



## Implementación de una secuencia didáctica a distancia para cuantificación de almidón en alimentos por espectrofotometría

*Implementation of a distance learning didactic sequence for the quantification of starch in food by spectrophotometry*

Miguel Ángel Hernández Valdepeña<sup>1</sup>, Bertha Julieta Sandoval Guillén<sup>2</sup> y Eva Bermúdez García<sup>2</sup>

### Resumen

Las asignaturas experimentales en Química permiten a los estudiantes consolidar y aplicar conceptos teóricos mientras desarrollan competencias y habilidades básicas para su formación, como el uso de equipo e instrumental y la capacidad para resolver problemas. Ante la posibilidad de que ocurran situaciones que limiten la ejecución de prácticas de laboratorio de manera presencial, es importante contar con herramientas docentes para llevar a cabo sesiones experimentales en casa. En este trabajo se analiza la implementación de una secuencia didáctica experimental a distancia que se aplicó a estudiantes del Laboratorio de Alimentos I, en la que, con fundamento en técnicas iodométricas, se cuantifica el contenido de almidón en alimentos; obteniendo una curva patrón y utilizando una aplicación de teléfono móvil como espectrofotómetro. Al implementar la secuencia se observó una mejora significativa en la adquisición de conocimientos de los estudiantes al comparar las calificaciones de evaluaciones parciales con las de semestres previos en los que las actividades a distancia fueron sólo teóricas. Por lo que se propone que la secuencia desarrollada es una herramienta útil en contextos de enseñanza a distancia, que cumple con sus objetivos de aprendizaje y permite el desarrollo de las competencias buscadas.

### Palabras clave

Análisis de alimentos, cuantificación de almidón, yodometría, aprendizaje a distancia/laboratorio casero.

### Abstract

Experimental courses in chemistry allow students to consolidate and apply theoretical concepts while developing basic competencies and skills for their training, such as the use of equipment and instruments and the ability to solve problems. Given the possibility of situations that limit the execution of laboratory practices in person, it is important to have teaching tools to carry out experimental sessions at home. This paper analyzes the implementation of a distance experimental didactic sequence that was applied to students of the Food Laboratory I, in which, based on iodometric techniques, the starch content in food is quantified; obtaining a standard curve and using a mobile phone application as a spectrophotometer. When implementing the sequence, a significant improvement was observed in the acquisition of knowledge of the students when comparing the notes of partial evaluations with those of previous semesters in which the distance activities were only theoretical. Therefore, it is proposed that the developed sequence is a useful tool in distance learning contexts, which meets its learning objectives and allows the development of the sought-after skills.

### Keywords

Food analysis, starch quantification, iodometry, distance learning/home laboratory.

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

<sup>2</sup> Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM.

## Introducción

Las prácticas de laboratorio son uno de los aspectos clave involucrados en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, porque, más allá de apoyar la adquisición de conocimientos teóricos, desarrolla la curiosidad de los estudiantes, les presenta herramientas para resolver problemas y para explicar y comprender fenómenos que se presentarán en su práctica profesional (López Rúa y Tamayo Alzate, 2012). Particularmente, en la educación universitaria en el área de la Química, la enseñanza experimental tiene un rol constitutivo porque motiva a los estudiantes a integrar y aplicar conceptos teóricos, a desarrollar habilidades técnicas como el uso de instrumental y equipos, permite el acercamiento a las prácticas de investigación científica y la construcción de actitudes científicas críticas que son parte fundamental de las características de los profesionales del área (Zulirfan et al., 2018).

Según Kirschner (1992) existen tres tipos principales de metodologías de enseñanza experimental, la formal o tradicional que es la más común y en la que, a través de tareas bien dirigidas, se orienta a los estudiantes para la realización paso a paso de una metodología que les permite obtener un resultado que desconocen. El objetivo de este enfoque es verificar los conceptos aprendidos en teoría y corroborar los resultados que se esperan. En el lado opuesto se tiene el enfoque de investigación en el que las prácticas son abiertas y dirigidas al descubrimiento, en este caso se orienta a los estudiantes para plantear la metodología que les permita resolver un problema, y las instrucciones que se les brindan son generales. Finalmente, existe un enfoque intermedio en el que se dan instrucciones, pero también se introducen problemas y los alumnos deben resolverlos. Son un término medio entre los otros dos métodos y se pueden definir como laboratorios de descubrimiento guiado. Entre las ventajas de orientar el trabajo de laboratorio a la resolución de problemas y al descubrimiento, destaca la capacidad de potenciar el aprendizaje y la motivación de las y los estudiantes (Mahmoud et al., 2020). Estos tres enfoques o métodos de práctica experimental contemplan la asistencia periódica de las y los estudiantes a laboratorios de docencia que cuenten con los equipos y el material necesario para la realización de las actividades prácticas.

Sin embargo, pese a la importancia de estas prácticas en la formación de estudiantes de las Ciencias Químicas, pueden presentarse algunas situaciones que limitan la ejecución de las asignaturas experimentales de manera presencial. Por ejemplo, que las escuelas o universidades no cuenten con la infraestructura necesaria, la ocurrencia de emergencias sanitarias como la ocasionada por el virus SARS-CoV2 o el impulso de nuevos planes de estudio en los que no se requiera la asistencia presencial de estudiantes a las universidades. En este sentido, la enseñanza a distancia, con el uso de herramientas en línea o aplicaciones móviles, surge como un elemento novedoso que permite superar algunas de estas limitaciones. En el caso de las asignaturas experimentales conlleva un rediseño del trabajo práctico y del proceso de enseñanza. Se ha demostrado, que el uso de simuladores y laboratorios virtuales, aunque resulta de utilidad no sustituye totalmente a los experimentos prácticos, sobre todo en la adquisición de habilidades y técnicas (Santiago et al., 2022) por lo que se ha propuesto complementar la enseñanza a distancia con actividades de experimentación en casa que permitan a las y los estudiantes adquirir habilidades y resolver problemas aplicando estrategias didácticas como las que se utilizarían en la enseñanza presencial.

El reto principal asociado a la experimentación en casa es proponer secuencias experimentales cuantitativas que permitan el desarrollo de habilidades y la comprensión de fenómenos científicos (Ambruso y Riley, 2022) y no simplemente desarrollar experiencias demostrativas o cualitativas, que no permiten a las y los estudiantes formular y resolver problemas que requieran la integración de conocimientos.

El curso Laboratorio de Alimentos I (1618) es una asignatura experimental de sexto semestre de la carrera de Química de Alimentos que se imparte en la Facultad de Química UNAM. En este laboratorio se integran conocimientos previos sobre la reactividad y la funcionalidad de los principales componentes de los alimentos, y técnicas de Química Analítica, para lograr establecer procedimientos analíticos que permitan identificar y/o cuantificar los componentes de los alimentos con base en su reactividad (FQ, 2023). La asignatura constituye el primer acercamiento práctico/experimental de las y los estudiantes a la Ciencia de los Alimentos y aborda, entre sus contenidos temáticos, la preparación de muestras de alimentos para su estudio, el análisis composicional de alimentos (primera y segundas unidades temáticas) y la caracterización y el estudio de propiedades fisicoquímicas de los principales macro componentes alimentarios: proteínas, carbohidratos y lípidos, abordando cada uno en una unidad temática independiente.

El trabajo que aquí se describe se enfoca en la unidad de Caracterización de carbohidratos y presenta la adaptación e implementación de una secuencia didáctica para su aplicación en una práctica a casa (*at-home laboratory*), enfocada en la cuantificación de almidón en alimentos, mediante la generación de una curva patrón y el empleo de una técnica analítica colorimétrica. Para este fin, se adaptó el procedimiento experimental utilizando materiales disponibles en casa, así como una *app* para teléfono móvil que permite sustituir el uso del espectrofotómetro.

El objetivo de este trabajo es contribuir al diseño de nuevas metodologías de enseñanza que puedan aplicarse en escenarios de enseñanza remota, así como demostrar cómo se aplicó una secuencia didáctica para que las y los estudiantes adquieran competencias que les permitan identificar la relación que existe entre las propiedades fisicoquímicas del almidón, las metodologías para su detección y cuantificación, asociando dichas técnicas al conocimiento previo adquirido sobre Química Analítica, en especial, aquel que involucra al uso de diluciones, ley de Lambert-Beer y curvas patrón.

### Contextualización de la secuencia didáctica dentro del plan de la asignatura

La unidad temática 5 del programa de estudios de la asignatura Laboratorio de Alimentos I (1618) se enfoca en la caracterización de carbohidratos, dividiendo su estudio en carbohidratos solubles, mono y oligosacáridos; e insolubles o polisacáridos (FQ, 2023). Entre los polisacáridos de importancia en la alimentación humana, destaca el almidón; ya que es la principal fuente de energía en la dieta, aportando entre el 40 y el 80% de las calorías ingeridas (Mohammed et al., 2021; Wang et al., 2021) y obtenida de los cereales como el trigo y el arroz; los tubérculos como la papa, el camote y la yuca y algunas frutas como el mango o el plátano. Estructuralmente, es un homóglicano de glucosa formado por dos componentes: la amilosa y la amilopectina. En la amilosa, la parte lineal de la molécula, las glucosas están unidas mediante enlaces  $\alpha$ -(1,4), mientras que la amilopectina presenta enlaces  $\alpha$ -(1,4) y  $\alpha$ -(1,6) y es el constituyente ramificado (Yang et al., 2023). La proporción de amilosa y amilopectina varía según factores específicos de la fuente de almidón, y afecta

las propiedades sensoriales, funcionales y reológicas de los alimentos que lo contienen, modificando su capacidad de hidratación y gelatinización (Silva et al., 2020; Streb y Zeeman, 2012). Por lo anterior, y bajo el marco de los objetivos generales del Laboratorio de Alimentos I, con los que se busca que las y los estudiantes sean capaces de *establecer esquemas analíticos que permitan cuantificar la presencia de los macrocomponentes alimentarios, e integrar el conocimiento de la reactividad de los componentes para evaluar su funcionalidad* (FQ, 2023); se han establecido dos resultados de aprendizaje relativos al tema de caracterización de polisacáridos: *identificar la relación que existe entre las propiedades fisicoquímicas del almidón y las metodologías empleadas para su determinación, e identificar la importancia de la curva patrón en determinaciones analíticas.*

### Descripción de la secuencia didáctica. Comparación entre su implementación en modalidad presencial y su modificación para aprendizaje a distancia

La secuencia didáctica implementada en modalidad presencial/experimental consiste en un protocolo en el que, a partir de un alimento, se separan los carbohidratos solubles de los insolubles por su solubilidad en etanol al 80%. El residuo insoluble es calentado en condiciones alcalinas para favorecer la gelatinización del almidón, que se cuantifica mediante el método colorimétrico de formación de complejos con yodo utilizando una curva de calibración con almidón, grado reactivo como patrón (Iturbe y Sandoval, 2011).

Debido a las condiciones de la emergencia sanitaria por COVID-19, esta secuencia de aprendizaje se adaptó para aplicarse a distancia. Durante el semestre 2021-1 se implementó con base en explicaciones teóricas y ejercicios de cálculos, y durante los semestres 2021-2 y 2022-1 se propuso incluir una actividad experimental en casa, cuyas actividades se esquematizan en la Tabla 1 y que serán el objeto principal del análisis de este trabajo.

#### Resultados de aprendizaje<sup>1</sup>

El alumno:

- Identifica la relación que existe entre las propiedades fisicoquímicas del almidón y las metodologías empleadas para su determinación
- Identifica la importancia de la curva patrón.

**Problema: ¿Qué cantidad de almidón se disolvió en el agua de cocción de la pasta, si esta contiene 62,45% de este componente?**

ETAPA	ACTIVIDAD	
	Sincrónica	Asincrónica
<b>I. Extracción de almidón a partir de la matriz disponible</b>	Se revisa con el estudiante cómo trabajar este tema	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Extraer almidón de alguna de las fuentes (papas, trigo, maíz y almidón). Revisar los videos <a href="#">How to make sweet potato starch at home</a> y <a href="#">Potato Starch: Quick and Easy Way to Make Potato Starch at Home</a>.</li> <li>2. Elaborar un <b>video</b> del proceso de extracción de almidón. (Máximo 3 minutos).</li> </ol>

**TABLA 1.** Descripción de las actividades de la secuencia didáctica implementada en casa para la determinación de almidón.

<sup>1</sup> Para la secuencia experimental en casa se mantuvieron los resultados de aprendizaje establecidos al realizar la planeación de la secuencia teórica. La pertinencia de modificar estos objetivos se discute en el análisis de este texto.

<p><b>II. Elaboración de la curva de calibración.</b></p>	<p>Se revisa la hoja de seguridad del yodo y la metodología de determinación de almidón con complejos de yodo.</p>	<p>3. Construir un espectrofotómetro con un smartphone. Revisar: <a href="#">Beer's Law Lab, Use Your Smartphone as an "Absorption Spectrophotometer"</a> y <a href="#">Chemistry Happy Hour: Simple and Smart Spectrometry</a>.</p> <p>4. Elaborar una curva patrón con el almidón extraído.</p> <p>5. Preparar una <b>presentación</b> que incluya la construcción del espectrofotómetro, datos, cálculos, regresión lineal y procedimiento realizado para elaborar la curva patrón.</p>
<p><b>III. Resolución del problema.</b></p>		<p>6. Revisar el video: <a href="#">What's the Best Way to Cook Pasta?</a></p> <p>7. Preparar 250 g de pasta con 3 l de agua (se puede preparar menos, pero conservar la relación). Hervir por 20 min.</p> <p>8. Cuantificar el almidón disuelto en el agua de cocción. Si la pasta contiene 62.45 % de almidón, calcular el % de almidón disuelto en el agua de cocción. Registrar la marca de pasta empleada para esta etapa.</p> <p>9. Elaborar un <b>documento digital</b> con el procedimiento de la curva de calibración, resultados y % de almidón disuelto en el agua de cocción de la pasta (Marca, lote, caducidad). Incluir algoritmos. Especule sobre el valor obtenido, ¿corresponde a una pasta pegajosa?</p>
<p><b>Productos esperados:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Video extracción del almidón.</li> <li>2. Presentación de la curva patrón.</li> <li>3. Documento digital.</li> </ol>		
<p><b>Referencias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• China Sichuan Food. (24 de feb 2020). <i>How to make sweet potato starch at home</i> [Archivo de video]. Youtube. <a href="https://youtu.be/Q6GyJTXcBSw">https://youtu.be/Q6GyJTXcBSw</a></li> <li>• Global Food Book. (18 jun 2021). <i>Quick and Easy Way to Make Potato Starch at Home // Potato Starch Extraction</i>. [Archivo de video]. Youtube. <a href="https://youtu.be/xGN1kenGPPk">https://youtu.be/xGN1kenGPPk</a></li> <li>• Kuntzleman, T. (2016, 30 de marzo). <i>Use Your Smartphone as an "Absorption Spectrophotometer"</i>. ChemEd XChange. <a href="https://www.chemedx.org/blog/use-your-smartphone-absorption-spectrophotometer">https://www.chemedx.org/blog/use-your-smartphone-absorption-spectrophotometer</a> (<a href="https://cutt.ly/5RTsTQA">https://cutt.ly/5RTsTQA</a>)</li> <li>• PhET Interactive Simulations (2002-2024). <i>Beer's Law Lab</i>. PhET University of Colorado. <a href="https://cutt.ly/URTalXp">https://cutt.ly/URTalXp</a></li> <li>• Reactions (21 mar 2017). <i>What's the Best Way to Cook Pasta?</i> [Archivo de video]. Youtube. <a href="https://youtu.be/gSONxUBJs8A">https://youtu.be/gSONxUBJs8A</a></li> <li>• Ye, K. <i>Chemistry Happy Hour: Simple and Smart Spectrometry</i>. IMSA. <a href="https://cutt.ly/5RTcGyD">https://cutt.ly/5RTcGyD</a></li> </ul>		

## **Análisis de conocimientos, competencias y habilidades previas requeridas para la ejecución de la secuencia didáctica**

La secuencia didáctica experimental realizada en casa se dividió en tres etapas. Para la primera, que consistió en la obtención del almidón, los estudiantes adaptaron la metodología propuesta por Luo (2020), utilizando materiales que se encontraban en sus casas. Para realizar la extracción de almidón todos los alumnos emplearon papas (*Solanum tuberosum*). Esta primera actividad requiere que las y los estudiantes retomen y apliquen conocimientos de una asignatura precedente, Química de Alimentos I (1519), en donde se revisan teóricamente conceptos sobre las propiedades físicas de los carbohidratos y las propiedades generales y estructura del almidón (FQ, 2023), ya que la metodología que utilizan tiene como fundamento el principio de la insolubilidad en agua del almidón, lo que permite separarlo fácilmente, por filtración o decantación, de otros compuestos presentes en los alimentos. Adicionalmente, se espera que se involucren otras habilidades como el empleo de algoritmos para generar equivalencias entre unidades del Sistema Internacional (SI) y medidas convencionales utilizadas en la preparación de alimentos.

La siguiente actividad consistió en la construcción de un espectrofotómetro casero utilizando una aplicación de colorimetría para *smartphones* llamada *ColorMeter* en su versión libre, que arroja un código RGB cuando se enfoca una muestra colorida utilizando la cámara del teléfono y frente a una adecuada fuente de luz. La selección del color del filtro de luz se basó en el concepto de colores complementarios, recordando que un compuesto en solución absorbe la luz selectivamente en longitudes de onda específicas que corresponden a los colores que son absorbidos por él, y dejando pasar mayoritariamente a las del color que se sitúa opuestamente en el círculo cromático.

El ensamblaje del espectrofotómetro casero se realizó siguiendo lo reportado por Kuntzleman y Jacobson (Kuntzleman y Jacobson, 2016). El fundamento de este dispositivo se basa en la ley de Lambert-Beer y requiere la aplicación de conocimientos previos sobre absorbancia, absorptividad molar y sobre espectroscopía de absorción en la región visible. En este sentido, la construcción y utilización de curvas patrón resulta un aprendizaje muy relevante en la formación profesional de las y los estudiantes de la carrera. Tanto así que este es un aprendizaje que relaciona directamente al Laboratorio de Alimentos I con asignaturas precedentes y subsecuentes del plan de estudios; tal es el caso de Analítica Experimental I (1507) en donde, entre sus objetivos de aprendizaje se destaca la *utilización de instrumentos de medida disponibles en el laboratorio para generar señales analíticas relacionadas con la concentración de un analito y obtener curvas de calibración* (FQ, 2023) o de Analítica Experimental II (1607) en donde se busca *“introducir al alumno en el empleo de las técnicas instrumentales de análisis más comunes”* y cuya unidad temática 2, según el programa de esta asignatura, estudia los Métodos espectroscópicos cuantitativos (FQ, 2023), los cuales se ven reforzados en el módulo de Métodos Espectroscópicos Cuantitativos de la asignatura Analítica Instrumental I (1612) que tiene como objetivo *“la aplicación de los principios y conceptos de absorciometría molecular y atómica de la zona UV-visible para la resolución de problemas como el análisis cuantitativo”* (*idem*). Por otra parte, en la asignatura que tiene seriación directa con el Laboratorio de Alimentos II (1715), se continúan utilizando metodologías de análisis que se basan en la espectroscopía UV-Visible y en el uso de curvas patrón.

De este breve análisis curricular se destaca la importancia de que las y los estudiantes apliquen conocimientos y habilidades previas que les permitan diseñar y construir de manera autónoma curvas de calibración con fines cuantitativos, para posteriormente evaluar el analito de interés en otras muestras, así como aplicar las propiedades fisicoquímicas de las sustancias a cuantificar para poder realizar una adecuada preparación de las muestras y las soluciones patrón.

En continuación con las actividades de la secuencia de aprendizaje, el almidón obtenido fue utilizado como patrón para la construcción de una curva de calibración, utilizando el método de acomplejamiento con yodo, en el que se mide la absorbancia de un complejo de coloración azul a una longitud de onda de 600 a 630 nm y que se forma, según los más recientes trabajos, debido a que en el interior de la hélice de amilosa, se acomodan moléculas de  $I_2$  y iones yoduro, generando intensas bandas de transferencia de carga que son las responsables de la coloración azul intensa (Pesek et al., 2022). Para las mediciones se seleccionó el filtro verde porque corresponde al color de luz que absorbe el complejo de almidón soluble que se buscaba cuantificar, el cual tiene una coloración púrpura-azulada, de esta forma es posible intensificar el color del compuesto analizado, mejorando la sensibilidad del espectrofotómetro casero.

### Análisis de los productos obtenidos con la secuencia didáctica en modalidad a distancia

La secuencia de aprendizaje se aplicó durante los semestres 2022-1 y 2022-2 a dos grupos de estudiantes. El 100% de ellos logró aislar el almidón a partir de papa y utilizarlo para elaborar una curva estándar, siguiendo las indicaciones de la secuencia didáctica y de las fuentes de apoyo. En la Tabla 2 se muestran los resultados de correlación lineal de las curvas de calibración, como se observa, las rectas obtenidas para las curvas patrón elaboradas por los estudiantes con un intervalo de concentraciones de almidón de 0.020 a 0.2 mg/mL presentan, en la mayoría de los casos, coeficientes de correlación entre 0.9190 y 0.9794; lo que representa que, en términos generales, la recta sirve para representar el comportamiento de los datos obtenidos con un ajuste aceptable.

Ensayo	Intervalo (mg/mL)	Pendiente (mL/mg)	Ordenada (mg/mL)	Coefficiente de correlación
A	0.020-0.200	6.1300	-0.0977	0.9190
B	0.023-0.200	0.2898	0.0023	0.9661
C	0.020-0.200	6.7850	-0.0790	0.7752
D	0.020-0.200	5.2283	-0.1084	0.9287
E	0.020-0.120	3.6263	0.00001	0.9739
F	0.020-0.200	6.5530	0.0479	0.9150
G	0.021-0.200	3.6218	0.0574	0.9794

**TABLA 2.** Resultados de correlación lineal en curvas de calibración de almidón empleando la app para teléfonos con SO Android *ColorMeter* y el filtro G (verde).

La curva patrón obtenida se aplicó para cuantificar el almidón en el agua de cocción de pasta de sémola de trigo, proponiendo así un método cuantitativo para determinar la calidad de este tipo de productos alimenticios, en contraste a la prueba de sedimentación de sólidos que se lleva a cabo generalmente (Bustos et al., 2015) y que consiste únicamente en cuantificar el volumen de sedimento que se genera luego de dejar reposar durante 2 h el

agua de cocción de la pasta. En los documentos digitales generados como productos de esta secuencia didáctica y que se encuentran disponibles para consulta en el siguiente tablero de Padlet<sup>1</sup> ([liga padlet](#)), se aprecia cómo los equipos lograron realizar satisfactoriamente el ejercicio de aplicación, en el que tuvieron que realizar diluciones de sus muestras para trabajar en el intervalo de la curva. Esta última actividad permite relacionar los conocimientos adquiridos en el LAI con asignaturas subsecuentes, específicamente el Laboratorio de Tecnología de Alimentos (1809) que es un laboratorio integrador del ciclo terminal y de pre-especialización de la carrera en el cual, en la unidad de tecnología de cereales se elaboran pastas para sopa y se evalúa la calidad de las mismas. Los productos generados por los estudiantes en esta secuencia didáctica fueron evaluados utilizando una rúbrica para cada elemento, las cuales están disponibles en el Anexo 1 de este trabajo.

### **Análisis de las competencias adquiridas con la implementación de la nueva secuencia didáctica**

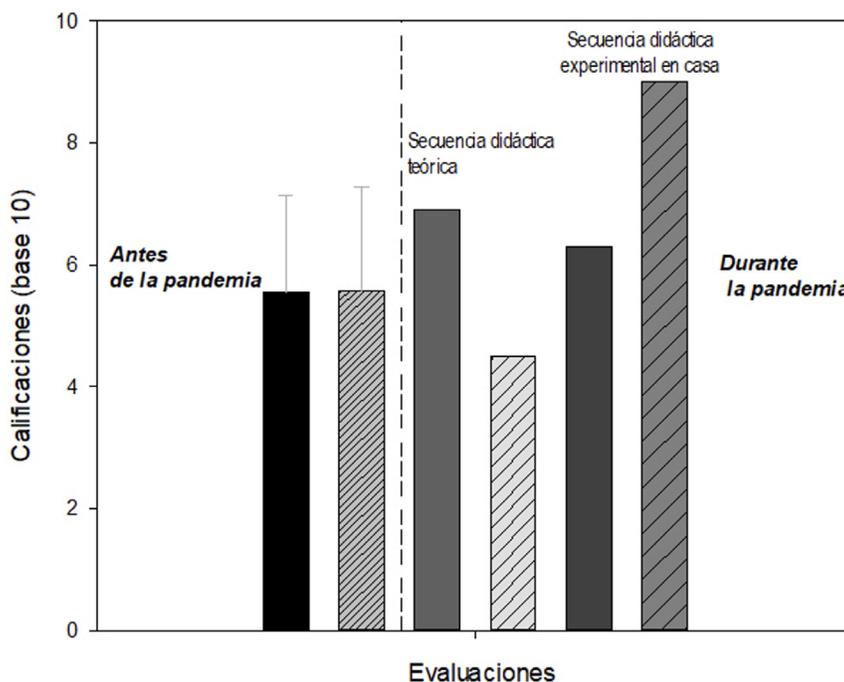
La práctica didáctica de los últimos tiempos se centra cada vez más en los estudiantes y no en los profesores, de tal forma que los planes de estudio han tenido reorientaciones relacionadas con un nuevo entendimiento del concepto de aprendizaje, dirigiéndose hacia el cumplimiento de estándares o resultados por parte de los estudiantes; resultados que pueden ser medidos de manera cualitativa y cuantitativa. Es en ese contexto que surge el aprendizaje basado en competencias (ABC), un enfoque "*basado en resultados, que incorpora formas particulares de impartir la instrucción y estrategias de evaluación diseñadas para evaluar el dominio del aprendizaje por parte de los estudiantes, a través de su demostración del conocimiento, las actitudes, los valores, las habilidades y los comportamientos requeridos por la profesión*" (Gervais, 2016). En esta modalidad, una competencia está integrada por tres componentes: una base de conocimientos de la disciplina de estudio, que se acompaña de recursos o herramientas internas, actitudes y valores) y herramientas procedimentales como proponen Pérez y Clem, 2017 (citados en García y Ledesma, 2002).

La implementación de la secuencia didáctica a casa, permitió cumplir con los objetivos de aprendizaje establecidos en la Tabla 1, que fueron diseñados cuando la secuencia didáctica incluía únicamente actividades teóricas. Sin embargo, al aplicar nuestra propuesta experimental, los objetivos de aprendizaje pueden establecerse en un nivel cognitivo más elevado, ya que las y los estudiantes no sólo requieren de comprender los fundamentos teóricos y prácticos de la determinación de almidón en alimentos; también deben poder aplicarlos para llevar a cabo su propia metodología. Por lo tanto, se propone que el nuevo objetivo de aprendizaje de esta secuencia sea "Aplicar las propiedades fisicoquímicas del almidón y las metodologías analíticas para su determinación en matrices alimentarias." En implementaciones posteriores de esta secuencia, sugerimos utilizar este objetivo de aprendizaje en sustitución a los mencionados en la Tabla 1.

Asimismo, se observó que trabajar con esta secuencia didáctica permitió que las y los estudiantes desarrollaran diversas competencias instrumentales que pueden clasificarse en **cognitivas**, relacionadas con la comprensión de conceptos; **metodológicas**, que permiten organizar el tiempo y desarrollar estrategias para resolver problemas; **tecnológicas**, que se relacionan con el uso de recursos TIC y de procesamiento de la

<sup>1</sup>A efecto de mantener el anonimato del texto, no se incluye en este manuscrito el enlace al padlet con los videos, si los revisores lo requieren, se proporcionará y en la versión pública del artículo se colocará la liga.

información y **lingüísticas** que tienen que ver con la comunicación oral y escrita; según la propuesta del proyecto Tuning (González J. y Wagenaar R (eds.), 2003). La adquisición de estas competencias se vio reflejada en un mejor desempeño en la evaluación sumativa (exámenes parciales) en comparación con los resultados obtenidos en semestres previos a la pandemia, así como en el semestre en el que la secuencia didáctica se implementó a distancia de manera teórica (Figura 1).



**FIGURA 1.** Promedio de las evaluaciones previas (sombreado sólido) y parciales (líneas diagonales). Antes de la pandemia se consideraron cuatro semestres con alumnos ( $n = 14 \pm 3$ ); para la secuencia teórica realizada durante la pandemia, se consideró  $n=23$ , y para la secuencia experimental en casa durante la pandemia  $n=9$ .

Los resultados observados en las evaluaciones parciales pueden explicarse si consideramos que la realización de actividades experimentales a distancia permite que las y los estudiantes construyan de manera más efectiva su aprendizaje. El hecho de que primero realicen la extracción del almidón, que luego les servirá para construir la curva patrón, hace que cuenten con una experiencia previa sobre las propiedades fisicoquímicas del compuesto analizado que luego aplican para su cuantificación. Por ejemplo, al experimentar por sí mismos la insolubilidad del almidón en agua a temperatura ambiente, y relacionarla como una propiedad que les permite extraerlo de la matriz del alimento. Por otro lado, el que los estudiantes realicen la planeación y el desarrollo de la curva patrón con materiales que se encuentran en casa, les exige que sean más cuidadosos con la preparación de las diluciones que se medirán como puntos de la curva, y les permite comprender la importancia de esta metodología de análisis cuantitativo.

## Conclusiones

Entre las lecciones que las y los docentes obtuvimos de la pandemia por Covid-19, se resalta la importancia de contar con materiales y secuencias de aprendizaje que puedan aplicarse en casa, de manera segura, reproducible y sin grandes requerimientos. En el área de la química experimental, esto resulta en un gran reto, porque buena parte de las técnicas que se estudian requieren el uso de equipos e instrumental costoso. Afortunadamente,

el avance de la tecnología brinda nuevos elementos que pueden utilizarse para suplir estos equipos; el desarrollo de aplicaciones tipo colorímetros en teléfonos inteligentes se aprovechó en este trabajo para hacer las veces de un espectrofotómetro. De esta manera, se implementó una secuencia didáctica con una nueva metodología para la cuantificación de compuestos por técnicas espectrofotométricas, que puede realizarse en cursos en línea o como actividad a casa, sin requerir el uso de equipo sofisticado o de costo elevado, y que contribuye a reforzar aprendizajes previos relacionados con técnicas analíticas de en la Química de Alimentos. Además, permitió proporcionar a estudiantes inscritos en cursos virtuales la oportunidad de desarrollar habilidades experimentales.

La secuencia didáctica implementada también fomenta la adquisición de competencias deseables para el perfil profesional de los estudiantes, no sólo de tipo metodológicas, también les permite desarrollar su capacidad de análisis y otras competencias *blandas* como el uso de aplicaciones móviles y de software o herramientas informáticas para compartir información gráfica. Por último, es importante destacar el hecho de que la evaluación sumativa reflejó un mejor grado de adquisición de los conocimientos esperados cuando las y los estudiantes realizaron la práctica a distancia, lo que demuestra que al permitir que los estudiantes planteen y resuelvan estrategias para el montaje de la metodología les ayuda a identificar de manera más clara cómo las características de la muestra en estudio, en este caso del almidón de papa influyen en la eficiencia de los métodos utilizados para su detección y cuantificación; además de que les permitió comprender mejor el funcionamiento y la utilidad de las curvas estándar y los métodos espectrofotométricos de análisis.

### Agradecimiento

Los autores quieren agradecer el apoyo otorgado al proyecto PAPIME PE208322 "Desarrollo de material multimedia para apoyo de la enseñanza en modalidad híbrida, LAI y LAII".

### Referencias

- Ambruso, K., y Riley, K. R. (2022). At-Home Laboratory Experiments for the Analytical Chemistry Curriculum. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 1125-1131. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00943>
- Bustos, M. C., Perez, G. T., y Leon, A. E. (2015). Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients. *RSC Advances*, 5(39), 30780-30792. <https://doi.org/10.1039/C4RA11857J>
- Gervais, J. (2016). The operational definition of competency-based education. *The Journal of Competency-Based Education*, 1(2), 98-106. <https://doi.org/10.1002/cbe2.1011>
- González J. y Wagenaar R (eds.). (2003). Tuning Educational Structures in Europe. Informe final. Proyecto Piloto-Fase 1. Bilbao: Universidad de Deusto. *Estudios sobre Educación*, 5, 239-239. <https://doi.org/10.15581/004.5.26536>
- Iturbe Chiñas, A. F. y Sandoval Guillén, B. J. (2011). Análisis de alimentos: fundamentos y técnicas. UNAM
- Kirschner, P. (1992). Epistemology, practical work and Academic skills in science education. *Science and Education*, 1, 273-299. <https://doi.org/10.1007/BF00430277>

- Kuntzleman, T. S., y Jacobson, E. C. (2016). Teaching Beer's Law and Absorption Spectrophotometry with a Smart Phone: A Substantially Simplified Protocol. *Journal of Chemical Education*, 93(7), 1249-1252. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00844>
- López Rua, A. M. L., y Tamayo Alzate, Ó. E. T. (2012). Las Prácticas De Laboratorio En La Enseñanza De Las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 8(1), 145-166.
- Luo, E. (2020). How to make sweet potato starch at home, 2020, consultado en 30 de julio de 2023 en la URL: <https://youtu.be/Q6GyJTXcBSw>
- Mahmoud, A., Hashim, S. S., y Sunarso, J. (2020). Learning permeability and fluidisation concepts via open-ended laboratory experiments. *Education for Chemical Engineers*, 32, 72-81. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.05.008>
- Mohammed, A. S. A., Naveed, M., y Jost, N. (2021). Polysaccharides; Classification, Chemical Properties, and Future Perspective Applications in Fields of Pharmacology and Biological Medicine (A Review of Current Applications and Upcoming Potentialities). *Journal of Polymers and the Environment*, 29(8), 2359-2371. <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02052-2>
- Pesek, S., Lehene, M., Brânzanic, A. M. V., y Silaghi-Dumitrescu, R. (2022). On the Origin of the Blue Color in The Iodine/Iodide/Starch Supramolecular Complex. *Molecules*, 27(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/molecules27248974>
- Santiago, D. E., Pulido Melián, E., y Vaswani Reboso, J. (2022). Lab at home in distance learning: A case study. *Education for Chemical Engineers*, 40, 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.05.001>
- Silva, G. M. de S., Veloso, C. M., Santos, L. S., Melo Neto, B. A. de, Fontan, R. da C. I., y Bonomo, R. C. F. (2020). Extraction and characterization of native starch obtained from the inhambu tuber. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 1830-1839. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04216-4>
- Streb, S., y Zeeman, S. C. (2012). Starch Metabolism in Arabidopsis. *The Arabidopsis Book / American Society of Plant Biologists*, 10, e0160. <https://doi.org/10.1199/tab.0160>
- UNAM, Facultad de Química. (2023). Programas de estudio, Analítica experimental I 1507, consultado en 30 de julio de 2023 en la URL: <https://goo.su/0nWFt>
- UNAM, Facultad de Química. (2023). Programas de estudio, Analítica experimental II 1607 consultado en 30 de julio de 2023 en la URL: <https://goo.su/ECEnb9>
- UNAM, Facultad de Química. (2023). Programas de estudio, Laboratorio de Alimentos I 1618 consultado en 30 de julio de 2023 en la URL: <https://cutt.ly/Q41HnK8>
- UNAM, Facultad de Química. (2023). Programas de estudio, Laboratorio de Alimentos II 1715 consultado en 30 de julio de 2023 en la URL: <https://goo.su/NmzpTU>
- UNAM, Facultad de Química. (2023). Programas de estudio, Laboratorio de Tecnología de Alimentos 1809 consultado en 30 de julio de 2023 en la URL: <https://goo.su/U0pXk>

- UNAM, Facultad de Química. (2023). Programas de estudio, Química Analítica Instrumental I 1612 consultado en 30 de julio de 2023 en la URL: <https://goo.su/md5Y>
- UNAM, Facultad de Química. (2023). Programas de estudio, Química de Alimentos I 1519 consultado en 30 de julio de 2023 en la URL: <https://goo.su/tGclmm>
- Wang, Y., Chen, L., Yang, T., Ma, Y., McClements, D. J., Ren, F., Tian, Y., y Jin, Z. (2021). A review of structural transformations and properties changes in starch during thermal processing of foods. *Food Hydrocolloids*, 113, 106543. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106543>
- Yang, Z., Zhang, Y., Wu, Y., y Ouyang, J. (2023). Factors influencing the starch digestibility of starchy foods: A review. *Food Chemistry*, 406, 135009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135009>
- Zulirfan, Z., Iksan, Z. H., Osman, K., y Mohd Salehudin, S. N. (2018). Take-home-experiment: enhancing students' scientific attitude. *Journal of Baltic Science Education*, 17(5), 828-837. <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.828>

## Anexo. Rúbricas para evaluar productos generados de las actividades de la secuencia didáctica implementada en casa para la determinación de almidón

### Rúbrica para evaluación de Video de Extracción de almidón

Rubro (Valor)	Nivel				
	Muy bien (100%)	Bien (80%)	Regular (60%)	Insuficiente (30%)	Inexistente (0%)
Identificación del desarrollador y del trabajo (1.5)	Completo		Incompleto		No encontrado
Sintaxis y ortografía (3)	0-1 errores	2-3 errores	4-6 errores	7-10 errores	Más de 10 errores
Comparte por Padlet y Classroom (3)	Sí, a tiempo	Sí, 1 día de retraso	Sí, 2-3 días de retraso	Si, +3 días de retraso	No
Incluye los pasos necesarios para la extracción del almidón (15)	Completos	Casi todo el procedimiento	La mitad del procedimiento	Menos de la mitad del procedimiento	No
Es creativo, llamativo y cumple con las especificaciones de tiempo y entrega. (6)	Si	Falta una de las características	Faltan 2 características	Faltan 3 características	No incluye ninguna característica
Referencias bibliográficas en formato APA (1.5)	Cumple todo	Faltan 1 o 2 referencias o no está en formato	Faltan 1 o 2 referencias y no está en formato	Faltan 3 o más referencias y/o no está en formato	No hay referencias

### Rúbrica para evaluación de presentación de curva de calibración para la cuantificación de almidón

Rubro (Valor)	Nivel				
	Muy bien (100%)	Bien (80%)	Regular (60%)	Insuficiente (30%)	Inexistente (0%)
Identificación del desarrollador y del trabajo (2)	Completo		Incompleto		No encontrado
Sintaxis y ortografía (4)	0-1 errores	2-3 errores	4-6 errores	7-10 errores	Más de 10 errores
Comparte por Padlet y Classroom (4)	Sí, a tiempo	Sí, 1 día de retraso	Sí, 2-3 días de retraso	Si, +3 días de retraso	No
Plantea correctamente los algoritmos con análisis adimensional para la elaboración de la curva de calibración. (20)	Si	Falta una de las características	Faltan 2 características	Faltan 3 características	No incluye ninguna característica
Incluye la evaluación del almidón en el agua de cocción de la pasta y datos de identificación de la pasta (8)	Si	Falta una de las características	Faltan 2 características	Faltan 3 características	No incluye ninguna característica
Referencias bibliográficas en formato APA (2)	Cumple todo	Faltan 1 o 2 referencias o no está en formato	Faltan 1 o 2 referencias y no está en formato	Faltan 3 o más referencias y/o no está en formato	No hay referencias

## Rúbrica para evaluación de presentación de documento para la cuantificación de almidón

Rubro (Valor)	Nivel				
	Muy bien (100%)	Bien (80%)	Regular (60%)	Insuficiente (30%)	Inexistente (0%)
Identificación del desarrollador y del trabajo (1.5)	Completo		Incompleto		No encontrado
Sintaxis y ortografía (3)	0-1 errores	2-3 errores	4-6 errores	7-10 errores	Más de 10 errores
Incluye el procedimiento completo para elaborar la curva de calibración de almidón, algoritmos. (15)	Si	Falta una de las características	Faltan 2 características	Faltan 3 características	No incluye ninguna característica
Incluye la evaluación del almidón en el agua de cocción de la pasta (6)	Si	Falta una de las características	Faltan 2 características	Faltan 3 características	No incluye ninguna característica
Responde ¿corresponde a una pasta pegajosa? (3)	Si, y lo justifica de manera correcta	Si, pero lo justifica de forma incompleta	Si, pero lo justifica de forma muy deficiente	Solo responde sin justificar	No
Referencias bibliográficas en formato APA (1.5)	Cumple todo	Faltan 1 o 2 referencias o no está en formato	Faltan 1 o 2 referencias y no está en formato	Faltan 3 o más referencias y/o no está en formato	No hay referencias