

Nixtamalización en el laboratorio: del grano de maíz a la tortilla

Nixtamalization in the Laboratory: From Corn Grain to Tortilla

Mario Omar García-Sánchez¹ y Carlos Sánchez-Bracamontes¹

Resumen

Este trabajo presenta una propuesta didáctica dirigida a estudiantes de bachillerato que cursan la asignatura de Química. El objetivo es favorecer la apropiación y aplicación de conocimientos vinculados con la herencia cultural, social y gastronómica de los pueblos originarios. La propuesta se centra en el tratamiento químico del maíz —alimento fundamental en diversas culturas— mediante el proceso de nixtamalización. Inicia con un pretest para diagnosticar los saberes; en la fase experimental se promueve la interacción con el maíz, desde la limpieza del grano hasta la cocción de una tortilla, integrando contenidos como preparación de disoluciones, formación de mezclas y conceptos ácido-base. Además, incorpora una perspectiva sustentable a través del tratamiento del residuo generado o *nejayote*. Finalmente, el posttest permite valorar el aprendizaje alcanzado. El trabajo fomenta la integración de conocimientos científicos y tradicionales, visibilizando la interculturalidad y la riqueza de los saberes que se mantienen vigentes hasta hoy.

Palabras clave: Nixtamalización, educación intercultural, enseñanza de la química, saberes tradicionales, sustentabilidad.

Abstract

This paper presents a didactic proposal aimed at high school students enrolled in the Chemistry course. The objective is to promote the appropriation and application of knowledge related to the cultural, social, and gastronomic heritage of Indigenous peoples. The proposal focuses on the chemical treatment of corn—an essential food in various cultures—through the nixtamalization process. It begins with a pretest to assess prior knowledge; during the experimental phase, students engage with corn from cleaning the grain to cooking a tortilla, integrating topics such as solution preparation, mixture formation, and acid-base concepts. In addition, it incorporates a sustainable perspective by addressing the treatment of the generated residue, or *nejayote*. Finally, a post-test evaluates the learning outcomes. The project fosters the integration of scientific and traditional knowledge, highlighting interculturality and the richness of ancestral wisdom that remains relevant today.

Keywords : nixtamalization, intercultural education, chemistry teaching, traditional knowledge, sustainability.

CÓMO CITAR:

García-Sánchez, M. O., y Sánchez-Bracamontes, C. (2025, noviembre). Nixtamalización en el laboratorio: del grano de maíz a la tortilla. *Educación Química*, 36(Número especial). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.4.91803e>

¹ Plantel Álvaro Obregón I “Gral. Lázaro Cárdenas del Río”, Instituto de Educación Media Superior de la Ciudad de México, México.

Introducción

El origen del proceso de nixtamalización data del primer milenio antes de nuestra era, cuando las culturas mesoamericanas domesticaron el teocintle y dieron lugar a nuevas especies de maíz (Vargas, 2014). Con el paso del tiempo, el conocimiento de esta técnica fue heredado, pues su importancia antropológica atravesó los límites culturales y temporales para volverse un saber tradicional de nuestros pueblos originarios, cuya práctica se mantiene vigente hasta nuestros días. Este procedimiento tiene como producto un conjunto de alimentos base de la gastronomía de México y Centroamérica, como lo son las tortillas, los tamales, el atole y el pozole, entre otros.

El consumo de maíz forma parte de la identidad culinaria en la sociedad mexicana, y es gracias a la nixtamalización que se puede saborear y degustar (Rivera et al., 2021). El término “nixtamalización” proviene del náhuatl *nixtli*, que se refiere a cenizas, y *tamalli*, que significa masa. La técnica consiste en la cocción del maíz durante un intervalo de 50 a 90 minutos con una solución de cal, remojo de 14 a 18 horas, lavado de 2 a 3 veces, molienda del grano con humedad del 48 al 55 % y finaliza con una cocción de 60 a 90 minutos. El producto es lo que en náhuatl se conoce como *tlaxcalli*, nombrado posteriormente por los españoles como tortilla (Paredes et al., 2010).

El proceso de nixtamalización mejora notablemente el valor nutricional del maíz. Gracias a la eliminación del pericarpio y a las transformaciones químicas que ocurren durante la cocción en agua con cal, se incrementa la biodisponibilidad de aminoácidos esenciales, en especial la niacina (vitamina B3). Además, este tratamiento enriquece el grano con minerales como el calcio, que es absorbido durante la cocción y convierte a la tortilla en una fuente que cubre aproximadamente la mitad de las necesidades diarias de los adultos mexicanos, y de hierro, que puede aportar hasta un 62 % de los requerimientos. Aunque el maíz en estado natural es bajo en calcio, la nixtamalización eleva su concentración hasta en un 400 %, lo que convierte a la tortilla en un alimento estratégico para la nutrición de la población (García y Gómez, 2023).

Como parte de cualquier proceso químico, la nixtamalización no queda exenta de la generación de residuos, siendo el principal producto el nejayote, definido como el agua residual donde fue cocido el maíz y que posee una alta alcalinidad debido a su contenido en cal. Si el nejayote recibe un tratamiento adecuado, adquiere un valor agregado; por ejemplo, contiene compuestos fenólicos que pueden extraerse de él y que son usados como agentes antioxidantes y nutricionales en la industria farmacéutica. También pueden aprovecharse los sólidos insolubles que contienen 45 % de fibra dietética utilizada en la producción de cereales. El nejayote contiene compuestos que lo hacen ideal para el tratamiento de aguas residuales, para la producción de fertilizantes orgánicos e incluso como medio de cultivo para pruebas de calidad en la industria cosmética. Si el nejayote es usado para la producción de biogás rico en metano, puede tener un potencial energético de hasta 20.4 kWh/m³, lo cual puede cubrir los requerimientos energéticos de los equipos y servicios que se encargan del tratamiento de los residuos de la nixtamalización (Vázquez-López et al., 2023).

La nixtamalización no solo tiene relevancia culinaria, sino también económica, social y cultural, pues el maíz es el principal cultivo comercial en nuestro país, el principal grano de consumo y el eje de desarrollo de nuestra sociedad. Este proceso forma parte de la generación de conocimientos tradicionales vivos de los pueblos originarios, que deben ser considerados dentro de los contenidos educativos para que se encuentren en armonía con las circunstancias culturales de los estudiantes (Valladares, 2010). Desde una perspectiva de la educación en Química, la nixtamalización es una fuente rica de conocimientos científicos, pues se basa principalmente en una reacción química que genera cambios en las propiedades de la materia, en este caso en los granos de maíz, y cuya comprensión permite a los estudiantes establecer vínculos entre la ciencia y su contexto cultural.

En México se busca que la educación sea un medio para eliminar las asimetrías y exclusiones de la diversidad cultural, reconociendo la educación intercultural, que permite apreciar, valorar y preservar la diversidad cultural. Asimismo, la educación científica intercultural es una coyuntura para que las personas (estudiantes) transformen su cultura sin dejar de lado su identidad, aprovechando los conocimientos científico-tecnológicos (García y Lazos, 2016).

Propuesta didáctica

La propuesta tiene como objetivos comprender y aplicar el proceso de nixtamalización como parte de la herencia antropológica de nuestros pueblos originarios. La misma se desarrolla en tres etapas: 1) un pretest para conocer los conocimientos con los que cuentan los estudiantes antes del desarrollo experimental, 2) una sección práctica que consta de dos sesiones, en diferentes días, para llevar a cabo el tratamiento de los granos de maíz hasta la elaboración de la tortilla y 3) un posttest para identificar si la apropiación de conocimientos fue lograda.

Pretest

Como parte de la recopilación de los saberes previos, el pretest se conformó por 10 preguntas a responder dicotómicamente. La intención fue identificar conocimientos sobre el proceso de forma específica.

- ☐ El proceso para hacer tortillas fue inventado en el siglo pasado.
- ☐ Para hacer tortillas se necesita cal.
- ☐ La cal que se utiliza para hacer tortillas es la misma que la de construcción.
- ☐ La cantidad de cal es importante para la preparación de tortillas.
- ☐ El tiempo para hacer tortillas es de solamente un día.
- ☐ Las tortillas solamente pueden ser blancas o amarillas.
- ☐ El nixtamal se forma cuando el maíz se cuece con cal y se muele.
- ☐ El proceso de nixtamalización mejora el valor nutricional del maíz.
- ☐ El proceso de nixtamalización solo tiene importancia gastronómica.
- ☐ Los residuos de la producción de tortillas se vierten al drenaje.

Desarrollo experimental

Los procedimientos se dividen en dos sesiones: la primera con una duración aproximada de 90 minutos y la segunda de 120 minutos.

Materiales	Sustancias
Primera sesión: 1 vaso de precipitados de 500 mL Espátula Balanza digital Cuchara de madera Segunda sesión: 2 vasos de precipitados de 1000 mL Potenciómetro Molino de grano manual Charola plana Comal Tortilladora Coladores flexibles Ambas sesiones: Parrilla de calentamiento Guantes y lentes de seguridad	Primera sesión: Granos de maíz amarillo Cal para nixtamal (alimenticio) Segunda sesión: Ácido nítrico 0.1M Ambas sesiones: Agua potable

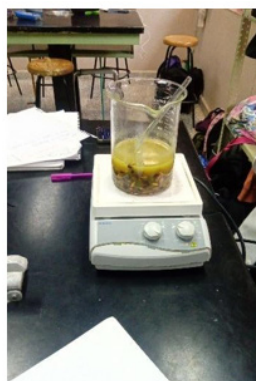
Procedimiento de la primera sesión:

1. Limpiar visualmente los granos de maíz.
2. Medir 150 gramos de granos limpios.
3. Preparar 300 mL de una disolución 1 % m/m de cal para nixtamal (hidróxido de calcio) y colocarla en el vaso de precipitados de 500 mL.
4. Precalentar la disolución de hidróxido de calcio por 15 minutos.
5. Colocar los granos en el vaso de precipitados de 500 mL.
6. Comenzar la cocción (por 50–90 min) a aproximadamente 150–200 °C (Figura 1-a).
7. Revisar periódicamente (cada 5 minutos) hasta que se remueva fácilmente la cáscara del grano de maíz.
8. Apagar y dejar reposar de 12 a 24 horas, cubriendo el recipiente.

Procedimiento de la segunda sesión:

1. Lavar los granos de maíz con agua potable (2–3 veces), preservando el residuo (nejayote) en un vaso de precipitados de 1000 mL (Figura 1-b).

2. Medir el pH del nejayote (residuo) y guardar (Figura 1-c).
3. Moler los granos ya sea en metate (Figura 1-d) o en molino (Figura 1-e) y recolectar la harina.
4. Colocar agua tibia en la harina hasta obtener consistencia de masa.
5. Precalentar el comal.
6. Tortear (dar forma de tortilla a la masa).
7. Cocer la tortilla (Figura 1-f).
8. Eliminar la materia orgánica del nejayote.
9. Neutralizar con ácido nítrico 0.1 M dentro de la campana de extracción, utilizando el potenciómetro.
10. Verter el residuo en áreas verdes.



a)



b)



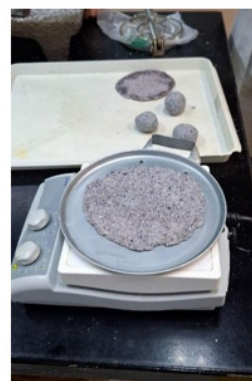
c)



d)



e)



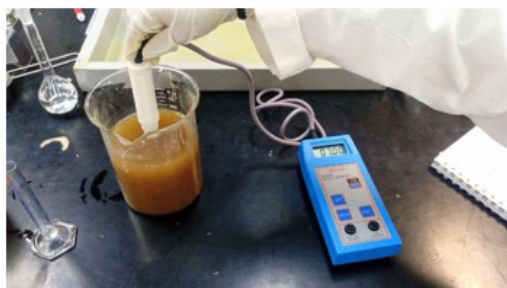
f)

FIGURA 1. a) Cocción del maíz. b) Lavado del maíz. c) Separación del nejayote. d) Molienda con metate. e) Molienda con molino. f) Cocción de la tortilla.

Consideraciones docentes metodológicas

La parte teórica del trabajo está abierta a la aplicación de conceptos de los cursos de Química de manera integral; en esta propuesta se implementa el cálculo y preparación de disoluciones porcentuales de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, propiedades y preparación de mezclas (tanto

homogéneas como heterogéneas) y métodos de separación, como el usado con el colador en el lavado de los granos. Además, es posible incluir el desarrollo práctico de conceptos como la neutralización de ácidos y bases, así como el manejo de residuos, con la finalidad de desechar de manera ecológica el nejayote, haciendo uso del potenciómetro y de la escala de pH (Figura 2).



a)



b)

FIGURA 2. **a)** Neutralización del nejayote. **b)** Irrigación de áreas verdes.

Además de los conceptos químicos teóricos, resulta necesario reflexionar sobre cómo los saberes de nuestros antepasados —pueblos indígenas u originarios— han trascendido hasta la actualidad. Esto puede abordarse antes de iniciar la sesión práctica, pero después de haberse aplicado el pretest, a partir de cuatro reflexiones principales: 1) antigüedad del proceso de nixtamalización, 2) componentes necesarios para el nixtamalizado, 3) impacto de la nixtamalización en la vida diaria y 4) residuos producidos por la nixtamalización.

Dentro de la primera reflexión se puede indicar que el proceso se remonta entre 3 225 y 3 525 años atrás, lo que permite ubicar su práctica antes de nuestra era (a.e.c.). Con ello se resalta su trascendencia, pues es un conocimiento tradicional, heredado de generación en generación y que se mantiene vigente hasta hoy en día. La segunda consideración se basa en puntualizar ingredientes locales e indispensables para hacer nixtamal, tomando en cuenta parte de la diversidad de maíz cultivado en México y la pureza que debe tener la cal a utilizarse (en este punto se puede considerar cómo los pueblos originarios utilizaban y siguen utilizando ceniza en vez de cal). Además, se puede incluir el uso del metate como instrumento desarrollado hace siglos y que, tanto en zonas urbanas como rurales, se mantiene vigente.

La tercera reflexión abarca el impacto que tiene el proceso de nixtamalización dentro del mejoramiento nutricional, la herencia gastronómica milenaria, la identidad alimentaria (tortillas, tamales y atoles) y el impacto en la economía de la población como parte de la dieta cotidiana. Finalmente, la cuarta consideración propone un punto disruptivo al conocimiento tradicional, pero que toma en cuenta los problemas ambientales de la actualidad, pues visibiliza la obligación de manejar, tratar y gestionar adecuadamente los residuos de la nixtamalización.

En cuanto a la parte experimental, hay ciertas recomendaciones necesarias para una adecuada ejecución. Es posible el uso de diferentes especies de granos de maíz, pero debe considerarse su tiempo de cocción, pues puede ser variable entre ellas (Roque-Maciél et al., 2016). Es importante que durante la cocción se procure mantener cierta cantidad de la disolución de cal, con la finalidad de que el grano siempre esté en remojo; tiempos prolongados de cocción pueden promover la pérdida por evaporación de la disolución.

Una mezcla periódica de los granos con la disolución permite una cocción homogénea; si es excesiva, puede romper los granos, lo que haría pegajosa a la harina. El tiempo de reposo del nejayote es mínimo de 12 horas, pero si las condiciones de programación de las clases no lo permiten, puede extenderse hasta 24 horas, siempre y cuando se mantengan los granos en la disolución (Enríquez-Castro et al., 2024). Uno de los pasos más relevantes es la remoción del exceso de cal de los granos mediante lavados con agua potable; visualmente esto se logra cuando el agua de lavado es más clara, o bien puede realizarse utilizando el potenciómetro hasta alcanzar un valor cercano a 7 del agua residual.

La molienda del maíz puede realizarse utilizando un metate, instrumento de roca volcánica empleado desde la época prehispánica para moler granos y semillas. Consiste en una piedra rectangular, con o sin patas, acompañada por una piedra cilíndrica (metlapil) que permite triturar los alimentos sobre la superficie. Si se cuenta con este, lo fundamental es lograr que el tamaño de la harina sea lo más pequeño posible, algo que se consigue con más de una molienda o bien ajustando el molino; además, es posible utilizar un tamiz o colador para homogeneizar el tamaño de la harina. En este aspecto, se recomienda contar con al menos un molino por equipo para optimizar los tiempos del proceso.

En caso de que la masa sea quebradiza, puede agregarse más agua tibia; si se vuelve pegajosa, se añade más harina o bien un poco de cal hasta alcanzar la consistencia deseada. La neutralización del nejayote se puede realizar con una mayor concentración de ácido nítrico, con el objetivo de reducir la cantidad de residuos. Finalmente, el nejayote neutralizado puede utilizarse en la irrigación de áreas verdes dentro de la institución, ya que los subproductos de la nixtamalización son una fuente de calcio y nitrógeno para las plantas de los jardines. Si bien existen otros usos para el nejayote, como la producción de biogás o sustrato para el crecimiento microbiológico, en esta propuesta nos enfocamos en su aplicación como agua de riego, por la fácil accesibilidad de los materiales necesarios para este fin y su aplicación como parte de una química más sustentable.

Postest

Para identificar la apropiación de los nuevos conocimientos, se realizó el mismo cuestionario utilizado en el pretest.

Resultados y discusión

La implementación de la propuesta se realizó con estudiantes de dos grupos de la asignatura de Química 2 de cuarto semestre, con rangos de edad entre 15 y 19 años. El primer grupo, correspondiente al turno matutino, estaba conformado por 20 estudiantes, y el segundo, perteneciente al turno vespertino, por 30 estudiantes. Tras la realización del pretest y el postest, solamente se cuenta con la información correspondiente a 37 estudiantes que contestaron ambos cuestionarios.

En la Figura 3 se realiza un resumen con los porcentajes de verdadero y falso para cada pregunta. En el mismo, se observa que el 41 % de los estudiantes, al comienzo de la práctica, indicó que las tortillas fueron inventadas en el siglo pasado; después de la práctica, solamente el 35 % lo seguía afirmando, de ahí la importancia de reafirmar que las tortillas son un producto anterior a la era común. El 86 % sabe que es necesaria la cal para hacer tortillas; al término de la segunda sesión de práctica, lo sabía el 92 %, lo que permite considerar que las competencias prácticas ayudan a relacionar el conocimiento empírico y

fortalecerlo. Un 14 % de los estudiantes creía que la cal usada en la construcción es la que se utiliza en la producción de tortillas; al término de la práctica, lo creía el 19 %, por lo cual fue importante exhortarlos a revisar la Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, donde se precisa una pureza mínima del 90 % para el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Secretaría de Salud [SSA], 2002), en contraste con el menor porcentaje de la cal de construcción, 78 %–85 %.

¿Qué sé sobre cómo hacer tortillas?

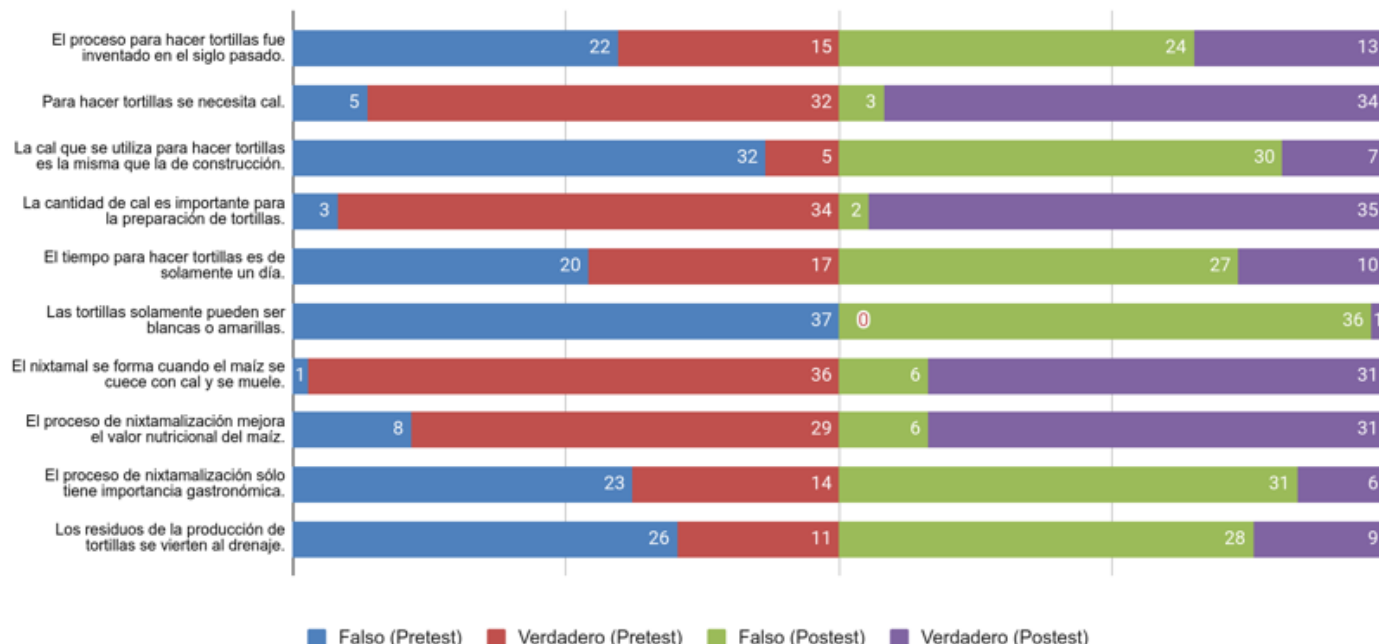
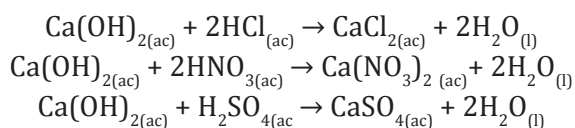


FIGURA 3. Pretest y postest.

Al inicio de la práctica, el 100 % de los discentes sabían que no existe solamente el tipo de maíz blanco o amarillo; al finalizar, lo pensaba solamente el 98 %. A pesar de trabajar con variedades diferentes en el laboratorio y cada equipo solamente con una de ellas, fue necesario detallar que en México se consideran 64 razas de maíz (Garnica Romo et al., 2024). De los 37 estudiantes, el 78 % pensaba que la nixtamalización mejora el valor nutricional del maíz; al término de la sesión experimental, lo pensaba el 84 %, por lo que fue necesario especificar que existe un incremento en la fibra dietaria, la cual pasa de 0.9 % en el maíz crudo a 1.3 % en la masa nixtamalizada y 1.7 % en las tortillas cocidas, favoreciendo así funciones fisiológicas. El 30 % de los estudiantes reconoce la importancia del tratamiento de los residuos en el proceso de producción de tortillas, básicamente el nejayote; al final de la práctica, solamente el 24 % lo reconocía.

Por otra parte, es importante resaltar que el nejayote es un residuo altamente alcalino con altas concentraciones de materia orgánica que, al descargarse en diferentes cuerpos de agua, aumenta la turbidez y disminuye el oxígeno, afectando a diferentes organismos acuáticos y convirtiéndose en un problema ambiental (Vacio-Muro et al., 2020). Por ello, su tratamiento es indispensable y se propone su neutralización y posterior uso como agua de riego para áreas verdes. En el laboratorio puede ser tratado con ácidos como el ácido clorhídrico, nítrico y/o sulfúrico. Cada uno de ellos provee una sal rica en calcio que puede

ser aprovechada según la necesidad. De forma habitual, el calcio aportado al suelo se realiza a través de carbonato de calcio (CaCO_3), que permite modificar el pH ácido en un tiempo prolongado. Según el ácido utilizado en la neutralización, se puede obtener alguno de los siguientes productos: sulfato de calcio (CaSO_4), que permite modificar el pH, la salinidad y el exceso de sodio; cloruro de calcio (CaCl_2) y nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), que aportan calcio a suelos neutros o alcalinos que tienen baja retención del elemento (Viñedo, 2017). En nuestro caso, la propuesta se centró en el ácido nítrico, pues el producto generado (nitrato de calcio) es muy soluble en comparación con el sulfato de calcio y no genera subproductos tóxicos como los generados con el cloruro de calcio (Hirzel, Toloza y Novoa, 2016).



Mediante la realización del proceso de nixtamalización a lo largo de esta propuesta, se buscó que los estudiantes adquirieran una nueva perspectiva sobre la enseñanza de las ciencias, como lo es la Química, para contribuir a la educación científica intercultural. Para lograrlo, se relacionaron los saberes escolares con los originarios sin jerarquizar uno sobre otro y reconociendo que ambos aportan perspectivas válidas para comprender los fenómenos (García y Lazos, 2016).

En este sentido, se puede observar que las respuestas entre el pretest y el postest no fueron las esperadas y que pareciera que los conocimientos tradicionales sobre la nixtamalización no fueron apropiados de manera completa. Sin embargo, al ser una práctica planeada y ejecutada en dos sesiones, y considerando las diferentes operaciones realizadas —pesaje, cocción, lavado, molido, cocci3n y neutralización—, resultó inviable que todos los integrantes de cada equipo participaran en todas las operaciones. Por lo cual, se considera que la variación de algunas respuestas en el pretest y postest se derivó de una observación parcial durante el desarrollo de la práctica experimental. Además, factores como la falta de compromiso al responder ambas pruebas, el desfase temporal al contestarlas en diferentes momentos, la limitada conectividad a internet y los problemas de acceso a dispositivos influyeron directamente en los resultados. Una posible solución sería establecer un periodo y espacio específicos para responderlas e incentivar su participación mediante retroalimentación inmediata.

Conclusiones

La actividad experimental permitió a los estudiantes reconocer las implicaciones culturales, históricas y sustentables que derivan del proceso de nixtamalización. Además, favoreció la participación significativa en una práctica que es herencia de nuestros pueblos originarios y que hoy en día se mantiene vigente, pues forma parte de nuestra identidad. Sin embargo, su ejecución no quedó exenta de mejoras, ya que los resultados entre ambas pruebas no fueron los esperados, debido a la poca participación, la falta de seriedad en su resolución y problemas con la logística.

A pesar de ello, este ejercicio resalta la importancia de valorizar la educación intercultural, ya que posibilita que los estudiantes integren los conocimientos tradicionales —los cuales son la base y estructura medular del conocimiento contemporáneo sobre la nixtamalización— con los científicos propios de la asignatura de Química.

Como perspectiva, se desea visibilizar el conocimiento de la comunidad o círculo familiar de los estudiantes respecto al proceso de nixtamalización e identificar mejoras al procedimiento propuesto. Ello podría dar información sobre cómo se adquieren estos saberes originarios en generaciones contemporáneas y establecer si existe alguna trayectoria de este conocimiento entre el campo y la ciudad, permitiendo visibilizar su trascendencia intercultural.

Además, resulta fundamental indagar qué tanto conocen los estudiantes sobre la ruta de la nixtamalización antes de comenzar con el desarrollo de la práctica. Es posible que algunos hayan participado activamente en las distintas partes del proceso —sembrando y cosechando el maíz, cociéndolo, visitando o utilizando el molino y elaborando alguna preparación culinaria—, mientras que otros solo lo conozcan nula o parcialmente. Por ello, se sugiere que como actividad previa los estudiantes realicen una investigación de campo, considerando el entorno donde viven y el acceso que puedan tener a una parcela, molino, tortillería o expendio de comida. Si bien no todos podrán acceder a los mismos espacios, es importante reconocer cada posibilidad y rescatar la información que aporten sobre los procesos en los que intervienen las personas, de manera directa o indirecta. De esta forma, los saberes heterogéneos de los estudiantes enriquecerán el inicio, el desarrollo e incluso el cierre de la práctica, favoreciendo la construcción de un aprendizaje significativo, intercultural, científico y contemporáneo.

Referencias

- Díaz-Montes, E., Castro-Muñoz, R., y Yáñez-Fernández, J. (2016). Exploración del subproducto de la nixtamalización, nejayote: un panorama. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 8(2), 41–60. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2016.03.002>
- Enríquez-Castro, C. M., Contreras-Jiménez, B., y Morales-Sánchez, E. (2024). *Innovation in nixtamalization by extrusion using the wet process*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1004159>
- García Franco, A., y Gómez Galindo, A. A. (2023). La milpa y la alimentación en México. *Educación Química*, 34(Número especial), 108–116. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.4.86339e>
- García Franco, A., y Lazos Ramírez, L. (2016). Diseño de materiales para la educación científica intercultural: el cultivo de la milpa en México como ejemplo para el diálogo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(3), 851–870. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4562/2986>
- Garnica Romo, M. G., y Martínez-Flores, H. E. (2024). El maíz y la tortilla: la base de la alimentación del mexicano. *Milenaria, Ciencia y Arte*, (24), 22–25. <https://doi.org/10.35830/mcya.vi24.536>
- Hirzel, J., Toloza, S., y Novoa, F. (2016). Evolución a corto plazo de las propiedades químicas en dos suelos de la zona centro sur de Chile fertilizados con diferentes fuentes de calcio. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(3), 217–227. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902016005000006>

- Paredes López, O., Guevara Lara, F., y Bello Pérez, L. A. (2010). La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias*, 92(92), 60–70. <https://revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/14831>
- Rivera Chavira, B. E., Morales Corral, D., Gómez Méndez, M. G., y Nevárez Moorillón, G. V. (2021). Consumo responsable de la tortilla de maíz: una herencia que debemos cuidar. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 25, 9–14. <http://192.100.170.40:8080/bitstream/123456789/371/1/2021-TCyT-BERC.pdf>
- Roque-Maciél, L., Arámbula-Villa, G., López-Espíndola, M., Ortiz-Laurel, H., Carballo-Carballo, A., y Herrera-Corredor, J. A. (2016). Nixtamalización de cinco variedades de maíz con diferente dureza de grano: impacto en consumo de combustible y cambios fisicoquímicos. *Agrociencia*, 50(6), 727–745. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000600727
- Secretaría de Salud [SSA]. (2002). *Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba*. <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-187-ssa1-scfi-2002/>
- Vacio-Muro, K. J., Lozano-Álvarez, J. A., Sánchez-González, M. N., Chávez Vela, N. A., Torres-Ramírez, E., y Jáuregui-Rincón, J. (2020). Remoción de contaminantes del nejayote con alginato y quitosano. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(3), 497–515. <https://doi.org/10.20937/rica.53185>
- Valladares, L. (2010). La educación científica intercultural y el enfoque de las capacidades. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6(16), 39–69. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-00132010000300003
- Vargas, L. A. (2014). El maíz, viajero sin equipaje. *Anales de Antropología*, 48(1), 123–137. [https://doi.org/10.1016/S0185-1225\(14\)70492-8](https://doi.org/10.1016/S0185-1225(14)70492-8)
- Vázquez-López, M., Jiménez-Ocampo, U. E., y Moreno-Andrade, I. (2023). Tratamiento anaerobio y valorización energética de las aguas residuales del proceso de nixtamalización del maíz: una revisión. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*, 16(1), 309–325. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2023.16.1.85041>
- Viñedo, D. E. (2017). Manejo del calcio en el suelo y en la planta a través de las especialidades de carbotecnia. *Agricultura*, 3, 748–749. <https://www.revistaagricultura.com/UploadedFiles/Ventajas-de-la-fertilizacion-con-calcio-en-cultivos.pdf>