

# Análisis de la interrelación de los contenidos temáticos de las asignaturas Procesos de Alimentos y Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la licenciatura en Química de Alimentos

*Analysis of the Interrelation of Thematic Contents of the Courses Food Processes and Food Technology Laboratory in the Bachelor's Degree in Food Chemistry*

Eva Bermúdez García,<sup>1</sup> Roeb García Arrazola<sup>2</sup> y Maura Pompa Mansilla<sup>3</sup>

## Resumen

En los modelos educativos actuales se prioriza la interrelación entre distintas áreas y dimensiones del conocimiento para propiciar una mayor efectividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este trabajo se realizó un análisis del contenido de dos asignaturas de los últimos semestres del plan de estudios que tienen una seriación vertical: Procesos de Alimentos (1716) y Laboratorio de Tecnología de Alimentos (1809) utilizando herramientas de análisis de datos y bibliometría para identificar aquellos temas, que además de tener relevancia en la investigación actual, permiten una mejor aplicación de los conceptos teóricos en el desarrollo experimental, utilizando un caso práctico como ejemplo. El análisis permitió identificar las fortalezas de los planes de estudio y las oportunidades que existen para la mejora, al proponer la inclusión de contenidos en concordancia con las tendencias actuales de investigación en ciencia y tecnología de alimentos.

**Palabras clave:** Enseñanza universitaria, currículo, interdisciplinariedad, química de alimentos, procesos de alimentos.

## Abstract

Current educational models prioritize the interrelation between different areas and dimensions of knowledge to promote greater effectiveness in the teaching-learning process. This study analyzed the content of two courses from the final semesters of the curriculum that have a vertical sequence: Food Processes (1716) and Food Technology Laboratory (1809), using data analysis and bibliometrics tools to identify topics that, in addition to being relevant to current research, allow for better application of theoretical concepts in experimental development, using a practical case as an example. The analysis identified the strengths of the study plans and the opportunities for improvement by proposing the inclusion of content in line with current research trends in food science and technology.

**Keywords:** University teaching, curriculum, interdisciplinarity, food chemistry, food processes.

## CÓMO CITAR:

Bermúdez García, E., García Arrazola, R., y Pompa Mansilla, M. (2024, julio-septiembre). Análisis de la interrelación de los contenidos temáticos de las asignaturas Procesos de Alimentos y Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la licenciatura en Química de Alimentos. *Educación Química*, 35(3). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.3.87456>

<sup>1</sup> Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

<sup>2</sup> Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

<sup>3</sup> Coordinación de Evaluación, Innovación y Desarrollo Educativos (CEIDE-UNAM), México.

## Introducción

**E**n los modelos educativos actuales se prioriza la interrelación entre distintas áreas y dimensiones del conocimiento para propiciar una mayor efectividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta forma se busca establecer nexos entre diversas asignaturas de manera que los fenómenos u objetos de estudio se aborden desde distintas perspectivas y como un todo, en lo que se conoce como interdisciplinariedad. El carácter interdisciplinar del mapa curricular de la licenciatura en Química de Alimentos es indispensable para que durante el proceso formativo las y los estudiantes integren conocimientos de áreas diversas para evaluar la eficiencia de los procesos y el control de calidad de los productos alimentarios.

El término fue desarrollado por el sociólogo Louis Wirtz y describe la cualidad de aquello que se lleva a cabo a partir de la puesta en práctica de varias disciplinas (Tejera Chillón et al., 2019) y surge a partir de la comprensión de la propia complejidad de los problemas de la realidad (Cervantes et al., 2007). Por tanto, hablar de interdisciplinariedad es referirse a la habilidad para interconectar disciplinas, uniendo varios campos en un mismo trabajo. Aplicada a un proceso docente, la interdisciplinariedad promueve el aprendizaje combinando varias áreas, para abordar problemas complejos y que las y los estudiantes adquieran una educación integral y no fragmentada.

Aplicar la interdisciplinariedad en los planes de estudio universitarios es muy importante para que el estudiantado adquiera una comprensión integral y aplicada de las disciplinas en las que se forma. La Química de Alimentos es una ciencia que estudia las reacciones químicas entre los componentes que conforman a los alimentos, el medio en el que se encuentran y los organismos que los consumen, considerando los efectos de los procesos empleados en su elaboración (UNAM-Facultad de Química, 2023). El carácter interdisciplinar en su currícula es indispensable para que durante el proceso formativo las y los estudiantes integren conocimientos de áreas diversas, como las matemáticas, la biología, y las distintas ramas de la química, pero también de la ingeniería y del área de legislación. La integración y aplicación de estos conocimientos permitirá a las y los estudiantes evaluar la eficiencia de los procesos y el control de calidad de los productos alimentarios.

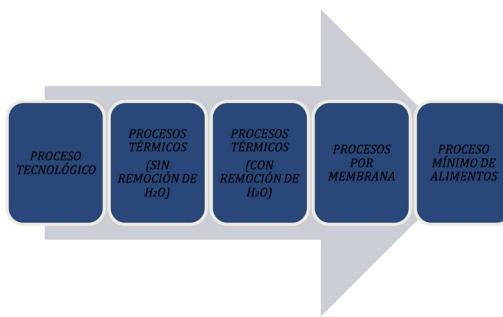
En este trabajo se realizó un análisis del contenido de dos asignaturas de los últimos semestres del plan de estudios que tienen una seriación vertical: Procesos de Alimentos (1716) y Laboratorio de Tecnología de Alimentos (1809). El objetivo fue aplicar un enfoque basado en herramientas de análisis de datos y bibliometría para, en primer lugar, identificar los contenidos de la asignatura teórica que más se aplican en la experimental; y posteriormente, para conocer la relevancia actual de estos contenidos y poder concluir sobre oportunidades de mejora en el diseño de la currícula de ambas asignaturas. Finalmente se estudió la forma en la que estos temas se abordan tanto en la asignatura teórica como en la experimental, para identificar aquellas habilidades que permiten a los estudiantes aplicar conceptos en situaciones del mundo real, utilizando un caso práctico como ejemplo. Con este estudio se pretende contribuir a la mejora del proceso de enseñanza, proponiendo un enfoque novedoso para las ciencias químicas para el análisis del contenido curricular de asignaturas interrelacionadas, utilizando herramientas de análisis de datos.

## Descripción de la asignatura Procesos de Alimentos

Procesos de Alimentos es una asignatura teórica, obligatoria del mapa curricular de la licenciatura de Química de Alimentos, que tiene como objetivos de aprendizaje identificar las principales operaciones unitarias usadas en el procesamiento de alimentos, comprender los principios de funcionamiento de estas operaciones que conducirán a cambios fisicoquímicos durante el procesamiento de los alimentos y conocer las tecnologías del procesamiento mínimo de alimentos (UNAM-Facultad de Química, 2023). La asignatura de Procesos de Alimentos (PA) está ubicada en el séptimo semestre del mapa curricular de la carrera y tiene una seriación anterior no obligatoria con Fisicoquímica de Alimentos, relacionándose ampliamente con asignaturas del área de fisicoquímica; y una seriación subsecuente obligatoria con Laboratorio de Tecnología de Alimentos. Se considera pertinente señalar que el trabajo cotidiano por parte del estudiante permite la toma de decisiones sobre la pertinencia y efectividad de un procesamiento de alimentos específico. El manejo de datos provenientes de datos históricos de equipos y su análisis a través del tratamiento por medio de modelos matemáticos permite la comprensión de los fundamentos de operación del proceso. Además, el alcance del análisis de datos incluye evaluar la letalidad y efectividad del proceso para concluir si la inocuidad del producto alimenticio luego del tratamiento cumple con la normatividad para venta al público. De esta forma, el resultado del análisis de los datos permite definir la cantidad de alimento que puede ser procesada, el tamaño del equipo a diseñar, la cantidad de producto o si se cumple con las especificaciones normativas vigentes.

## Análisis de la secuencia de los temas en el programa vigente y del contenido

Para alcanzar los objetivos de aprendizaje, el programa de la asignatura distribuye el contenido en cinco unidades temáticas que se esquematizan en la Figura 1. La primera unidad comienza con el tema “Proceso Tecnológico” en el cual la intención educativa principal es introducir el pensamiento/concepto/constructo de balance de masa y diagramas de proceso, conocimiento fundamental para la comprensión de los siguientes contenidos. En las dos siguientes unidades se estudia el “Procesamiento Térmico sin remoción de Agua” y el “Proceso Térmico con remoción de Agua”; en ambas, el tiempo en el aula se ocupa principalmente para plantear y analizar problemas asociados con la esterilización y el secado convectivo con aire caliente, respectivamente, operaciones de gran aplicación en la industria de alimentos procesados. En el tema de “Procesamiento por membrana” se estudian principalmente las condiciones de operación que definen el funcionamiento de la ultrafiltración y, finalmente, en la última unidad se revisan las diversas tecnologías asociadas al “Procesamiento Mínimo de Alimentos” y los criterios de calidad asociados a estas tecnologías.



**FIGURA 1.** Descripción secuencial de las unidades temáticas en el programa de estudio de la asignatura Procesos de Alimentos.

La secuencia en la que se presentan los temas en el programa vigente busca que en la primera unidad las habilidades de pensamiento en los estudiantes de Química de Alimentos se recrean y adapten para resolver por primera vez balances de masa, lo que implica la habilidad de plantear y solucionar sistemas de ecuaciones algebraicas, a partir de la propuesta de un diagrama de proceso. En la industria del procesamiento de alimentos, el balance de materia constituye una herramienta matemática indispensable para diseñar, controlar, optimizar y evaluar los procesos de transformación de alimentos (Simpson et al., 2021). Sin embargo, esta herramienta se complementa con los balances de energía, que no se revisan dentro del plan de estudio, por tanto un área de oportunidad podría ser el incluir balances de energía con el fin de preparar también a las y los estudiantes a estimar el gasto energético del procesamiento de los alimentos. De tal forma que esta estimación se puede asociar con el costo del kilowatt/hora (kW-h) en el procesamiento del alimento (normalmente en *batch*). Consecuentemente, con el balance de masa y energía en conjunto, los estudiantes tendrán la capacidad de describir la cantidad de materia de producto por unidad de tiempo. Además, se podrá estimar la cantidad de calor intercambiada a partir de cierta cantidad de vapor o agua de enfriamiento que se utilizarán para procesar el producto estimado. En resumen, se puede generar el dato de kg/Kw-h de producto que es un inicio para estimar el costo monetario de una operación unitaria.

Las unidades relacionadas con el **procesamiento térmico de los alimentos** con y sin remoción de agua son el corazón del programa de estudio y consumen por lo menos el 70% del tiempo en el aula por lo que requieren la implementación de distintos estilos de aprendizaje asociados con la resolución de problemas (experiencia concreta), la visualización/construcción de gráficos (observación reflexiva) y, el entendimiento de las definiciones sobre el tiempo de procesamiento (conceptualización abstracta) de tal forma que las y los estudiantes adquieran los conocimientos teóricos necesarios pero que también desarrollen capacidades asociadas con el análisis y la resolución de problemáticas presentadas como casos de estudios o como proyectos.

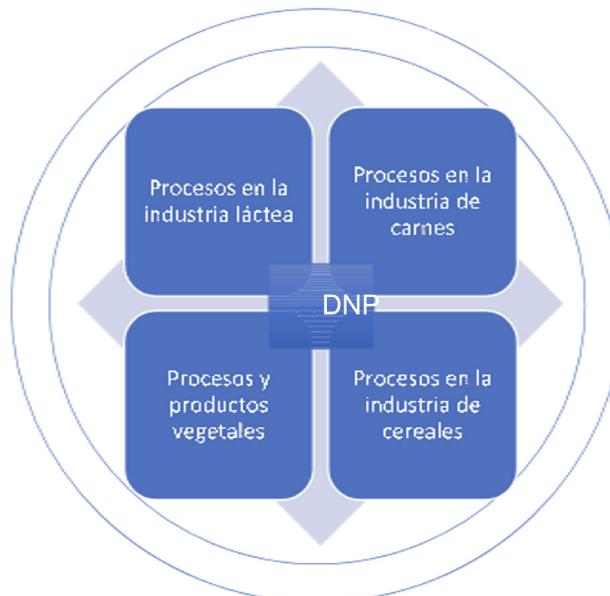
La cuarta unidad temática de **procesamiento por membranas** es un tema que revisa principalmente el balance de masa asociado a la operación unitaria y analiza su particular condición asociada a la retrodifusión por saturación en los poros de la membrana. La operación de ultrafiltración es el caso que se resuelve frecuentemente en clase ya que es un proceso de uso bastante común.

Finalmente, el tema de procesamiento mínimo de los alimentos es el tema con más actualidad con base en las tendencias en los consumidores crecientes que buscan alimentos orgánicos y alimentos sin aditivos (Malik et al., 2009). Por ejemplo, en el Congreso Internacional de Ciencias de los Alimentos e Hidrocoloides (2016) celebrado en Toronto, Canadá, se declaró la búsqueda de una “Etiqueta Limpia”; una etiqueta con no más de cuatro ingredientes. Las tecnologías asociadas con el procesamiento mínimo que buscan reducir el uso de carga calórica para conservar los alimentos y con ello preservar el valor nutricional del mismo, incluyen variables de proceso tales como: presión, pulsos eléctricos, intensidad de corriente, frecuencia de sonido entre otros. Como puede observarse, es un tema tan vasto que podría ser un programa de estudio *per se* dentro de la oferta de asignaturas optativas para la especialización.

## Descripción de la asignatura Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LABTEC)

Es una asignatura obligatoria ubicada en el octavo semestre del mapa curricular. LABTEC es una asignatura integradora en donde se recuperan y aplican conocimientos de otras asignaturas fundamentales de la profesión y que constituye la última asignatura experimental obligatoria del plan de estudios vigente, con un total de 20 créditos y una carga horaria de 20 horas semanales de Laboratorio. Al ser una asignatura terminal requiere además que las y los estudiantes hayan acreditado previamente el total de las asignaturas del tronco común y contar con un avance mínimo del 65% de los créditos totales de la carrera (UNAM-Facultad de Química, 2023).

El plan de estudios de LABTEC está dividido en 6 unidades temáticas (Figura. 2), cuatro de las cuales corresponden a las principales actividades económicas de la industria de alimentos que han sido consideradas prioritarias: procesos en la industria láctea, procesos en la industria de carnes, procesos en la industria de cereales y procesos y productos vegetales.



**FIGURA 2.** Descripción de las unidades temáticas en el programa de estudio de la asignatura Procesos de Alimentos.

Es importante destacar que esta división no implica una separación o jerarquización de un área sobre otra, ya que muchas de las operaciones estudiadas son comunes a los distintos procesos y durante la práctica docente se hace énfasis para que las y los estudiantes identifiquen la interrelación de los contenidos de la asignatura. Finalmente hay dos unidades temáticas más: *Diseño experimental* que se aborda de manera transversal y *Conceptos fundamentales de desarrollo de productos* (DNP) en donde las y los estudiantes realizan el desarrollo de un nuevo producto retomando los conocimientos de las unidades anteriores y lo presentan a manera de un proyecto final.

El contenido curricular de LABTEC fue diseñado buscando que las y los estudiantes apliquen los principios y operaciones básicas de los principales procesos tecnológicos involucrados en la producción de alimentos con base en el conocimiento adquirido en asignaturas precedentes. La organización de los equipos de trabajo se lleva a cabo bajo una

estrategia de aprendizaje de tipo “juego de rol” en donde cada integrante representa una de las principales áreas de una industria de alimentos: producción, calidad, investigación y desarrollo y legislación, asumiendo las funciones y responsabilidades del área. Esta estrategia permite poner en práctica muchas habilidades y competencias incluyendo las llamadas “competencias blandas” ya que, para un buen desempeño de los equipos es necesario desarrollar el pensamiento crítico, la comunicación efectiva, la habilidad de resolver problemas y la capacidad de trabajar en equipo (Martín, 1992)..

Para alcanzar los resultados de aprendizaje esperados, se han establecido seis objetivos generales del curso que son:

- Demostrar de manera práctica los **procesos más representativos** que ocurren en la industria alimentaria.
- Identificar las **operaciones unitarias** relevantes a los grandes grupos de alimentos.
- Realizar los controles de materia prima más comunes en la industria alimentaria.
- Explicar las interacciones en la matriz del alimento durante el **proceso**.
- Aplicar los **controles necesarios a los procesos** y a los productos terminados.
- Identificar los elementos básicos de desarrollo de productos alimentarios.

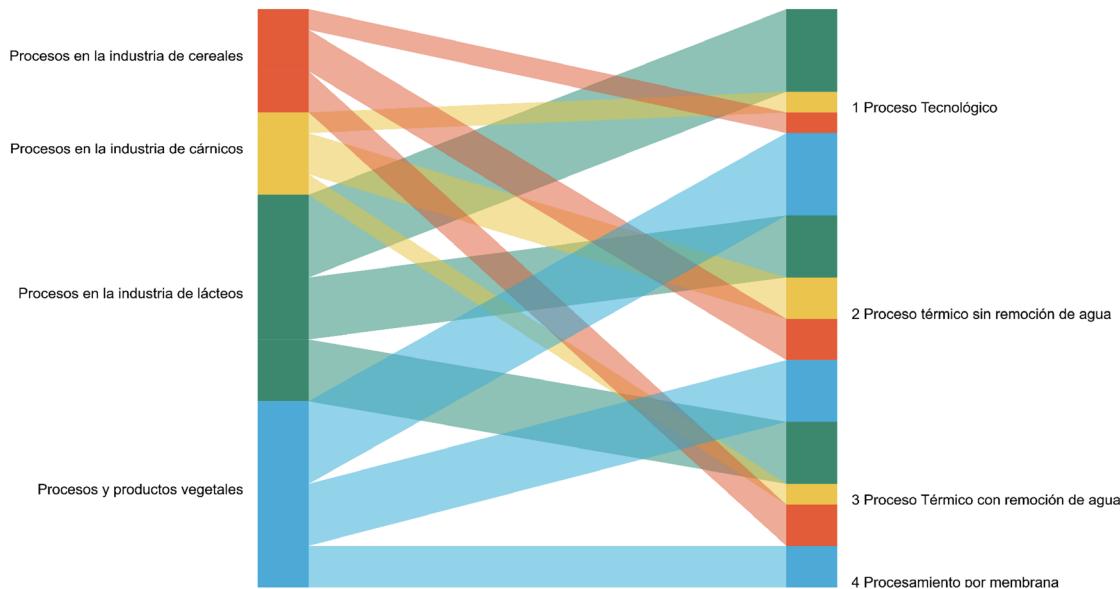
Es importante destacar que, si bien se reconoce que estos objetivos no están adecuadamente planteados, para los fines de este análisis se presentan tal cual como aparecen en el programa de la asignatura.

### **Análisis de la interdisciplinariedad de Procesos de Alimentos y el Laboratorio de Tecnología de Alimentos**

Como se mencionó anteriormente, la asignatura de Procesos de Alimentos tiene una seriación ascendente obligatoria con la asignatura experimental Laboratorio de Tecnología de Alimentos LABTEC (1809). A partir de la descripción de ambas asignaturas y de sus contenidos, se puede observar que existe una importante correlación vertical entre LABTEC y Procesos de Alimentos, ya que los fundamentos teóricos y los métodos matemáticos que permiten resolver los cálculos asociados a las distintas operaciones unitarias son abordados en la asignatura de Procesos de Alimentos, mientras que en el LABTEC se ejecutan de manera práctica estas operaciones y se aplican los cálculos vistos en Proceso para obtener resultados a partir de los datos experimentales y discutir y analizar sobre la efectividad de los procesos y las condiciones de ejecución. Por ejemplo, es necesario que las y los estudiantes comprendan las principales operaciones unitarias y sus fundamentos, para poder comprender después el efecto de las variables de trabajo durante los procesos que se llevan a cabo en la industria para la transformación de alimentos.

Para identificar cómo se establecen las relaciones entre los temas que comprenden las dos asignaturas, se comenzó por identificar el número de protocolos experimentales por unidad temática de LABTEC que aplican uno o más de los temas estudiados en Procesos

de Alimentos. Para visualizar esta distribución se generó un histograma de conjuntos paralelos utilizando Plotdb (Bipartite Chart / Visualize with PlotDB, s. f.) para comparar la distribución de los dos conjuntos de datos estudiados (Figura 3). Cada color corresponde a una unidad temática de LABTEC y cada línea dividida en ese conjunto corresponde al número de protocolos en el que se aplica alguno de los temas de cada una de las unidades de Procesos de Alimentos. La anchura de cada línea y la trayectoria de flujo se determina por la fracción proporcional del total de protocolos por unidad temática.



**FIGURA 3.** Relación entre las unidades temáticas de LABTEC y de Procesos de Alimentos. Cada color corresponde a una de las unidades de LABTEC y se observa el flujo hacia los temas de Procesos de Alimentos. La anchura de las líneas indica un mayor número de temas de esa unidad que se relacionan.

Para fines de este análisis se trabajó únicamente con las unidades temáticas de LABTEC relacionadas con las tecnologías de los distintos grupos de alimentos (1 a 4: lácteos, cárnicos, cereales y vegetales) y las operaciones de separación se relacionaron con la unidad 4 del Procesos de Alimentos correspondiente a Procesamiento por membranas.

Como se observa en la gráfica, las unidades de procesos en la industria láctea y procesos y productos vegetales son las que involucran una mayor aplicación del contenido temático de la asignatura de Procesos de Alimentos (esto se observa por la mayor anchura de las barras), siendo la unidad 1, Proceso tecnológico la más aplicada, seguida de las unidades 2, Proceso térmico sin remoción de agua y 3, Proceso térmico con remoción de agua. Por otro lado, las unidades sobre procesos de la industria cárnicia y de cereales también aplican principalmente los temas de las unidades 2 y 3. Mientras que la unidad 4 Procesamiento con membranas actualmente no tiene aplicación experimental, lo que constituye un importante punto de mejora que se está trabajando actualmente con la implementación de un protocolo de concentración de suero de leche por ultrafiltración. El uso de membranas para concentrar el contenido proteico de la leche o de bebidas lácteas permite obtener producto de valor agregado y también se utiliza para la remoción selectiva de la  $\beta$ -caseína que podría reducir la probabilidad de generar caseomorfinas asociadas al trastorno del espectro autista en población infantil sensible (Kay et al., 2021).

A partir del análisis, se destaca también que las operaciones unitarias más aplicadas corresponden al tema de **procesamiento térmico sin remoción de agua**, usadas en los protocolos experimentales de pasteurización, enlatado, congelación y esterilización; mientras que las operaciones de **procesamiento térmico con remoción de agua** se aplican en los de secado, concentración de componentes por evaporación y deshidratación.

Por otra parte, es importante considerar que en LABTEC, también se utilizan frecuentemente operaciones de separación mecánica, como el tamizado, la centrifugación y la filtración, temas que no son revisados en el plan de estudios de la asignatura de PA.

En resumen, a partir del análisis se identificó que existen dos temas revisados en Procesos de Alimentos que se consideran básicos para un buen desempeño de las y los estudiantes en el Laboratorio, y que se proponen como los principales que conectan a ambas asignaturas. El primero corresponde a los balances de masa, que forma parte del contenido de la unidad 1 de Procesos y que se aplican principalmente en los procesos lácteos y de vegetales, para realizar ajustes de sólidos, grasa o de acidez en distintas formulaciones o para poder igualar el contenido de algún ingrediente respecto a un producto de referencia. Se ha observado durante distintos semestres que aquellos estudiantes que no tienen claro cómo plantear y resolver un balance de masa, frecuentemente deben destinar más tiempo experimental en la realización de cálculos, disminuyendo su participación en las actividades experimentales, y que también tienen un desempeño más bajo en las evaluaciones parciales.

El segundo elemento de gran importancia tiene que ver con los fundamentos y los cálculos de las operaciones de procesamiento térmico con o sin remoción de agua, principalmente las asociadas a la efectividad de procesos térmicos y a la construcción de curvas de secado. Al respecto es importante señalar que son operaciones muy utilizadas en la industria alimentaria; prueba de ello es que existen revisiones recientes tanto de los modelos matemáticos (Stoforos, 2010) como de los procesos y operaciones, en donde se pone de manifiesto la importancia de la mejora continua en los procesos para asegurar la calidad y la inocuidad de los productos.

Para conocer la relevancia actual y las tendencias en la investigación científica realizada sobre el tema, se realizó una búsqueda en la base de datos de Web of Science (WoS) (Clarivate Analysis, Boston, USA) para determinar la ocurrencia representativa del número de publicaciones al utilizar los términos “Thermal processing AND food\*”, aplicados a publicaciones científicas (artículos experimentales, artículos de revisión y capítulos de libros) de los años 1998 a 2023, considerando los campos de título, resumen y palabras clave y la categoría de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

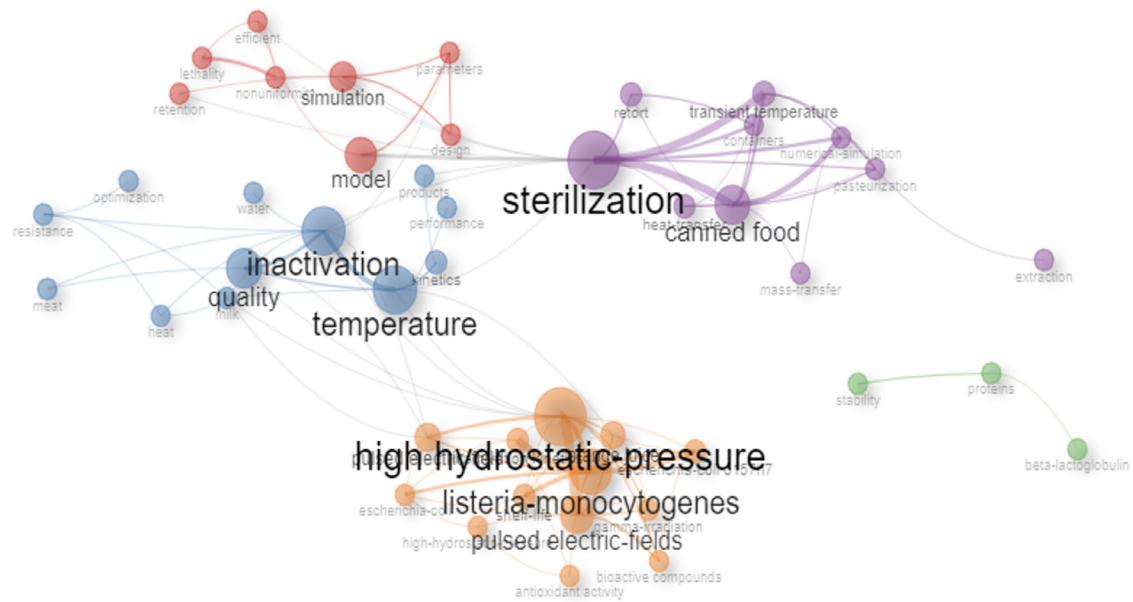
La búsqueda arrojó un total de 4,808 documentos, cuyos metadatos se obtuvieron para realizar un análisis bibliométrico (análisis cuantitativo de las publicaciones científicas que permite identificar y evaluar tendencias y patrones) utilizando el software Bibliometrix (Aria, M. & Cuccurullo, C., 2017). De esta forma se identificó un incremento en el número de publicaciones enfocadas en operaciones de procesamiento térmico desde el año 2000; siendo los términos más utilizados en orden descendente: altas presiones hidrostáticas, temperatura, calidad, esterilización, *Listeria monocytogenes*, inactivación, modelo, campos eléctricos pulsados, simulación y alimentos enlatados (Tabla 1).

Adicionalmente, para observar si estos términos se agrupaban en forma de clusters, se siguió un criterio de 12 ocurrencias mínimas para agrupar los términos más frecuentes

según su similitud o interrelación. Como se observa en la Figura 4, se constituyeron 5 nodos principales: uno relacionado con conceptos teóricos (azul), otro relativo a efectividad de tratamiento térmico en procesos de esterilización (morado), otro relacionado con simuladores y modelado (rojo), uno más sobre operaciones de procesamiento mínimo (naranja) y finalmente uno pequeño sobre estabilidad de proteínas (verde). Las líneas que unen a los distintos nódulos indican la relación de los términos, a mayor grosor de las líneas, mayor co-ocurrencia.

El nódulo sobre conceptos teóricos parece tener una centralidad de cercanía (que tan cerca se encuentra de los otros nódulos) y también presenta relaciones de co-ocurrencia con todos los otros nódulos salvo el de estabilidad de proteínas que aparece aislado del resto. Los términos *inactivación*, *temperatura* tienen numerosas relaciones de co-ocurrencia con términos de otros módulos como altas presiones hidrostáticas y esterilización, lo que permite remarcar la importancia de los conceptos teóricos en la aplicación de distintas operaciones de importancia en alimentos.

Por otro lado, el nódulo correspondiente a modelado o simulación tiene una mayor co-ocurrencia con el nódulo de tratamiento térmico, ya que existen numerosos reportes sobre la aplicación de modelos computacionales para el estudio de procesos de esterilización o pasteurización (Abdul Ghani et al., 2001; Rodríguez-Ramos et al., 2021; Siriwattanayotin et al., 2006).



**FIGURA 4.** Red de interrelación entre los principales términos asociados al procesamiento térmico de alimentos en las publicaciones científicas de los últimos 25 años. Generado con Bibliometrix a partir de datos de WoS.

La realización de este análisis bibliométrico permite demostrar la vigencia del estudio de los procesos térmicos asociados al procesamiento de alimentos, y justifica la importancia de abordar estos temas dentro del mapa curricular de la asignatura de Procesos de Alimentos y de revisar su implementación experimental en LABTEC, y permite detectar aquellos temas que son tendencia de investigación y que no se contemplan actualmente en los planes de estudio. Es de resaltar que al menos 6 de los 10 términos más relevantes asociados al procesamiento térmico de alimentos, se revisan en alguno de los subtemas de las unidades temáticas que conforman los planes de estudio de las asignaturas

(Tabla 1), principalmente los asociados con la esterilización, enlatado y la inactivación de microorganismos por medio del tratamiento térmico. Sin embargo, también se identificaron áreas de oportunidad para mejorar el contenido del programa de Procesos de Alimentos, como incluir el uso de modelos computacionales o de simulación para la resolución de problemas en los que se apliquen las operaciones de procesamiento térmico (principalmente métodos numéricos como diferencias finitas, elementos finitos y volúmenes finitos o de dinámica de fluidos computacional), ya que en la actualidad estas herramientas se utilizan en investigación y en la industria para el diseño y la optimización de procesos (Erdogdu, 2023). Otro punto de mejora importante que puede aplicarse al programa de LABTEC es implementar experimentalmente algunas operaciones de las tecnologías de procesamiento mínimo, como el uso de altas presiones hidrostáticas o los campos eléctricos pulsados, términos que aparecen en un nodo todavía poco co-ocurrente en la Figura 4, por constituir un proceso de más reciente uso.

Término relevante	Subtema en Unidad temática	
	Procesos de alimentos	Subtema en Unidad temática LABTEC
altas presiones hidrostáticas	*Se estudia en la unidad de procesamiento mínimo	—
temperatura	Mecanismos de transferencia de calor. Principios de conservación de los alimentos a altas y bajas temperaturas. Procesos a altas temperaturas. Procesos a bajas temperaturas.	Secado Evaporación Deshidratación Congelación Pasteurización Enlatado Concentración por evaporación
calidad	—	Se monitorean parámetros de calidad en todos los protocolos
esterilización	Cinética de destrucción térmica	Enlatado (esterilización)
<i>Listeria monocytogenes</i>	Cinética de destrucción térmica	Enlatado (esterilización)
inactivación	Cinética de destrucción térmica	Pasteurización
modelo	—	—
campos eléctricos pulsados	*Se estudia en la unidad de procesamiento mínimo	—
simulación	—	—
alimentos enlatados	Tratamiento de alimentos enlatados	Enlatado (esterilización)

**TABLA 1.** Términos más usados en la investigación sobre procesamiento térmico de alimentos y su relación con los temarios de las asignaturas Procesos de Alimentos y LABTEC.

Por otra parte, estas operaciones unitarias también tienen gran relevancia dentro de los sectores alimentarios con mayor valor en el mercado como la industria de cárnicos, lácteos, bebidas no alcohólicas y panadería (Sial Insights, 2020), por ejemplo la operación

unitaria “evaporación” que se revisa en el tema de balance de materia (Unidad 1) y en el procesamiento térmico con remoción de agua (Unidad 3) que se emplea constantemente para la producción de bebidas concentradas.

Para ejemplificar de manera más descriptiva la importante relación entre los temas de procesamiento térmico de alimentos y los procesos estudiados en LABTEC, se tomó como ejemplo el protocolo de deshidratación de frutas y vegetales. La deshidratación es un método comúnmente utilizado para eliminar el agua de los alimentos y así prolongar su vida útil. En este proceso, se pueden aplicar diferentes técnicas de calentamiento para acelerar la evaporación del agua presente en los alimentos. El calor proporciona a los alimentos la energía necesaria para romper los enlaces entre las moléculas de agua y que esta se elimine de los alimentos en forma de vapor. La aplicación de calor se realiza mediante la aplicación de aire caliente, radiación infrarroja o vapor.

Como objetivos de la sesión experimental las y los estudiantes deben calcular el tiempo de secado de las muestras mediante la obtención de las curvas de pérdida de humedad en un sistema de convección forzada de aire caliente y comparar entre las distintas muestras utilizadas, además de analizar parámetros fisicoquímicos de las muestras antes y después del proceso de secado. Metodológicamente los estudiantes monitorean la disminución de la masa de los vegetales en función del tiempo; tomando en cuenta las condiciones ambientales y el área de secado. Para poder obtener y analizar correctamente los datos es necesario que retomen y apliquen los conocimientos y las habilidades desarrolladas en la asignatura de Procesos de Alimentos, en donde los aprendizajes teóricos sobre deshidratación incluyen las operaciones unitarias de evaporación y sublimación, y la construcción e interpretación de curvas de secado.

Primero se comprenden los fundamentos de la evaporación, que emplea calor intensamente para remover el agua de un líquido y concentrarlo consecuentemente. Luego se compara con otra operación, la sublimación donde se congela agua para después sublimarla por un cambio de presión, como al utilizar una liofilizadora. Este proceso se realiza para proteger los compuestos volátiles que se perderían al usar calor intensamente. De esta forma las y los estudiantes tienen elementos para decidir qué operación es preferente según la composición del alimento y el uso que se busque.

Finalmente, se aborda el tema de curvas de secado que estudia la utilización de aire caliente para remover el agua de los alimentos por difusión desde el centro del alimento hasta la superficie por equilibrio de fases al aire, es decir, el aire se humidifica con el contenido del agua del alimento. En PA todos los conceptos de deshidratación mencionados se abordan a través de la resolución de problemas teóricos con modelos matemáticos. Por ejemplo, en el caso de la deshidratación se utilizan datos de pérdida de masa de un alimento a través del tiempo para estimar la humedad libre en el alimento y posteriormente calcular la velocidad de secado. Ambos datos construyen la primera y la segunda curva de secado que permiten calcular el tiempo que se tardaría en deshidratar un alimento con las condiciones de operación definidas. Estos problemas teóricos, guardan mucha similitud en cuanto al tratamiento de datos y a su análisis con el protocolo experimental de LABTEC en donde el estudiantado obtendrá sus propios registros de pérdida de masa de las muestras en función del tiempo, para construir las curvas de secado de cada alimento y finalmente calcular el flujo de secado y el tiempo de secado, así como el índice de reducción.

Con el ejemplo anterior se puede observar, cómo para obtener e interpretar adecuadamente los resultados en la práctica experimental, es importante que los estudiantes cuenten con conocimientos previos sobre cómo suceden los procesos térmicos con remoción de agua, así como de las operaciones de transferencia de calor que son fundamentales para poder efectuar adecuadamente la práctica experimental y para analizar los datos obtenidos y comprender las diferencias que presentarán en sus curvas de secado alimentos con distintos componentes. El conocimiento buscado, se obtendrá a partir de la integración de los contenidos de ambas asignaturas, por un lado, del área de ingeniería y procesos y por otro lado, del área de la química de alimentos, poniendo de manifiesto así la importancia de la interdisciplinariedad dentro del plan de estudios de la carrera de Química de Alimentos.

A manera de conclusión, se quiere destacar la importancia de utilizar métodos novedosos como el análisis de datos y la bibliometría al realizar análisis sobre la relación vertical/horizontal de las asignaturas que componen el mapa curricular de las carreras universitarias y de las distintas áreas que lo integran y aplican de manera conjunta. Este enfoque permite obtener datos cuantitativos sobre las fortalezas y las oportunidades de mejora de los planes de estudio, aportando elementos para justificar, mejorar o redistribuir los contenidos, con miras a futuras actualizaciones del currículo. En esta propuesta, utilizando una técnica de análisis de distribución de conjuntos de datos se identificaron los contenidos teóricos que más aplicación tienen en la asignatura experimental, señalando el grado de relación entre las unidades temáticas de ambos programas. Utilizando el análisis bibliométrico se estudió la relevancia de estos contenidos, identificando los términos más utilizados en la investigación actual, y relacionándolos con los contenidos temáticos abordados en ambas asignaturas para identificar qué temas sí se incluyen y cuáles no. Así, se identifica la importancia de que los estudiantes sean capaces de plantear y resolver balances de masa y que puedan identificar las distintas operaciones unitarias que conforman los principales procesos en la industria de alimentos, principalmente las relacionadas con el procesamiento térmico. Además, se identificó que es deseable incluir el uso de modelos computacionales para el estudio de los procesos de tratamiento térmico en la asignatura teórica de Procesos de Alimentos, y las operaciones de procesamiento por membranas y de procesamiento mínimo dentro de los protocolos experimentales de LABTEC.

## Referencias

- Abdul Ghani, A. G., Farid, M. M., Chen, X. D., & Richards, P. (2001). Thermal sterilization of canned food in a 3-D pouch using computational fluid dynamics. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 147-156. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00150-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00150-3)
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. Elsevier.
- Bipartite Chart / Visualize with PlotDB. (s. f.). Recuperado 24 de marzo de 2024, de <https://plotdb.com/chart/2124>
- Cervantes, L., Estévez, B., & Soria, C. (2007). La interdisciplinariedad a partir de la química general: una vía para lograr el aprendizaje desarrollador. *Revista Cubana de Química*, 19(3), 23-25.

- Erdogdu, F. (2023). Mathematical modeling of food thermal processing: Current and future challenges. *Current Opinion in Food Science*, 51, 101042. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101042>
- International Conference on Food Chemistry and Hydrocolloids. (2016). Conference Series LLC. Toronto, Canada.
- Kay, S. S., Delgado, S., Mittal, J., Eshraghi, R. S., Mittal, R., & Eshraghi, A. A. (2021). Beneficial effects of milk having A2  $\beta$ -casein protein: Myth or reality? *The Journal of Nutrition*, 151(5), 1061-1072. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa454>
- Malik, M., Rehan, Yawson, R. M., & Hensel, D. (2009). Destination 2025: Focus on the future of the food industry. *A collaboration between the BioBusiness Alliance of MN and Deloitte Consulting LLP*. Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=1418204>
- Martín, X. (1992). El role-playing, una técnica para facilitar la empatía y la perspectiva social. *CL & E: Comunicación, lenguaje y educación*, 15, 63-68.
- Rodríguez-Ramos, F., Tabilo, E. J., & Moraga, N. O. (2021). Modeling inactivation of Clostridium botulinum and vitamin destruction of non-Newtonian liquid-solid food mixtures by convective sterilization in cans. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 73, 102762. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102762>
- Simpson, R., Nuñez, H., & Ramírez, C. (2021). Fundamentals of material balance in food processing. En S. M. Jafari (Ed.), *Engineering Principles of Unit Operations in Food Processing* (pp. 107-133). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818473-8.00012-8>
- Stoforos, N. G. (2010). Thermal process calculations through Ball's original formula method: A critical presentation of the method and simplification of its use through regression equations. *Food Engineering Reviews*, 2(1-2), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12393-010-9014-4>
- SIAL Insights. (2020). Key factors in the global food industry. Recuperado de <https://imexmanagement.com/assets/shows-documents/SIAL-Insights-White-Paper.pdf>
- Tejera Chillón, N. de la, Cortés Sendón, C., Viñet Espinosa, L. M., Pavón de la Tejera, I., & Tejera Chillón, A. de la. (2019). La interdisciplinariedad en el contexto universitario. *Panorama Cuba y Salud*, 14(Extra 1), 58-61.
- UNAM-Facultad de Química. (2023). Programas de estudio, Procesos de Alimentos 1716. Recuperado 30 de noviembre de 2023, de <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2017/03/1716procesdealimentosQA.pdf>
- UNAM-Facultad de Química. (2023). Programas de estudio, Laboratorio de Tecnología de Alimentos 1809. Recuperado 30 de noviembre de 2023, de <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2017/03/1809labtecQA.pdf>