



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Plataforma web y móvil para la planificación de cosecha de cacao basada en visión artificial y arquitectura serverless.

Autores:

Moreira Zambrano Melany Rosmery

Chevez Bazán Karlos Gregory

Director:

Mgtr. Cruz Garzón John Javier





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ÍNDICE

1

Planteamiento
del Problema

2

Objetivos

3

Metodología

4

Resultados

5

Conclusiones



Planteamiento del problema

- ✗ Inspecciones manuales.
- ✗ Fotografías sin centralización.
- ✗ Registros en papel.
- ✗ Diagnóstico basado en experiencia.

Como consecuencia, el seguimiento de los lotes y la planificación de la cosecha dependen de registros dispersos y del criterio del técnico, dificultando la toma de decisiones oportunas.



Objetivo General

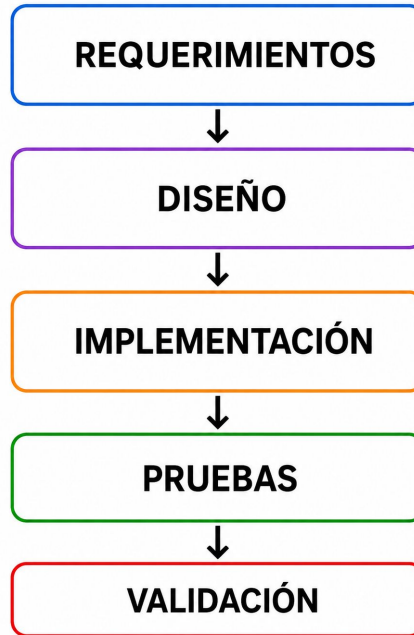
Desarrollar una plataforma web y móvil basada en visión artificial que apoye el diagnóstico del estado sanitario, la identificación del nivel de madurez y la planificación de la cosecha en cultivos de cacao CCN-51 de la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Objetivos Específicos

- Preparar el conjunto de datos de imágenes de mazorcas de cacao destinado al entrenamiento de los modelos de visión artificial.
- Desarrollar e integrar la arquitectura de la plataforma.
- Desarrollar aplicaciones web y móvil que permitan la interacción con la plataforma.
- Validar funcionalmente la plataforma y evaluar el desempeño de los modelos de visión artificial.



Metodología Cascada



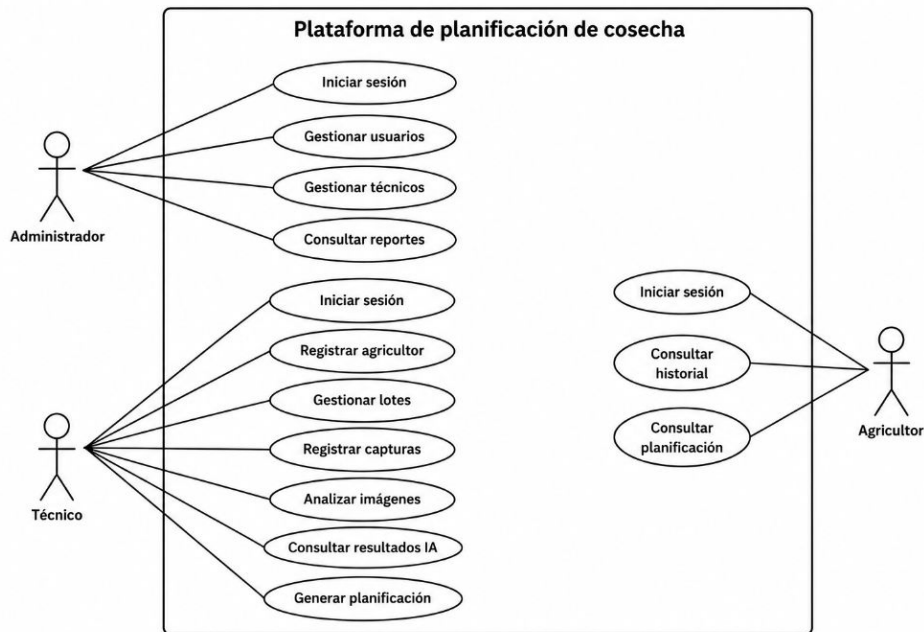
Se seleccionó este modelo ya que permitió desarrollar el proyecto de forma secuencial, facilitando la planificación, documentación y validación de cada etapa.



Fase 1. Requerimientos

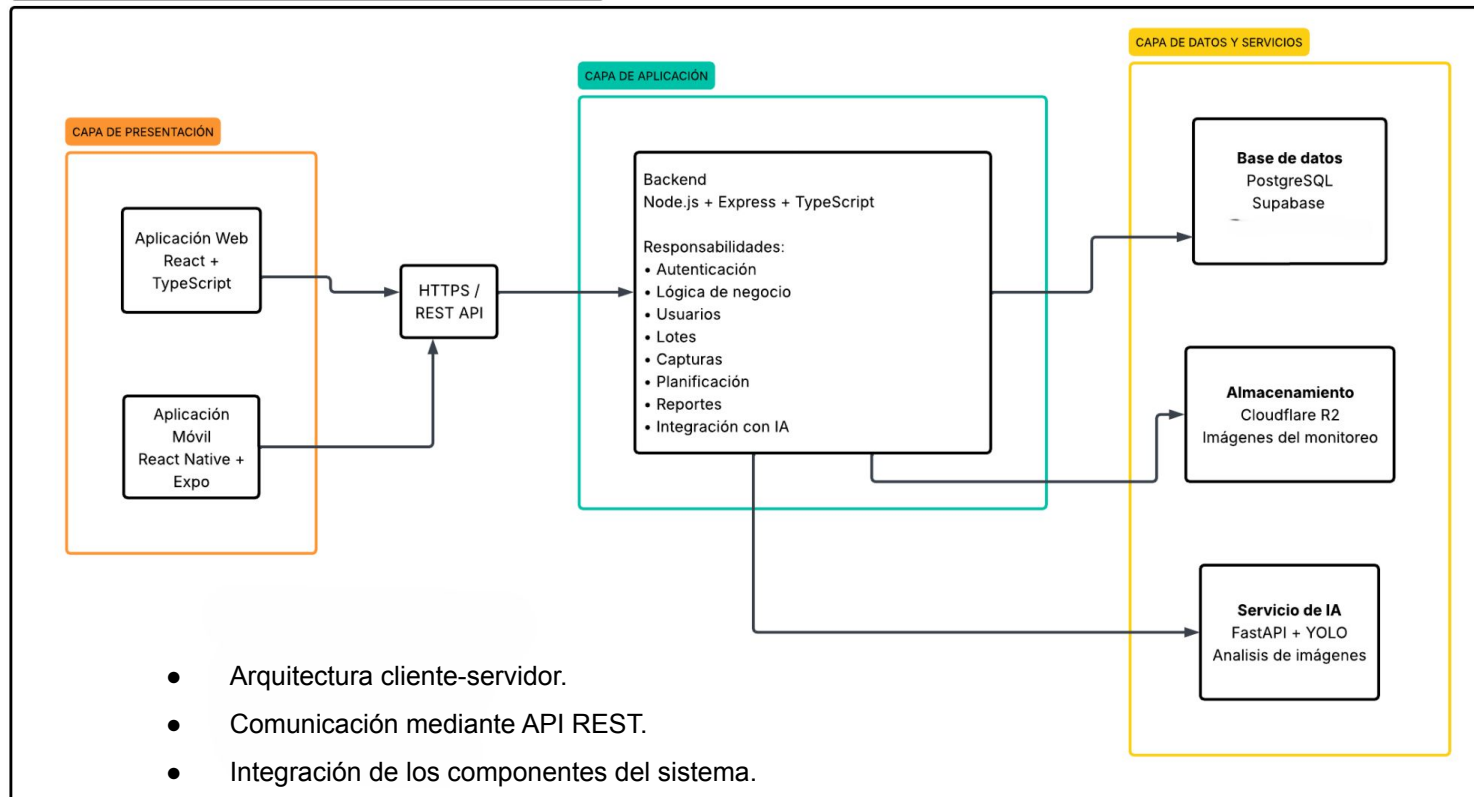
- 3 actores principales
- Se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales.

Tipo	Cantidad
Requerimientos funcionales	8
Requerimientos no funcionales	6



Fase 2. Diseño - Arquitectura

Arquitectura de plataforma web y móvil para planificación de cosecha de cacao basada en visión artificial



Fase 2. Diseño - Base de Datos



- Gestión de usuarios.
- Gestión de lotes.
- Registro de capturas y diagnósticos.
- Planificación de cosecha.

Fase 2. Diseño - Interfaces Web

ProduCacao
Gestiona tu producción

Dashboard
Bienvenido, Administrador. Revisa el estado actual de tu producción.

133 análisis detectaron presencia de enfermedad (Monilia o Phytophthora). Revisa la sección **Diagnósticos IA** para más detalles.

2 Total Lotes
2 con coordenadas GPS

305 Análisis IA
Imágenes procesadas por YOLO

153 Con enfermedad
diagnosticados con Monilia o Phytophthora

0 Sin coordenadas
Imágenes pendientes de ubicación GPS

Distribución por parroquia
Lotes agrupados según la parroquia del agricultor

Valle Hermoso
1 lote

Luz de América
1 lote

Lotes registrados

NOMBRE	ÁREA (HA)	VARIEDAD	COORDENADAS	CREADO
Lote Valle Hermoso	9	CCN-S1	-0.06, -79.24	15/7/2026
Lote Prueba 1	1000	CCN-S1	-0.23, -78.52	13/7/2026

ProduCacao
Gestiona tu producción

Técnico Melany
Técnico

Diagnósticos IA
Resultados verificados para cacao CCN-S1 y Nacional ecuatoriano

264 TOTAL ANÁLISIS

117 TOTAL SANOS

0 DAÑADOS / DEFECTUOSOS

50 TOTAL ENFERMOS

97 REVISOR MANUAL

97 PALCOS POSITIVOS CORREGIDOS

264 de 264 análisis

CLASE
Todos

San / Sin enfermedades críticas
CCN-S1 - 1 Fruto(s) detectados
ESTADO DE MADURACIÓN DEL FRUTO
● Verde: 1

San / Sin enfermedades críticas
CCN-S1 - 3 Fruto(s) detectados
ESTADO DE MADURACIÓN DEL FRUTO
● Verde: 1

Reserva estado manual
CCN-S1 - 3 Fruto(s) detectados
ESTADO DE MADURACIÓN DEL FRUTO
● Verde: 1 ● Meloso: 1 ● Píton: 2

DIAGNOSTICO DEL MODELO
Se detectaron 1 Fruto(s). El cacao se encuentra **SANO** al 100% y predominantemente en etapa verde.

DIAGNOSTICO DEL MODELO
Se detectaron 1 Fruto(s). El cacao se encuentra **SANO** al 100% y predominantemente en etapa píton.

DIAGNOSTICO DEL MODELO
Se detectaron 4 Fruto(s). El cacao presenta **índices de enfermedad** (valor por palcos) por lo que se requiere validación manual del 100% del lote para poder Sanear.

ProduCacao
Gestiona tu producción

Técnico Melany
Técnico

Planificación

Planificación de Cosecha
Gestiona el ciclo de maduración de tus lotes

1 En seguimiento

0 Lotes por cosecha

0 Sin datos GDD

1 Total Lotes

Planificación de Cosecha

Buscar por nombre
Nombre del lote

Utilización del lote
Todos las parroquias

Lote **Variación** **Estado** **GDD ACTUAL** **OBJETIVO** **PROGRESO** **PROYECCIÓN (KG)** **ESTIMADO COSECHA** **ACCIONES**

Lote Valle Hermoso **CCN-S1** **En seguimiento** **257.6 GDD** **680 GDD** **38%** **128.3 kg** **26/8/2026** **Calcular** **Ver detalle**

¿Cómo funciona la planificación?

GDD en tiempo real
Se calculan diariamente con datos meteorológicos actuales de tu zona.

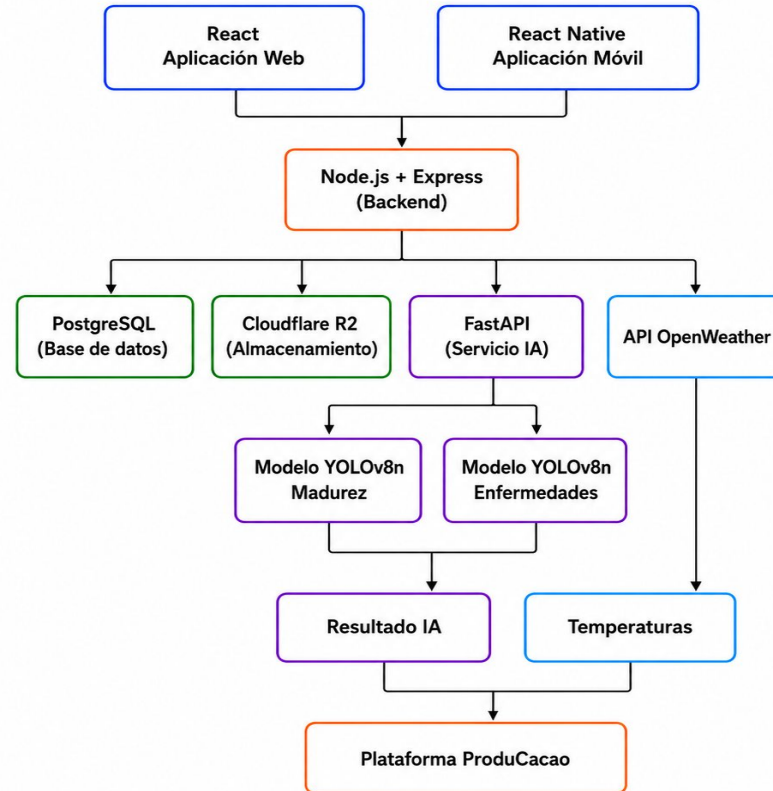
Fecha estimada dinámica
Se ajusta automáticamente según el avance de GDD cada día.

Rendimiento proyectado
La estimación en kg de cacao seco basada en índice de mazorca y árboles/ha.

Fase 2. Diseño - Interfaces Móvil



Fase 3. Implementación



Fase 3. Implementación - Servicio IA

- Implementado con FastAPI.
- Arquitectura independiente basada en API REST.
- Integración de dos modelos YOLOv8.
- Procesamiento automático de imágenes.
- Comunicación con el backend mediante JSON.

```
from fastapi import FastAPI, File, HTTPException, UploadFile
from fastapi.responses import JSONResponse
from ultralytics import YOLO

logging.basicConfig(level=logging.INFO)
logger = logging.getLogger("cacao-modelo-ia")

BASE_DIR = Path(__file__).resolve().parent

def obtener_variable(nombre: str, valor_predeterminado: str = "") -> str:
    """
    Obtiene una variable de entorno y elimina espacios y comillas externas.
    Esto evita errores como:
    https://ACCOUNT_ID.r2.cloudflarestorage.com
    """
    return (
        os.getenv(nombre, valor_predeterminado)
        .strip()
        .strip('"')
        .strip("'")
    )

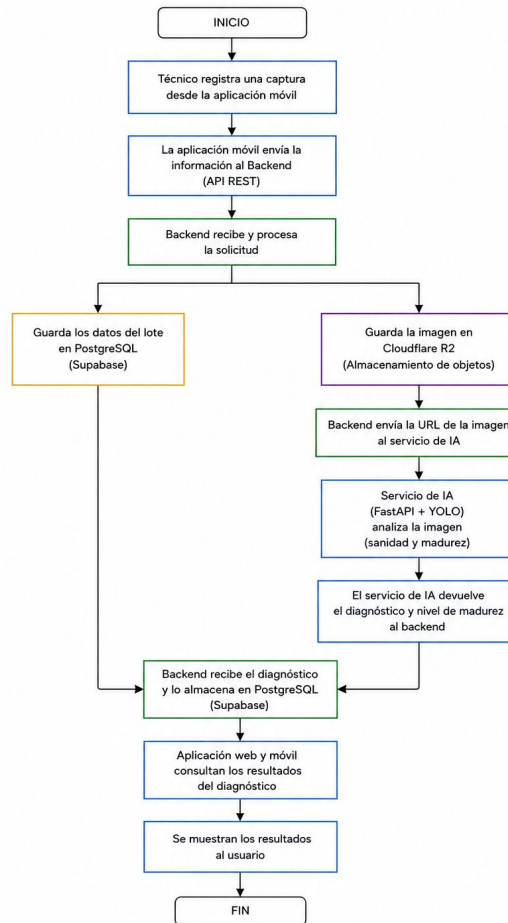
def obtener_booleano(nombre: str, valor_predeterminado: bool = False) -> bool:
    """Interpreta variables booleanas sin depender de mayúsculas."""
    valor = obtener_variable(
        nombre,
        "true" if valor_predeterminado else "false",
    ).lower()
    return valor in {"1", "true", "yes", "si", "on"}

MODELO_MADUREZ_PATH = Path(
    obtener_variable(
        "MODELO_MADUREZ_PATH",
        str(BASE_DIR / "pesos-modelo" / "yolo-madures.pt"),
    )
)

MODELO_ENFERMEDAD_PATH = Path(
    obtener_variable(
        "MODELO_ENFERMEDAD_PATH",
        str(BASE_DIR / "pesos-modelo" / "yolo-enfermedades.pt"),
    )
)
```

Fase 3. Integración de los componentes

En esta etapa, la aplicación web y la aplicación móvil quedaron conectadas al backend mediante una API REST, lo que permitió que ambos clientes compartan la misma lógica de acceso y la misma información del sistema.



Fase 3. Implementación - Web

RESUMEN OPERATIVO

Dashboard

Bienvenido, **Administrador**. Revisa el estado actual de tu producción.

 Actualizar GDD

 **153 análisis** detectaron presencia de enfermedad (Monilia o Phytophthora). Revisa la sección **Diagnósticos IA** para más detalles.



2

Total Lotes

2 con coordenadas GPS



305

Análisis IA

imágenes procesadas por YOLO



153

Con enfermedad

diagnósticos con Monilia o Phytophthora



0

Sin coordenadas

lotes pendientes de ubicación GPS

Distribución por parroquia

Lotes agrupados según la parroquia del agricultor

Valle Hermoso

1

lote

Luz de América

1

lote

Lotes registrados

[Ver todos](#)

NOMBRE	ÁREA (HA)	VARIEDAD	COORDENADAS	CREADO
Lote Valle Hermoso	9	CCN-51	-0.08, -79.24	15/7/2026
Luz Prueba 1	1000	CCN-51	-0.23, -78.52	13/7/2026

Fase 3. Implementación - Móvil

10:21 

← Resultado del Análisis

Lote Valle Hermoso



Imagen usada para el análisis

RESULTADO DE DETECCIÓN

Frutos identificados

5

ESTADO DE MADUREZ

Clasificación estimada para cacao CCN-51.

0 Pequeño	0 Verde	5 Pintón
0 Maduro	0 Sobremaduro	0 Dañado

Clasificación estimada para cacao CCN-51.

0 Pequeño	0 Verde	5 Pintón
0 Maduro	0 Sobremaduro	0 Dañado

SANIDAD DEL FRUTO

 Sin indicios suficientes de enfermedad
Mantener observación y revisión en campo.

OBSERVACIONES

 Diagnóstico y recomendación

Se detectaron 5 fruto(s). El cacao se encuentra SANO al 100% y predominantemente en etapa pintón.

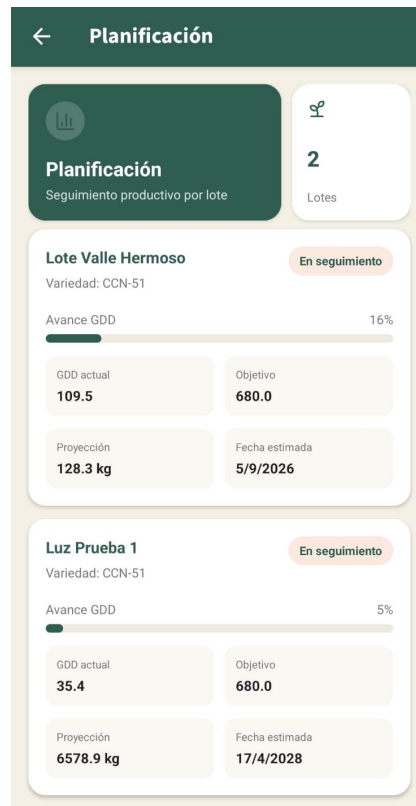
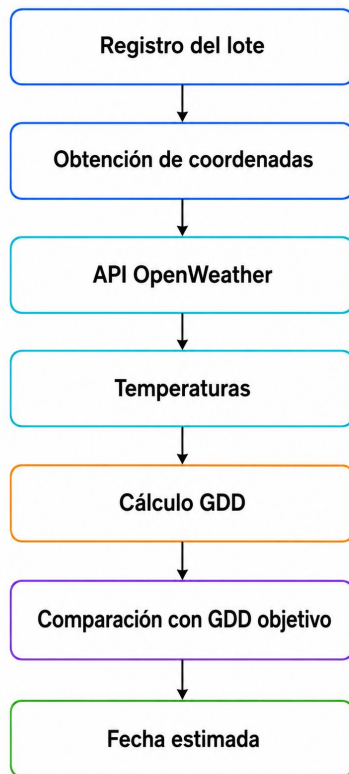
✎ Editar observaciones

↩ Ir a análisis

 Ir al dashboard

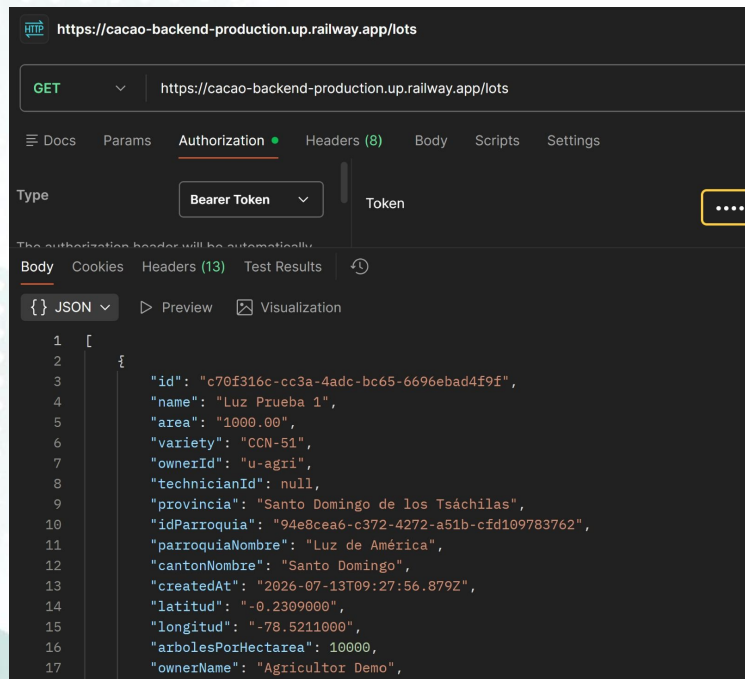


Fase 3. Implementación - Planificación de Cosecha



Fase 4. Pruebas

Backend/API REST



```
https://cacao-backend-production.up.railway.app/lots

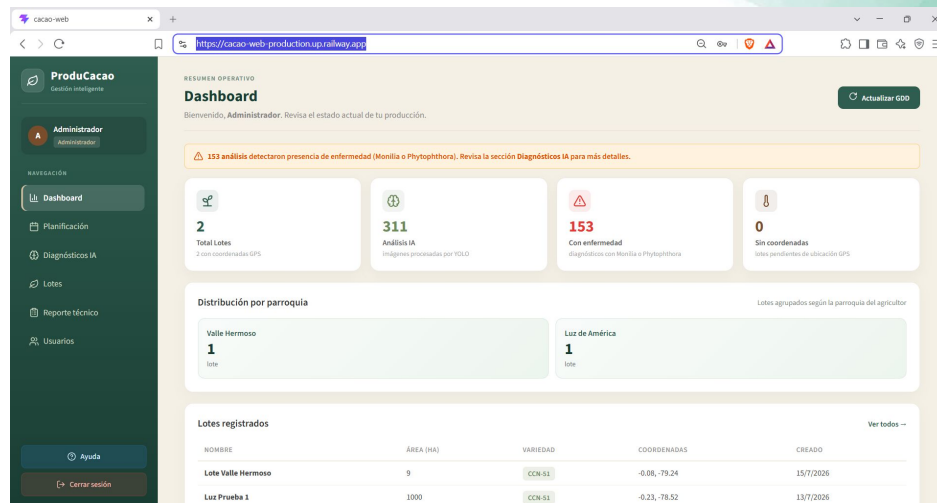
GET https://cacao-backend-production.up.railway.app/lots

Type: Bearer Token

Body: {} JSON

1 [
2   {
3     "id": "c70f316c-cc3a-4adc-bc65-6696ebad4f9f",
4     "name": "Luz Prueba 1",
5     "area": "1000.00",
6     "variety": "CCN-51",
7     "ownerId": "u-agri",
8     "technicianId": null,
9     "provincia": "Santo Domingo de los Tsáchilas",
10    "idParroquia": "94e8cea6-c372-4272-a51b-cfd109783762",
11    "parroquiaNombre": "Luz de América",
12    "cantonNombre": "Santo Domingo",
13    "createdAt": "2026-07-13T09:27:56.879Z",
14    "latitud": "-0.2309000",
15    "longitud": "-78.5211000",
16    "arbolesPorHectarea": 10000,
17    "ownerName": "Agricultor Demo",
```

WEB (Railway)



<https://cacao-web-production.up.railway.app/>

MÓVIL



Se verificó el correcto funcionamiento e integración entre la aplicación web, la aplicación móvil y el backend mediante servicios REST.

Fase 4. Validación en campo - Valle Hermoso

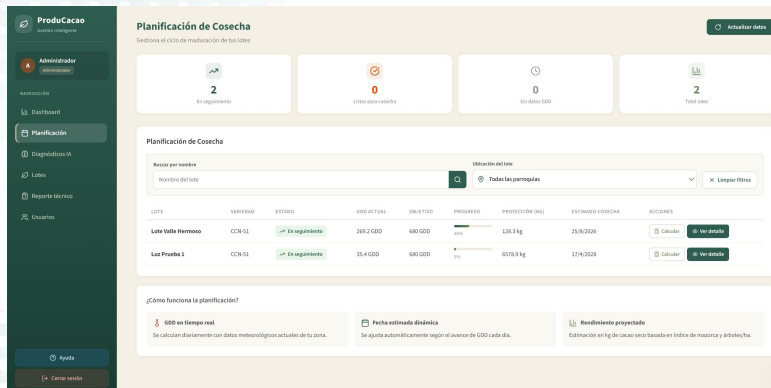


Validación funcional realizada en la finca Valle Hermoso, verificando el funcionamiento de la plataforma en condiciones reales de cultivo.



Fase 4. Validación - Web

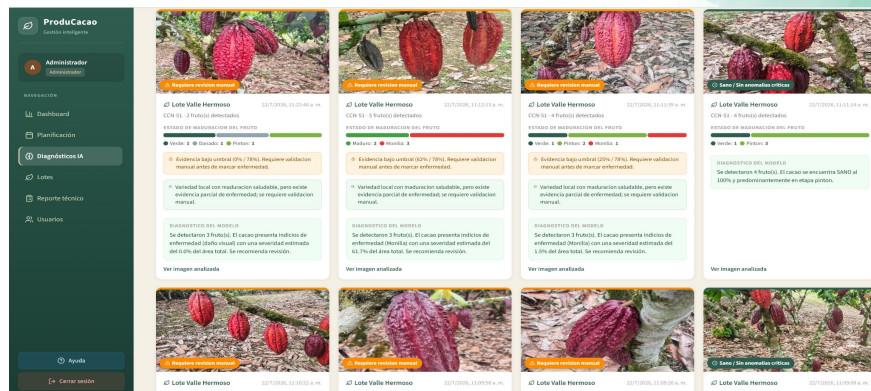
Planificación de cosecha



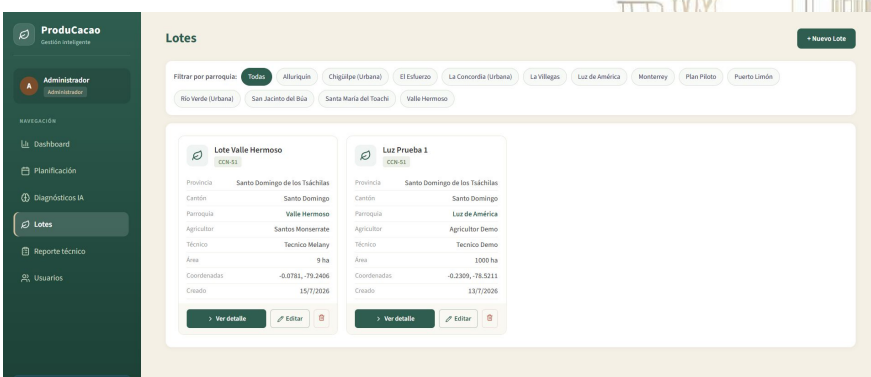
Reporte Técnico



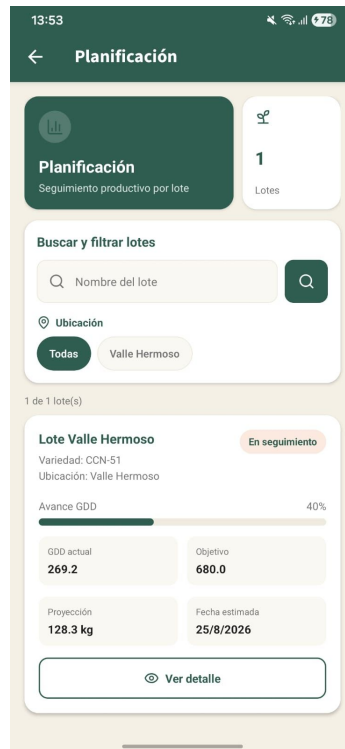
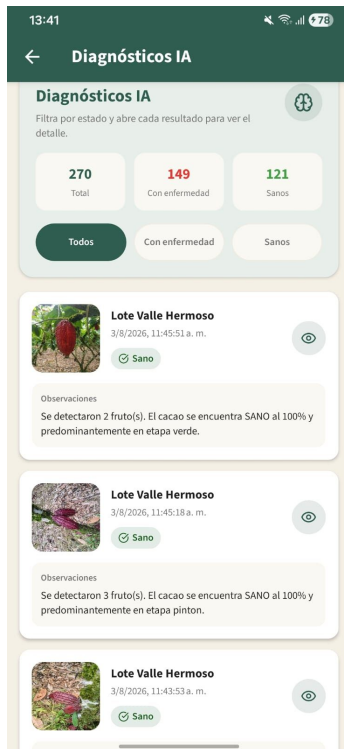
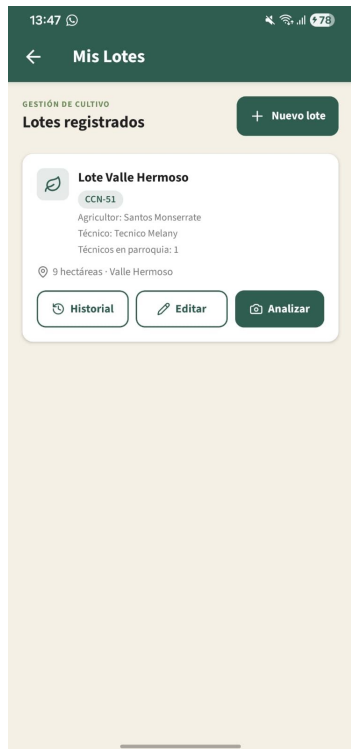
Diagnósticos



Gestión de Lotes



Fase 4. Validación - Móvil



Resultados - Plataforma Web y Móvil

Módulo	Descripción
Web	Gestión y consulta de información
Móvil	Captura y análisis en campo
Backend	API REST para la lógica del sistema
IA	Diagnóstico de enfermedades y madurez
Base de datos	Persistencia de la información
Planificación	Estimación de cosecha mediante GDD

La integración de todos los módulos permitió disponer de una plataforma funcional para la gestión del cultivo de cacao.



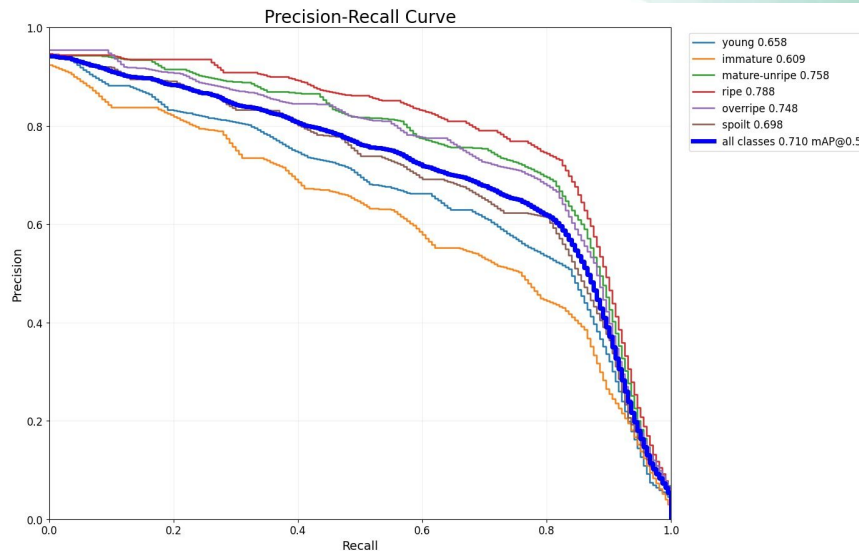
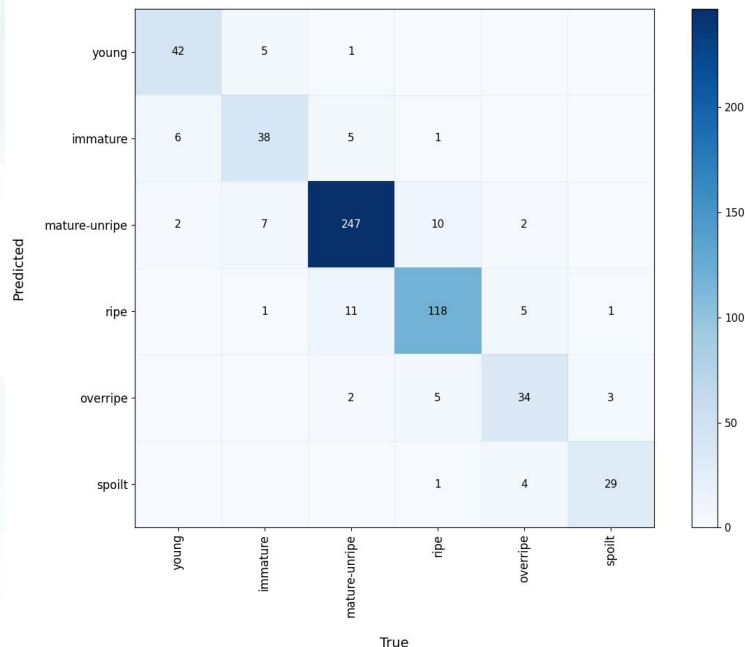
Resultados - Diagnóstico mediante IA



- Se detectaron automáticamente 5 frutos en la imagen analizada.
- El modelo clasificó las mazorcas en estado de madurez Pintón.
- El diagnóstico fitosanitario indicó ausencia de indicios suficientes de enfermedad.
- Los resultados fueron almacenados y asociados al lote para su consulta posterior.

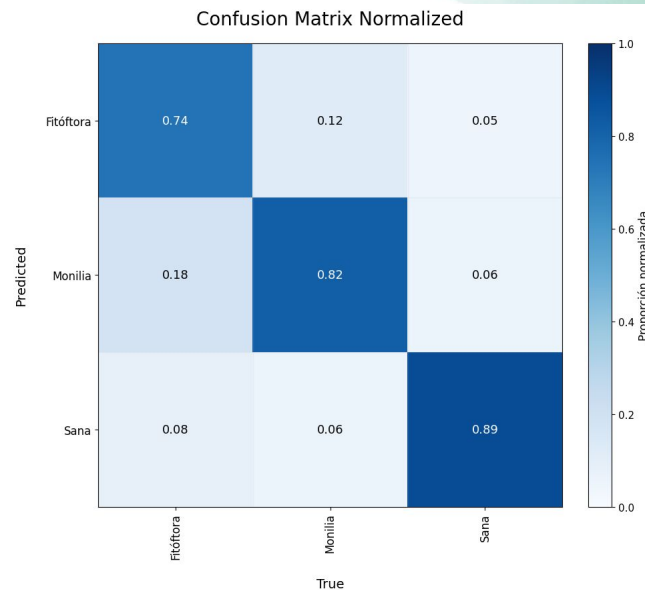
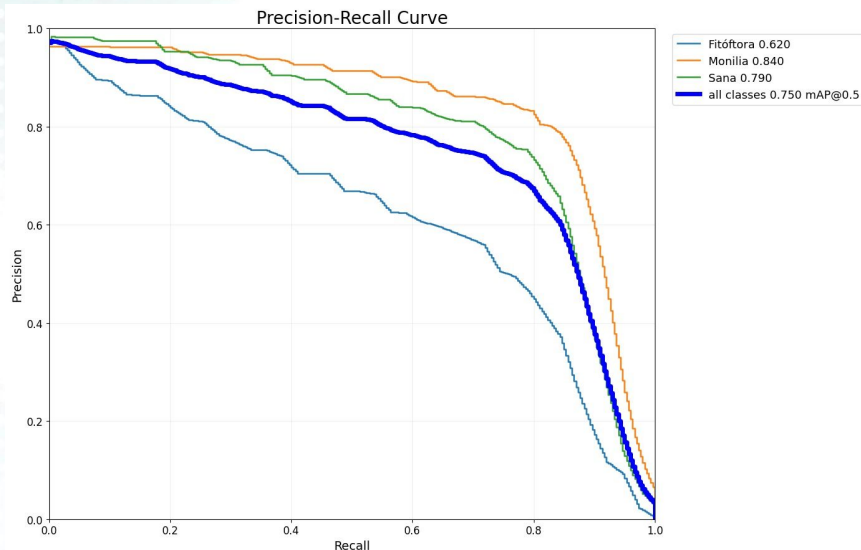
Resultados - Modelo Madurez

Confusion Matrix



- El modelo clasificó correctamente seis estados de madurez.
- El modelo alcanzó un mAP@0.5 de 0.710.
- La matriz de confusión evidencia una correcta clasificación de la mayoría de las muestras.
- Las principales confusiones ocurrieron entre estados consecutivos de madurez, debido a su similitud visual.

Resultados - Modelo Enfermedades



- Clasificación de tres categorías: Sana, Monilia y Fitóftora.
- El modelo alcanzó un mAP@0.5 de 0.750.
- La mayor precisión se alcanzó en la clase Monilia.
- La mayoría de las muestras fueron clasificadas correctamente, destacando la clase Monilia con la mayor precisión.

Conclusiones

- Se desarrolló una plataforma web y móvil que integra visión artificial para el diagnóstico sanitario, la identificación del nivel de madurez y la planificación de la cosecha del cacao CCN-51.
- Se prepararon y utilizaron conjuntos de datos de 827 imágenes para enfermedades y 4390 imágenes para madurez, permitiendo el entrenamiento de los modelos YOLO.
- La arquitectura implementada integró usuarios, lotes, diagnósticos, planificación de cosecha y almacenamiento de información en una única plataforma.
- La validación realizada en la finca Valle Hermoso confirmó el correcto funcionamiento de las principales funcionalidades y la utilidad de la plataforma en un entorno real.
- La solución constituye una herramienta de apoyo para el seguimiento del cultivo y la planificación de la cosecha.



Recomendaciones

- Analizar el uso de modelos de Redes Neuronales Convolucionales (CNN) especializados en clasificación de imágenes para el reconocimiento de enfermedades del cacao.
- Validar la plataforma en más fincas con la participación de técnicos y agricultores.
- Implementar un sistema de notificaciones para diagnósticos, actividades programadas y fechas estimadas de cosecha.
- Incorporar un modo offline para la aplicación móvil.
- Extender el sistema para incluir nuevas enfermedades, plagas y estados fenológicos.
- Integrar sensores o estaciones meteorológicas para automatizar la actualización de los GDD y mejorar la planificación de la cosecha.



GRACIAS

