

RESUMEN

- Las herramientas computacionales de bajo costo pueden dar soporte en la toma de decisiones durante el proceso de producción de sidra para optimizar la calidad del producto y aumentar la rentabilidad.
- Fue desarrollado un modelo matemático de la línea de producción de sidra de la Planta Piloto de Alimentos Sociales (UNRN), validando los principales resultados (tiempo total de proceso, evolución de grados Baumé, y contenido de etanol) con moliendas reales.
- Si bien los tiempos de proceso difieren en alrededor de un 18% respecto a valores reales, el modelo permitiría establecer el plan de producción que se debe seguir, estimar costos de procesamiento, con vistas en futuro a optimizar el proceso.

Coletto M.; Laiglecia J.; Rocha Parra AF.; Bongiovani N.; Cardoso V.; Iturmendi F (*).

Universidad Nacional de Río Negro, Planta Piloto de Alimentos Sociales, Villa Regina, Río Negro, Argentina. *fiturmendi@unrn.edu.ar

INTRODUCCIÓN

La sidra es una bebida alcohólica que representa un importante segmento de la industria de la producción de manzanas. Desarrollar modelos matemáticos, identificando las reacciones predominantes durante la fermentación para describir el proceso resulta interesante. El objetivo de este trabajo fue desarrollar herramientas computacionales de bajo costo que permitan mediante su utilización ayudar en la toma de decisiones durante el proceso de producción para optimizar la calidad del producto y aumentar la rentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Equipamiento

Línea de producción de sidra de la Planta Piloto de Alimentos Sociales de la Universidad Nacional de Río Negro ubicada en la ciudad de Villa Regina, Río Negro.



Modelo Matemático

1) **Línea de producción de sidra:** determinista basado en primeros principios semiempírico.

2) **Modelo de fermentación:** mecanístico, distribuido, desestructurado, considerando producción de etanol no asociada al crecimiento. Parámetros cinéticos dependientes de la temperatura obtenidos de literatura.

Biomasa	Azúcares totales	Etanol
$\frac{dC_B}{dt} = (\mu_g - \mu_d)$	$\frac{dC_S}{dt} = -Y_{SE}\beta C_B$	$\frac{dC_E}{dt} = \beta C_B$
$\mu_g = \frac{\mu_{mx} C_N}{K_N + C_N}$	$\beta = \frac{\beta_{mx} C_S}{K_S + C_S}$	Nitrógeno
$\mu_d = k'_d C_E$		$\frac{dC_N}{dt} = -Y_{NB}\mu_g C_B$

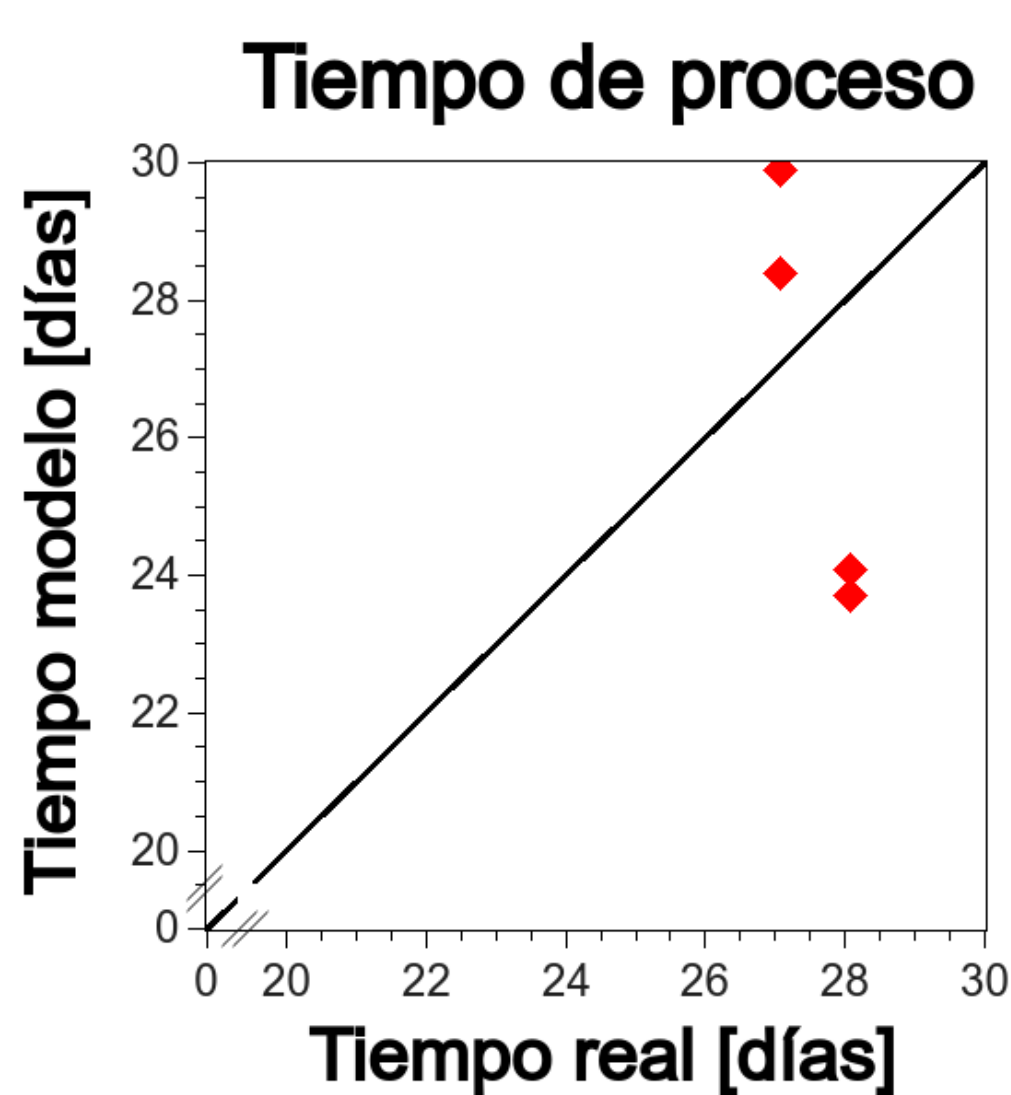
RESULTADOS

Tabla 1: Contenido de etanol alcanzado. Comparativa para dos de las fermentaciones reales

Caso	Etanol final [%] Simulación	Etanol final [%] Simulación
C03	7,9	5,8
C04	8,5	5,7

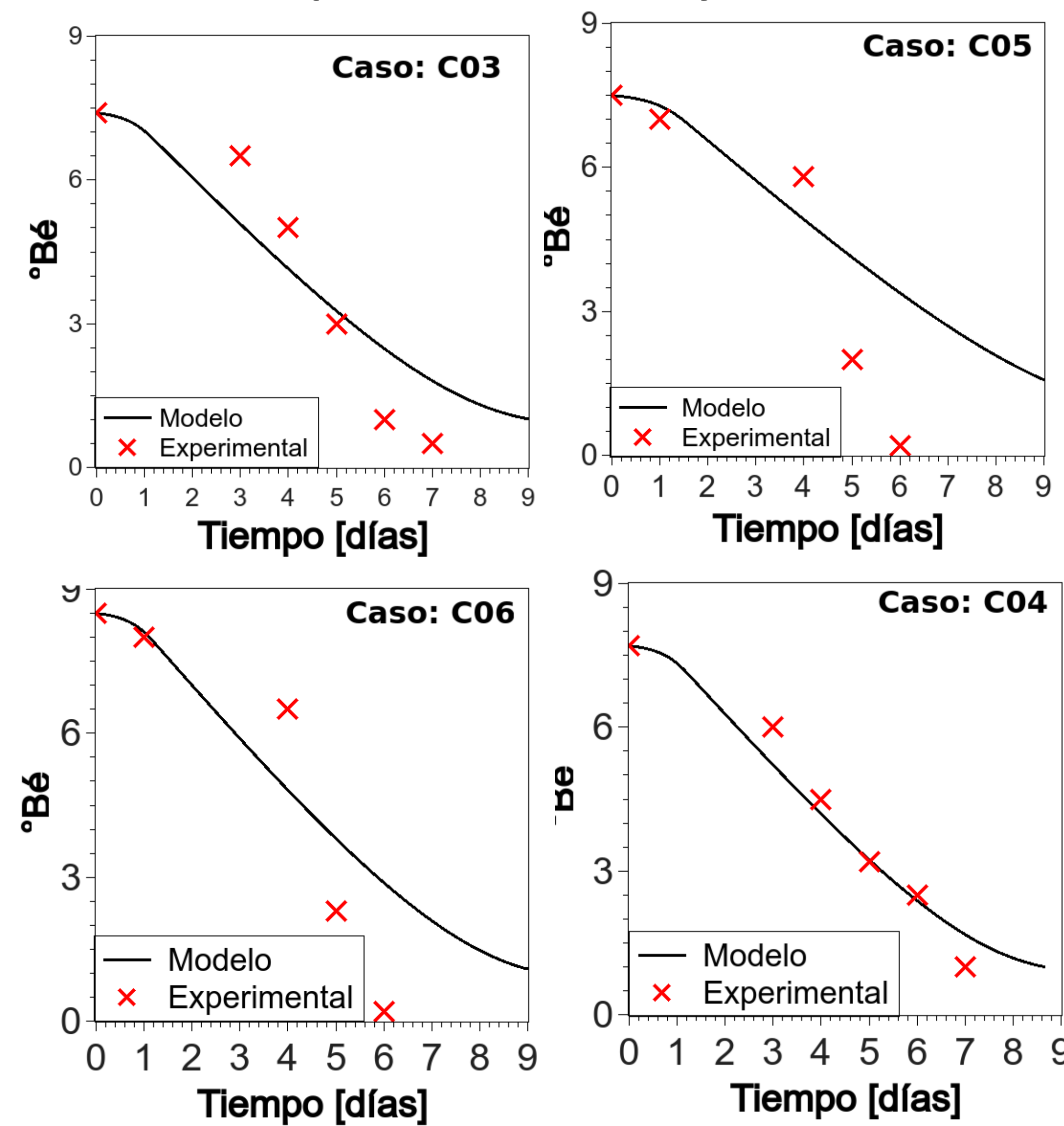
- Niveles de etanol obtenidos por modelado y potenciales calculados en base al contenido inicial de azúcares, mayores a los valores reales. -> Estaría indicando que la levadura empleada utiliza parte de los azúcares en la producción de otros productos además del etanol, variables que no son contempladas en el modelo de fermentación.

Figura 1: Evolución de los grados Baumé durante la fermentación



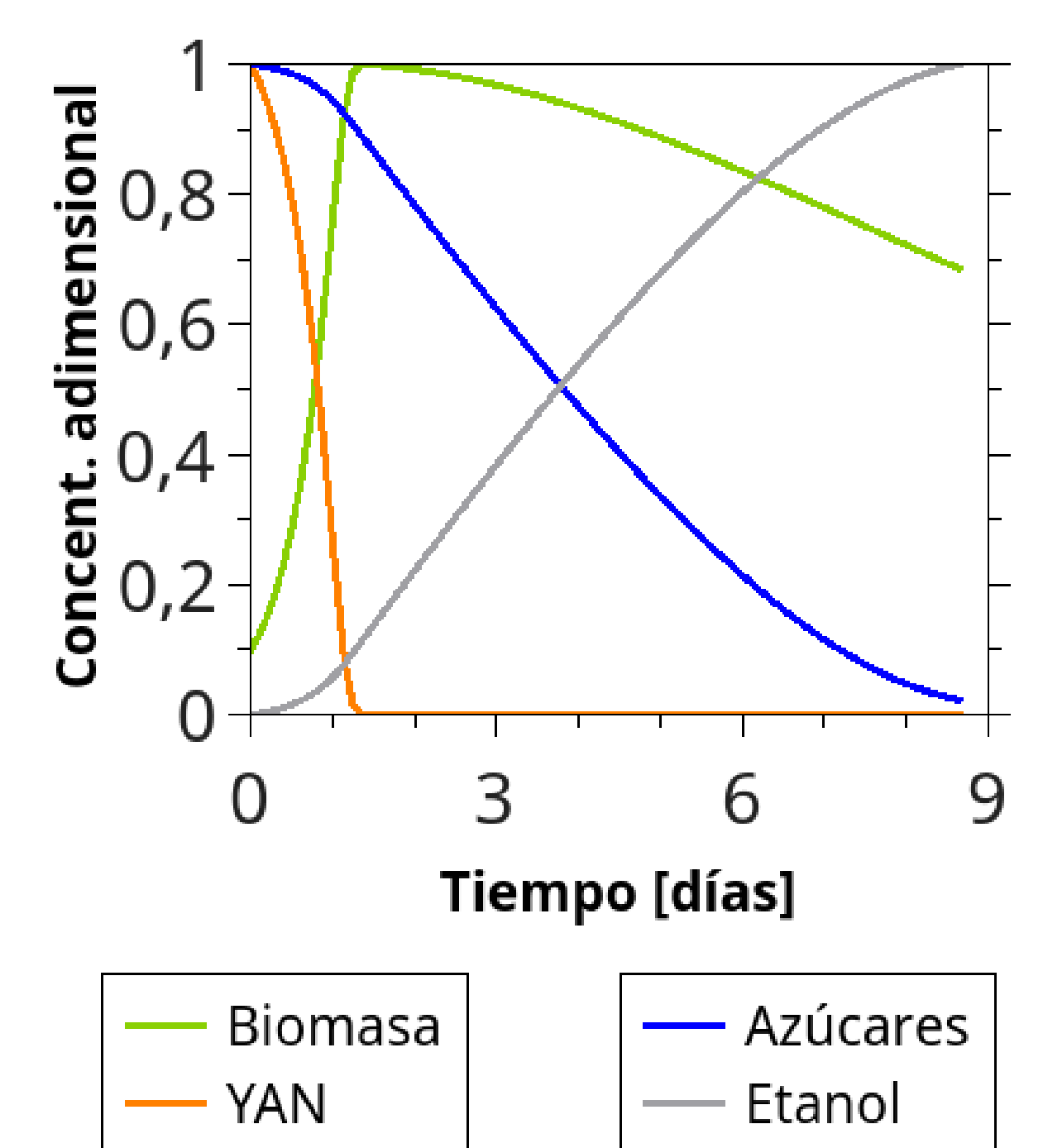
- Tiempos totales de proceso simulado +/- 18% respecto a valores reales.
- Las dos etapas que mayor tiempo llevan son la Fermentación y posterior Clarificación. La primera fue simulada con el modelo matemático antes descrito, mientras que para la segunda fue utilizada información empírica.

Figura 2: Contraste entre tiempo total de proceso simulado y real.



- Fermentación predicha en términos de °Bé, aparentemente más lenta que la real.
- Tasa de variación de °Bé modelada durante aprox. primera mitad es mayor que la experimental, tendencia que se revierte en la segunda mitad del proceso.
- Parámetros cinéticos obtenidos de literatura obtenidos para una cepa de levadura distinta a la utilizada en la Planta Piloto. -> Diferencias.
- Resultados de tiempo de proceso simulados pueden considerarse aceptables.

Figura 3: Simulación de la fermentación (concentración de componentes/concentración máxima).



CONCLUSIONES

- El modelo desarrollado permite una primer estimación razonable de los tiempos de proceso de producción de sidra, lo cual puede ser utilizado para la planificación del proceso en Planta, a pesar de las diferencias presentadas por el submodelo de fermentación.
- Como trabajo futuro, deberá investigarse en mayor profundidad la levadura utilizada, obtener sus parámetros cinéticos, y compararla con otras levaduras. Además deberá ser desarrollado un modelo para la etapa de clarificación que permita estimar el tiempo requerido en base a características del mosto. De este modo, el modelo podrá ser utilizado no sólo para planificar las actividades de una planta de sidra, sino también para su optimización.