

MODELADO CINÉTICO Y ESCALAMIENTO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS A PARTIR DE MACROALGAS ROJAS (*Acanthophora spicifera*) PARA EL DESARROLLO DE UN BIOESTIMULANTE AGRÍCOLA

PROBLEMA

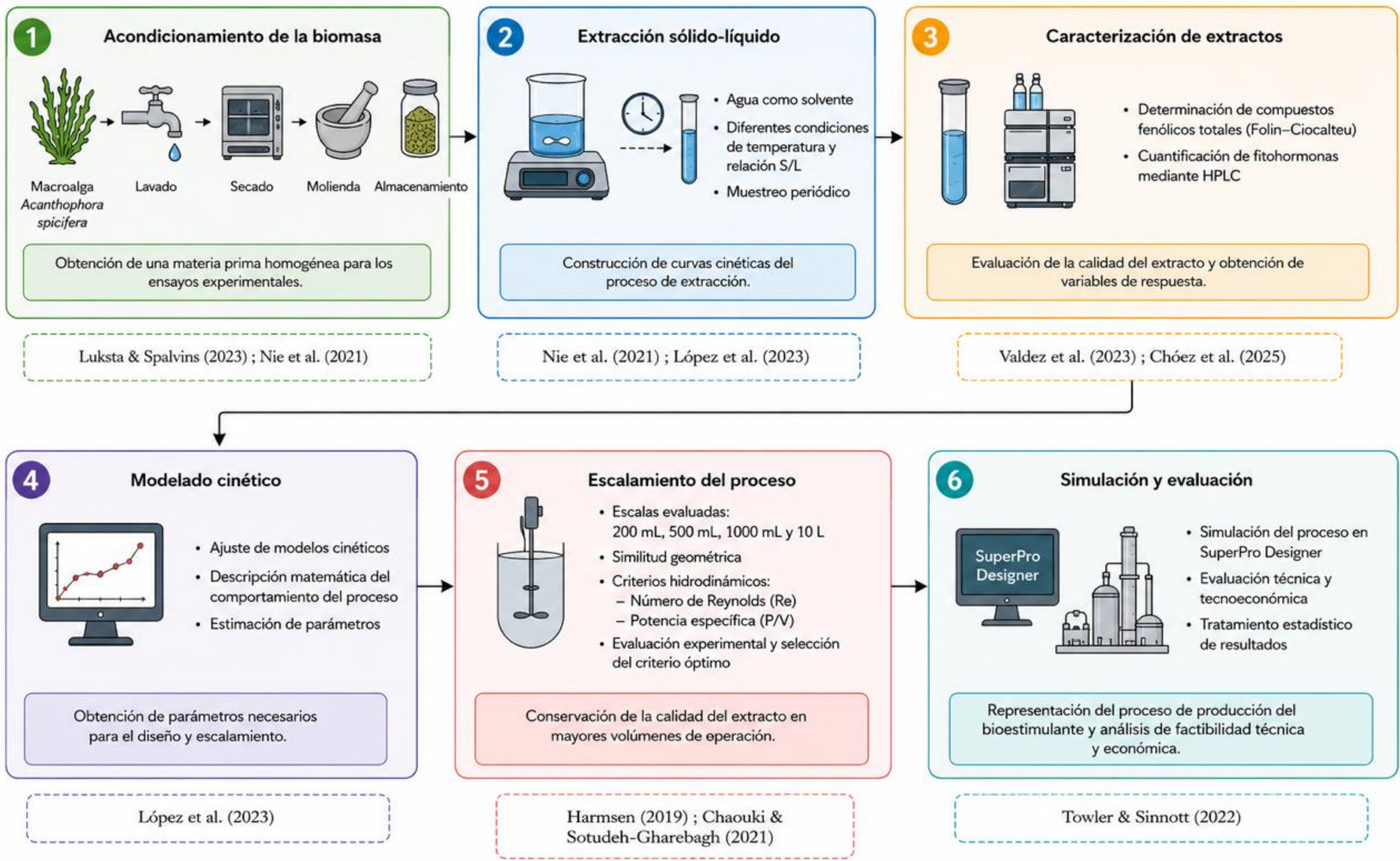
El uso intensivo de fertilizantes y agroquímicos incrementa los costos de producción y puede generar impactos ambientales. Las macroalgas representan una alternativa para obtener compuestos bioactivos con potencial bioestimulante; sin embargo, en *Acanthophora spicifera* aún es necesario establecer condiciones de extracción y escalamiento que permitan conservar la calidad del extracto y evaluar su viabilidad a mayor escala.



OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el modelo cinético del proceso de extracción de compuestos bioactivos mediante un escalamiento empírico-híbrido, orientado al aseguramiento de la calidad del producto y a la evaluación de su viabilidad económica.

PROPUESTA



RESULTADOS

1. Condición óptima de extracción

50 °C | 180 min | S/L 1:50

Se obtuvo **50,35 mg EAG/L de TPC** y **4,90 mg/L de kinetina**, correspondientes a los mayores valores finales entre las temperaturas evaluadas.

2. Modelado cinético

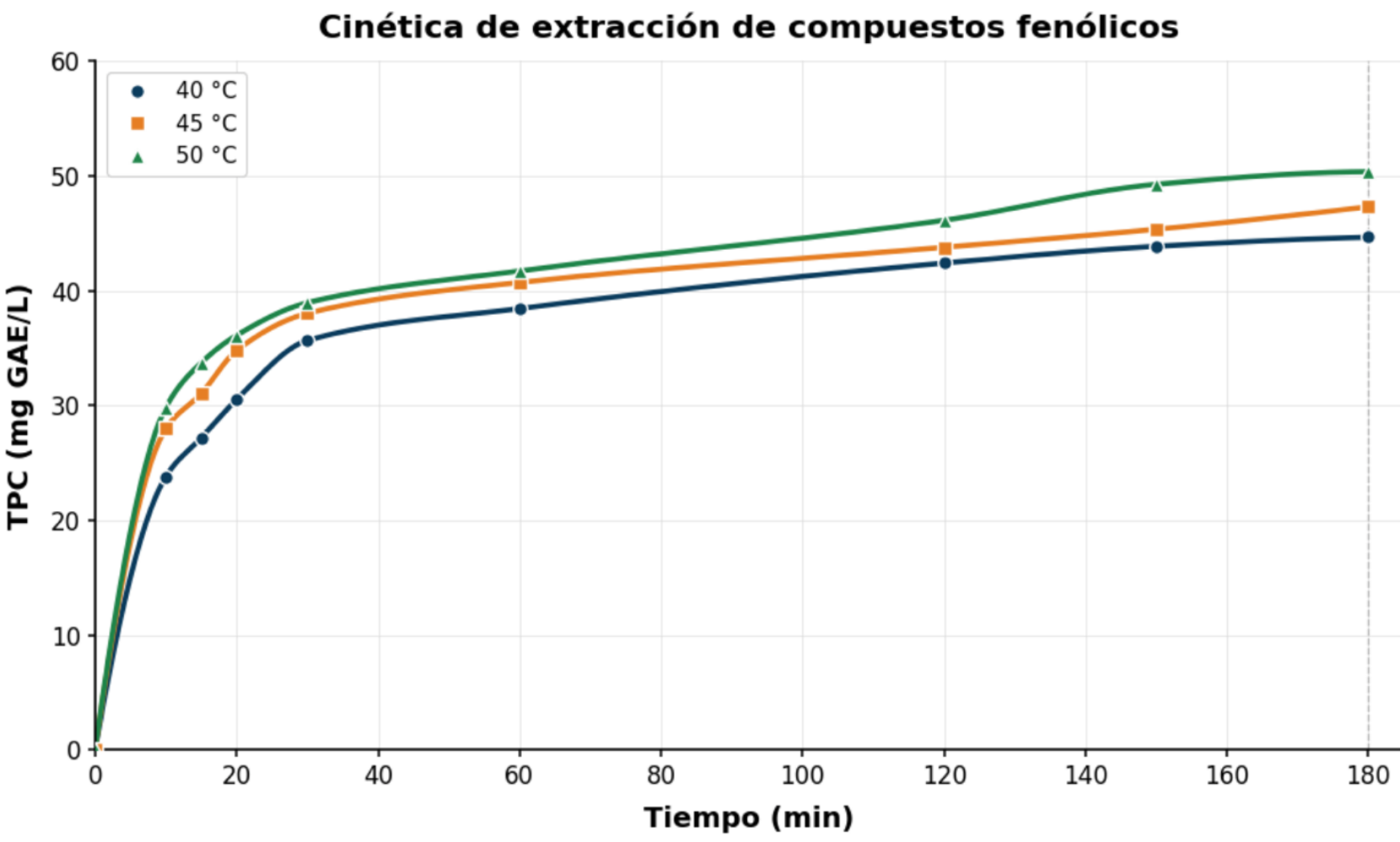
El modelo de **Peleg** representó adecuadamente la extracción de compuestos fenólicos, estimando una concentración de equilibrio de **50,17 mg EAG/L** a 50 °C.

3. Escalamiento del proceso

El volumen aumentó de **200 mL a 12,5 L (62,5 veces)**, manteniendo la recuperación final de TPC sin diferencias estadísticamente significativas entre escalas (**p = 0,060**).

4. Evaluación económica

Bajo el escenario simulado se obtuvo un costo de producción de **4,38 USD/kg**, un **ROI de 146,19 %** y un tiempo de recuperación de **0,68 años**.



Aspecto	Resultado clave
Condición de extracción	50 °C, 180 min, S/L 1:50 → TPC: 50,35 mg EAG/L y kinetina: 4,90 mg/L
Modelado cinético	Modelo de Peleg, con $C_{eq} = 50,17$ mg EAG/L a 50 °C
Escalamiento	200 mL → 12,5 L (62,5×), sin diferencias significativas en TPC final (p = 0,060)
Viabilidad económica	4,38 USD/kg de costo de producción, ROI = 146,19 % y recuperación en 0,68 años

CONCLUSIONES

- La condición de **50 °C durante 180 min** presentó la mayor recuperación de compuestos fenólicos y kinetina, por lo que fue seleccionada para el escalamiento.
- El modelo de **Peleg** describió adecuadamente la cinética de extracción del TPC y permitió estimar los parámetros necesarios para analizar la transferencia del proceso entre escalas.
- El escalamiento empírico-híbrido permitió incrementar el volumen de **200 mL a 12,5 L** manteniendo la recuperación final de TPC, sin diferencias estadísticamente significativas entre las escalas evaluadas.
- La simulación mostró que la producción del bioestimulante presenta **viabilidad económica bajo los supuestos analizados**, con un costo estimado de 4,38 USD/kg y recuperación de la inversión inferior a un año.

