

Daniela Alejandra Alvarez Velandia, juan Sebastián  
Ingeniería de sistemas

### Resumen

CHOCOBREW es una plataforma tecnológica que combina inteligencia artificial, trazabilidad y gestión de datos para apoyar a productores de cerveza artesanal. El sistema predice la calidad del producto usando un modelo Random Forest Regressor, permite registrar lotes, generar códigos QR y cumplir normas nutricionales mediante cálculos automáticos. El proyecto es resultado de la colaboración entre la Universidad de Cundinamarca y la Universidad Nacional de Loja, integrando innovación tecnológica con el valor cultural del cacao ecuatoriano.

**Palabras Clave:** Machine Learning, cerveza artesanal, trazabilidad, Flask, cacao fino de aroma.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

En Loja, Ecuador, los productores de cerveza artesanal enfrentan dificultades para estandarizar la calidad, garantizar trazabilidad y cumplir normas nutricionales. Estas limitaciones reducen la competitividad frente a productos industriales y dificultan la certificación del proceso. CHOCOBREW surge como una solución tecnológica que integra Machine Learning, gestión de datos y códigos QR, permitiendo mejorar la calidad del producto final y aportar valor agregado al uso del cacao fino de aroma como ingrediente diferenciador.

### OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una plataforma web que permita gestionar la calidad de la cerveza artesanal a través del análisis predictivo con Machine Learning, registro de lotes y generación de trazabilidad mediante códigos QR.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un modelo de Machine Learning capaz de predecir métricas clave de calidad en la cerveza artesanal.
- Diseñar y desarrollar un sistema web con módulos de registro de lotes, autenticación y visualización de datos.
- Incorporar un sistema de generación de códigos QR para trazabilidad y cumplimiento normativo.
- Optimizar el desempeño del modelo y del sistema para predicciones y consultas en tiempo real.

### METODOLOGÍA

Se empleó la metodología CRISP-ML, permitiendo un ciclo estructurado: recolección y preparación de datos, selección del modelo, entrenamiento, validación y despliegue. A nivel de arquitectura del sistema, se utilizó separación modular entre backend (Flask), frontend (HTML, CSS, JavaScript y Bootstrap 5), base de datos (MySQL) y módulos de ML. El modelo se carga en memoria al iniciar el servidor, logrando predicciones en <1 segundo y usando un mecanismo de fallback heurístico ante fallos.

### RESULTADOS

#### Métricas del Modelo ML

El modelo Random Forest Regressor alcanzó métricas satisfactorias para predicción de calidad, evaluadas mediante  $R^2$ , MAE y RMSE. Estas métricas confirman la eficacia del modelo para apoyar la toma de decisiones en producción.

#### Variables Más Influyentes

El análisis de importancia de características determinó que el cacao fino de aroma es el factor principal en la calidad final, seguido de los días de maduración y el contenido alcohólico.

#### Clasificación de Lotes

El sistema clasifica automáticamente cada lote en cinco categorías: Premium, Excelente, Muy Buena, Buena y Regular, contribuyendo a la estandarización del proceso.

#### Innovación Tecnológica

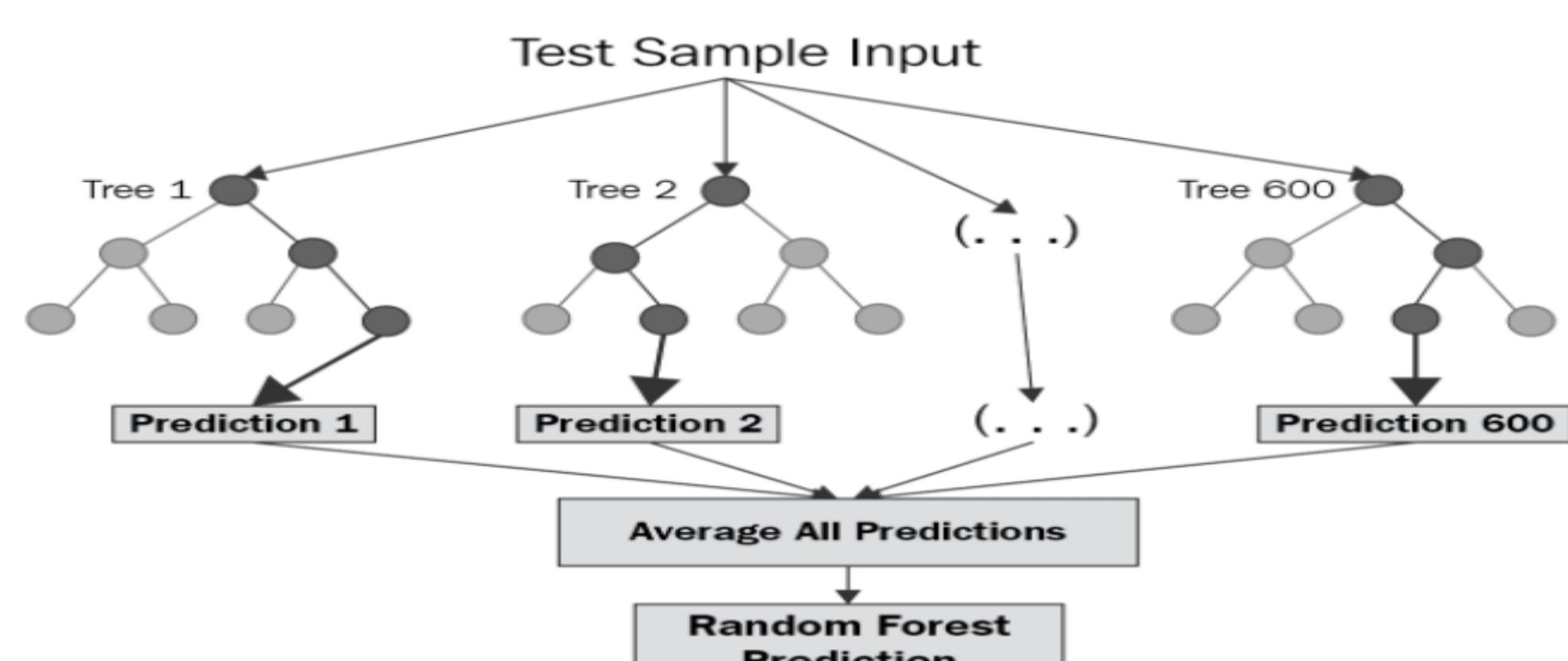
CHOCOBREW es la primera solución en su tipo al integrar Machine Learning, trazabilidad con QR y cálculo nutricional automático para cerveza artesanal.

#### Escalabilidad y Aplicabilidad

El sistema puede ejecutarse en red local o nube, soporta múltiples usuarios y permite ampliaciones futuras como API REST y dashboards de tendencias.

#### Desempeño del Modelo

Se utilizó un Random Forest Regressor por su precisión y capacidad para manejar variables no lineales. Tras la validación cruzada y el ajuste de hiperparámetros, el modelo obtuvo un  $R^2$  alto, MAE bajo y RMSE reducido, demostrando buena capacidad predictiva y estabilidad.



### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Documentación Flask
- Documentación scikit-learn
- Metodología CRISP-ML