



CTSCAFE PARA CIUDADANOS.....

<http://www.ctscafe.pe>

ISSN 2521-8093



REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA



<http://www.ctscafe.pe>

Volumen IX- N° 25 Marzo 2025

ISSN 2521-8093

2



Desarrollo de una aplicación móvil para la gestión y trazabilidad de cultivos de café arábica

Srta. Natalia Rodríguez Muñoz
Universidad Surcolombiana

Correo electrónico: u20202192737@usco.edu.co

Sr. Dylan Ricardo Pineda Sandoval
Universidad Surcolombiana

Correo electrónico: u20202192371@usco.edu.co

Srta. Valentina Polania Osorio
Universidad Surcolombiana

Correo electrónico: u202011888787@usco.edu.co

Sr. Brayan Lisandro Trujillo Lozano
Universidad Surcolombiana

Correo electrónico: u20202191181@usco.edu.co

Sr. Daniel Santiago Vargas Monje
Universidad Surcolombiana

Correo electrónico: u20202191528@usco.edu.co

Sr. Kevin Eduardo Samboni González
Universidad Surcolombiana

Correo electrónico: u20192182970@usco.edu.co

Sr. Jhon Sebastián Ramírez Silva
Universidad Surcolombiana

Correo electrónico: u20202193043@usco.edu.co

14

Recibido: 02 Diciembre 2024 Aceptado: 03 Marzo 2025



Resumen: El cultivo de café arábica en el departamento del Huila enfrenta desafíos como plagas, deficiencias nutricionales y mala gestión de las fincas, lo que afecta la productividad y calidad del café. Para abordar estos problemas, se desarrolló CoffeeTech, una aplicación móvil que integra herramientas tecnológicas para la gestión y trazabilidad del cultivo. La aplicación utiliza inteligencia artificial para detectar plagas, enfermedades y el estado de maduración del café, ofreciendo una solución integral a los caficultores.

El sistema se desarrolló utilizando una metodología ágil SCRUM, estructurada en cinco sprints que abarcaron diversos módulos: Autenticación, Gestión de fincas, Colaboradores, Lotes, Flores, Labores culturales, Costos, Reportes y Chequeo de salud. Entre los resultados destacan 60 requerimientos funcionales y herramientas claves como reportes financieros y de detección, que facilitan la toma de decisiones informadas sobre la gestión de los cultivos.

El proyecto demuestra que la integración de inteligencia artificial y herramientas móviles puede optimizar la gestión agrícola, mejorando la toma de decisiones y promoviendo la sostenibilidad económica de las fincas. Además de incrementar la productividad, CoffeeTech facilita la trazabilidad y el control de las actividades agrícolas, fortaleciendo la competitividad del sector caficultor.

CoffeeTech es una solución moderna y eficiente para los caficultores del Huila, cuya implementación en otras regiones podría ampliar su impacto, incentivando prácticas agrícolas sostenibles y rentables.

Palabras claves: Caficultura / Trazabilidad / Aplicación móvil / Inteligencia artificial / Gestión agrícola.

Abstract: The cultivation of Arabica coffee in the department of Huila faces challenges such as pests, nutritional deficiencies, and poor farm management, which affect the productivity and quality of coffee. To address these issues, CoffeeTech, a mobile application, was developed to integrate technological tools for crop management and traceability. The app uses artificial intelligence to detect pests, diseases, and the ripening status of coffee, offering a comprehensive solution for coffee producers.

The system was developed using an agile SCRUM methodology, structured into five sprints covering various modules: Authentication, Farm Management, Collaborators, Lots, Flowering, Cultural Tasks, Costs, Reports, and Health Check. Results include 60 functional requirements and key tools such as financial and detection reports, enabling informed decision-making for crop management.

The project demonstrates that the integration of artificial intelligence and mobile tools can optimize agricultural management, improve decision-making, and promote the economic sustainability of farms. In addition to enhancing productivity, CoffeeTech facilitates traceability and control of agricultural activities, strengthening the competitiveness of the coffee sector.

CoffeeTech is a modern and efficient solution for coffee producers in Huila, and its implementation in other regions could expand its impact, encouraging sustainable and profitable agricultural practices.

Keywords: Coffee cultivation / Traceability / Mobile application / Artificial intelligence / Agricultural management.

Résumé : La culture du café arabica dans le département de Huila fait face à des défis tels que les ravageurs, les carences nutritionnelles et une mauvaise gestion des exploitations, ce qui affecte la productivité et la qualité du café. Pour répondre à ces problèmes, CoffeeTech, une application mobile, a été développée pour intégrer des outils technologiques de gestion et de traçabilité des cultures. L'application utilise l'intelligence artificielle pour détecter les ravageurs, les maladies et l'état de maturation du café, offrant une solution complète aux producteurs.

Le système a été développé en utilisant une méthodologie agile SCRUM, structurée en cinq sprints couvrant différents modules : Authentification, Gestion des Exploitations, Collaborateurs, Parcelles, Floraison, Tâches Culturelles, Coûts, Rapports et Vérification de Santé. Les résultats incluent 60 exigences fonctionnelles et des outils clés tels que les rapports financiers et de détection, permettant une prise de décision éclairée pour la gestion des cultures.

Le projet démontre que l'intégration de l'intelligence artificielle et des outils mobiles peut optimiser la gestion agricole, améliorer la prise de décision et promouvoir la durabilité économique des exploitations. En plus d'améliorer la productivité, CoffeeTech facilite la traçabilité et le contrôle des activités agricoles, renforçant la compétitivité du secteur du café.

CoffeeTech est une solution moderne et efficace pour les producteurs de café du Huila, dont la mise en œuvre dans d'autres régions pourrait élargir son impact et encourager des pratiques agricoles durables et rentables.

Mots-clés : Culture du café / Traçabilité / Application mobile / Intelligence artificielle / Gestion agricole.

1. Introducción

El cultivo de café arábica en el departamento del Huila constituye una actividad económica relevante, proporcionando sustento a más de 84.000 familias en aproximadamente 145.000 hectáreas de plantaciones [1][2]. No obstante, esta actividad enfrenta diversos desafíos, entre los que destacan la presencia de plagas, deficiencias nutricionales y una gestión ineficiente de los procesos relacionados con el cultivo [3][5]. Estas problemáticas afectan tanto la calidad como la productividad del café, lo que evidencia la necesidad de herramientas tecnológicas que optimicen la gestión de las fincas y lotes cafeteros.

Diversas investigaciones han explorado soluciones basadas en inteligencia artificial, como la detección de plagas y deficiencias nutricionales mediante machine learning [12][15]. Sin embargo, estas propuestas suelen ser específicas para una problemática o variedad de café, y carecen de una gestión integral de las operaciones agrícolas [20][25]. En respuesta a estas limitaciones, surge CoffeeTech, una aplicación móvil que trasciende los enfoques convencionales al ofrecer una plataforma integral para la gestión y trazabilidad del cultivo de café arábica.

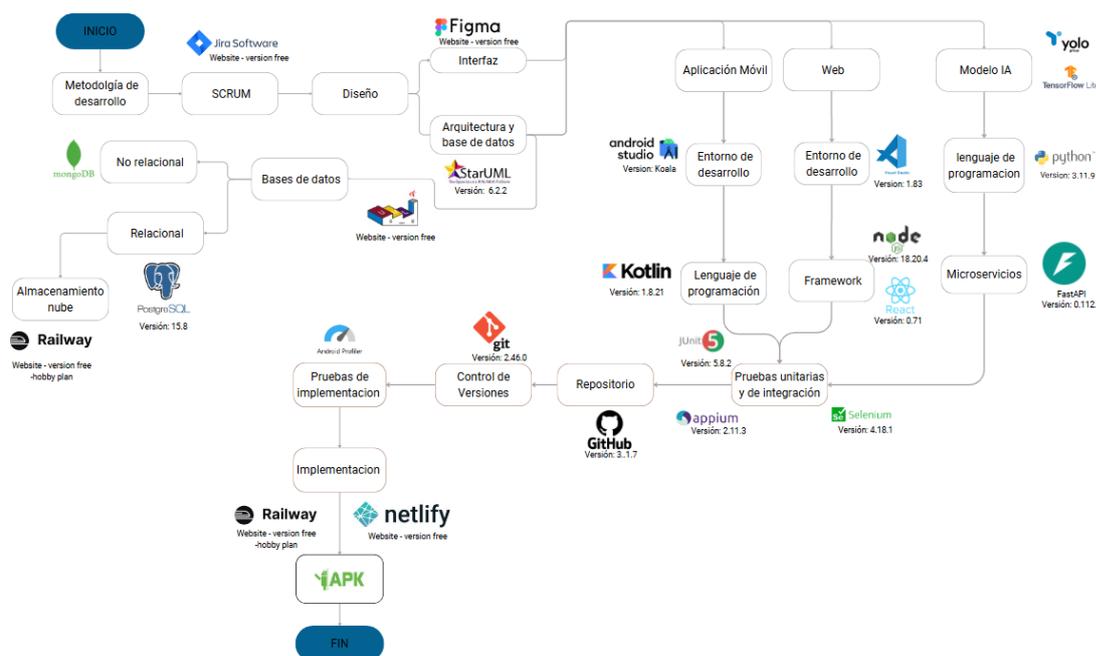
En este contexto, el proyecto CoffeeTech se presenta como una propuesta que amplía las capacidades tecnológicas, al incorporar herramientas para registrar y administrar fincas y lotes, asignar roles jerárquicos, realizar chequeos de salud mediante inteligencia artificial y generar reportes que permitan evaluar tanto el estado económico como el historial de detecciones fomentando la toma de decisiones informadas. De esta manera, CoffeeTech busca proporcionar a los productores de café una solución integral que facilite la trazabilidad y el control de las actividades agrícolas, promoviendo la toma de decisiones fundamentadas.

El presente artículo describe el proceso de desarrollo de la aplicación, destacando los retos abordados, la metodología empleada y los resultados obtenidos. Asimismo, se analiza cómo esta propuesta puede contribuir a la mejora de los sistemas de gestión agrícola en la región y, potencialmente, en otros contextos similares.

2. Material y métodos

Se utilizó el material definido en la materia Proyecto integrador III, donde se establecieron las siguientes fases. A continuación, en la figura 1, se presenta el diagrama de herramientas empleadas para completar todas las fases del proyecto CoffeeTech.

Figura N° 1: Grafica de herramientas



Fuente: Elaboración propia

Análisis: Se implementó la metodología ágil SCRUM, se centró en proporcionar avances del proyecto en forma de productos concretos mediante la terminación del sprint al cliente durante el proceso de desarrollo, facilitando el trabajo en equipo, la gestión de riesgos, la flexibilidad y la adaptabilidad. La gestión del proyecto se realizó mediante la herramienta Jira.

Diseño: Se elaboró el diseño mediante la metodología UX para estructurar el comportamiento del sistema integrado. Se emplearon las herramientas Figma (versión web), PlantUML (versión web) y StarUML (versión 6.2.2) para la generación de diagramas UML.

Codificación: El desarrollo de la aplicación móvil y la página web se realizó con los siguientes lenguajes y herramientas:

Kotlin (versión 1.8.21) con el IDE Android Studio (versión Koala)

Python con FastAPI (versión 3.119) en Visual Studio Code (versión 1.83)

Los modelos de detección de los estados de maduración se entrenaron con bibliotecas de YOLO, mientras que los modelos de clasificación de enfermedades y deficiencias nutricionales se desarrollaron con bibliotecas de TensorFlow y Keras. La base de datos se implementó en PostgreSQL, utilizando pgAdmin como gestor. Para el control de versiones, se utilizaron GitHub y Git.

Pruebas: Se validó el funcionamiento de la aplicación mediante un plan que incluyó pruebas unitarias, de integración, de sistema y de aceptación para verificar el cumplimiento de los requerimientos. El QA implementó el plan de pruebas basado en el ciclo de vida del software testing (STLC) de manera continua en todas las fases del ciclo de vida del desarrollo de software (SDLC) y realizó la evaluación del software basado en la ISO 25000. Se utilizaron las herramientas Appium, Selenium y JUnit.

Despliegue: Se publicó el servidor de FastAPI en la plataforma Railway, junto con las bases de datos de la aplicación y de auditorías. La aplicación móvil se desplegó para su descarga a través de una página web en Netlify, acompañada de un manual para su correcto uso.

3. Resultados

En la fase de análisis se obtuvieron 60 requerimientos divididos en 9 módulos, Módulo de autenticación y gestión de usuarios, Módulo de gestión de fincas, Módulo colaboradores, Módulo de lotes, Módulo de floraciones, Módulo de tareas de labores culturales, Módulo de costos, Módulo de chequeo de salud, Módulo de reportes y bases de datos. Como se observa en la tabla 1.

Tabla N° 1: Funcionalidades de CoffeeTech

Código	Descripción del requerimiento
Módulo de autenticación y gestión de usuarios	
RF-01	El sistema debe permitir a un nuevo usuario registrarse
RF-02	El sistema debe permitir recuperar la contraseña
RF-03	El sistema debe permitir iniciar sesión
RF-04	El sistema debe permitir cambiar la contraseña
RF-05	El sistema debe permitir cerrar sesión
RF-06	El sistema debe permitir cambiar la información personal del perfil del usuario
Módulo de gestión de fincas	
RF-07	El sistema debe permitir crear finca
RF-08	El sistema debe permitir listar fincas
RF-09	El sistema debe permitir al usuario realizar una búsqueda por nombre de finca o por rol asociado
RF-10	El sistema debe permitir al usuario visualizar la información de la finca
RF-11	El sistema debe permitir modificar la información de la finca
RF-12	El sistema debe permitir eliminar una finca
Módulo colaboradores	
RF-13	El sistema debe permitir invitar colaboradores a la finca
RF-14	El sistema debe permitir al usuario aceptar la invitación a la finca
RF-15	El sistema debe permitir listar los de colaboradores de la finca
RF-16	El sistema debe permitir buscar colaboradores por nombre o por rol
RF-17	El sistema debe permitir eliminar un colaborador de la finca
RF-18	El sistema debe permitir modificar el rol que tiene un colaborador de la finca
Módulo de lotes	
RF-19	El sistema debe permitir crear lotes en la finca seleccionada
RF-20	El sistema debe listar los lotes existentes de la finca seleccionada
RF-21	El sistema debe permitir al usuario realizar una búsqueda por nombre de lote
RF-22	El sistema debe permitir al usuario visualizar la información del lote
RF-23	El sistema debe permitir modificar la información de los lotes
RF-24	El sistema debe permitir eliminar un lote
Módulo de floraciones	
RF-26	El sistema debe permitir crear floraciones en el lote seleccionado
RF-27	El sistema debe permitir visualizar la información general de las floraciones activas asociadas a la finca
RF-28	El sistema debe listar el historial de las floraciones del lote seleccionado

RF-29	El sistema debe permitir al usuario realizar una búsqueda por tipo de floración y orden de creación en el historial de floraciones
RF-30	El sistema debe permitir al usuario visualizar las recomendaciones relacionadas a la floración principal activa
RF-31	El sistema debe permitir modificar la fecha de cosecha de las floraciones activas
RF-32	El sistema debe permitir eliminar una floración activa
RF-33	El sistema debe permitir crear una tarea de labor cultural en base a una recomendación de la floración principal activa
Módulo de tareas de labores culturales	
RF-34	El sistema debe permitir al usuario crear una tarea de labor cultural
RF-35	El sistema debe permitir al usuario listar las tareas de labores culturales creadas por lote
RF-36	El sistema debe permitir al usuario listar las tareas de labores culturales asignadas al usuario en sesión
RF-37	El sistema debe permitir al usuario realizar una búsqueda de las tareas de labores culturales por tipo de tarea cultural, fecha y/o fecha
RF-38	El sistema debe permitir al usuario realizar una búsqueda de las tareas de labores culturales por tipo de tarea cultural, finca, lote y/o fecha
RF-39	El sistema debe permitir al usuario modificar la tarea de labor cultural
RF-40	El sistema debe permitir al usuario eliminar la tarea de la labor cultural
RF-41	El sistema debe enviar una notificación de la labor cultural a los usuarios vinculados con la tarea de labor cultural
RF-42	Cambiar estado de tarea de labor cultural
Módulo de costos	
RF-43	El sistema debe permitir al usuario añadir costos a un lote en específico
RF-44	El sistema debe permitir al usuario listar los costos asociados a un lote en específico
RF-45	El sistema debe permitir al usuario buscar los costos por tipo y fecha
RF-46	El sistema debe permitir visualizar al usuario el saldo total de su lote dependiendo de los valores de los costos registrados
RF-47	El sistema debe permitir editar un costo asociado al lote
RF-48	El sistema debe permitir eliminar un costo asociado al lote
Módulo de chequeo de salud	
RF-49	El sistema debe solicitar al usuario permisos para el uso de la cámara y galería
RF-50	El sistema debe permitir capturar una o varias fotos
RF-51	El sistema debe permitir importar una o varias de fotos desde la galería
RF-52	El sistema debe mostrar el resultado y la recomendación de la detección luego de concluir el proceso de detección
RF-53	El sistema debe permitir guardar el resultado de la detección
RF-54	El sistema debe listar el resultado de las detecciones del lote en el historial de detecciones
RF-55	El sistema debe permitir al usuario visualizar la información de las detecciones almacenadas en el historial del lote seleccionado
Módulo de reporte	
RF-56	El sistema debe permitir al usuario generar un reporte financiero para la finca, lotes y rango de tiempo especificados por el usuario
RF-57	El sistema debe permitir al usuario exportar el reporte financiero en .pdf y .csv
RF-58	El sistema debe permitir al usuario generar un reporte general de detecciones para la finca, lotes y rango de tiempo especificados por el usuario
RF-59	El sistema debe permitir al usuario exportar el reporte general de detecciones en .pdf y .csv

Fuente: Elaboración propia

Se llevaron a cabo un total de cinco sprints, cubriendo diferentes módulos del sistema Coffee-Tech. Cada sprint estuvo enfocado en el desarrollo de requerimientos específicos para garantizar un sistema robusto y eficiente. A continuación, en la tabla 2, se presentan los principales módulos desarrollados:

Tabla N° 2: Funcionalidades de CoffeeTech

Sprint	Módulos	Fecha de inicio	Fecha fin	Duración (días)	Requerimientos (RF)	Productividad (Requerimientos/Día)
Sprint 1	Módulo de autenticación y base de datos	15 Ago 2024	12 Sep 2024	29	RF-01, RF-02, RF-03, RF-04, RF-05, RF-06, RF-60	2.41
Sprint 2	Módulos de fincas, colaboradores y lotes	12 Sep 2024	02 Oct 2024	21	RF-07 a RF-24	1.14
Sprint 3	Módulo floraciones y tareas laborales culturales	02 Oct 2024	18 Oct 2024	17	RF-26 a RF-42	2.47
Sprint 4	Módulo de costos y reporte financiero	18 Oct 2024	01 Nov 2024	15	RF-43, RF-44, RF-45, RF-46, RF-47, RF-48, RF-56, RF-57	0.53
Sprint 5	Módulo de chequeo de salud y reporte de detecciones	01 Nov 2024	14 Nov 2024	14	RF-49 a RF-59	0.64

Fuente: Elaboración propia

Durante cada sprint, se entregaron productos completamente funcionales que incluyeron la aplicación móvil (APK), manuales de usuario y programador, así como el plan y desarrollo de pruebas correspondientes.

Se desarrollaron dos reportes fundamentales para apoyar a los caficultores en su proceso de toma de decisiones. El reporte financiero permitió a los usuarios visualizar mediante gráficas el comportamiento económico de sus lotes, analizando ingresos y gastos. Esta herramienta les facilitó comprender el estado financiero de su finca, identificar la eficiencia en la gestión de recursos y evaluar la situación económica general. Por otra parte, el reporte de detecciones ofreció información visual sobre la condición de los lotes, revelando aspectos como presencia de plagas, deficiencias nutricionales y el proceso de maduración de los frutos. Gracias a este reporte, los caficultores pudieron determinar con precisión los momentos óptimos para la cosecha y gestionar preventivamente la salud de sus cultivos.

Se impulsó el módulo de chequeo con modelos de inteligencia artificial, cuyo resumen se presenta en la Tabla 3. Los modelos desarrollados muestran un rendimiento significativo en la detección de enfermedades, deficiencias nutricionales y estados de maduración del café. El modelo de enfermedades, basado en VGG16, logró mejorar su precisión desde un accuracy

inicial del 63.55% hasta alcanzar un 96.08% en la última época de entrenamiento. De manera similar, el modelo de deficiencias nutricionales, construido sobre MobileNet, evolucionó desde un accuracy del 50.12% hasta un 95.10%. El modelo de estados de maduración, implementado con YOLOv5s, demostró una alta precisión con un 72.7% y un recall del 79.9%, lo que indica una capacidad robusta para identificar diferentes etapas de maduración de los frutos de café. Cada modelo fue entrenado con un conjunto de clases específicos (3 clases para enfermedades y estados de maduración, 4 clases para deficiencias nutricionales) y utilizó técnicas de aumento de datos para mejorar su generalización, como el rescalado de imágenes y transformaciones como zoom y giro horizontal.

Tabla N° 3: Resumen parámetros de entrenamiento de modelos

Parámetro	Modelo enfermedades (VGG16)	Modelo deficiencias nutricionales (MobileNet)	Modelo estados de maduración (YOLOv5s)
Base del modelo	VGG16 (con pesos de ImageNet, sin la capa superior)	MobileNet (con pesos de ImageNet, sin la capa superior)	No especificado, pero YOLOv5 generalmente no congela capas, ya que se entrena desde cero.
Capas congeladas	Sí, congeladas las capas base de VGG16	Sí, congeladas las capas base de MobileNet	incluye una capa de salida para la clasificación de 4 clases.
Capas personalizadas	Flatten, Dense(128, 'relu'), Dense(#clases, 'softmax')	GlobalAveragePooling2D, Dense(4, 'softmax')	No aplica
Clases	3 clases	4 clases	3 clases
Tamaño de imagen	224x224	224x224	640x640
Generador de datos	Imagedatagenerator(rescale=1./255)	Imagedatagenerator(rescale=1./255, shear_range=0.2, zoom_range=0.2, horizontal_flip=True)	Basado en el script de YOLOv5, que automáticamente maneja el aumento de datos.
Batch size	32	32	16

Función de pérdida	categorical_crossentropy	categorical_crossentropy	combinación de pérdidas para caja (box), objeto (object) y clase.
Optimizador	Adam	Adam	Adam
Épocas	10	15	100
Rendimiento en Epoch 1	Accuracy: 63.55%, Loss: 1.6659	Accuracy: 50.12%, Loss: 1.0890	mAP50: 0.8, mAP50-95: 0.748
Rendimiento en último Epoch	Accuracy: 96.08%, Loss: 0.1128	Accuracy: 95.10%, Loss: 0.1465	72.7% de precisión 79.9% de recall

Fuente: Elaboración propia

22

La tabla 4 presentada ofrece un resumen detallado de los resultados de las pruebas realizadas durante los cinco sprints del desarrollo de CoffeeTech. Muestra una evolución sistemática del proyecto, comenzando con el módulo de autenticación y finalizando con el módulo de chequeo de salud y reportes. A lo largo de los sprints, se puede observar un patrón consistente de mejora continua, con un número significativo de casos de prueba en cada etapa (desde 17 hasta 103 casos). Los errores reportados fueron principalmente relacionados con inconsistencias de estilos y algunas afectaciones funcionales menores, todos los cuales fueron abordados mediante pruebas de regresión. Los resultados de las encuestas de User Acceptance Testing (UAT) fueron consistentemente favorables, con promedios que oscilan entre 2 y 3.5, lo que indica una buena experiencia de usuario general. Un aspecto destacable es la mejora continua en aspectos como rendimiento y seguridad, aunque se identificaron oportunidades de optimización, especialmente en el consumo de batería y configuraciones de seguridad. Esta tabla refleja el enfoque metódico y comprehensivo del equipo de desarrollo en la creación de CoffeeTech, priorizando la calidad, usabilidad y mejora continua del producto.

Tabla N° 4: Resumen de las pruebas realizadas

Sprint	Módulos	Total Casos de prueba	Errores reportados	Tipo de errores	Resultados UAT	Observaciones principales
Sprint 1	Autenticación y base de datos	29	0 (con defectos menores)	Inconsistencias gráficas, gestos celulares, botón token	Promedio ≤ 2	Flujos exitosos: Inicio de sesión, Registro, Restablecimiento de contraseña, Modificación de perfil
Sprint 2	Fincas, colaboradores y lotes	103	13	- Inconsistencias de estilos- Errores en filtros de búsqueda- Permisos no definidos- Error en obtención de ubicación	Promedio 1-3	Pruebas no funcionales revelaron: - Desempeño aceptable- Alto consumo de batería- Puntuación de seguridad 40/100
Sprint 3	Floraciones y labores culturales	46	2	- Afectación funcional- Inconsistencia de estilos	Promedio ≤ 2.33	Prueba de regresión con resultados positivos
Sprint 4	Costos y reporte financiero	20	2	- Afectación funcional- Inconsistencia de estilos	Promedio ≤ 3	Funcionalidades más robustas con ligera dificultad de adaptación
Sprint 5	Chequeo de salud y reportes	17	2	- Afectación funcional- Inconsistencia de estilos	Promedio ≤ 3.5	- Prueba de rendimiento positiva- Consumo significativo de batería- Puntuación de seguridad 41/100

Fuente: Elaboración propia

4. Discusión

El proyecto *CoffeeTech* representa una solución innovadora y ambiciosa para los caficultores del Huila, una región que enfrenta importantes retos en la producción de café arábica. Estos desafíos, como las plagas, las deficiencias nutricionales y la falta de herramientas eficaces para gestionar los cultivos, pueden afectar tanto la productividad como la calidad del café. Con *CoffeeTech*, buscamos ofrecer una plataforma integral que ayude a los productores a mejorar la gestión de sus fincas, facilitando la toma de decisiones informadas y potenciando la sostenibilidad de sus cultivos.

Comparación con estudios previos.

En los últimos años, varios estudios han propuesto soluciones tecnológicas para la agricultura cafetera, especialmente en lo que respecta a la detección de plagas y enfermedades. Investigaciones previas, como las de *Fernández et al. (2022)* y *Hernández et al. (2021)*, se han enfocado principalmente en el uso de inteligencia artificial (IA) para diagnosticar problemas de salud en los cultivos, utilizando herramientas como *Tensor Flow* y *YOLO*. Sin embargo, estos enfoques suelen ser bastante específicos, centrados únicamente en la identificación de enfermedades o el control de plagas, sin ofrecer una visión más amplia de la gestión del cultivo en su totalidad.

En este sentido, *CoffeeTech* va un paso más allá. Mientras que otras aplicaciones se limitan a detectar plagas o administrar tareas agrícolas, nuestra plataforma integra todas estas funcionalidades, además de permitir la gestión de fincas, la trazabilidad de los cultivos y la generación de reportes financieros. Esta integración es clave porque no solo ayuda a los caficultores a controlar la salud de sus cultivos, sino que también les ofrece una herramienta para gestionar el aspecto económico de sus negocios, lo que ha sido identificado como una necesidad en muchos estudios recientes (Zapata et al., 2023). Por ejemplo, el reporte financiero, que muestra el balance de ingresos y gastos, es una herramienta que puede cambiar la forma en que los caficultores planifican sus inversiones y toman decisiones sobre el futuro de sus fincas.

Aportes del proyecto

Uno de los mayores logros de *CoffeeTech* es su capacidad para combinar diferentes tecnologías de manera que resulten fáciles de usar para los caficultores. Además de la gestión tradicional de fincas y lotes, la plataforma usa IA para detectar plagas, enfermedades y también el estado de maduración del café, lo que permite a los productores tomar decisiones basadas en datos precisos. Este tipo de integración es algo que pocas aplicaciones en el campo de la caficultura ofrecen, lo que hace que *CoffeeTech* se destaque como una herramienta completa para los caficultores.

24

El reporte de detección, por ejemplo, es una de las funcionalidades más valoradas por los usuarios, ya que les permite saber exactamente cuándo intervenir en sus cultivos, ya sea por la presencia de plagas o por deficiencias nutricionales. Esto no solo mejora la calidad del café, sino que también ayuda a los caficultores a optimizar el tiempo de cosecha, lo que puede traducirse en una mayor rentabilidad. Además, los reportes financieros ofrecen una visión clara de la rentabilidad de cada lote, lo que facilita la planificación y toma de decisiones.

Diferencias y áreas de oportunidad

Si bien *CoffeeTech* aporta una solución mucho más integral que otras aplicaciones existentes, aún existen áreas que podrían mejorarse o ampliarse. Por ejemplo, aunque la plataforma se adapta bien a las condiciones del café arábica en el Huila, su enfoque tan específico podría dificultar su aplicación en otros tipos de cultivos o en regiones con diferentes condiciones climáticas y agroecológicas. A medida que el proyecto se expanda, será importante estudiar cómo la plataforma puede ser ajustada para otras zonas cafetaleras o incluso para otros tipos de cultivos.

Además, aunque los modelos de IA para la detección de plagas y enfermedades han mostrado buenos resultados en pruebas iniciales, la verdadera prueba de su efectividad se dará cuando los caficultores los utilicen en condiciones reales. Factores como el clima, la diversidad de variedades de café y las prácticas agrícolas locales pueden influir en la precisión de las recomendaciones generadas por la plataforma. En este sentido, es necesario seguir probando y ajustando los modelos de IA para asegurarnos de que se adapten a las condiciones cambiantes del campo.

Por otro lado, la integración de sensores de campo, que monitoreen en tiempo real factores como la humedad del suelo, la temperatura y otros indicadores importantes, podría ser un próximo paso para mejorar aún más la toma de decisiones. Esto permitiría que *CoffeeTech* no solo ofrezca recomendaciones basadas en datos históricos o imágenes, sino que también se alimentara de datos en tiempo real, brindando un panorama más completo para los caficultores.

Impacto y futuras líneas de investigación

El impacto de *CoffeeTech* podría ir más allá del Huila. Si bien la aplicación fue desarrollada pensando en las necesidades específicas de los caficultores de esta región, la idea es que, en el futuro, pueda ser utilizada en otras regiones cafetaleras de Colombia o incluso en otros países productores de café. La posibilidad de adaptar la plataforma a distintos tipos de cultivos y condiciones agroclimáticas abre un abanico de oportunidades para su expansión.

En cuanto a las líneas de investigación futuras, la implementación de tecnologías como sensores IoT (Internet de las cosas) para monitoreo continuo y la incorporación de algoritmos de predicción más avanzados podrían llevar a *CoffeeTech* a un nivel superior. A medida que la tecnología evoluciona, sería interesante explorar cómo la plataforma podría integrarse con otras herramientas de agricultura de precisión, creando un ecosistema más completo que permita a los caficultores no solo gestionar mejor sus cultivos, sino también predecir y adaptarse a los cambios climáticos y del mercado.

En cuanto a los modelos de inteligencia artificial desarrollados, los resultados son prometedores y marcan un punto de partida significativo para futuras mejoras. Los tres modelos implementados - para detección de enfermedades (basado en VGG16), deficiencias nutricionales (utilizando MobileNet) y estados de maduración (con YOLOv5s) - demostraron una capacidad notable para clasificar y detectar problemas en los cultivos de café. El modelo de enfermedades logró un impresionante salto de precisión del 63.55% al 96.08%, mientras que el modelo de deficiencias nutricionales mejoró desde un 50.12% hasta un 95.10% de accuracy. El modelo de estados de maduración, particularmente desafiante, alcanzó un 72.7% de precisión y un 79.9% de recall, lo que sugiere una base sólida para futuras optimizaciones. Estos resultados no solo validan el enfoque técnico adoptado, sino que también abren la puerta para investigaciones más profundas en la aplicación de técnicas de aprendizaje profundo en la agricultura de precisión, especialmente en el contexto del cultivo de café.

5. Conclusiones

La aplicación *CoffeeTech* se presenta como una solución integral y moderna para los caficultores del Huila, combinando inteligencia artificial con tecnologías de desarrollo móvil. Esta combinación permite una gestión más eficiente y precisa de las fincas cafeteras, especialmente en áreas críticas como la detección de plagas, la identificación de deficiencias nutricionales y el seguimiento del proceso de maduración del café.

Gracias a su enfoque ágil y su plataforma escalable, *CoffeeTech* no solo optimiza la productividad, sino que también proporciona herramientas clave para la trazabilidad de los cultivos y la generación de reportes financieros detallados. Estas funcionalidades son esenciales para tomar decisiones informadas basadas en datos, lo que mejora la eficiencia operativa y promueve la sostenibilidad económica de las fincas. Además, contribuyen al fortalecimiento de la competitividad del sector, al tiempo que impulsan prácticas agrícolas sostenibles y rentables.

6. Agradecimientos

El presente proyecto fue posible gracias al apoyo y compromiso de varias personas y entidades que contribuyeron significativamente en su desarrollo y ejecución.

Reconocemos y valoramos profundamente la dedicación y esfuerzo de los integrantes del equipo:

Srta. Natalia Rodríguez Muñoz

Srta. Valentina Polanía Osorio

Sr. Daniel Santiago Vargas Monje

Sr. John Sebastián Ramírez Silva

Sr. Dylan Ricardo Pineda Sandoval

Sr. Brayan Lisandro Trujillo Lozano

Sr. Kevin Eduardo Samboni González

Su compromiso y entusiasmo fueron el motor principal de este proyecto.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias y amigos, quienes con su apoyo incondicional nos motivaron a superar los retos y culminar este proyecto con éxito.

A todos, muchas gracias.

7. Literatura citada

Cepeda J. & Párraga J. (2023). Aplicación móvil para la predicción de la roya en café robusta con integración de modelos de inteligencia computacional.

Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). (2004). Recolección del café (Cartilla técnica 19). Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). https://www.cenicafe.org/es/publications/cartilla_19_recoleccion_de_cafe.pdf

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2008). Guía ambiental para el sector cafetero (Capítulo 6). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. <https://federaciondefcafeteros.org/static/files/8Capitulo6.pdf>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2020). Floración 2020: Un desafío para la caficultura colombiana (Informe técnico). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. https://federaciondefcafeteros.org/app/uploads/2020/02/CFloracion2020Alta_compressed.pdf

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2024). Cosecha cafetera: Una actividad que requiere cuidado y estrategia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. <https://huila.federaciondefcafeteros.org/cosecha-cafetera/>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2024). Café de Huila: Un producto de calidad y tradición. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

González Osorio H., Sadeghian Khalajabadi S. & Jaramillo Robledo Á. (2014). Epocas recomendables para la fertilización de cafetales (Informe técnico AVT0442). Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/498/3/avt0442.pdf>

Rendón Sáenz J.R. & Montoya Restrepo E.C. (2015). ¿Cómo registrar las floraciones en los cafetales? (Informe técnico AVT0455). Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0455.pdf>

Sadeghian Khalajabadi S. (2008). Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia (Informe técnico BOT032). Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot032.pdf>

Yarumo C.A. (2012). Haciendo cuentas en la fertilización de cafetales. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. <https://federaciondefcafeteros.org/wp/blog/haciendo-cuentas-en-la-fertilizacion-de-cafetales/>

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA



<http://www.ctscafe.pe>

Volumen IX- N° 25 Marzo 2025

210

Contáctenos en nuestro correo electrónico

revistactscafe@ctscafe.pe

Página Web:

<http://ctscafe.pe>

