

Puntos de fusión del azúcar para almibares en la altura de Cuenca Ecuador

Melting points of sugar for syrups in the altitude of Cuenca Ecuador

DOI: 10.46932/sfjdv5n4-014

Received on: Mar 22nd, 2024

Accepted on: Apr 08th, 2024

Isabel Cristina Alvarez Ochoa

Licenciada en Bioquímica Farmacéutica

Institución: Instituto Universitario San Isidro

Dirección: Av Solano y, Av. Fray Vicente Solano, Cuenca 010101, Ecuador

Correo electrónico: isabelalvarez@sanisidro.edu.ec

María Paz Viteri Quinteros

Tecnólogo Superior en Gastronomía

Institución: Instituto Universitario San Isidro

Dirección: Av Solano y, Av. Fray Vicente Solano, Cuenca 010101, Ecuador

Correo electrónico: viterimariapaz@sanisidro.edu.ec

José Luis Ochoa Lasso

Licenciado en Gastronomía y Servicios de Alimentos y Bebidas

Institución: Instituto Universitario San Isidro

Dirección: Av Solano y, Av. Fray Vicente Solano, Cuenca 010101, Ecuador

Correo electrónico: joseochoa@sanisidro.edu.ec

RESUMEN

El presente estudio surge de la necesidad de entender cómo la altitud afecta la preparación de almíbares en la industria de la pastelería, un tema poco explorado en la literatura existente. Ante las dificultades reportadas por los pasteleros en Cuenca, ubicada a 2,560 metros sobre el nivel del mar, para alcanzar las consistencias ideales siguiendo las temperaturas teóricas, este estudio se propuso determinar la influencia del punto de ebullición del agua sobre la elaboración de almíbares en dicha altitud. La metodología involucró la preparación de almíbares a temperaturas teóricas y ajustadas, seguida de catas con 30 individuos semientrenados para evaluar las propiedades organolépticas. El resultado más relevante demostró que las temperaturas de cocción necesarias para las consistencias de bola blanda, bola dura y punto de quebrado son significativamente menores en Cuenca en comparación con las temperaturas estándar a nivel del mar. La conclusión principal del estudio es la confirmación de que la altitud es un factor crítico que reduce las temperaturas de fusión del azúcar, lo que exige ajustes en las prácticas culinarias de la región para obtener las cualidades deseadas en los almíbares y asegurar la calidad en la repostería.

Palabras clave: Altitud, Puntos de Fusión del Azúcar, Almíbares, Propiedades Organolépticas, Pastelería.

ABSTRACT

The present study arose from the need to understand how altitude affects the preparation of syrups in the confectionery industry, a topic little explored in the existing literature. Given the difficulties reported by confectioners in Cuenca, located at 2,560 meters above sea level, to achieve ideal consistencies following theoretical temperatures, this study aimed to determine the influence of the boiling point of water on the preparation of syrups at this altitude. The methodology involved the preparation of syrups at theoretical and adjusted temperatures, followed by tastings with 30 semi-trained individuals to evaluate organoleptic

properties. The most relevant result showed that the cooking temperatures required for soft ball, hard ball and brittle point consistencies are significantly lower in Cuenca compared to standard temperatures at sea level. The main conclusion of the study is the confirmation that altitude is a critical factor that reduces sugar melting temperatures, which requires adjustments in the culinary practices of the region to obtain the desired qualities in syrups and ensure quality in confectionery.

Keywords: Altitude, Sugar Melting Points, Syrups, Organoleptic Properties, Pastry.

1 INTRODUCCIÓN

La sacarosa, comúnmente conocida como azúcar de mesa y frecuentemente extraída de la caña de azúcar (Carrero y Armendáriz, 2013), desempeña un papel vital en la industria alimentaria. Su uso no se limita solo a ser un endulzante para mejorar la palatabilidad de los productos (Huerta, 2018), sino que también se utiliza en diversas aplicaciones como conservantes, agentes de carga microbiana y como fuente energética. Además, la sacarosa es fundamental en la elaboración de almibares, mezclas de azúcar y agua en proporciones variables, conocidas en química como soluciones. La medición de la densidad de un almíbar se realiza comúnmente mediante el uso de un densímetro o un refractómetro, proporcionando información valiosa sobre el contenido de sólidos solubles expresado en grados Brix, que incluye azúcares, ácidos, sales y otros compuestos (Gross, 2013).

Un aspecto crítico en la elaboración de almibares es la caramelización, un proceso de descomposición térmica del azúcar que a menudo se confunde con la reacción de Maillard, aunque son fenómenos distintos que pueden coexistir en los alimentos (Burke et al., 2021). Es bien sabido que la temperatura afecta directamente la solubilidad de las sustancias, como en el caso de la sacarosa que absorbe calor al disolverse en agua; su solubilidad aumenta con el aumento de la temperatura. La temperatura a la que un líquido hierve en condiciones normales se relaciona directamente con la concentración del soluto añadido e inversamente con su peso molecular (Fennema, 2010).

En Cuenca, Ecuador, situada a una altitud de 2560 metros sobre el nivel del mar, el punto de ebullición del agua es inferior al de nivel del mar, ya que por cada 300 metros de altitud, la temperatura de ebullición disminuye aproximadamente en un grado centígrado (Badui, 2013). Esta peculiaridad geográfica plantea un desafío interesante: ¿varía la temperatura necesaria para la elaboración de almibares en altitudes elevadas como en Cuenca? Esta interrogante es fundamental, ya que los profesionales en pastelería han experimentado dificultades al seguir las temperaturas indicadas por los libros de cocina tradicionales. La investigación presente tiene como objetivo determinar si el punto de ebullición del agua influye en la elaboración de almibares a la altura de Cuenca - Ecuador.

2 ESTADO DEL ARTE

El estudio del punto de fusión del azúcar para almíbares en altitudes elevadas, como en la ciudad de Cuenca - Ecuador, requiere una comprensión integral de los efectos combinados de la altitud, la temperatura y sus interacciones con los procesos de cocción. La investigación en las montañas de México, que observó las temperaturas del aire y del suelo en diferentes altitudes, proporciona una base importante para entender cómo la altitud influye en las condiciones de cocción (Soto & Delgado, 2020). De manera similar, el estudio realizado en el Nevado Huascarán en Perú, que examinó la variación de la línea de nieve y su relación con el fenómeno de El Niño, ayuda a comprender cómo las condiciones climáticas y geográficas en altitudes elevadas pueden influir en los procesos naturales y, por ende, en la cocción de alimentos (Santillán et al., 2021).

La calidad del agua en diferentes altitudes es otro factor crucial, como se destaca en un estudio en Perú que desarrolló un Índice de Calidad de Agua basado en lógica difusa para estimar la calidad del agua del río Utcubamba (Quiñones et al. 2020). Este aspecto es de suma importancia, ya que las variaciones en la calidad del agua pueden tener un impacto directo en la cocción de los almíbares. Además, estudios sobre el impacto de la altitud en enfermedades respiratorias y el riesgo de enfermedades relacionadas con la altitud, como el realizado por Pérez-Padilla (2022), son relevantes para comprender cómo las condiciones de altitud afectan las actividades diarias, incluyendo la cocina en altitudes elevadas.

Investigaciones adicionales que exploran la relación entre las condiciones climáticas, la altitud y sus efectos en el medio ambiente y la vida humana también son relevantes. Por ejemplo, el estudio de Barria et al. (2019) sobre los cambios en la línea de equilibrio de los glaciares en los Andes chilenos, la adaptación a la hipoxemia en altitudes moderadas (Pérez-Padilla, 2022), y el impacto de la mortalidad atribuida al COVID-19 en poblaciones de alta altitud (Woolcott & Bergman, 2020), proporcionan una comprensión más profunda de las complejidades y los desafíos de trabajar con alimentos en altitudes elevadas.

En resumen, la literatura científica disponible sugiere que las condiciones de altitud, como las encontradas en Cuenca, Ecuador, tienen un impacto significativo en diversos aspectos naturales y humanos, incluyendo la cocción y el punto de fusión del azúcar para almíbares. Estos estudios proporcionan una base sólida para entender los desafíos y adaptar las prácticas de cocción en altitudes elevadas.

3 METODOLOGÍA

3.1 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo principal de este estudio fue investigar las propiedades organolépticas de los almíbares cocinados a diferentes temperaturas en la ciudad de Cuenca, Ecuador, a una altitud de 2,560 metros sobre el nivel del mar. Se buscó comprender cómo la altitud afecta la percepción sensorial de los almíbares, evaluando aspectos como sabor, textura y aroma.

3.2 SELECCIÓN DE PARTICIPANTES

Se seleccionaron 30 catadores semientrenados de forma aleatoria dentro de la comunidad local. Los criterios de inclusión para los catadores fueron: tener entre 18 y 65 años, no presentar alergias conocidas a los componentes del almíbar, no tener enfermedades que afecten la percepción sensorial y no haber consumido alimentos o bebidas que alteren el gusto una hora antes de la cata.

3.3 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se prepararon almíbares siguiendo una receta estándar, variando únicamente la temperatura de cocción. Las temperaturas seleccionadas para la cocción se establecieron en intervalos de 5°C, comenzando desde el punto de ebullición local del agua hasta alcanzar una caramelización ligera. Cada muestra se codificó con un número aleatorio para mantener el anonimato durante la evaluación.

3.4 MÉTODO DE EVALUACIÓN

Se utilizó una escala Likert de 5 puntos para la evaluación organoléptica, donde 1 representaba 'muy pobre' y 5 'excelente'. Los aspectos evaluados incluyeron sabor, textura, aroma y apariencia general. Antes de la cata, los catadores recibieron una breve formación sobre el uso de la escala Likert y cómo identificar los diferentes aspectos organolépticos de los almíbares.

3.5 PROCEDIMIENTO DE CATA

Las sesiones de cata se llevaron a cabo en una sala con condiciones controladas de iluminación y temperatura. A cada catador se le presentaron las muestras de almíbar en un orden aleatorio. Se

proporcionó agua y galletas neutras para limpiar el paladar entre muestras. Cada catador evaluó las muestras individualmente y completó la encuesta de evaluación para cada una.

3.6 ANÁLISIS DE DATOS

Los datos recogidos se analizaron utilizando métodos estadísticos para determinar si existían diferencias significativas en la percepción organoléptica de los almíbares cocidos a diferentes temperaturas. Se empleó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de las puntuaciones en la escala Likert entre las diferentes temperaturas de cocción. Además, se utilizó el análisis de componentes principales (PCA) para identificar patrones en las preferencias de los catadores.

3.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Todos los participantes firmaron un consentimiento informado antes de participar en el estudio. Se garantizó la confidencialidad de sus respuestas y se les informó de su derecho a retirarse del estudio en cualquier momento sin ninguna consecuencia.

3.8 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Las limitaciones incluyeron la posible variabilidad en la percepción sensorial individual y la influencia del ambiente de cata en las evaluaciones. Además, el uso de catadores semientrenados en lugar de expertos pudo haber influenciado los resultados.

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 1. Elaboración del almíbar

Preparación	Soluto (azúcar) gr	Solvente (agua) ml	Presión atmosférica	Temperatura teórica (°C)	Temperatura real (°C)
Bola blanda	100 gr	45 ml	1 atm	120 -124°C	111-115°C
Bola dura	100 gr	45 ml	1 atm	125-128°C	119-121°C
Punto de quebrado	100 gr	45 ml	1 atm	145-155°C	136-146°C

Fuente: Temperaturas teóricas obtenidas de (Felder, 2012).

El análisis detallado de los resultados presentados en la Tabla 1 se centra en el impacto que la altitud tiene en el comportamiento térmico del azúcar durante la elaboración de almíbares a distintos grados de cocción: bola blanda, bola dura y punto de quebrado. En la ciudad de Cuenca, a una altitud significativa de

2,560 metros sobre el nivel del mar, la presión atmosférica disminuye. Esto afecta el punto de ebullición del agua y, por consiguiente, la temperatura a la cual ocurren las distintas etapas de cocción del azúcar.

Para cada preparación de almíbar, se mantuvo constante la proporción de soluto (azúcar) en 100 gramos disuelto en un volumen estándar de solvente (agua) de 45 mililitros. Las temperaturas teóricas de referencia fueron tomadas de la literatura, específicamente de Felder (2012), y se ajustaron a la realidad de la altitud de Cuenca. Se observa que para alcanzar la consistencia de bola blanda, la temperatura teórica es de 120-124°C, pero en la práctica, y teniendo en cuenta la altitud de Cuenca, esta etapa se alcanzó a una temperatura de 111-115°C. Similarmente, para obtener bola dura, la temperatura teórica de 125-128°C se ajustó a una real de 119-121°C. Finalmente, para el punto de quebrado, la temperatura teórica de 145-155°C se redujo a 136-146°C en la práctica.

Estos resultados sugieren que la temperatura de cocción necesaria para alcanzar una determinada consistencia de almíbar es menor a la esperada a nivel del mar. Este fenómeno se debe a la reducción en la presión atmosférica que ocurre a mayor altitud, lo cual baja el punto de ebullición del agua y, por tanto, afecta la cocción del azúcar. Esta información es crucial para la industria culinaria en Cuenca y para los profesionales en pastelería, quienes deben ajustar sus métodos de cocción para lograr las propiedades organolépticas deseadas en sus creaciones. Además, este estudio refuerza la importancia de realizar ajustes basados en la altitud para la preparación de alimentos, un conocimiento práctico que puede ser ampliamente aplicable a otras regiones de altitud similar.

Tabla 2. Resultados de la degustación de las elaboraciones en temperatura teórica

Preparación	Apariencia	Color	Sabor	Textura
Bola blanda	3,53	3,7	3,83	3,47
Bola dura	3,13	3,5	3,6	3,97
Punto de quebrado	3,27	3,59	3,53	3,80

Fuente: Cata con 30 individuos semientrenados

La Tabla 2 presenta los promedios ponderados de las respuestas de los 30 catadores evaluando las características organolépticas de los almíbares preparados a la temperatura teórica. Estos promedios ponderados reflejan la percepción sensorial colectiva de los catadores semientrenados sobre la apariencia, el color, el sabor y la textura de los almíbares.

El análisis detallado de los resultados indica que la preparación de bola blanda recibió las puntuaciones más altas en sabor con un promedio de 3,83 y color con un 3,7, lo que sugiere una preferencia general por las cualidades sensoriales de un almíbar menos cocido. Esta preferencia puede atribuirse a la suavidad y dulzura más pronunciada típica de un almíbar en estado de bola blanda, que no ha experimentado las reacciones de caramelización extensiva que pueden introducir sabores más complejos y menos dulces.

La textura recibió la puntuación más alta en la preparación de bola dura con un promedio de 3,97, lo que podría indicar que los catadores favorecían la consistencia firme y crujiente característica de este tipo de almíbar. Esta textura es a menudo deseada en productos de confitería donde se requiere un cuerpo sólido, como los caramelos duros.

En cuanto a la apariencia, los catadores calificaron al almíbar de bola blanda con un promedio de 3,53, seguido de cerca por el punto de quebrado con 3,27 y la bola dura con 3,13. Estas evaluaciones podrían reflejar la claridad y brillo que se asocian comúnmente con un almíbar bien ejecutado en estado de bola blanda, así como la posible formación de burbujas o cambios en la claridad a medida que el almíbar se cocina más y se acerca al punto de quebrado.

Los resultados indican un nivel de aceptación medio, lo que sugiere que, aunque los almíbares fueron generalmente bien recibidos, hay margen de mejora en todas las características evaluadas. Es importante considerar que estos resultados podrían verse afectados por la altitud de Cuenca y las correspondientes temperaturas de cocción ajustadas, lo cual debe ser considerado en la interpretación de los datos y en las recomendaciones para la práctica culinaria en altitudes elevadas.

Para garantizar la precisión de los resultados, se utilizó un termómetro para verificar que las temperaturas alcanzadas durante la experimentación correspondieran tanto a las indicadas en la literatura como a las ajustadas por la altitud. Este paso es crucial para evitar sesgos y asegurar que las diferencias en la percepción sensorial de los catadores sean debidas a las variaciones en la preparación de los almíbares y no a errores en el proceso de cocción.

Tabla 3. Resultados de la degustación de las elaboraciones en temperatura real

Preparación	Apariencia	Color	Sabor	Textura
Bola blanda	3,88	3,96	3,90	3,52
Bola dura	3,65	3,88	3,77	4,07
Punto de quebrado	3,85	3,80	3,62	3,94

Fuente: Cata con 30 individuos semientrenados

La Tabla 3 refleja los promedios ponderados de las evaluaciones organolépticas de almíbares preparados a la temperatura real ajustada por la altitud de Cuenca, Ecuador. La tabla permite identificar las diferencias sutiles en la percepción de los catadores entre las elaboraciones de almíbares a temperatura teórica (Tabla 2) y a temperatura real (Tabla 3).

En la cata a temperatura real, la bola blanda obtiene las puntuaciones más altas en apariencia y color, con valores de 3,88 y 3,96, respectivamente. Esto sugiere que los catadores percibieron favorablemente la claridad y brillo que son característicos de un almíbar menos procesado. El sabor de la bola blanda también fue bien valorado con un 3,90, reforzando la idea de que un almíbar menos cocido puede ser preferido por su dulzura más pronunciada y sabor menos complejo.

La textura de la bola dura recibió la puntuación más alta con un 4,07, destacando la preferencia por la consistencia firme y crujiente que se busca en productos como los malvaviscos, donde la textura es un atributo crítico de calidad.

El punto de quebrado, si bien presenta valores ligeramente inferiores en apariencia, color y sabor en comparación con la bola blanda, muestra una valoración alta en textura con un 3,94. Esto indica que la textura de un almíbar más cocido puede ser apreciada en aplicaciones específicas como la elaboración de hilados o burbujas, donde se requiere un almíbar que mantenga su forma y estructura cuando se enfría.

Al comparar las Tablas 2 y 3, se observan diferencias en las puntuaciones, lo que indica que las condiciones de temperatura afectan significativamente las características sensoriales de los almíbares. Los almíbares a temperatura real, ajustados para la altitud de Cuenca, tienen las características deseadas para su uso en pastelería y repostería. Esto es consistente con las aplicaciones descritas por Felder (2012), donde la bola blanda es óptima para merengues, la bola dura para malvaviscos, y el punto de quebrado para creaciones que requieren un almíbar más rígido y moldeable.

El análisis subraya la importancia de ajustar las temperaturas de cocción de los almíbares para altitudes específicas, asegurando así que las propiedades organolépticas se alineen con las expectativas y necesidades de la repostería profesional. Estos resultados también resaltan la necesidad de educar a los profesionales de la pastelería sobre cómo las diferencias en altitud pueden influir en los resultados finales de sus productos y la necesidad de adaptar las técnicas de cocción para lograr los resultados deseados.

Figura 1. Producto de la experimentación de almíbares para obtener macarrones a temperatura teórica.



Fuente: Fotografía tomada por los autores

Figura 2. Producto de la experimentación de almibares para obtener macarrones a temperatura real.



Fuente: Fotografía tomada por los autores

5 DISCUSIÓN

La sacarosa, identificada por Carrero y Armendáriz (2013) como la azúcar de mesa extraída de la caña, y por Huerta (2018) como un endulzante esencial en la industria alimentaria, muestra una variabilidad en su comportamiento térmico a altitudes elevadas que no ha sido ampliamente discutida en la literatura. En la ciudad de Cuenca, a 2560 metros sobre el nivel del mar, las temperaturas de cocción necesarias para alcanzar las distintas consistencias de almíbar son inferiores a las teóricas, lo cual es coherente con la disminución en la temperatura de ebullición del agua por cada 300 metros de altitud señalada por Badui (2013). Este fenómeno también ha sido respaldado por Soto y Delgado (2020), y Santillán et al. (2021), quienes han notado la influencia de la altitud en las condiciones ambientales y su impacto en procesos naturales que incluyen la cocción.

Los resultados obtenidos en Cuenca reflejan este cambio térmico, donde la bola blanda, la bola dura y el punto de quebrado se alcanzan a temperaturas más bajas que las esperadas. Este hallazgo es un reflejo directo de la relación entre la temperatura y la solubilidad de la sacarosa, y su absorción de calor al disolverse en agua, un proceso descrito por Fennema (2010) que es alterado por la altitud. La reducción del punto de ebullición del agua a gran altitud modifica la energía requerida para alcanzar las etapas de cocción del azúcar, y por lo tanto, afecta la caramelización, un proceso distinto de la reacción de Maillard discutido por Burke et al. (2021).

Adicionalmente, la calidad del agua, como la reportada por Quiñones et al. (2020), y su relación con la altitud, es crucial en la preparación de almibares. Los cambios en la composición mineral del agua pueden influir en la conductividad térmica y la transferencia de calor durante la cocción, un aspecto esencial para obtener las propiedades organolépticas deseadas en la repostería y que puede variar significativamente con la altitud.

La salud humana y su relación con la altitud, investigada por Pérez-Padilla (2022), aunque se centra en enfermedades respiratorias, sugiere que las actividades diarias, incluyendo la cocina, se ven influenciadas por el entorno de altitud. Esto implica que la adaptación a la hipoxemia en altitudes moderadas podría tener paralelos en la adaptación de recetas y técnicas culinarias en esas mismas condiciones.

Estos resultados subrayan la necesidad de realizar ajustes locales en las prácticas de cocción y la formulación de almíbares en la industria de la pastelería en Cuenca, y potencialmente en otras regiones de altitud similar. La disminución de las temperaturas de cocción en Cuenca podría interpretarse como una ventaja para conservar ciertas cualidades sensoriales del azúcar que podrían verse comprometidas a temperaturas más altas. Sin embargo, también plantea desafíos en la estandarización de las recetas y los métodos de cocción.

En conclusión, el estudio proporciona evidencia empírica de que la teoría estándar sobre las temperaturas de cocción del azúcar no es directamente aplicable en altitudes elevadas y que debe ser ajustada para reflejar las condiciones de presión atmosférica reducida. Se resalta la importancia de considerar las condiciones locales en la preparación de alimentos y se contribuye al cuerpo de conocimiento con una investigación aplicada que tiene implicaciones directas para la industria alimentaria en áreas de alta altitud.

6 CONCLUSIONES

El estudio ha culminado con un hallazgo crítico que recalca la importancia de considerar la altitud como un factor determinante en la cocción del azúcar para almíbares. El descubrimiento más significativo es la confirmación de que las temperaturas de fusión del azúcar disminuyen en relación directa con el aumento de la altitud, lo cual requiere ajustes en las temperaturas teóricas de cocción utilizadas tradicionalmente al nivel del mar. Este estudio ha demostrado que en la ciudad de Cuenca, situada a 2,560 metros sobre el nivel del mar, los profesionales de la pastelería deben operar a temperaturas más bajas para alcanzar las consistencias deseadas de almíbares, lo que afecta directamente a las propiedades organolépticas de los productos finales y a su aplicación en recetas específicas. Este resultado no solo refuerza la necesidad de adaptar las prácticas culinarias a las condiciones geográficas sino que también provee un marco de referencia para ajustes similares en otras regiones de altitud comparable.

Sin embargo, este estudio no está exento de limitaciones. La investigación se centró en una muestra localizada de la población y condiciones ambientales específicas de Cuenca, lo que podría limitar la generalización de los resultados a otras regiones de alta altitud sin estudios complementarios. Además, se utilizó una muestra de catadores semientrenados, lo que podría influir en la subjetividad de la evaluación

organoléptica. Esto abre la puerta a futuras investigaciones que podrían incluir un grupo más amplio y diverso de catadores, así como la aplicación de métodos analíticos objetivos para evaluar las propiedades organolépticas de los almíbares.

Las implicaciones futuras de esta investigación son amplias y sugieren varias direcciones para estudios subsiguientes. Es imperativo expandir la investigación a una variedad de altitudes y condiciones climáticas para comprender mejor la relación entre la altitud y la cocción del azúcar. Además, sería beneficioso desarrollar directrices más precisas para la preparación de almíbares y otros productos de confitería en altitudes elevadas, lo que podría resultar en mejoras significativas en la calidad y consistencia de los productos de repostería. También se plantea la necesidad de estudios interdisciplinarios que integren conocimientos de gastronomía, química y física para abordar los desafíos de la cocción en altitudes elevadas. En última instancia, el estudio invita a una reflexión más profunda sobre cómo las prácticas culinarias pueden y deben ser adaptadas para respetar y aprovechar las condiciones ambientales únicas en las que se realizan.

REFERENCIAS

- Armendáriz, J. (2019). *Procesos básicos de pastelería y repostería. Postres en restauración 2*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Badui, S. (2013). *Agua. En S. Badui Dergal, Química de los alimentos*. México: Pearson Educación.
- Barria, I., Carrasco, J., Casassa, G. y Barría, P. (2019). Simulation of Long-Term Changes of the Equilibrium Line Altitude in the Central Chilean Andes Mountains Derived From Atmospheric Variables During the 1958–2018 Period. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 161-172. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00161>
- Burke, R., Kelly, A., Lavelle, C. y Kientza, H. (Eds.). (2021). *Handbook of Molecular Gastronomy: Scientific Foundations, Educational Practices, and Culinary Applications* (1a ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429168703>
- Carrero, M. y Armendáriz, J. (2013). *Elaboraciones de pastelería y repostería en cocina*. Editorial Paraninfo.
- Felder, C. (2012). *Repostería*. La Coruña: Editorial Everest.
- Fennema, O. (2010). Agua y Hielo. En S. Samodaran, K. Parkin & O. Fennema, *Química de los alimentos* (p. 34). España: Editorial Acribia S.A.
- González y Rey, F. (2017). *Procesos básicos de pastelería y repostería*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Gross, O. (2013). *El ABC de la pastelería*. Argentina: Editorial Planeta.
- Huerta, S. (2018). *Procesos de elaboración de conservas vegetales* (Tesis de pregrado). <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/%8da%20%20huerta%20de%20la%20cruz.pdf?sequence=4&isallowed=y>
- Pérez-Padilla, J. (2022). Adaptation to moderate altitude hypoxemia: the example of the valley of Mexico. *Revista de investigación clínica*, 74(1), 4-15. <https://doi.org/10.24875/ric.21000159>
- Quiñones, L., Ochoa, L., Gamarra, O., Bazán, J., Delgado, J. y Kemper, N. (2020). Red neuronal artificial para estimar un índice de calidad de agua. *Enfoque UTE*, 11(2), 109-120. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n2.633>
- Santillán, R., Farooq, S., Roller, L. y Fababa, J. (2021). *Altitude Variation of Snow Cover in Nevado Huascaran and its Relationship to ENSO During the Period 2001-2016*. XIX Workshop on Information Processing and Control (RPIC). (p. 1-4). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9648526/>
- Soto, V. y Delgado, H. (2020). Dos años de observaciones de temperatura superficial del aire y del suelo en la vertiente norte del volcán Pico de Orizaba, México. *Acta Universitaria*, 30, 1-16. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2427>
- Woolcott, O. y Bergman, R. (2020). Mortality Attributed to COVID-19 in High-Altitude Populations. *High altitude Medicine & Biology*, (4), 409-416. <https://doi.org/10.1101/2020.06.10.20128025>.