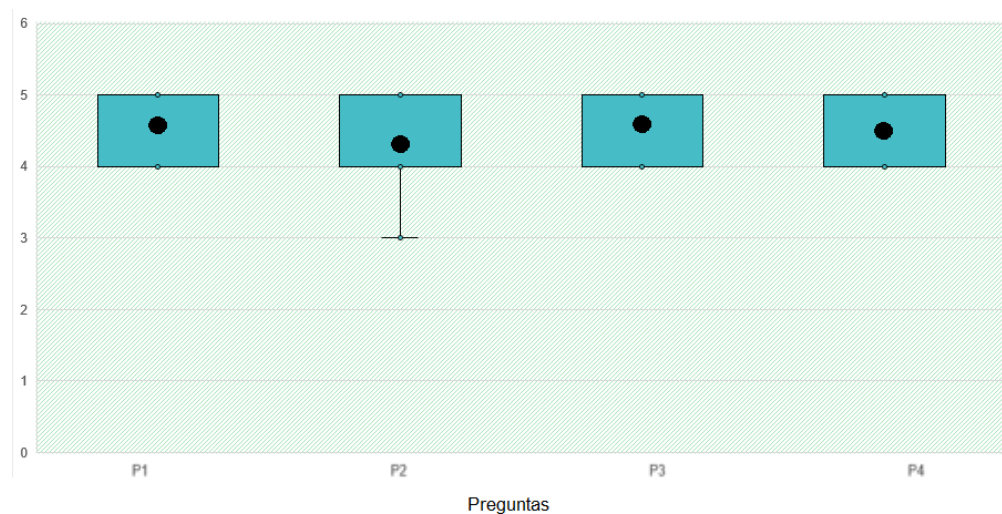
Análisis de resultados cuestionario de usabilidad

Aplicación Web

La encuesta aplicada consta de preguntas que evaluaban aspectos importantes de la aplicación web. En la Figura 36 se muestra los resultados de las preguntas que miden la facilidad de uso, los mensajes útiles dentro de la aplicación y la satisfacción en general de la aplicación web.

Figura 36

Resultados cuestionario de usabilidad de la Aplicación Web



Nota. P1. Pregunta 1: facilidad de uso de la web; P2. Pregunta 2: mensajes amigables; P3. Pregunta 3: facilidad de navegación; P4. Pregunta 4: Satisfacción general con el aplicativo

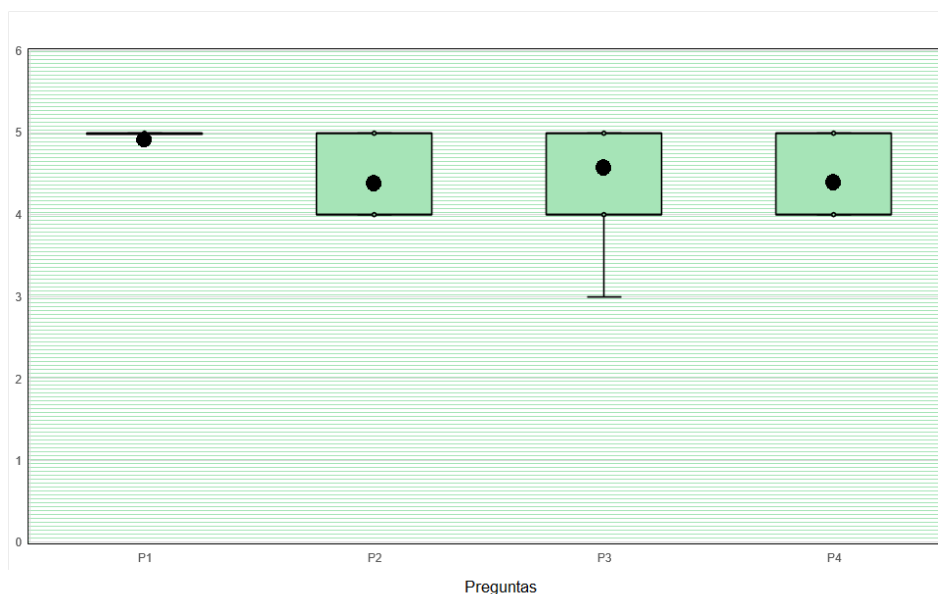
De acuerdo con los resultados se demuestra que los usuarios percibieron la aplicación como fácil de usar, tuvieron una interacción óptima. Consideraron la aplicación web como dinámica y amigable. La tendencia de la media global fue de 4.65/5.

Aplicación Móvil

La encuesta aplicada consta de preguntas relacionadas con la satisfacción del usuario en el momento de utilizar el aplicativo. En la Figura 37 se observan los resultados positivos acerca de la facilidad de aprendizaje, lenguaje claro e interfaces organizadas de la aplicación móvil.

Figura 37

Resultados cuestionario de usabilidad de la Aplicación Móvil



Nota. P1. Pregunta 1: facilidad de uso de la aplicación móvil; P2. Pregunta 2: mensajes amigables y fáciles de comprender; P3. Pregunta 3: facilidad de navegación; P4. Pregunta 4: Satisfacción general con el aplicativo

Con los resultados se puede constatar que la mayoría de los usuarios tuvieron una aceptación alta a la aplicación móvil, la experiencia fue positiva y a los participantes les pareció fácil de aprender a manejar y navegar entre las opciones.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se identificaron los requisitos del sistema mediante reuniones con los especialistas e investigadores del proyecto de vinculación al que contribuye el presente trabajo.
- Se desarrolló una aplicación móvil utilizando el framework IONIC, la cual permite recolectar datos de campo de las especies vegetales, como: nombre común, imágenes y ubicación usando el módulo GPS propio del dispositivo móvil, cuenta con un módulo de sincronización de datos siempre y cuando se cuente con una conexión a internet caso contrario se almacenara de forma local los datos recolectados.
- La información recolectada en campo se guarda en la base de datos creada y alojada en un servidor en la nube.
- Se desarrolló una aplicación web en la cual los usuarios de laboratorio ingresaron datos específicos como: nombre científico, taxonomía, clasificación, metabolitos y fenoles a partir de la muestra estudiada en el Laboratorio de Enzimología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Se desarrolló el módulo de reconocimiento, utilizando técnicas de aprendizaje automático, para clasificar e identificar la característica metabolómica de la vegetación analizada, mediante los resultados obtenidos en el análisis de fenoles y metabolitos que realiza el especialista.
- Se aplicaron cuestionarios para evaluar la usabilidad del sistema y conocer la percepción del usuario en aspectos relacionados con la facilidad de uso de

las aplicaciones, la facilidad de comprender los mensajes, interacción amigable, la facilidad de navegación y satisfacción general con los aplicativos. Los resultados demostraron que la herramienta cumple con los requerimientos establecidos, que puede ser un muy útil para las comunidades involucradas en el proyecto de vinculación.

Recomendaciones

La contratación de un servicio en la nube como AWS, facilitará el futuro escalamiento de las aplicaciones, ya que los servicios de AWS brindan la facilidad de despliegue de servidores y la suficiente documentación para escalamiento de recursos computacionales y sobre todo hace que la información sea accesible desde cualquier parte.

Se recomienda obtener más datos para realizar un proceso de reentrenamiento del módulo de reconocimiento, ya que así se podrá obtener mejores resultados en el reconocimiento de especies vegetales.

Finalmente, esta solución tiene mucho potencial en el Ecuador debido al porcentaje de vegetación nativa, se debería instalar una gran infraestructura tecnológica para compartir esta solución con otros países de la región.

Bibliografía

- Abrahao, Veloso, Branco, & Vairinhos. (2016). Proposta de uma metodologia para o design de dispensadores de medicamentos, baseados em media tangíveis, para seniores de baixa literacia / Proposal for a methodology for the design of medication dispensers, based on tangible media, for seniors with low l. Aveiro. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/305999352_Proposta_de_uma_metodologia_para_o_design_de_dispensadores_de_medicamentos_baseados_em_media_tangiveis_para_seniores_de_baixa_literacia_Proposal_for_a_methodology_for_the_design_of_medication_dispense
- AECOC. (2020). *5 avances de la Inteligencia Artificial que probablemente veremos en los próximos 5 años*. AECOC INNOVATION HUB.
- Angular. (10 de 09 de 2021). *Angular Docs*. Obtenido de <https://angular.io/docs>
- ATOM. (9 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://atom.io>
- Bangladesh Forest Department. (2018). *Bangladesh Forest Information System*. Obtenido de <http://bfis.bforest.gov.bd/bfis/>
- Castellón, G., & Velásquez, R. (2012). *Desarrollo de aplicación de Geolocalización con teléfonos celulares con sistema operativo Android utilizando el simulador SDK 1.6 y Eclipse 3.7*.
- Chuncho, G., Chuncho, C., & Aguirre, Z. (2019). *Anatomía y morfología vegetal*. Loja: EDILOJA.
- Constitución Ecuador. (2008).
- Cronquist, A. (1984). *Introducción a la botánica*. CONTINENTAL.
- de Oliveira, B. R., Azevedo, G. T., Baio, F. H., Sobrinho, R. L., da Silva Junior, C. A., & Teodoro, P. E. (2021). Eucalyptus growth recognition using machine learning methods and spectral variables. *Forest Ecology and Management*, 497. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119496>
- Del Medico, F. (29 de Mayo de 2020). *Maplink*. Obtenido de <https://maplink.global/blog/es/crear-app-con-google-maps/>
- django*. (9 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://www.djangoproject.com>
- Florido-Benítez, L. (2016). PASAJERO, LAS APLICACIONES MÓVILES CONTRIBUYEN A MEJORAR LOS NIVELES DE SATISFACCIÓN DEL. *Revista Turismo*, 122-127.
- Flutter*. (9 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://flutter.dev>
- FRAMEWORK, I. (10 de 09 de 2021). *IONIC FRAMEWORK*. Obtenido de <https://ionicframework.com/>
- Golang*. (14 de 11 de 2021). Obtenido de <https://golang.org>

- Gómez-Alvarez, R., Martín de Serrano, M., Sesma, M., Alvaréz-Uría, M., Alvaréz, R., Laíz, B., & Sáez, F. (2002). *Citología e histología vegetal y animal*. McGRAW-HILL-INTERAMERICANA.
- González, L., Recamán, H., & Vásquez, G. (2018). Implementación de un Framework de código abierto utilizando una nueva metodología de desarrollo. *The 16th LACCEI I, International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion"*, (págs. 1-2).
- Goodacre, R., Vaidyanathan, S., Dunn, W., Harrigan, G., & Kell, D. (2004). Metabolomics by numbers: Acquiring and understanding global metabolite data. *Trends in Biotechnology*, 22, 245-252.
- Hedlefs, M., De la Garza, A., & Sánchez, M. G. (2015). Adaptación al español del Cuestionario de Usabilidad de. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, 2-3,13.
- Herring, T. (1996). The Global Positioning System. *Scientific American*, 32-38.
- Huambachano, J. (Septiembre de 2017). *SCRUM.org*. Recuperado el Septiembre de 2021, de <https://www.scrum.org/resources/blog/que-es-scrum>
- Ionic. (01 de 05 de 2020). *Ionic Docs*. Obtenido de <https://ionicframework.com/docs/native/ble#usage>
- Jepkoech, J., Mugo, D. M., Kenduiywo, B. K., & Too, E. C. (2021). Arabica coffee leaf images dataset for coffee leaf disease detection and classification. *Data in Brief*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107142>
- Jorgensen, P., & León, S. (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador*. Missouri: Missouri Botanical Garden Express.
- Kitchenham, B. B. (2015). *Evidence-Based Software Engineering and Systematic Reviews*.
- Kumar, M., Gupta, S., Gao, X.-Z., & Singh, A. (2019). Plant Species Recognition Using Morphological Features and Adaptive Boosting Methodology. *IEEE Access*. doi:<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2952176>
- Laravel*. (9 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://laravel.com/docs/8.x#meet-laravel>
- Liu, N., Cao, M., Frédérich, M., Choi, Y., Verpoorte, R., & Van der Kooy, F. (2010). Metabolomic investigation of the ethnopharmacological use of *Artemisia afra* with NMR spectroscopy and multivariate data analysis. *Journal of Ethnopharmacology*, 230-235.
- López, A., Méndez, D., Paz, A., & Arboleda, H. (2016). *Development and Implementation of a Technology Surveillance Process Based on Systematic Literature Review Protocols*.
- López, M. (2012). Web 2.0 y aplicaciones móviles (App). *DERM@red*, 44-47.

- Luján Mora, S. (2002). *Programación de aplicaciones web: historia, principios básicos y clientes web*. Barcelona.
- MariaDB Foundation. (14 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://mariadb.org>
- Mena, V., Medina, G., & Hofstede, R. (2001). *Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas*. Quito: Abya Yala/Proyecto Páramo.
- Ministerio del Ambiente Ecuador. (2016).
- Monnet, D., & Lewis, C. (2018). *Philosophy and Theory of Artificial Intelligence*. Springer Internacional Publishing.
- Muñoz, W. (2016). *Texto Básico para profesional en ingeniería forestal en el área de fisiología vegetal*. Iquitos.
- Murdoch, W. J., Singh, C., Kumbier, K., Abbasi-Asl, R., & Yu, B. (2018). *Interpretable machine learning: definitions, methods and applications*. Preprint.
- MySQL. (14 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://www.mysql.com/why-mysql/>
- NODEJS. (10 de 09 de 2021). *NODEJS*. Obtenido de <https://nodejs.org/es/docs/>
- ORACLE. (14 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://www.oracle.com/es/database/>
- Oracle. (s.f.). *Oracle - ¿Qué es una base de datos relacional?* Obtenido de <https://www.oracle.com/ar/database/what-is-a-relational-database/>
- Ortega, D. (2020). Enfoque de la biotecnología industrial en Ecuador y la provincia de Esmeraldas. *Polo del Conocimiento*, 5, 1228-1239. doi:10.23857/pc.v5i8.1655
- Pedrozo, J. (2004). Productos Naturales Vegetales: Generalidades Químicas, Papel Biológico, Importancia Industrial y Métodos de uso común en fitoquímica en cuadernillos No 1 y No 3. Bogotá.
- React Native. (9 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://reactnative.dev>
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia Artificial*. Barcelona: Planeta S.A.
- Saleem, M. H., Potgieter, J., & Arif, K. M. (2021). Automation in agriculture by machine and deep learning Techniques: A review of recent developments. *Precision Agriculture*. doi:<https://doi.org/10.1007/s11119-021-09806-x>
- Sandoval, L. (2018). ALGORITMOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DE DATOS. *Revista Tecnológica ITCA*, 36-40.
- SCRUM. (2020). *SCRUM ORG*. Obtenido de <https://www.scrum.org/resources/blog/la-guia-scrum-2020-scrum-guide-2020>
- Simeone, O. (2018). *A very brief introduction to machine learning with applications to communication systems*. IEEE.
- Subra, J.-P., & Vannieuwenhuyze, A. (2018). *SCRUM Un método ágil para sus proyectos*. Ediciones ENI. Obtenido de

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TyQuFpGhZ8sC&oi=fnd&pg=PA13&dq=scrum&ots=_7dLY6H7Xy&sig=HjIMNdk7xMGRaoda8_24DhlpHwA#v=onepage&q=scrum&f=false

Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Secondary Metabolites and Plant Defense*. Sinauer Associates.

Tipos de investigación. (6 de enero de 2021). Obtenido de Significados.com: <https://www.significados.com/tipos-de-investigacion/>

Valencia, R., Pitman, N., León-Yáñez, S., & Jorgensen, P. (2000). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000*. Quito: Publicaciones del Herbario QCA.

Vega, R. (2020). *¿Qué es la biotecnología?*

Vilajosana, X., & Navarro, L. (2019). *Arquitectura de aplicaciones web*. UOC.

Visual Studio Code. (9 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://code.visualstudio.com/docs>

Wang, P. (2019). On Defining Artificial Intelligence. *On Defining Artificial Intelligence* (págs. 1-37). Philadelphia: SCIENDO.

Yin, S., Tian, X., Zhang, J., Sun, P., & Li, G. (2021). Pcirc: Random forest-based plant circrna identification software. *BMC Bioinformatics*, 22(1), 1. doi:<https://doi.org/10.1186/s12859-020-03944-1>