

# Evaluate Results

## 1.1 Evaluación de Resultados de Minería de Datos y Cumplimiento de Objetivos del Proyecto

La fase de evaluación tuvo como propósito determinar si los modelos desarrollados cumplían tanto con los **objetivos analíticos** como con los **objetivos de negocio** establecidos para el CAETEC, particularmente la necesidad de **automatizar la clasificación del estado productivo y de secado de las vacas Holstein**. Para ello, se analizaron métricas de desempeño, estabilidad, capacidad de generalización y pertinencia operativa.

Los resultados demostraron que los modelos basados en árboles de decisión, principalmente **Random Forest** y **XGBoost**, ofrecieron el mejor rendimiento. Random Forest alcanzó métricas cercanas a la perfección dentro del dataset disponible, mientras que XGBoost mostró una ligera disminución en desempeño, pero con mayor estabilidad y menor riesgo de sobreajuste. Técnicas adicionales como Regresión Logística, MLP y TabNet obtuvieron resultados aceptables, aunque con menor capacidad discriminativa y menor estabilidad en clases minoritarias.

## 1.2 Cumplimiento de los Objetivos de Minería de Datos

1. **Evaluar consistencia de patrones productivos y reproductivos en distintos subconjuntos del hato**
  - Durante el análisis se comprobó que los patrones productivos particularmente el declive previo al secado se mantuvieron estables entre subconjuntos del hato, lo cual respalda la replicabilidad del enfoque.
2. **Determinar replicación de hallazgos entre períodos y grupos de vacas**
  - Los modelos lograron identificar consistentemente los mismos indicadores clave (DEL, producción diaria, estado reproductivo), demostrando que las reglas fisiológicas aprendidas son coherentes entre vacas y períodos distintos.
3. **Determinar variables que explican el estado de secado**
  - Las variables seleccionadas por los modelos (producción diaria, DEL, días de gestación) coinciden con la fisiología bovina y con el criterio experto de la Dra. Guadalupe, confirmando su relevancia.
4. **Generar indicadores útiles del estado de secado y patrones recurrentes**
  - El sistema logró diferenciar de manera automática tres estados:
    - i. Vaca en producción
    - ii. Vaca en monitoreo
    - iii. Vaca en periodo previo al secado

Esto permite contar con alertas tempranas que anteriormente dependían de criterios no estandarizados.

## 1.3 Cumplimiento de los Objetivos de Negocio

1. **Replicabilidad del proyecto en otros hatos y/o ranchos**
  - a. La metodología completa quedó documentada en los reportes CRISP-DM (RCD, RPD, RM, RE, RD), incluyendo variables, procesos, limitaciones y criterios de éxito.
  - b. Los patrones identificados se mantuvieron estables entre distintos subconjuntos, lo que respalda su uso en hatos con características similares.
  - c. El modelo y el dashboard pueden integrarse fácilmente en sistemas locales o en infraestructura DeLaval.
2. **Aportar conocimiento útil sobre las vacas Holstein**
  - a. Los modelos permiten entender qué variables determinan el estado de producción y secado.
  - b. La clasificación automática facilita decisiones fundamentadas sin depender exclusivamente de la interpretación humana.
3. **Respalda decisiones de manejo y cuidados en el periodo de secado**
  - a. El modelo automatiza la detección del periodo previo al secado, lo que respalda decisiones operativas y reduce la variabilidad en la práctica veterinaria.
  - b. Las decisiones tomadas durante el proyecto se documentaron y se basaron en la evidencia generada por los modelos.

## 1.4 Limitaciones detectadas y consideraciones para el futuro

Aunque los resultados son sólidos, se identificaron riesgos importantes:

- El dataset final contiene una porción significativa de datos aumentados basados en reglas fisiológicas, lo cual puede inducir dependencia de dichas reglas o que estas lleguen a ser deprecadas si se consideran otros criterios.
- La partición aleatoria del dataset puede generar datos del mismo animal en entrenamiento y prueba, incrementando artificialmente las métricas.

No obstante, dadas las condiciones actuales y la ausencia de nuevos datos reales, los modelos representan el mejor desempeño alcanzable. Su uso inmediato es viable, con la recomendación de **validar y recalibrar** el sistema conforme se integren nuevos ciclos de lactancia.

## 2. Modelos Aprobados

---

La evaluación de todos los modelos determinó que **XGBoost** es el modelo más adecuado para implementación, debido a su equilibrio entre desempeño, regularización y estabilidad. **Random Forest**, aunque superior en métricas dentro del dataset empleado, presenta un mayor riesgo de Overfitting al conjunto aumentado y por ello se adopta como modelo alterno o de referencia, pero no como modelo primario.

El resto de técnicas evaluadas no alcanzaron el nivel de rendimiento ni la consistencia requeridos para uso operativo, por lo que se descartan y se decide seguir con estos dos como finalistas.