

Innovación para la enseñanza de la Química

APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN EL CONTEXTO DEL ANÁLISIS DE ALIMENTOS: PROPUESTA DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA

Joseline Hernández-Cázares¹, Ibrahim Guillermo Castro-Torres²

1- Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Programa de Maestría en Docencia de la Educación Media Superior (MADEMS). México.

2- Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Sur. México.

E-mail: ibrahim.castro@cch.unam.mx

Recibido: 05/11/2025 Aceptado: 27/12/2025.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/shrrj4yke>

Resumen. En esta secuencia didáctica se aplicó el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el análisis de alimentos, abordando el estudio de macronutrientes desde una perspectiva técnica y ética. Participaron 25 estudiantes de Química, organizados en cinco equipos que trabajaron durante tres sesiones presenciales. El alumnado resolvió un escenario ABP analizando una tabla nutrimental ficticia mediante ensayos bioquímicos y técnicas analíticas, construyendo tablas y aplicando fórmulas para interpretar los resultados. Se siguieron las fases del ABP de Boud: interpretación, definición, investigación y solución. En cada fase se registraron conductas y resultados que evidenciaron habilidades cognitivas como análisis de datos, evaluación de resultados y autorregulación. Los aprendizajes incluyeron la identificación y cuantificación de macronutrientes, la aplicación de metodologías analíticas y reflexiones éticas sobre la fiabilidad de los datos. Al finalizar, el alumnado comprendió la relación entre los análisis químicos y la elaboración de tablas nutrimentales confiables, reconociendo su impacto social.

Palabras clave: didáctica de la química, bachillerato, alimentos, aprendizaje basado en problemas, bioquímica

Problem-based learning in the context of food analysis: Proposal for a didactic sequence

Abstract. In this didactic sequence, Problem-Based Learning (PBL) was applied to food analysis, addressing the study of macronutrients from both technical and ethical perspectives. Twenty-five Chemistry students participated, organized into five teams that worked during three in-person sessions. The students solved a PBL scenario by analyzing a fictitious nutritional table using biochemical assays and analytical techniques, constructing tables and applying formulas to interpret the results. Boud's PBL phases were followed: interpretation, definition, investigation, and solution. In each phase, behaviors and outcomes were recorded, evidencing cognitive skills such as data analysis, result evaluation, and self-regulation. Learning outcomes included the identification and quantification of macronutrients, the application of analytical methodologies, and ethical reflections on data reliability. By the end, students understood the relationship between chemical analyses and the development of reliable nutritional tables, recognizing their social impact.

Keywords: chemistry education, high school, food, problem-based learning (PBL), biochemistry



Aprendizagem baseada em problemas no contexto da análise de alimentos: proposta de uma sequência didática

Resumo. Nesta sequência didática, aplicou-se a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no contexto da análise de alimentos, abordando o estudo dos macronutrientes a partir de uma perspectiva técnica e ética. Participaram 25 estudantes de Química, organizados em cinco equipes, que trabalharam ao longo de três sessões presenciais. Os estudantes resolveram um cenário de ABP por meio da análise de uma tabela nutricional fictícia, utilizando ensaios bioquímicos e técnicas analíticas, construindo tabelas e aplicando fórmulas para interpretar os resultados. Foram seguidas as fases da ABP propostas por Boud: interpretação, definição, investigação e solução. Em cada fase, registraram-se comportamentos e resultados que evidenciaram habilidades cognitivas como análise de dados, avaliação de resultados e autorregulação. As aprendizagens incluíram a identificação e quantificação de macronutrientes, a aplicação de metodologias analíticas e reflexões éticas sobre a confiabilidade dos dados. Ao final, os estudantes compreenderam a relação entre as análises químicas e a elaboração de tabelas nutricionais confiáveis, reconhecendo seu impacto social.

Palavras-chave: didática da química, ensino médio, alimentos, aprendizagem baseada em problemas, bioquímica

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la química enfrenta el desafío de vincular los contenidos teóricos con situaciones reales que permitan al alumnado desarrollar competencias científicas y éticas. En este contexto, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se ha consolidado como una estrategia constructivista que promueve la comprensión profunda y el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas complejos (Bodagh et al., 2017; Romero-Álvarez et al., 2008). Adaptar este enfoque a contextos reales representa una oportunidad para fomentar el pensamiento crítico, la autonomía y la aplicación práctica del conocimiento químico (Obaya et al., 2018).

El análisis de alimentos constituye un escenario idóneo para este propósito, pues integra saberes científicos con reflexiones éticas sobre la veracidad y confiabilidad de la información nutrimental, aspectos esenciales para la seguridad alimentaria (Ranbir et al., 2022; Desye et al., 2023). La transparencia y el compromiso con la calidad emergen como principios fundamentales en la formación del futuro profesorado y de los profesionales de la química.

En este marco, la enseñanza de la química basada en ABP no solo desarrolla habilidades analíticas, sino también una conciencia ética sobre el impacto social de los estudios nutrimentales (Lambert et al., 2018).

Diversos estudios en educación química han analizado el desarrollo de competencias científicas mediante contextos vinculados con la química de los alimentos. Investigaciones realizadas en nivel universitario señalan que el abordaje de problemáticas reales, como el análisis de macronutrientes, aditivos o contaminantes alimentarios, favorece la integración de conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales, fortaleciendo la capacidad del estudiantado para interpretar datos, tomar decisiones fundamentadas y comunicar resultados de forma crítica (Obaya et al. 2011; Williams et al., 2020). Estos enfoques han demostrado un impacto positivo en la comprensión de la química aplicada y en la percepción de relevancia social de la disciplina. En niveles de bachillerato y educación secundaria, la incorporación de la química de los alimentos como contexto didáctico ha

mostrado ser eficaz para el desarrollo de competencias científicas básicas, tales como la formulación de hipótesis, el diseño experimental y la evaluación de información proveniente de etiquetas nutrimentales y fuentes comerciales (Acevedo-Díaz, 2004; Sadler et al., 2007). Asimismo, estos estudios destacan que el análisis crítico de alimentos cotidianos contribuye a una alfabetización científica orientada a la toma de decisiones responsables en la vida diaria, particularmente en temas relacionados con la salud y el consumo informado.

De manera transversal, la literatura coincide en que la enseñanza de la química en contextos alimentarios permite articular el aprendizaje de conceptos químicos con dimensiones éticas, sociales y ambientales, reforzando un enfoque por competencias alineado con los objetivos de la educación científica contemporánea (Bybee, 2013; Hodson, 2009). En este sentido, el uso del Aprendizaje Basado en Problemas aplicado al análisis químico de alimentos se presenta como una estrategia pertinente para formar estudiantes capaces de interpretar información nutrimental con rigor científico, conciencia ética y responsabilidad social.

El propósito general de esta secuencia didáctica es favorecer en el alumnado la comprensión técnica y ética del análisis químico de los alimentos mediante la aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas, promoviendo el pensamiento crítico, la toma de decisiones responsable y la vinculación entre conocimiento científico y contexto social.

METODOLOGÍA

La secuencia didáctica se implementó en un grupo de 25 estudiantes, 10 mujeres y 15 hombres, quienes cursaron la asignatura de Química II del segundo semestre, del Plan de Estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Sur de la Universidad Nacional Autónoma de México. El alumnado fue dividido en 5 grupos de trabajo considerando la equidad de género. La implementación se desarrolló en 3 sesiones, dos de ellas de 120 minutos cada una y una tercera de 60 minutos. La secuencia didáctica se dividió en tres momentos de aprendizaje: inicio, desarrollo y cierre. En la fase de inicio se plantearon diferentes preguntas detonadoras de aprendizaje, en las fases de desarrollo y de cierre se siguieron las fases del ABP, considerando el esquema del pedagogo australiano J. David Boud (1993) (Figura 1).



Figura 1. Esquema del ABP seguido en la secuencia didáctica

En la Tabla 1 se muestran los propósitos de aprendizaje de la secuencia didáctica.

Tabla 1. Aprendizajes redactados de acuerdo con la Taxonomía de Bloom

El alumnado:

- Identifica los macronutrientes (carbohidratos, lípidos y proteínas) de las que están conformados los alimentos.
- Aplica las metodologías para identificar y cuantificar estos macronutrientes.
- Describe y analiza las metodologías empleadas.
- Relaciona el análisis de alimentos con la elaboración de una tabla nutrimental.
- Reflexiona sobre la importancia de la realización ética en el análisis en alimentos.

Las actividades de la secuencia didáctica se resumen en la Figura 2 y Figura 3.

FASE DE INICIO

1. Análisis del etiquetado de un alimento procesado
2. Resolución a preguntas detonadoras:
 - ¿Con qué frecuencia revisan la información nutrimental, la lista de ingredientes y el etiquetado frontal de los alimentos?
 - ¿Qué observan en la etiqueta de su alimento?
 - ¿Qué les interesaría aprender de lo que observan?
 - ¿Cómo piensan que se llega a la elaboración de una tabla nutrimental?

FASE DE DESARROLLO

Interpretación

1. Análisis reflexivo de una infografía sobre macronutrientes
2. Lectura del escenario problema sobre producto alimentario.
3. Planteamiento de ideas clave para resolver el problema.

Definición

4. Delimitar qué se requiere aprender para dar solución al problema.
5. Identificar conocimientos previos y áreas de oportunidad.
6. Establecer el plan de investigación.

Investigación

7. Uso de metodologías (experimental o documental)
8. Identificación de macronutrientos
9. Búsqueda de información fiable
10. Comparación de la información
11. Análisis crítico de resultados
12. Desarrollo de competencias científicas y digitales
13. Análisis normativo
14. Reflexión crítica y ética

FASE DE CIERRE

Solución

15. Reflexiones finales
16. Autoevaluación

Figura 2. Fases de la secuencia didáctica

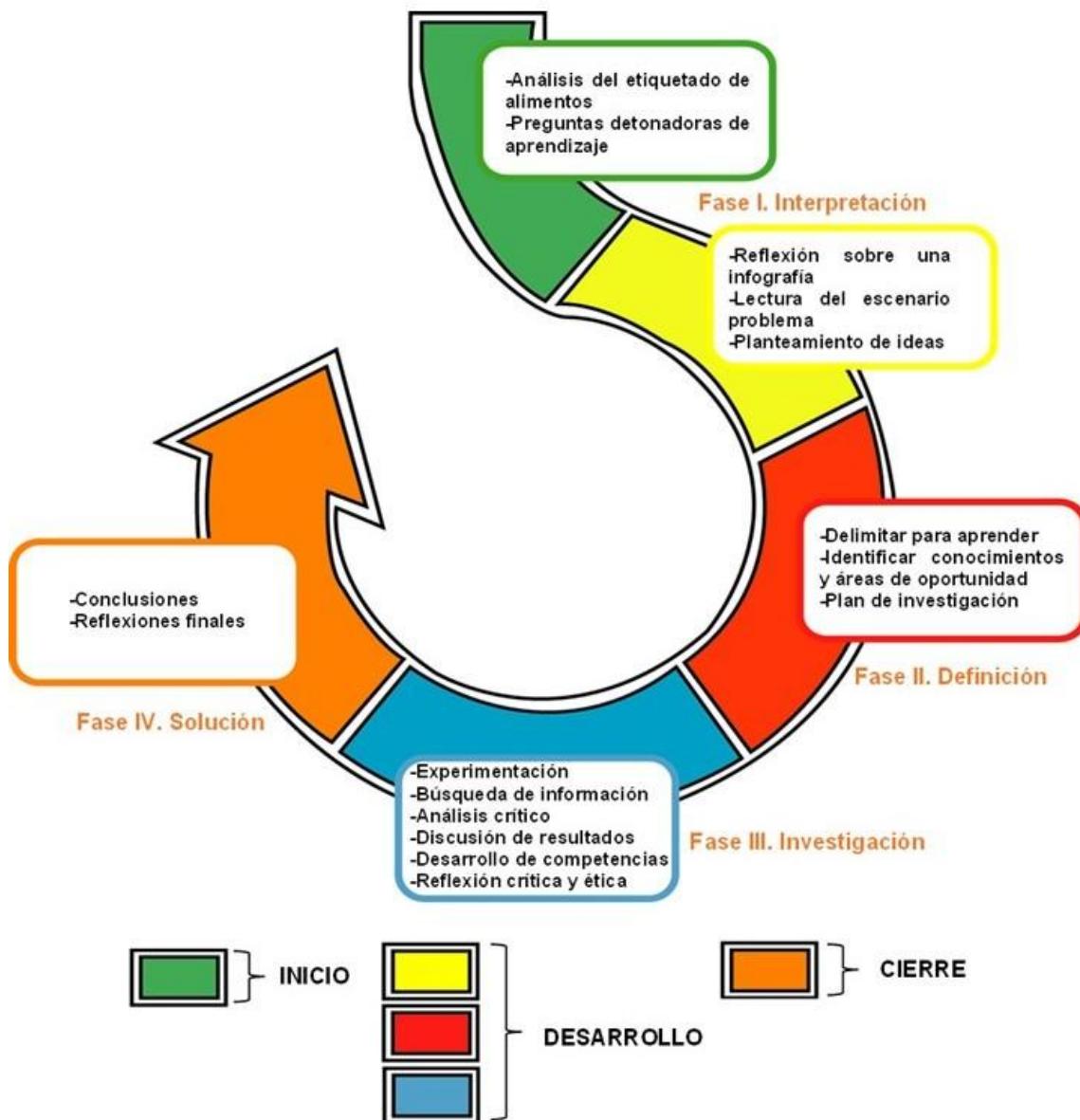


Figura 3. Esquema resumido del contenido de la secuencia

Se realizó un análisis cualitativo descriptivo en donde evaluamos algunas categorías esenciales (habilidades cognitivas del pensamiento crítico) en el enfoque de ABP: interpretación, análisis, evaluación, explicación y autorregulación. Estas habilidades cognitivas se pueden identificar en la Tabla 2.

Tabla 2. Categorías de análisis

Categorías del ABP	¿Qué se evaluó?	¿Cómo y con qué se evaluó?
Interpretación	Que el alumnado comprendiera y expresara el significado o relevancia de situaciones, datos o procedimientos	Se solicitó una evidencia escrita donde el alumnado registró lo que entendió y cómo lo relacionó con el problema. Diario de aprendizaje y rúbrica de discusión grupal.
Análisis	Que el estudiantado examinara con un cuidado minucioso las ideas, asimismo, identificara relaciones de inferencia y analizara argumentos planteados	Se observó la capacidad para dividir la información, detectar relaciones lógicas y formular inferencias. Cuestionario metacognitivo.
Evaluación	Que valorara la credibilidad de su situación problema	El profesorado anotó la capacidad de valorar fuentes, argumentos y soluciones viables. Debates e informes de ABP.
Explicación	Que cuidara la presentación de los resultados del razonamiento propio de manera reflexiva y coherente	Se observó la claridad, orden lógico, coherencia interna y adecuación del lenguaje. Rúbrica para evaluar su hoja de resultados.
Autorregulación	Que se presentara un monitoreo consciente de las actividades realizadas	El profesorado observó el monitoreo del propio proceso, identificación de errores y ajustes en su estrategia. Escala tipo Likert de autoevaluación.

La tabla 3 muestra una relación de las habilidades cognitivas evaluadas con las fases del ABP propuestas por Boud.

Tabla 3. Relación entre las fases del ABP y las categorías de análisis

Habilidades cognitivas	Fase I: interpretación	Fase II: Definición	Fase III: investigación	Fase IV: solución
Interpretación	El alumnado identifica términos clave y comprende el contexto del problema.	Reformula el problema con sus propias palabras.	Comprende la información que investiga	Integra la información para comprender la solución
Análisis	Distingue datos relevantes e irrelevantes en su escenario problema.	Divide el problema en partes lógicas y coherentes.	Compara enfoques	Contrasta las posibles soluciones
Evaluación	Cuestiona la claridad del problema.	Emite algún juicio sobre la definición del problema.	Valora la calidad de las fuentes de consulta	Justifica la solución elegida y su viabilidad
Explicación	Resume el problema en forma oral o escrita.	Formula hipótesis iniciales	Relaciona conceptos y los explica entre su equipo	Comunica la solución de forma clara y argumentada
Autorregulación	Reconoce qué sabe y qué necesita saber.	Establece propósitos de aprendizaje	Realiza ajustes en su investigación como sea necesario	Reflexiona sobre su aprendizaje y toma conciencia de sus errores o aciertos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los instrumentos de evaluación representaron evidencias clave para reflexionar sobre las habilidades cognitivas del pensamiento crítico. Creemos que se desarrolló la *interpretación*, ya que, en los diarios de aprendizaje, el alumnado registró su comprensión inicial del problema, identificó datos relevantes y contextualizó la situación. El análisis de estos datos permitió evidenciar cómo relacionaban los ingredientes con la elaboración de tablas nutrimientales y cómo interpretaban las implicaciones éticas del análisis. En este sentido, algunos equipos expresaron la importancia de registrar resultados con honestidad, aun cuando estos no coincidieran con los valores declarados en la etiqueta, reconociendo la responsabilidad científica y ética que implica comunicar datos veraces.

Otra de las habilidades evaluadas fue el *análisis*, donde los instrumentos clave fueron las rúbricas y los mismos diarios de aprendizaje anteriores. En ellos, el alumnado argumentó causas de errores en los análisis, identificó relaciones

entre normativas (NOM) y el etiquetado, y descompuso el problema en elementos técnicos y éticos. Durante las discusiones, surgieron reflexiones sobre el impacto que una información nutrimental incorrecta puede tener en la salud pública y en la confianza del consumidor, vinculando el ejercicio académico con la práctica profesional responsable.

Como resultado del escenario de ABP, el alumnado elaboró una hoja de resultados evaluada mediante una rúbrica, en la que registró la tabla de información nutrimental proporcionada y determinó, a través de ensayos bioquímicos colorimétricos y la preparación de disoluciones para generar escalas de color, las cantidades de azúcares, proteínas y lípidos. Este enfoque permitió transformar técnicas habitualmente cualitativas en analíticas, reportando los gramos de cada macronutriente. Los resultados mostraron que la declaración nutrimental solo reportaba correctamente el contenido de azúcares, mientras que los lípidos y las proteínas estaban muy por debajo de lo declarado. Esta discrepancia evidenció la importancia de una correcta declaración nutrimental, ya que una información inexacta puede confundir al consumidor y afectar sus decisiones alimentarias (Figura 4).

A través del cuestionario metacognitivo, el estudiantado reflexionó críticamente sobre la calidad de los resultados obtenidos, la credibilidad de la información y las decisiones tomadas durante el proceso. Este instrumento permitió identificar juicios fundamentados, valoraciones sobre la veracidad de los datos nutrimentales y toma de postura ante errores detectados; por lo tanto, inferimos que en este apartado se trabajó con la habilidad de *evaluación*. Los debates y los informes de ABP permitieron evaluar la *explicación*. En ambos formatos, el alumnado organizó ideas, justificó procedimientos técnicos y explicó cómo elaborar una tabla nutrimental a partir de análisis químicos. Además, demostró la capacidad de comunicar implicaciones éticas y sociales de manera clara y argumentada, como la necesidad de transparencia en la industria alimentaria y la protección del derecho del consumidor a una información veraz.

Mediante una escala Likert de autoevaluación, el alumnado valoró su propio desempeño, identificó fortalezas y debilidades en su proceso de aprendizaje, y reflexionó sobre los ajustes necesarios en futuras tareas. Este instrumento mostró el desarrollo de una conciencia crítica sobre su rol como analistas responsables y la comprensión de que la ética forma parte esencial del rigor científico y del compromiso profesional (autorregulación). En la Tabla 4 se relacionan las habilidades antes mencionadas con los aprendizajes planteados en la secuencia didáctica.

HOJA DE RESULTADOS

CARBOHIDRATOS

Burra energética CCH Fit 30 g	Declaración Nutrimental
Carbohidratos totales 1	18 g
Azúcares	6 g
Proteínas	10 g
Gorduras totales	0.5 g
Energya	120 kcal

PRUEBA DE BENEDICT

De azul a Rojo ladrillo \rightarrow

* 1 2 3 4

Soluciones Glucosa:

1% 2% 5% 10%
1g 2g 5g 10g \rightarrow Azúcar

LÍPIDOS

Contenido de grasa = 0.5 g en 30 g de la burra, cprox: 1.6%

Grasa 0.5 g $\times \frac{\text{g burra}}{30 \text{ g}}$

SUDAN III

Positive Negativo

Escala de color Sudan III (0.2%) Cultivo

Blanco 10 20 40 60 80 100 150 $\mu\text{L/mL}$

Masa de la burra:
 0.5 g
 1 g
 2.5 g
 5 g } Extracción Grasa Total/c
 Mezcla Hexano-Isopropano (3:2)

$\frac{\text{mg de Lipido extracto}}{\text{Lipido extracto}} = [\text{ug/mL}] \times \text{Volumen (mL)}$

$\% \text{ grasa (m/m)} = \frac{\text{mg lipido / 1000}}{\text{g muestra}} \times 100$

PROTEÍNAS

BIURET

Estándares de albúmina en agua 1mg/mL

0 0.25 0.5 1 2

Masa Burra:
 0.5 g
 1 g + 50 mL
 2.5 g agua
 5 g

Masa muestra Color Equivalente mg/mL Proteína estimada mg en 50 mL g Proteína por 30 g burra

0.5	0.5	2.5	1.5
1	0.6	3.0	0.9
2.5	0.4	2.0	0.24
5	0.3	1.5	0.09

La Tabla nutrimental Tampoco cumple con lo declarado sobre PROTEÍNA

Resumen de resultados

Muestra	Azúcar estimado (g)	Volumen de dilución (mL)	Concentración en %	Color
Agua	0	10	0	1
Gluc 1%	0.1	10	1	1
Gluc 2%	0.2	10	2	2
Gluc 5%	0.5	10	5	3
Gluc 10%	1	10	10	4
Burra 0.5 g	0.1	10	1	1
Burra 1 g	0.2	10	2	2
Burra 2.5 g	0.5	10	5	3
Burra 5 g	1	10	10	4

5g de burra contienen aprox. 1g de azúcar

Intonces en 30g de burra hay 6g de azúcar

La tabla dice lo correcto

$g/\text{burra} (30 \text{ g}) = \% \text{ grasa} \times \frac{30}{100}$

Masa muestra (g)	Vol Extracto mL	mg lípido extracto	% grasa (m/m)	g grasa en la burra de 30 g
1	20	1.2	0.12	0.036
1	20	1.6	0.16	0.048
2.5	20	7	0.040	0.012
2.5	20	1.2	0.048	0.014
5	20	1.1	0.022	0.007

El producto contiene MENOS grasa de la que declara

NINGUNO
Resultado cumple con la declaración de la burra

$1 \text{ g Muestra} = (0.6 \text{ mg/mL})(50 \text{ mL}) = 30 \text{ mg} = 0.03 \text{ g}$

En 30 g $0.03 \times 30 = 0.09 \text{ g Proteína}$

Figura 4. Hoja de trabajo con el reporte de resultados del alumnado, que contribuyó a la resolución de su problema. En ella se puede observar la tabla de información nutrimental que el profesorado les presentó como parte del problema a resolver

Tabla 4. Resultados observados en la secuencia

Fases del ABP	Habilidades cognitivas observadas	Descripción y relación con los aprendizajes
I. Interpretación ¿Qué podría estar pasando?	Interpretación Análisis Evaluación Explicación	El estudiantado identificó elementos necesarios para elaborar una tabla nutrimental y reconoció la posibilidad de errores en los análisis, comprendiendo su aplicación en el área de los alimentos. Se analizaron algunas fallas posibles en el control de calidad, relacionándolo con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). El alumnado evaluó la credibilidad de la empresa de su escenario problema y juzgó la veracidad de la declaración nutrimental. Uno de los equipos explicó de manera crítica posibles implicaciones éticas, abordando la importancia de resultados verídicos y éticos en el análisis de alimentos.
II. Definición ¿Qué sabemos?	Interpretación Análisis (limitado) Explicación	El alumnado asumió el rol de analista y comprendió la necesidad de conocer los ingredientes para una correcta elaboración de la tabla nutrimental. Se discutió la exigencia de emitir informes auténticos con repercusión legal, fortaleciendo el aprendizaje sobre la aplicación y descripción de metodologías de análisis. El análisis fue poco frecuente, aunque un grupo identificó la falta de datos precisos sobre las materias primas. La explicación surgió con reflexiones críticas sobre inconsistencias entre ingredientes y datos nutricionales.
III. Investigación ¿Qué no sabemos?	Interpretación Análisis Explicación	Surgió la necesidad de conocer cantidades exactas de ingredientes, y se relacionó el etiquetado con NOM específicas. Se identificó la importancia de los análisis químicos para validar la información nutricional y se reconocieron elementos como los hexágonos negros de advertencia. En la explicación, se demostró comprensión del procedimiento para elaborar tablas nutrimentales, incluyendo la consulta de bases de datos, determinación de energía, grasas, azúcares y otros nutrientes, lo cual evidencia la integración de contenidos técnicos y normativos del análisis de alimentos.
IV. Solución ¿Cuál es el problema?	Interpretación Autorregulación	Todos los equipos lograron identificar que un propósito importante del escenario problema fue reconocer que las tablas nutrimentales se derivan de análisis químicos estrictos, realizados bajo normas oficiales. Reflexionaron sobre la implicación ética y social de emitir resultados verídicos, alineándose con el aprendizaje relacionado con la importancia ética del análisis en alimentos. La autorregulación se manifestó en la reflexión sobre el propio aprendizaje y comprensión del papel del analista.

En este análisis se mostró cómo, a lo largo de cada fase del ABP, se desarrollaron distintas habilidades cognitivas relacionadas con los aprendizajes esperados: desde el reconocimiento de macronutrientes y metodologías, hasta la reflexión ética y normativa del análisis en alimentos.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

A través de esta secuencia didáctica se implementó el Aprendizaje Basado en Problemas en un contexto real y cercano al alumnado, favoreciendo un aprendizaje que trascendió la memorización de contenidos para centrarse en la investigación, la experimentación y la resolución activa de problemas. El estudiantado logró resolver el escenario planteado al identificar discrepancias en la información nutrimental analizada, evidenciando que el uso de técnicas químicas y el análisis crítico permiten validar la veracidad de la información dirigida al consumidor. Asimismo, la secuencia propició el desarrollo de competencias científicas aplicadas, ya que el alumnado no solo comprendió la función de los macronutrientes, sino que aprendió a identificarlos y cuantificarlos mediante metodologías específicas, fortaleciendo su capacidad para analizar información y tomar decisiones basadas en evidencia. Al finalizar el trabajo, se estableció una conexión explícita entre el análisis químico de alimentos y la ética de la metodología científica, destacando la importancia de la veracidad y la transparencia en el etiquetado nutrimental como un aspecto fundamental tanto para la industria alimentaria como para la salud pública. Finalmente, el proceso de evaluación integró conocimientos teóricos, habilidades experimentales y actitudes éticas, apoyándose en instrumentos variados como rúbricas y coevaluaciones, lo que permitió una valoración más integral del aprendizaje alcanzado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.
<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3968>
- Bodagh, N., Bloomfield, J., Birch, P., y Ricketts, W. (2017). Problem-based learning: a review. *British journal of hospital medicine (London, England: 2005)*, 78(11), C167-C170.
<https://doi.org/10.12968/hmed.2017.78.11.C167>
- Boud, D. (1993). Experience as the base for learning. *Higher education research and development*, 12(1), 33-44.
<https://doi.org/10.1080/0729436930120104>
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA Press.
- Desye, B., Tesfaye, A. H., Daba, C., y Berihun, G. (2023). Food safety knowledge, attitude, and practice of street food vendors and associated factors in low-and middle-income countries: A Systematic review and Meta-analysis. *PloS one*, 18(7), e0287996.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287996>
- Hodson, D. (2009). Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values. Sense Publishers.
<https://doi.org/10.1163/9789460910531>

- Lambert, T. P., Fuentes, M. C. M., y Blanco, D. M. L. (2018). La historia en la enseñanza de la Química y su concreción en el contexto de la formación ética del Licenciado en Educación Química. *Didáctica y Educación*, 9(4), 119-132.
<https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalia/article/view/797>
- Nicholus, G., Muwonge, C. M., y Joseph, N. (2023). The Role of Problem-Based Learning Approach in Teaching and Learning Physics: A Systematic Literature Review. *F1000Research*, 12, 951.
<https://doi.org/10.12688/f1000research.136339.2>
- Obaya, V. A., Vargas, R. Y. M., & Delgadillo, G. G. (2011). Aspectos relevantes de la educación basada en competencias para la formación profesional. *Educación química*, 22(1), 63-68.
[https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30116-2](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30116-2)
- Obaya, A., Vargas-Rodríguez, G. I., Lima-Vargas, A. E., y Vargas-Rodríguez, Y. M. (2018). Aprendizaje basado en problemas: ¿en qué tiempo se descompone la leche pasteurizada a temperatura ambiente? *Educación química*, 29(1), 99-109.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63701>
- Ranbir, Kumar, M., Singh, G., Singh, J., Kaur, N., y Singh, N. (2022). Machine Learning-Based Analytical Systems: Food Forensics. *ACS omega*, 7(51), 47518-47535. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c05632>
- Romero-Álvarez, J. G., Rodríguez-Castillo, A., y Gómez-Pérez, J. (2008). Evaluación de escenarios para el aprendizaje basado en problemas (ABP) en la asignatura de química de bachillerato. *Educación química*, 19(3), 195-200. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2008.3.25830>
- Romero Vásquez, K. L. (2024). El pensamiento crítico en la enseñanza de la química de los alimentos desde diferentes enfoques. *Vox Humana: Journal of Social Affairs*, 3(2), 26-31.
<https://doi.org/10.56183/vox.v3i2.646>
- Sadler, T. D., Barab, S. A., y Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education*, 37(1), 371-391. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9030-9>
- Williams, K. L., Redman, Z. C., Hengel, M. J., & Wong, J. W. (2020). Analysis of pesticides in plant foods by QuEChERS and gas chromatography-mass spectrometry: An undergraduate laboratory experiment. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 226-233.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00476>