

PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DE BEBIDAS CARBONATADAS: UNA CARACTERIZACIÓN EN EL MERCADO ACTUAL

TSU. Navas Eduar 1, MSc. Castro José 2.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar diversas bebidas carbonatadas. Se empleó un muestreo aleatorio simple de once marcas, adquiridas en comercios estratégicos de Ciudad Bolívar, Venezuela. La metodología incluyó la determinación de carbonatación (dióxido de carbono, CO_2), la evaluación de acidez iónica (pH), la cuantificación de extracto seco total y la medición del contenido de azúcar (sacarosa). Los resultados revelaron que en la carbonatación, SPEED MAX y The SUN MANZANA mostraron altos niveles, mientras que Frescolita presentó el menor contenido. Todas las bebidas confirmaron su naturaleza ácida (pH 2,8 - 4,4), siendo las bebidas sabor a cola y SPEED MAX las más ácidas. En el extracto seco, se destacó Glup Lima Limón Fresh por su alta concentración. La cuantificación de azúcar (sacarosa) identificó a Glup Lima Limón Fresh con el mayor contenido (12,33% m/v). Se concluye que las características físico-químicas de las bebidas carbonatadas permitieron establecer un perfil, revelando marcada heterogeneidad. Sin embargo, se identificaron disparidades notables en azúcares, excediendo las recomendaciones de salud.

Palabras clave: bebidas, caracterización, carbonatadas, físico-químico.

Recibido: 20/09/2025

Aceptado: 13/10/2025

1 TSU. Navas Eduar

navase277@gmail.com

ORCID: 0009-0005-5168-1859

2 MSc. Castro José

jlcastros78@gmail.com

ORCID: 0009-0009-5786-4743

PHYSICAL-CHEMICAL PROFILE OF CARBONATED BEVERAGES: A CHARACTERIZATION OF THE CURRENT MARKET

Abstract

This study aimed to characterize various carbonated beverages. A simple random sample of eleven brands was used, purchased from strategic retailers in Ciudad Bolívar, Venezuela. The methodology included determining carbonation (carbon dioxide, CO₂), evaluating ionic acidity (pH), quantifying total dry extract, and measuring sugar (sucrose) content. The results revealed that SPEED MAX and The SUN MANZANA showed high carbonation levels, while Frescolita had the lowest. All beverages confirmed their acidic nature (pH 2.8–4.4), with cola-flavored beverages and SPEED MAX being the most acidic. Glup Lima Limon Fresh stood out for its high concentration of dry extract. Sugar (sucrose) quantification identified Glup Lima Limon Fresh as having the highest content (12.33%_{w/v}). It is concluded that the physicochemical characteristics of carbonated beverages allowed a profile to be established, revealing marked heterogeneity. However, notable disparities in sugars were identified, exceeding health recommendations.

Keywords: *beverages, characterization, carbonated, physicochemical.*

Introducción

Las bebidas carbonatadas, refrescos, sodas o gaseosas, son bebidas muy consumidas a nivel mundial, especialmente entre la población joven. El consumo comienza a muy temprana edad y aumenta durante la adolescencia. Son bebidas saborizadas, sin contenido de alcohol (FasterCapital, 2025). Son muy populares en todo el mundo y se venden en una variedad de tamaños y sabores. Aunque los orígenes se remontan al siglo XVIII, su producción y consumo han evolucionado significativamente, consolidándose como un elemento omnipresente en la dieta de muchas sociedades (Frost, 2024). La invención de la tapa corona y la lengüeta de anillo revolucionó el envasado, facilitando el acceso y la distribución de estas bebidas. Con el tiempo, la industria ha innovado en los procesos de fabricación, la combinación de ingredientes y los formatos de envase, dando lugar a una vasta variedad de productos que hoy forman parte de los hábitos sociales de millones de personas en todo el mundo (ANFABRA, 2024).

Por otro lado, estas bebidas representan un problema importante para la salud, no sólo por lo que contienen, sino también por los alimentos que desplazan de la dieta. Si bien ofrecen una sensación refrescante y una amplia variedad de sabores, su alto contenido de azúcar (sacarosa) y ácidos ha generado preocupaciones significativas en el ámbito de la salud pública. Son un factor de riesgo importante para la salud en general, ya que contribuyen, sin lugar a dudas, con el sobrepeso y la obesidad, generando a su vez, problemas dentales, renales y cardíacos, entre otras enfermedades (FasterCapital, 2025). Las bebidas carbonatadas conllevan varias implicaciones para la salud debido a su contenido de azúcar (sacarosa), el cual se encuentra asociado a un mayor riesgo de obesidad y diabetes Tipo 2, enfermedades cardíacas y a su vez, el ácido utilizado en su elaboración causa erosión dental y mayor propensión a las caries. Se han elaborado bebidas carbonatadas utilizando edulcorantes artificiales, que reducen el contenido de calorías, pero pueden tener efectos negativos en la salud metabólica. El consumo en exceso de este producto causa daños graves a la salud y esto se debe informar a la población que los ingiere con frecuencia (Rodríguez, Espinosa, Valdez, Macías, & Rivera , 2024).

Con base en lo anteriormente expuesto, surge el problema que lleva a la investigación de este tipo de bebidas, por el daño que puede causar a la salud. Es de destacar que la importancia de esta investigación radica en evaluar algunas de las características a través del análisis físico-químico en este tipo de bebidas que se han convertido en productos de consumo diario. Aportando información sobre diversas marcas de este producto de venta en nuestra ciudad, con esta información se pretende contribuir a los consumidores sobre las cualidades de estas bebidas.

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo principal caracterizar el perfil físico-químico de diversas marcas de bebidas carbonatadas disponibles en el mercado actual. Para lograr este fin, se plantean objetivos específicos que buscan obtener una comprensión detallada de sus propiedades, se determinará

la carbonatación de los productos mediante un análisis volumétrico, un parámetro clave para la efervescencia y calidad percibida. Seguidamente, se evaluará la acidez iónica (pH) de cada bebida utilizando análisis potenciométrico, lo cual es fundamental para el sabor, la estabilidad y la seguridad microbiana. Además, se cuantificó el extracto seco total de las muestras mediante un análisis gravimétrico, proporcionando una medida de los sólidos disueltos totales. Finalmente, se medirá el contenido de azúcar, específicamente sacarosa, en las bebidas, empleando el método del picnómetro, un factor crucial para el valor nutricional y las implicaciones en la salud del consumidor.

La caracterización físico-química de bebidas carbonatadas reviste una importancia fundamental desde múltiples perspectivas. Desde el punto de vista del consumidor, la información detallada sobre parámetros como el contenido de azúcar (sacarosa), la acidez iónica (pH) y el extracto seco permite tomar decisiones informadas sobre su ingesta, especialmente relevante en un contexto de creciente preocupación por la salud pública y el impacto de los azúcares añadidos en enfermedades crónicas. Por otro lado, para la industria alimentaria, conocer con precisión el perfil de sus productos y los de la competencia es esencial para el control de calidad, la optimización de formulaciones, la innovación de nuevos productos y el cumplimiento de las normativas vigentes, garantizando así la homogeneidad y seguridad de las bebidas. Además, a nivel científico y académico, este estudio contribuye al cuerpo de conocimiento existente sobre la composición de alimentos procesados, sirviendo como base para futuras investigaciones, el desarrollo de metodologías analíticas y la comprensión de las tendencias del mercado. En suma, esta investigación ofrece un aporte valioso al proporcionar datos objetivos y verificables que benefician tanto a los consumidores como a la industria y la comunidad científica, al tiempo que refuerza la transparencia y la calidad de los productos disponibles.

En la investigación, se plantea como hipótesis que las diversas marcas de bebidas carbonatadas en el mercado actual presentarán variaciones significativas en sus propiedades físico-químicas, influenciadas por sus formulaciones específicas y procesos de fabricación. Específicamente, se espera que existan diferencias notables en los niveles de carbonatación, en los valores de acidez iónica (pH), en la cantidad de extracto seco total y en el contenido de azúcar (sacarosa). Estas variaciones se atribuirían a la búsqueda de perfiles de sabor distintivos y adaptaciones a las preferencias del consumidor por parte de cada fabricante.

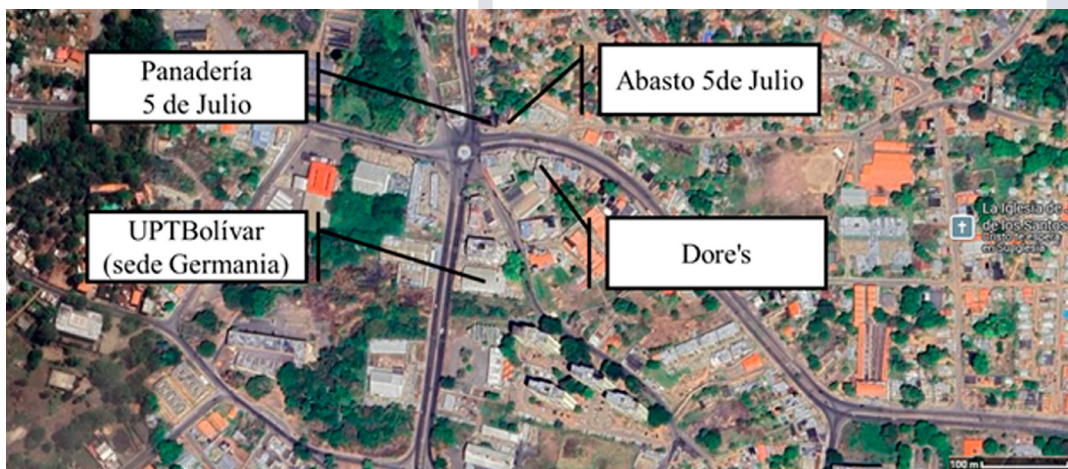
Finalmente, la investigación se clasifica como de tipo descriptiva (Arias, 2012), ya que su objetivo principal es caracterizar las propiedades físico-químicas de diversas marcas de bebidas carbonatadas disponibles en el mercado actual. A través de este estudio, se busca describir de manera detallada y sistemática las características inherentes de los productos seleccionados, sin manipular variables ni establecer relaciones de causalidad. La naturaleza de los objetivos específicos implica la recolección de datos precisos de las muestras para ofrecer un perfil exhaustivo que refleje su composición.

1. Metodología

1.1. Ubicación geográfica

La investigación fue llevada a cabo en Ciudad Bolívar (Bolívar, Venezuela) La fase experimental se realizaron en las instalaciones del Centro de Estudios en Química (CEQ) de la Universidad Politécnica Territorial del Estado Bolívar (UPTBolívar). Las muestras de bebidas carbonatadas, representativas del mercado local, fueron recolectadas en distintos establecimientos comerciales ubicados en los alrededores del CEQ. Dichos puntos de recolección incluyeron los establecimientos: Panadería 5 de Julio, Abasto 5 de Julio y Dore's, asegurando así la obtención de productos directamente disponibles para el consumidor (Figura 1).

Tabla 5. Prueba t de Student de dos muestras independientes a un nivel de confianza del 95%.



Fuente: datos del instrumento de investigación. Sivira, Páez, Castro (2025)

1.2. Recolección de la muestra

La recolección de las muestras se realizó mediante un muestreo aleatorio simple, enfocándose en la diversidad de marcas y sabores de bebidas carbonatadas disponibles en el mercado (Figura 2). Para el estudio, se seleccionaron once marcas distintas, sin discriminar entre las diversas presentaciones de volumen o tipo de envasado disponibles. El propósito fundamental de este proceso de muestreo fue obtener una representación variada.

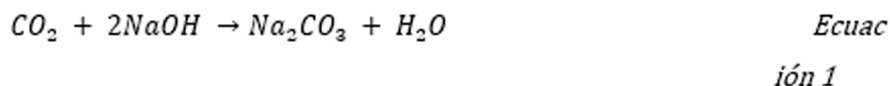
Tabla 5. Prueba t de Student de dos muestras independientes a un nivel de confianza del 95%.



Fuente: datos del instrumento de investigación. Sivira, Páez, Castro (2025)

1.3. Determinación de la carbonatación (dióxido de carbono, CO₂).

Esta técnica se basa en la reacción química del dióxido de carbono (CO₂) con una solución alcalina (Ecuación 1).



Se acondicionó la muestra a temperatura ambiente para asegurar la estabilidad del CO₂ disuelto. Posteriormente, la bebida fue cuidadosamente abierta para permitir la liberación del CO₂ en exceso, un paso crucial antes de la medición. Seguidamente, se pipeteó con precisión 50 mL de la muestra y se transfirió a un vaso de precipitados de 100 mL. El pH de la solución fue monitoreado continuamente mediante la inmersión de un potenciómetro ((pH-009 (I) a pen type pH meter) en la muestra, mientras esta era suavemente agitada con un agitador magnético para garantizar la homogeneidad. La titulación se llevó a cabo utilizando una bureta cargada con una solución estandarizada de hidróxido de sodio (NaOH) al $0,106 \pm 0,003 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, la cual se añadió lentamente hasta alcanzar un punto final de pH 8,3 a 8,4.

1.4. Examinar la acidez iónica (pH) mediante análisis potenciométrico.

Esta técnica es muy precisa y confiable para medir el pH de una solución y tiene muchas aplicaciones en la química, la biología, la medicina y otras áreas (Skoog, West, Holler, & Crouch, 2015). La evaluación de la acidez iónicas en las muestras se realizó mediante análisis potenciométrico, empleando un equipo pHmetro (pH-009 (I) a pen type pH meter) debidamente calibrado. Se acondicionó la muestra a temperatura ambiente para asegurar la estabilidad térmica y evitar fluctuaciones en la lectura del pH. El potenciómetro, previamente limpio con agua destilada, se sumergió en la solución. Se permitió estabilizar la lectura del instrumento, registrándose el valor de pH mostrado en la pantalla. Después de cada determinación, el electrodo fue cuidadosamente enjuagado con abundante agua destilada para prevenir la contaminación cruzada entre muestras y mantener la precisión en mediciones subsiguientes.

1.5 Cuantificar el extracto seco mediante análisis gravimétrico (método del picnómetro).

Se secó una cápsula porcelana de 50 mL limpia en horno de secado durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo, se dejó enfriar en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente. Seguidamente, se pesó en balanza analítica (OHAUS, Adventurer). Este proceso de calentamiento y enfriado se repitió hasta alcanzar peso constante. Una vez alcanzado el peso constante, una alícuota de 25 mL de la muestra se transfirió a la cápsula de porcelana y se introdujo en el horno de secado a 105°C durante cuatro horas para asegurar su completa deshidratación y alcanzar peso constante. Posteriormente, la muestra seca se retiró del horno y se enfrió en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente. Finalmente, se procedió a pesar nuevamente la muestra deshidratada. Este proceso de calentamiento y enfriado se repitió hasta alcanzar peso constante.

1.6. Contenido de azúcar (sacarosa) mediante el método del picnómetro.

Para determinar el contenido en azúcar (sacarosa) de las bebidas carbonatadas ensayadas, se desgasifica previamente la muestra trasvasando una cantidad a un vaso de precipitado y agitando magnéticamente hasta la eliminación completa del dióxido de carbono (CO₂) (Rodríguez, Espinosa, Valdez, Macías, & Rivera, 2024).

Se realizó una recta de calibrado. Para ello, se prepararon siete disoluciones acuosas de azúcar (sacarosa), en el rango del 0 al 30% en peso, que se utilizaron como patrones de dicha recta (Skoog H. y., 2015). Para ello, se rotularon adecuadamente siete balones aforados de 100 mL, previamente limpios y secos, con la concentración correspondiente. Para el patrón de 0 %_{m/m}, se taró la balanza y se midió 100 mL de agua directamente en el primer balón. Para las disoluciones de concentraciones superiores (5 a 30 %_{m/m}), se procedió de la siguiente manera: se pesó la cantidad específica de azúcar (sacarosa) refinada requerida para cada concentración (por ejemplo, 5 g de azúcar para la disolución al 5 %_{m/m}) y posteriormente se añadió la cantidad necesaria de agua destilada (por ejemplo, 95 g para la disolución al 5 %_{m/m}) hasta alcanzar una masa total de 100 g. Cada balón fue tapado y agitado cuidadosamente para asegurar la completa homogeneización de la mezcla. Este procedimiento se repitió para cada disolución patrón.

Posteriormente, se procedió a pesar el picnómetro vacío en balanza analítica (OHAUS, Adventurer™). Luego, el picnómetro se llenó hasta su volumen calibrado con la disolución patrón correspondiente, asegurando la ausencia de burbujas de aire. El picnómetro lleno se pesó en balanza analítica. Este procedimiento de llenado y pesaje se ejecutó para cada una de las disoluciones patrón preparadas: 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30%_{m/m}. Las masas obtenidas permitieron calcular la densidad de cada patrón, datos esenciales para la construcción de la curva de calibración. Finalmente, se midió la temperatura de la disolución a analizar y se representó la densidad en g·mL⁻¹ (variable dependiente) frente al contenido en azúcar como porcentaje en peso (variable independiente), de determina la ecuación (pendiente y ordenada en el origen) y el ajuste de los datos experimentales (correlación) mediante análisis de regresión lineal.

Para la evaluación del contenido de azúcar (sacarosa), se preparó una alícuota de 50 mL de la primera muestra en un vaso de precipitados de 250 mL. Mediante agitación magnética, se procedió a eliminar el dióxido de carbono (CO₂) presente. Se midió la temperatura de la disolución. Se pesó en balanza analítica (OHAUS, Adventurer™) un picnómetro vacío y seco. Posteriormente, se llenó el picnómetro con la muestra (desgasificada) hasta su volumen calibrado, asegurando que estuviera completamente lleno y retirando el exceso con una servilleta. Se pesó en el picnómetro lleno con la muestra. Una vez realizada esta pesada, la muestra se descartó y el picnómetro se llenó con agua destilada, procediéndose a pesar el picnómetro lleno de agua. Este procedimiento completo (pesaje con muestra y pesaje con agua) se realizó por triplicado para la primera muestra y se repitió para el resto de

las bebidas.

2. Resultados y Discusión

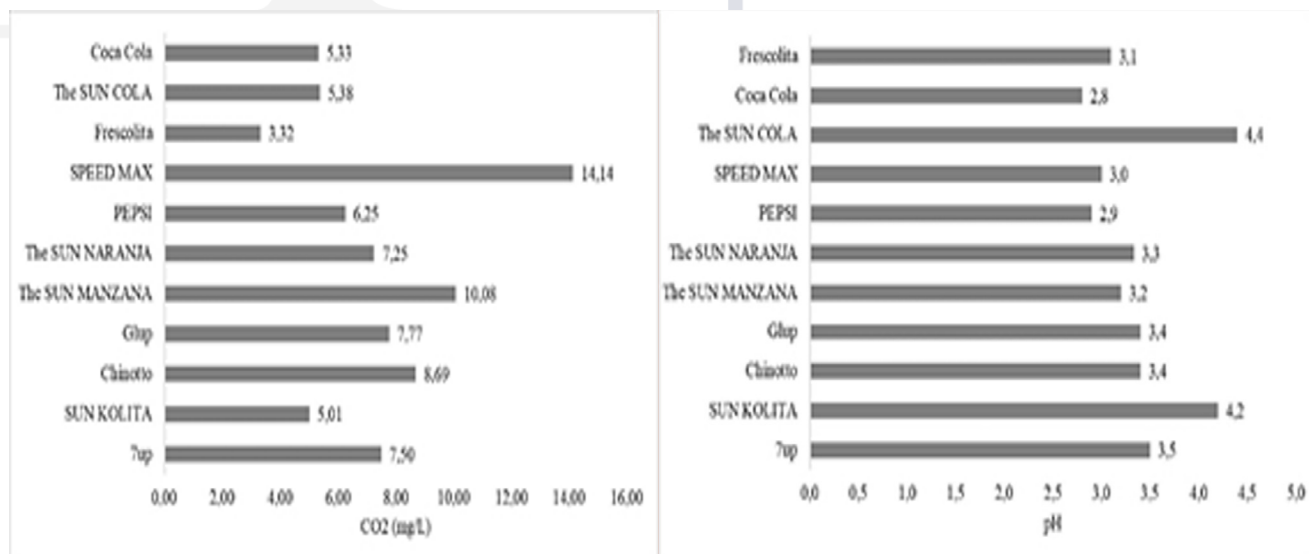
2.1. Contenido de carbonatación en bebidas carbonatadas mediante análisis volumétrico

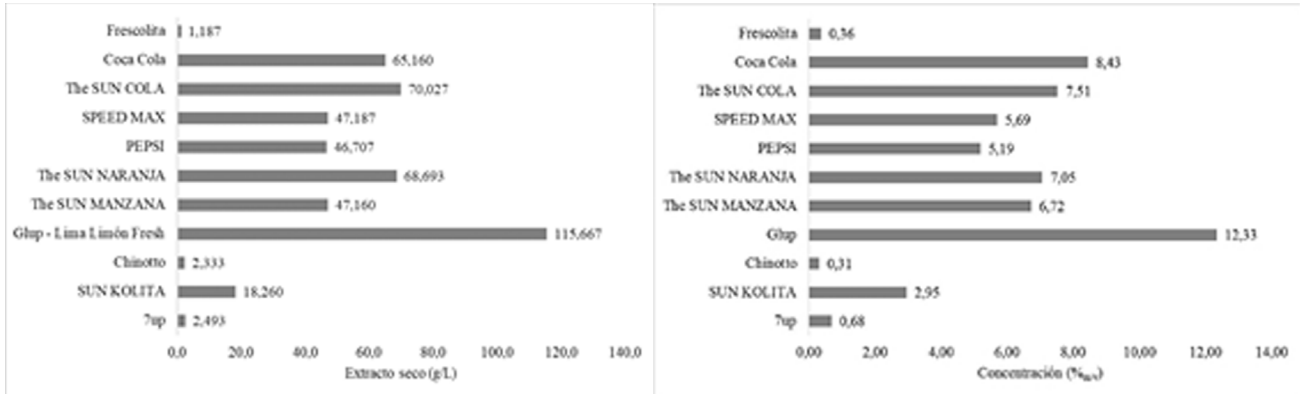
Al analizar los niveles de dióxido de carbono (CO₂) disuelto, se observaron patrones de concentración y consistencia variados entre las marcas. SPEED MAX destaca como la bebida más carbonatada con $14,14 \pm 4,51 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. De manera similar, The SUN MANZANA es altamente carbonatada $10,08 \pm 3,18 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. En contraste, Frescolita tiene el menor contenido con $3,32 \pm 1,04 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, sugiriendo una bebida poco o muy ligeramente carbonatada. Otras marcas como The SUN KOLITA, Coca Cola y The SUN COLA presentan niveles moderados a bajos, pero con una consistencia buena, lo cual es favorable para la experiencia del consumidor (Figura 3a).

2.2. Acidez iónica (pH) de bebidas carbonatadas mediante análisis potenciométrico.

Todas las bebidas presentan valores de pH que oscilan entre 2,8 y 4,4. Específicamente, la bebida Coca Cola (pH 2,8) se posiciona como la bebida más ácida, seguida de cerca por PEPSI (pH 2,9) y SPEED MAX (pH 3,0). Mientras que The SUN COLA (pH 4,4) y The SUN KOLITA (pH 4,2) resultan ser las menos ácidas del conjunto. Esta variabilidad en el pH, incluso dentro de la misma marca como The SUN, subraya las diferencias en sus formulaciones, lo cual influye tanto en el sabor característico de cada bebida como en su función como agente conservante (Figura 3b).

Figura 3. a) Concentración de dióxido de carbono (CO₂) disuelto. b) Nivel de acidez iónica (pH). c) Extracto seco (g/L) y d) Concentración (%m/v) de azúcares, en bebidas carbonatadas.





2.3. Extracto seco total en bebidas carbonatadas mediante análisis gravimétrico.

La bebidas Glup Lima Limon Fresh destaca con el extracto seco más alto con $115,667 \pm 2,362 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, mostrando una notable concentración de sólidos. Le siguen las variantes de la bebida The SUN COLA $70,027 \pm 12,359 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ y The SUN NARANJA $68,693 \pm 11,118 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. En contraste, 7up $2,493 \pm 0,254 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ y Chinotto $2,333 \pm 0,046 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ tienen los valores más bajos (Figura 3c).

2.4. Contenido de azúcar (sacarosa) en bebidas carbonatadas mediante el método del picnómetro.

La calibración representa una relación lineal y directa entre la concentración de azúcar (sacarosa, en %m/v) y la densidad ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), evidenciando que, a mayor concentración de azúcar, mayor es la densidad de la solución. La ecuación de regresión lineal obtenida es $y = 0,0038x + 0,9962$. Además, un coeficiente de correlación (R^2) de 0,9999 indica un ajuste del modelo lineal, lo que sugiere una alta precisión y confiabilidad en las mediciones.

Los bebida Glup Lima Limon Fresh encabeza la lista con la mayor concentración de sacarosa ($12,33\% \text{m/v}$), seguida de Coca Cola ($8,43\% \text{m/v}$), The SUN COLA ($7,51\% \text{m/v}$), The SUN NARANJA ($7,05\% \text{m/v}$) y The SUN MANZANA ($6,72\% \text{m/v}$). En contraste, las bebidas 7up ($0,68\% \text{m/v}$), Frescolita ($0,36\% \text{m/v}$) y Chinotto ($0,31\% \text{m/v}$) exhiben las concentraciones más bajas. Considerando que el consumo de bebidas con alto contenido de azúcar, como Glup Lima Limon Fresh, Coca Cola, The SUN COLA o The SUN NARANJA, puede contribuir rápidamente a exceder la ingesta diaria recomendada de azúcar (Figura 3d).

Conclusiones.

La evaluación de carbonatación identificó la bebida SPEED MAX con la mayor carbonatación ($14,14 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) pero con alta variabilidad ($s = 4,51 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), indicando inconsistencia. Las bebidas The SUN MANZANA también fue alta y variable. Frescolita destacó por su menor contenido de dióxido de carbono (CO_2) ($3,32 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) y la más baja desviación estándar ($1,04 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$).

La evaluación del pH confirmó que todas las bebidas son ácidas con valores de pH

entre 2,8 y 4,4. Las bebidas Coca Cola, PEPSI y Frescolita mostraron la mayor acidez iónica pH (2,8-3,1), The SUN COLA (pH 4,4) y The SUN KOLITA (pH 4,2) fueron las menos ácidas, mientras las frutales mantuvieron un rango ácido significativo.

La evaluación del extracto seco reveló que la bebida Glup Lima Limon Fresh se destaca por su alta concentración ($115,667 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) y excelente consistencia ($s = 2,362 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$). Las bebidas PEPSI y The SUN COLA mostraron alta variabilidad. SPEED MAX y The SUN MANZANA evidenciaron alta consistencia. Las bebidas 7up y Chinotto, con baja concentración, exhibieron altísima consistencia.

La cuantificación de azúcar mostró que la bebida Glup Lima Limon Fresh lideró con 12,33 %m/v, seguida por Coca Cola, The SUN COLA, The SUN NARANJA y The SUN MANZANA, indicando alto aporte. Por otro lado las bebidas 7up, Frescolita y Chinotto exhibieron las concentraciones más bajas (0,3-0,7 %m/v).

La caracterización físico-química de diversas bebidas carbonatadas permitió establecer su perfil, revelando marcada heterogeneidad. Se confirmaron variaciones significativas en pH (todas ácidas), carbonatación y extracto seco. Crucialmente, se identificaron disparidades notables en azúcares, excediendo recomendaciones de salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANFABRA. (2024). Historia de los refrescos. Recuperado el 19 de Junio de 2025 , de <https://www.refrescantes.es/historia/>
- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica (Sexta ed.). Caracas, República Bolivariana de Venezuela: Editorial Episteme.
- FasterCapital. (20 de Abril de 2025). Fizz y espuma la ciencia detras de las bebidas carbonatadas. Recuperado el 19 de Junio de 2025, de FasterCapital: <https://fastercapital.com/es/contenido/Fizz-y-espuma--la-ciencia-detras-de-las-bebidas-carbonatadas.html#Introducci-n-a-las-bebidas-carbonatadas.html>
- Frost, O. (05 de Mayo de 2024). Creación de Bebidas Carbonatadas: La Ciencia Detrás de las Bebidas con Gas. Recuperado el 19 de Junio de 2025, de FastGas: <https://fast-gas.com/es/creacion-de-bebidas-carbonatadas/>
- Google Earth. (2025). Ubicación geográfica de sitios de recolección de muestra. Recuperado el 12 de Mayo de 2025, de https://www.google.com/maps/@8.1371449,-63.537993,1050m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?authuser=0&entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDUwNy4wKXMDSoJLDEwMjExNDU1SAFQAw%3D%3D
- Rodríguez, M., Espinosa, C., Valdez, R., Macías, Z., & Rivera , M. (Octubre de 2024). Determinación de contenido de azúcares en bebidas endulzadas de consumo cotidiano. Recuperado el 20 de Junio de 2025, de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/384574710_Determinacion_de_contenido_de_azucares_en_bebidas_endulzadas_de_consumo_cotidiano
- Skoog, D., West, D., Holler, F., & Crouch, S. (2015). Fundamentos de química analítica (Novena ed.). México, D.F., México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Skoog, H. y. (2015). Principios de Análisis Instrumental. Recuperado el 25 de Junio de 2025, de Cengage Learning: https://www.surcosistemas.com.ar/virtual/ebooks/QUIMICA_ANALITICA_Novena_edicion.pdf