

# Modelado y análisis de incertidumbre de la temperatura de un biorreactor de fermentación en una industria cervecera

## PROBLEMA

La fermentación de la cerveza, una de las bebidas alcohólicas más consumidas a nivel mundial, es crucial para la obtención de un producto de calidad. El inadecuado control del perfil de temperatura a escala industrial puede generar sabores no deseados que afectan la productividad y rentabilidad de las empresas. Analizar el perfil de temperatura en la fermentación permite prevenir que las concentraciones de sabores no deseados sobrepasen el umbral perceptible por el ser humano.

## OBJETIVO GENERAL

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de distintos perfiles de temperatura durante la fermentación de la cerveza en la producción de etanol y sabores no deseados como diacetilo y el acetato de etilo, utilizando simulaciones estocásticas a través del método de hipercubo latino.

## PROPUESTA

## Etapa de fermentación de la cerveza

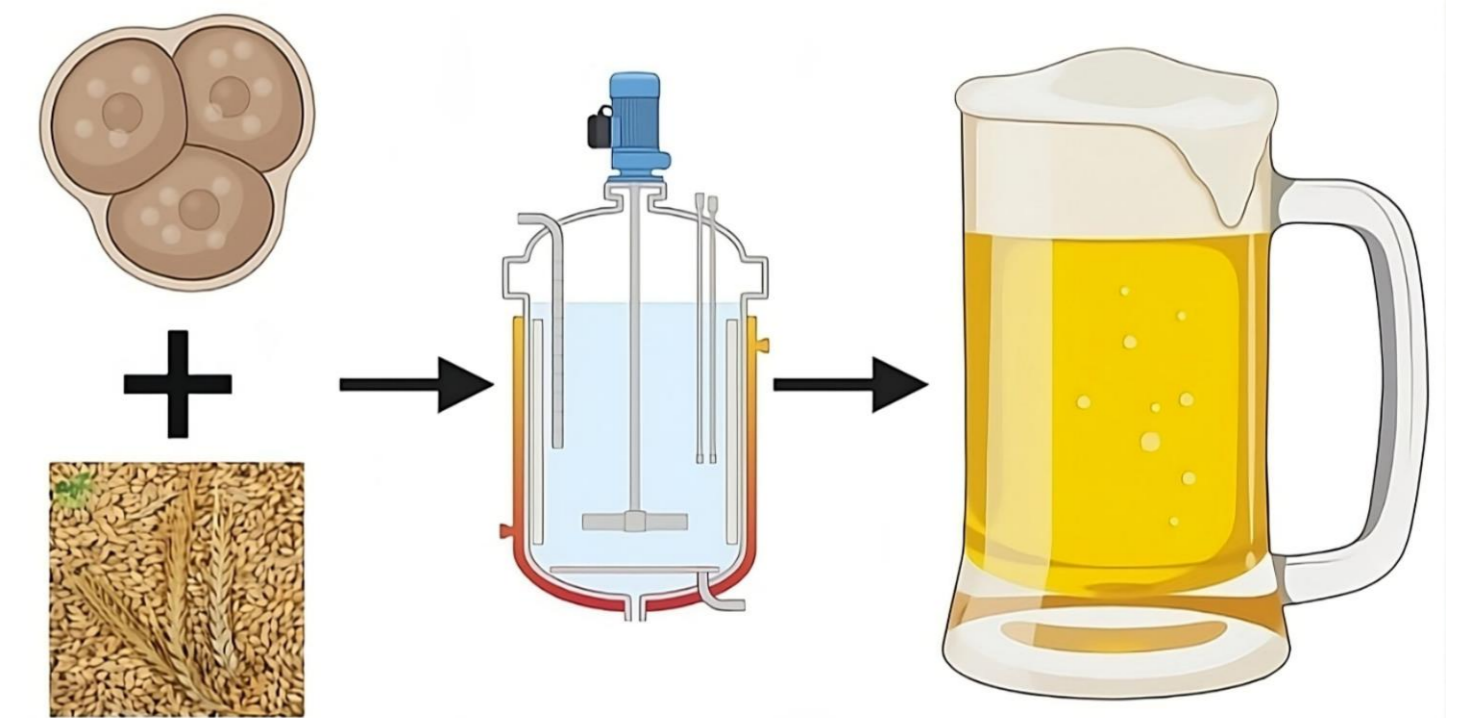


Figura 1. Proceso de fermentación de cerveza en un biorreactor.



El software utilizado en la presente investigación fue Python con las librerías numpy, scipy, pandas, pyDOE, matplotlib y seaborn.

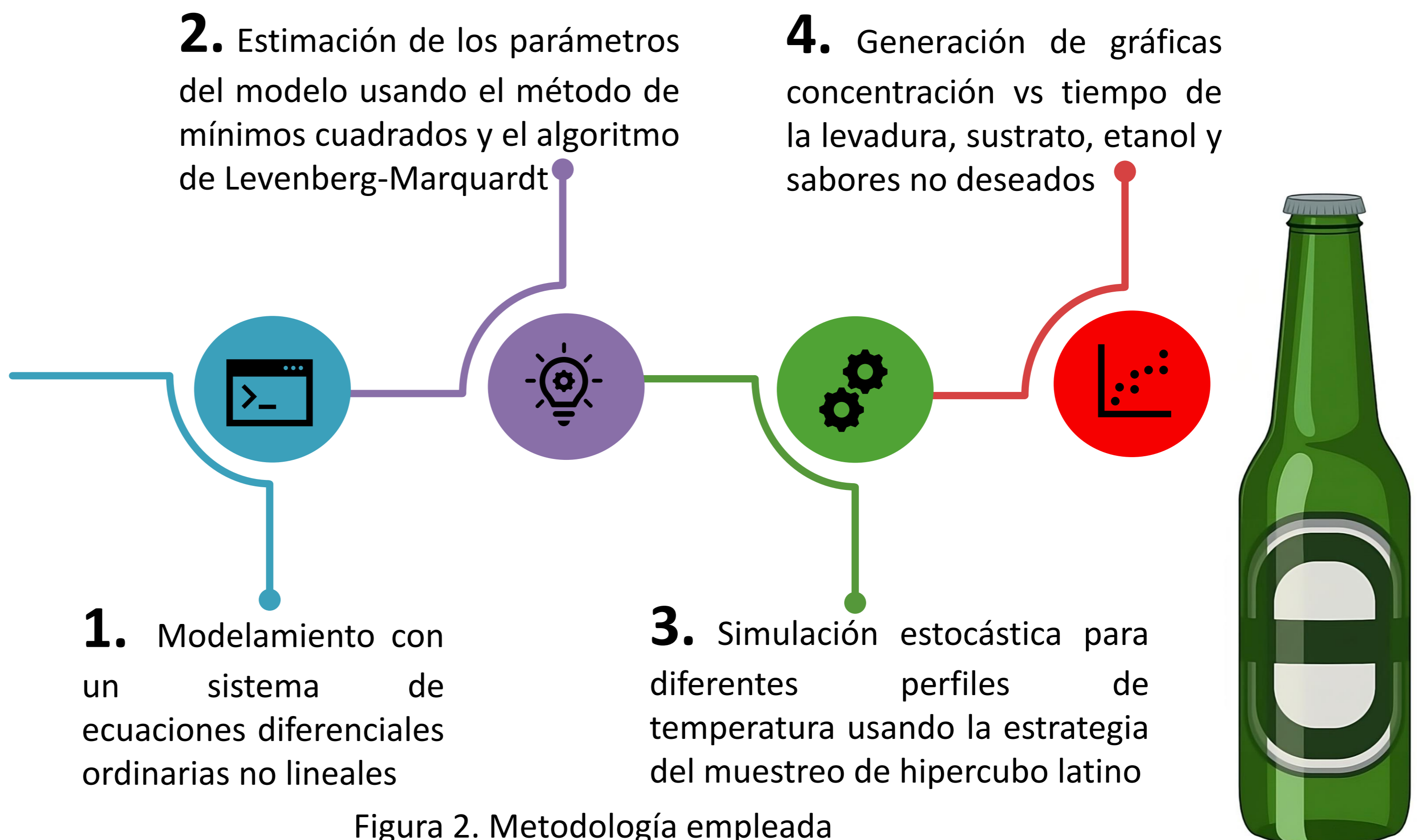


Figura 2. Metodología empleada

## RESULTADOS

- En la figura 3 se presenta la simulación estocástica de 5000 perfiles de temperatura diferentes.
- En la figura 4 se muestra que la levadura activa, suspendida y muerta, el sustrato y el etanol son afectadas significativamente al perturbar el perfil de temperatura.
- En la figura 5 se ilustra que las concentraciones de los sabores no deseados (especialmente el diacetilo) son sensibles a alteraciones en el perfil de temperatura.

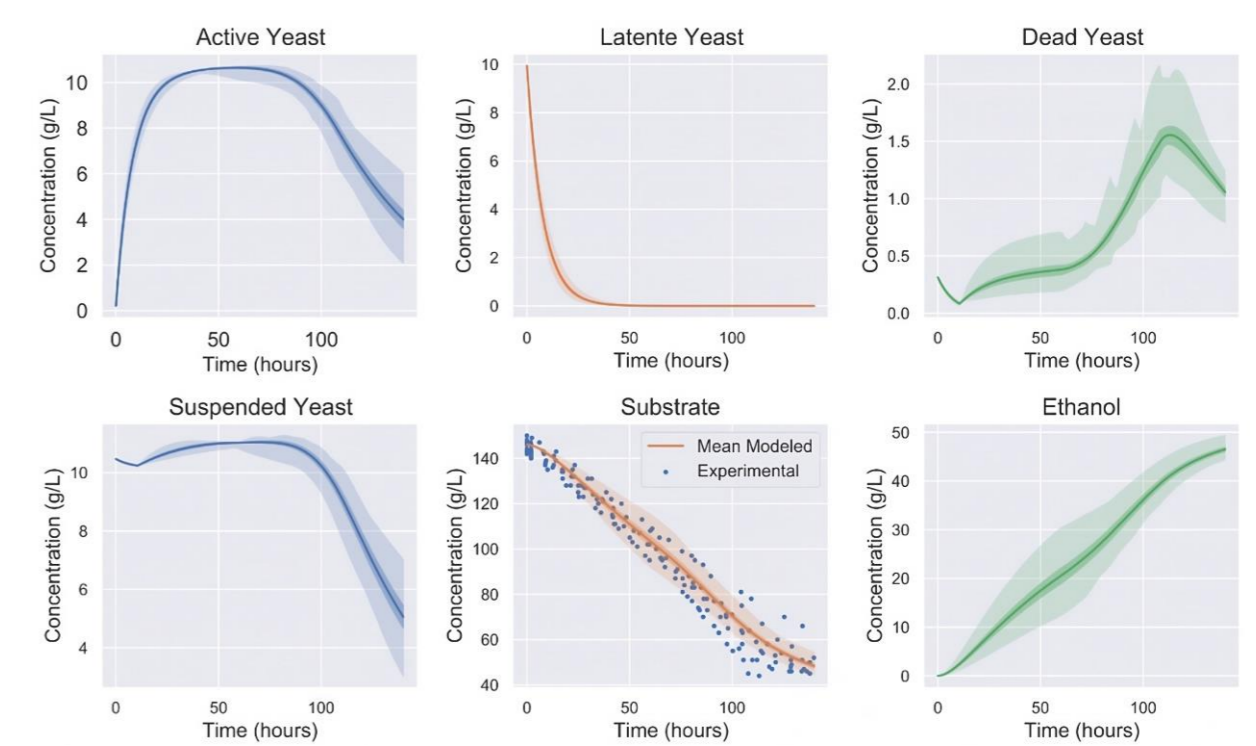


Figura 4. Concentración vs tiempo de la levadura activa, latente, suspendida y muerta, sustrato y etanol.

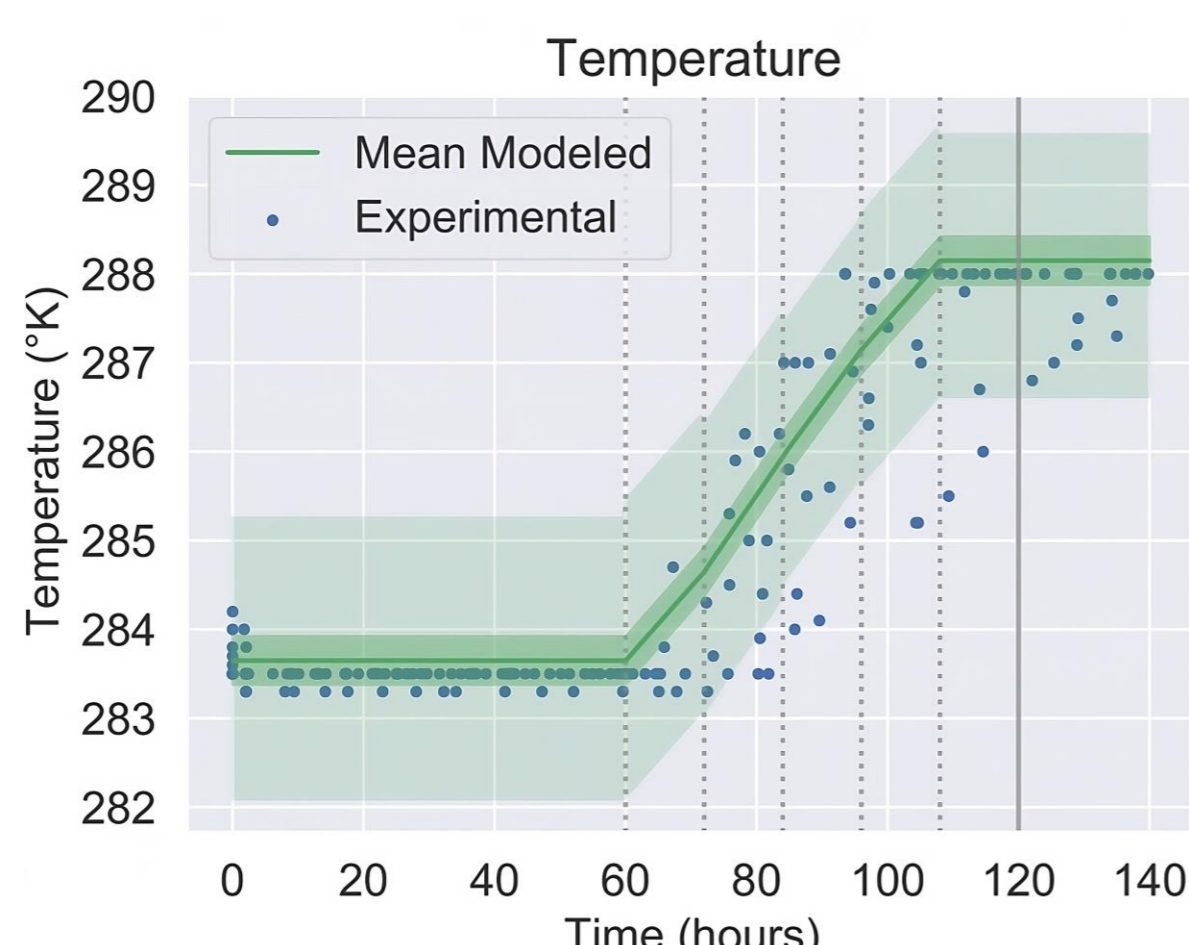


Figura 3. Variación del perfil de temperatura del biorreactor obtenido a través del muestreo de hipercubo latino.

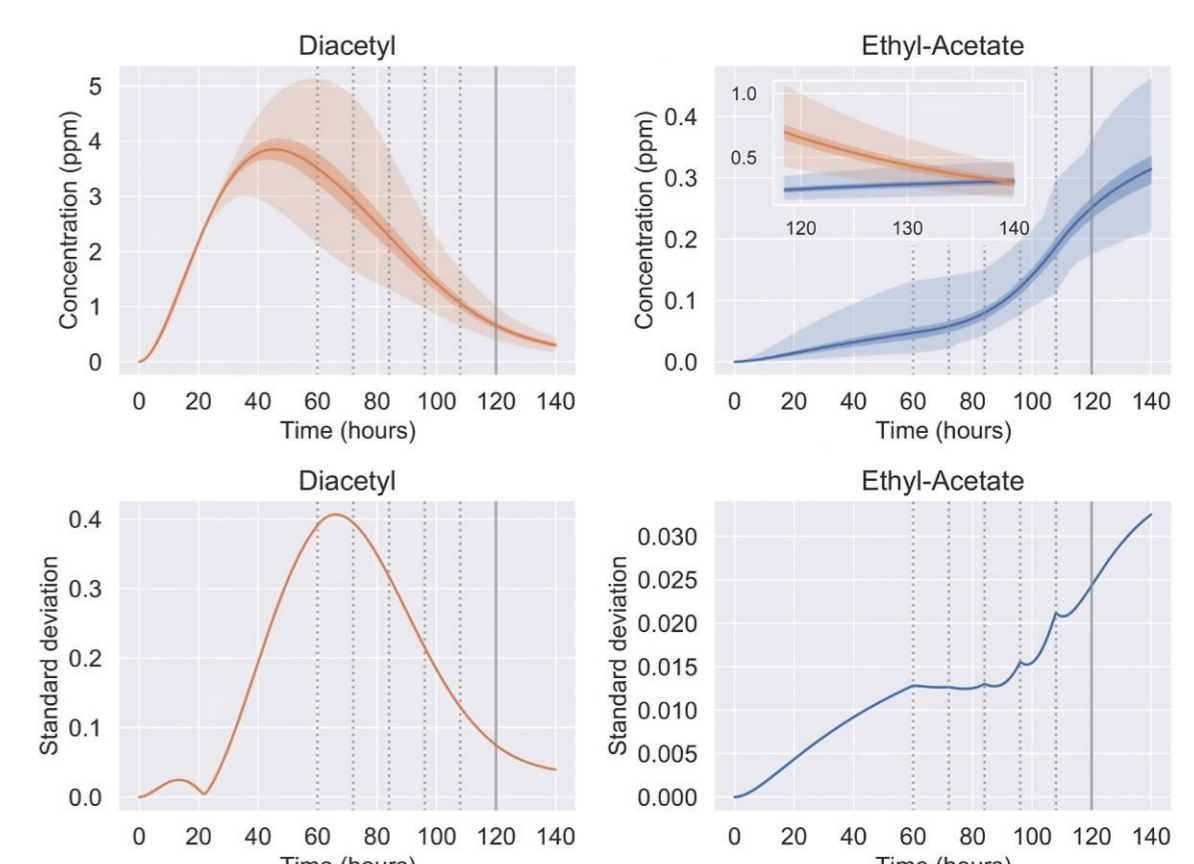


Figura 5. Concentración vs tiempo de los sabores no deseados de la cerveza (diacetilo y acetato de etilo).

## CONCLUSIONES

- Las simulaciones estocásticas de la temperatura revelaron que las perturbaciones en la temperatura tienen un impacto significativo en la concentración de la levadura, sustrato, etanol, diacetilo y acetato de etilo.
- El modelado realizado en este estudio puede beneficiar a las cervecerías a optimizar la toma de decisiones y la planificación de procesos, permitiendo una gestión más eficiente y precisa.

