

Evaluación del contenido de tartrazina (E-102) en bebidas refrescantes sabor naranja comercializadas en Guayaquil mediante espectrofotometría UV-Visible.

Evaluation of tartrazine (E-102) content in orange-flavored soft drinks marketed in Guayaquil using UV–Visible spectrophotometry.

Stefanie Bonilla Bermeo ^{1*} ; Carlos Valdiviezo Rogel²; Luis Romero ³; Michael Rendón Morán ⁴

Recibido: 09/03/2026 – Aceptado: 22/06/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artículos de Investigación ☒

Artículos de Revisión ☐

Artículos de Ensayos ☐

* Autor para correspondencia.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Los autores conservan los derechos sobre sus artículos y pueden compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra, siempre que se reconozca la autoría, no se utilice con fines comerciales y se mantenga la misma licencia en obras derivadas.

Resumen.

La tartrazina (E-102) es un colorante sintético utilizado en bebidas saborizadas para mejorar apariencia. Su uso debe ser controlado debido a posibles efectos adversos asociados al consumo excesivo. El objetivo fue cuantificar la presencia de tartrazina (E-102) en refrescos de naranja sin gas comercializadas en expendios de Guayaquil evaluando su cumplimiento con límites permisibles establecidos internacionalmente. El estudio experimental aplicado, con enfoque cuantitativo. Se recolectaron doce muestras de bebidas refrescantes no carbonatadas sabor naranja pertenecientes a tres marcas comerciales, mediante muestreo estratificado en supermercados de Guayaquil. La cuantificación de tartrazina empleando espectrofotometría UV-Visible a 427 nm. La curva de calibración se elaboró con patrones de referencia y se evaluó el desempeño analítico del método mediante parámetros de linealidad, exactitud, precisión y repetibilidad. Las concentraciones promedio de tartrazina obtenidas fueron 134.85 mg/L para la marca A, 99.45 mg/L para la marca B y 54.61 mg/L para la marca C. Los resultados evidenciaron que las muestras correspondientes a la marca A superaron el umbral máximo de 100 mg/L establecido por organismos internacionales. En la marca B se observaron valores cercanos al límite regulatorio, mientras que la marca C presentó concentraciones considerablemente inferiores al valor permitido. Tras someter los hallazgos al test de Shapiro-Wilk, los resultados del procesamiento estadístico revelaron que la muestra no seguía una distribución normal lo que evidenció variabilidad en el contenido de tartrazina entre las marcas analizadas. Una de las marcas analizadas superó los límites permisibles de tartrazina, evidenciando la necesidad de fortalecer el control de aditivos en bebidas.

Palabras clave.

Tartrazina, Espectrofotometría UV-Visible, Bebidas saborizadas, Colorantes alimentarios

Abstract.

Tartrazine (E-102) is a synthetic colorant widely used in flavored beverages to improve their appearance. Its use must be controlled due to potential adverse effects associated with excessive consumption. The objective was to quantify the presence of tartrazine. (E-102) in orange-flavored non-carbonated soft drinks marketed in supermarkets in Guayaquil and to evaluate compliance with internationally established permissible limits. The applied experimental study, with a quantitative approach. Twelve samples of orange-flavored non-carbonated soft drinks from three commercial brands were collected through stratified sampling in supermarkets in Guayaquil. Tartrazine quantification was performed using UV–Visible spectrophotometry at 427 nm. A calibration curve was prepared using standard solutions, and the method was validated by quantifying its precision, accuracy, repeatability, and linearity. The average tartrazine concentrations obtained were 134.85 mg/L A, 99.45 mg/L B, and 54.61 mg/L C, by beverage brand, respectively. The results showed that samples corresponding to brand A exceeded the maximum limit of 100 mg/L established by international organizations. In brand B, values close to the regulatory limit were analyzed, whereas brand C showed concentrations considerably lower than the permitted value. After subjecting the findings to the Shapiro–Wilk test, data obtained from the statistical analysis, revealing variability in tartrazine content among the analyzed brands. One of the analyzed brands exceeded the permissible limits of tartrazine, highlighting the need to strengthen the control of additives in beverages.

Keywords.

Tartrazine, UV–Visible spectrophotometry, Flavored Beverages, Food Colorants.

1. Introducción

La creciente demanda de por parte de los consumidores a productos visiblemente más atractivos, se han desarrollado colorantes alimentarios sintéticos para su uso en la producción de alimentos, con el fin de mejorar ciertas sintético Tartrazina es ampliamente utilizado en la industria alimentaria para mejorar visualmente el

producto, en el caso de las bebidas sabor a naranja se lo utiliza para darle el color amarillo característico del zumo de naranja, para lograr la atención al consumidor, [1] por lo tanto, todo producto alimentario debe mencionar en el etiquetado que contiene sustancias artificiales como es la Tartrazina, debido a que existen estudios donde este aditivo puede causar complicaciones en un bajo número de personas que sufren enfermedades como el asma [2] y

¹ Universidad de Guayaquil/ stefanie.bonillab@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0002-9391-3698>, Guayaquil, Ecuador.

² Universidad de Guayaquil / carlos.valdiviezo@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0002-6550-9751>, Guayaquil, Ecuador.

³ Escuela Superior Politécnica del Litoral/ luisrome@espol.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-2417-4836>, Guayaquil, Ecuador.

⁴ Escuela Superior Politécnica del Litoral/ mgrendon@espol.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0004-4390-8294>, Guayaquil, Ecuador.

trastornos de déficit de atención, este último con más probabilidad en niños, muchos países no permiten el uso de este colorante y otros lo controlan de manera más rigurosa. La tartrazina pertenece a los colorantes que suscitan gran preocupación en cuanto a la seguridad del consumidor a bajas dosis relevantes para la exposición humana en la vida real. La literatura científica sigue creciendo tras la reevaluación de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) en 2009 y del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) en 2016. [3] Los aditivos alimentarios, elementos indispensables en las dietas modernas, son ampliamente utilizados en restaurantes para alinearse a las exigencias del mercado consumidor y mejorando su experiencia gastronómica. Sin embargo, los posibles riesgos asociados con su consumo excesivo o prolongado no pueden pasarse por alto. [4] El Codex Alimentarius define los aditivos alimentarios como aquella sustancia que se incorpora deliberadamente a los productos alimenticios con el fin de cumplir funciones técnicas específicas (incluido el organoléptico) en la manufactura, procesamiento, tratamiento, envasado, almacenamiento o transporte de aquel alimento resulta, o puede esperarse que resulte, en que ella o sus derivados se conviertan en un parte del alimento o influyan de otra manera en las propiedades de dichos alimentos. Sin embargo, [5] destacaron que la definición dada por el Codex Alimentarius no incluye el término contaminantes o sustancias añadidas a los alimentos para mantener o mejorar las cualidades nutricionales. De acuerdo con algunos estudios, existían varios aditivos alimentarios que se habían utilizado antiguamente, pero que ya no son autorizados debido a la evidencia encontrada de sus efectos secundarios, una alta frecuencia de posibles incidentes de salud, así como una toxicidad a mediano y largo plazo. También es importante señalar que, aparte de los colorantes alimentarios sintéticos, ciertos aditivos comerciales de origen vegetal o animal también han sido suspendidos. [6] La clasificación de los colorantes de origen natural puede resultar muy compleja debido a la amplia variedad de propiedades intrínsecas de las sustancias colorantes. Estos pueden provenir de diversas fuentes naturales y, por lo tanto, presentan una amplia gama de composiciones químicas que afectan de manera diferente a sus propiedades, solubilidad y estabilidad, y pueden tener distintos orígenes, ya sean vegetales o animales. [7]

Las causas por la que se cuantifica este colorante son por el alto consumo per cápita de bebidas saborizadas en el Ecuador, ocupando el tercer puesto detrás de las bebidas gaseosas y el agua embotellada, así mismo, dentro de las bebidas azucaradas con el 83% en el comercio de tiendas y supermercados de la ciudad de Guayaquil, además por el poco control que existe de las entidades nacionales en el uso del colorante, ya que en la categoría de esta bebida no existe un límite máximo de la concentración del colorante estipulado por la normativa INEN, quien es la normativa

nacional en controlar el uso de los aditivos en alimentos. [8].

Debido a la preocupación por estos posibles efectos en la salud, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) han establecido en el Codex Alimentarius estándares internacionalmente reconocidos sobre los niveles máximos permitidos de este colorante según el tipo de alimento o bebida. [9] Además, desde un punto de vista regulatorio, existe una creciente atención e interés en la evaluación de riesgos de estos colorantes utilizados en productos alimenticios (es decir, colorantes azoicos). En el caso de los colorantes azoicos, un factor limitante para su uso es su potencial carcinogenicidad, que se produce tras su reducción a metabolitos carcinógenos en el intestino. [10]

En investigaciones recientes existe consenso en que los colorantes alimentarios sintéticos tienen diversos impactos en los consumidores, especialmente en la población pediátrica, debido a su influencia en el atractivo sensorial, lo que puede fomentar la preferencia por ciertos alimentos. Los resultados revelaron que estos aditivos colorantes están directamente relacionados con una serie de problemas de salud, con un mayor impacto en los niños. [11]

En algunos estudios se realiza la identificación y cuantificación de colorantes en diferentes bebidas de consumo masivo, utilizando métodos como cromatografía en capa fina y otra espectrofotometría visible de manera confiable para determinar que cumplan límites permisibles establecidos en la normativa. [12] Se han desarrollado y aplicado diversos métodos dependientes de la matriz para determinar los colorantes alimentarios, empleando diferentes técnicas analíticas junto con protocolos de preparación de muestras adecuados. Las principales técnicas utilizadas para su determinación son la cromatografía con detectores espectrofotométricos y la espectrofotometría, mientras que los procedimientos de preparación de muestras dependen en gran medida de la matriz alimentaria. [13] En tecnología de alimentos, los colorantes alimentarios, de diferente procedencia son sustancias químicas que se incorporan a las matrices alimentarias para mantener o realzar las características organolépticas del producto, que pueden verse afectadas o pérdidas durante el proceso o el almacenamiento, y para conservar el color deseado. La clasificación más común y ampliamente utilizada se basa en la distinción entre aditivos colorantes solubles e insolubles (colorantes o pigmentos), que a su vez pueden categorizarse como naturales o sintéticos. [14]

En los últimos años, la investigación sobre la detección y cuantificación de colorantes alimentarios sintéticos ha evolucionado hacia el tratamiento de técnicas sensibles analíticas, selectivas y sostenibles. Estudios recientes en

revistas de alto impacto han reportado el uso de métodos avanzados como sensores electroquímicos basados en nanomateriales, espectroscopía acoplada a sistemas inteligentes y cromatografía líquida de alta resolución con detectores mejorados, los cuales permiten la detección de tartrazina a niveles traza con alta precisión y menor tiempo de análisis. Por ejemplo, investigaciones recientes han demostrado que los sensores electroquímicos modificados con nanopartículas presentan límites de detección significativamente más bajos en comparación con métodos convencionales [15] mientras que técnicas como UHPLC acopladas a detectores espectrofotométricos continúan siendo el estándar para validación analítica en matrices complejas [16]. Asimismo, se ha evidenciado un creciente interés en metodologías más sostenibles y de bajo costo, como la espectrofotometría UV-Visible optimizada, que sigue siendo ampliamente utilizada en contextos donde se requiere accesibilidad sin comprometer la confiabilidad analítica. Estas tendencias reflejan la necesidad de equilibrar precisión, costo y aplicabilidad en el monitoreo de aditivos alimentarios en productos de consumo masivo.

Es evidente que el análisis de trazas de colorantes alimentarios es esencial con la aplicación de las técnicas analíticas adecuadas, con alta especificidad y selectividad. Varios estudios han informado que existe un creciente interés en el monitoreo de la concentración de colorantes alimentarios sintéticos en diversos productos. [17] Por lo que, esta investigación presenta como objetivo determinar la concentración de Tartrazina (E-102) o llamado también Amarillo No. 5 en bebidas sabor a naranja no carbonatadas refrescante mediante UV-VIS. espectrofotometría UV-VIS.

1.1. Aditivos alimentarios

Estos aditivos se incorporan para mejorar la apariencia y conservación del producto. Aunque algunos aporten nutrientes, su función principal es tecnológica y sensorial, anticipando la experiencia del consumidor sobre el valor nutricional.[18]

Su inclusión en el procesamiento como la producción y el transporte o almacenamiento busca estabilizar el producto. Estos aditivos refuerzan la conservación frente a factores ambientales o microbianos, evitando o retardando el deterioro y garantizando la inocuidad alimentaria. [19]

1.2. Colorantes

Desde el año 400 a. C., cuando los egipcios coloreaban el vino, el aspecto visual ha condicionado las decisiones alimentarias. Químicamente, esto ocurre gracias a dos grupos: el cromóforo, responsable del tono, y el auxocromo, que permite su fijación. Hasta el siglo XIX, se dependía únicamente de fuentes naturales para estimular esa sensación de deseo y frescura que el color contribuye a consumidores. [20]

1.3. Denominación “E” en Colorantes

Para abastecer el comercio de alimentos con aditivos, la Unión Europea implementó un sistema de códigos (letra E seguida de 3 o 4 dígitos). Estos números permiten equiparar el nombre químico y la función de cada sustancia, siendo obligatorio detallarlos en el etiquetado para garantizar la transparencia y diferenciar cada ingrediente de forma inequívoca. Por ejemplo: E1- colorante, E4- emulgentes, estabilizantes, espesantes y gelificantes, E3- antioxidantes, E2- conservantes [21]

1.4. Clasificación de los colorantes según su naturaleza

1.4.1. Colorantes Naturales

De procedencia de fuentes animales, vegetales o minerales, estos colorantes sobresalen por su inocuidad. Al carecer de restricciones sanitarias y no exigir certificaciones, se incluyen libremente en la elaboración de cosméticos, fármacos y alimentos, consolidándose como una opción segura y versátil en diversos sectores industriales frente a opciones sintéticas.. [22]

Durante procesos productivos del producto, la inestabilidad de los colorantes naturales podrían degradarse en presencia de altas temperaturas, almacenamiento inadecuado, esto conlleva a cambios en actividad de agua y su pH e, incluso a ser fotoinsensible. [23]

1.4.2. Colorantes Sintéticos

Conocidos como artificiales, los cuales se obtienen a partir de síntesis química. Estos colorantes fueron muy utilizados a inicios del siglo XIX, comenzando en el año de 1826 Mediante la descomposición del índigo, el investigador germano Unverdorben aisló por primera vez compuestos de anilina, marcando un hito en el estudio de este colorante. Es así como dio cabida para la fabricación de muchos colorantes artificiales. [24] Debido al bajo costo y mayor poder de tinción y brillo en los productos, los colorantes sintéticos sobresalen, sin embargo, en algunos estudios se ha reportado efectos perjudiciales en infantes afectando su conducta y generando déficit de atención e hiperactividad. Por lo que en algunos países europeos se ha restringido el uso de colorantes artificiales dando prioridad al uso de colorantes de origen natural, mientras que en otros ha sido regularizado determinando límites permisibles establecidos por la FDA [25]

1.5. Colorantes como aditivos alimentarios

La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) define a los colorantes y pigmentos como aquellos compuestos obtenidos mediante síntesis artificial o bien extraídos directamente de fuentes minerales, vegetales o animales. El rasgo esencial de estas sustancias es su capacidad intrínseca para transferir color a productos cosméticos, fármacos o alimentos, sin importar si su estructura química original experimentó modificaciones durante el proceso. [26]

1.6. Colorante sintético Tartrazina E-102

La tartrazina es un colorante sintético azoico de coloración amarilla limón empleado como pigmento alimentario (E102), también llamado como “Cl amarillo alimentario 4”. [27] Los colorantes alimentarios azoicos son sintéticos y provienen de aminas aromáticas, que contienen un grupo azo de dos átomos de nitrógeno unidos entre sí ($-N=N-$) y unificados a anillos aromáticos. [28]

La ingesta diaria promedio de tartrazina se estableció en 7,5 mg/kg [28]

1.7. Química del colorante Tartrazina

El amarillo N5 con masa es 534, 4 g/mol y su fórmula química $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$, y Estructuralmente tiene un grupo azo ($-N=N-$), unidos mediante anillos aromáticos, por ello, la tartrazina se reconoce perteneciente de la familia de los colorantes azoicos. [29]

1.8. Toxicología del colorante Tartrazina

E-102 o amarillo E-5, es un colorante muy controversial desde otros estudios evidenciaron que podrían provocar, afecciones respiratorias, reacciones alérgicas hasta hiperactividad en niños, desde entonces, los límites máximos permisibles y la ingesta diaria la cual no afecte a la salud de las personas, fueron investigados en ratas de laboratorio y así mantener control en el uso de este aditivo alimentario y que sea reportado en la formulación y se demuestra en la etiqueta que contiene Tartrazina. [30]

1.9. Bebidas no carbonatadas

Aquella que en su composición no contiene dióxido de carbono, producidas a partir de agua potable que cumpla con los parámetros de inocuidad establecidos en las normas ecuatorianas, pudiendo contener azúcar como edulcorantes, saborizantes sintéticos o de origen natural. [31]

1.10. Normativa en bebidas no carbonatadas del colorante Tartrazina E-102

En Ecuador, la concentración del colorante Tartrazina en bebidas no carbonatadas o de acuerdo a la Normativa INEN 192 “Bebidas a base de agua aromatizadas sin gas, incluidos los ponches de fruta y las limonadas y bebidas similares”, no está establecido en la normativa, Únicamente se dispone de NTE INEN 2304 de “Refrescos o bebidas no carbonatadas. Requisitos”, no se encuentra una descripción de la concentración de tartrazina, solo indica que no debe superar los aditivos alimentarios establecidos por la normativa INEN 192, que no establece para este colorante los máximos límites permisibles. En otras bebidas semejantes, en la NTE INEN 1101 versión 2016 “Bebidas gaseosas o Carbonatadas. Requisitos”, si establece un máximo de 200mg/L de concentración de Tartrazina en su composición. El insuficiente control de las regulaciones nacionales en este tipo de bebidas conlleva a una problemática sin restricción al usar aditivos, ocasionando un posible riesgo a la salud de los usuarios. [32]

2. Materiales y métodos.

La investigación empleó como materiales principales bebidas refrescantes no carbonatadas sabor naranja de tres marcas comerciales, adquiridas en supermercados de distintos sectores de la ciudad de Guayaquil. Se utilizaron reactivos analíticos para la preparación de soluciones estándar de tartrazina (E-102), así como agua destilada y material de laboratorio convencional, incluyendo matraces aforados, pipetas volumétricas y celdas de cuarzo. El análisis instrumental se empleó mediante un espectrofotómetro UV-Visible, operado a 427 nm de longitud de onda, escogido específicamente por coincidir con el pico de absorbancia máxima en la detección del colorante.

La metodología fue de tipo experimental con enfoque cuantitativo. Se construyó a partir de soluciones patrón de tartrazina una curva de calibración, permitiendo establecer la relación entre la concentración y absorbancia. Las muestras fueron previamente preparadas y analizadas bajo condiciones controladas, registrando sus valores de absorbancia para determinar su concentración mediante interpolación en la curva. Adicionalmente, se evaluó el desempeño del método analítico mediante parámetros de linealidad, exactitud, precisión y repetibilidad. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico para verificar su comportamiento y variabilidad. El análisis y manejo de los datos experimentales se realizaron con el software Microsoft Excel, empleando herramientas estadísticas integradas para el cálculo de parámetros como desviación estándar, media, coeficiente de variación y análisis de regresión lineal. La reproducibilidad del método se evaluó a partir de mediciones repetidas en condiciones controladas, verificando la consistencia de los resultados mediante el análisis de la variabilidad intraensayo. Si bien Excel es una herramienta de uso general, su aplicación en este estudio resultó adecuada debido a la característica de los datos obtenidos y al tipo de análisis requerido, permitiendo obtener resultados confiables y comparables con los criterios establecidos en validación de métodos analíticos.

2.1. Materia prima

La materia prima analizada estuvo constituida por bebidas refrescantes no carbonatadas sabor naranja, correspondientes a tres marcas comerciales disponibles en locales comerciales de la ciudad de Guayaquil. Las muestras fueron seleccionadas considerando su alta disponibilidad y consumo en el mercado local, garantizando representatividad. Se adquirieron unidades en distintos establecimientos ubicados en zonas geográficas diferenciadas, con el fin de minimizar sesgos asociados a un único punto de venta. Los productos se encontraban en envases originales sellados, dentro de su fecha de caducidad y almacenados bajo condiciones comerciales habituales.

Las bebidas seleccionadas presentaron características fisicoquímicas similares en cuanto a coloración, transparencia y tipo de formulación, siendo matrices líquidas homogéneas aptas para análisis espectrofotométrico directo. La composición declarada en el etiquetado incluyó la presencia de tartrazina (E-102) como colorante artificial. Previo al análisis, las muestras fueron acondicionadas a temperatura ambiente y homogenizadas suavemente para asegurar la uniformidad del sistema. No se realizaron tratamientos complejos de preparación, dada la naturaleza líquida de la matriz, lo que permitió una adecuada reproducibilidad en las mediciones analíticas.

2.2. Elaboración de la solución Madre

- Se ajustó el patrón que contiene 99.0% a un 100% de pureza.
- El estándar de 10mg= 10.10mg que puede ser ajustada a un 100%. De pureza
- 10.10 mg peso de patrón de colorante tartrazina en la balanza analítica, y disuelta en un volumen de 100ml, con agua destilada se lleva a línea de aforo.
- Se mantiene a temperatura ambiente y protegida de la luz

2.3. Construcción de la curva de calibrado

- Partiendo de la solución madre, se prepararon 5 diluciones con diferentes concentraciones de 6, 12, 18, 24, 30 mg/L, en matraces volumétricos de 10ml llevando a volumen con agua destilada.
- Se calibra el espectrofotómetro a 427nm la cual corresponde al máximo de absorción del colorante en esa longitud de onda. Se leyeron las concentraciones de soluciones de manera ascendente, utilizando agua destilada como blanco.
- Mediante una gráfica de dispersión se relacionó la absorbancia vs concentración
- Se determinó la ecuación de la recta de la curva.

2.4. Verificación del método analítico mediante espectrofotometría UV-VISIBLE

2.4.1. Longitud de Onda seleccionada

Para el colorante Tartrazina en bebidas, de la longitud de Onda máxima se estableció en estudios anteriores, los mismos que establecen los 427nm, como la máxima longitud de onda. [33]

2.4.2. Especificidad

Estudio Efecto Matriz. El método empleado adicionando del estándar. Escogiendo una bebida no carbonatada y que abarque los posibles interferentes de la matriz y que no contenga el colorante que Tartrazina.

Una dilución 1:10 en un matraz volumétrico de 100ml a partir de la bebida seleccionada.

Se tomó las mismas alícuotas de la solución madre de tartrazina, que se usó para construir la curva de calibrado, y diluir a varias concentraciones de 6, 12, 18, 24 y 30

mg/L, en los llenando a volumen con la dilución 1:10 de la bebida escogida.

Se calibra el espectrofotómetro y se lee a 427nm de longitud de onda. Se leyeron las soluciones de manera ascendente la concentración, utilizando la dilución 1:10 como blanco de la bebida seleccionada.

Se determinó la ecuación de la recta de la curva. [34]

Estadísticamente se comparó la con la curva del efecto con la matriz de curva de calibrado del estándar por medio de la prueba T-student con la herramienta Análisis de Datos de Microsoft Excel para muestras relacionadas unilateral a la derecha

2.4.3. Exactitud.

De acuerdo con los siguientes pasos:

Con un matraz sin el analito de interés, se fortifica con el estándar de colorante de tartrazina a tres niveles de concentración. Siendo alto, medio y bajo en el orden de 6, 18 y 30 mg/L respectivamente.

Con los datos recopilado de la curva de calibrado se calculó el porcentaje de recuperación efectuada con la matriz fortificada.

La fiabilidad del método se verificó mediante el porcentaje de recuperación, evaluado bajo los criterios internacionales AOAC. Para este cálculo, se aplicó la relación matemática que permite contrastar la cantidad de analito recuperado frente al valor real añadido, garantizando así la exactitud del análisis:

$$\% \text{Recuperación} = \frac{\text{Valor obtenido } (\bar{x})}{\text{Valor real}} \times 100 \quad (1)$$

2.4.4. Precisión.

Se selecciona la precisión por dos parámetros: la precisión intermedia y la repetibilidad.

- **Repetibilidad:** Tomando lecturas por triplicado de las soluciones control se parte de 3 niveles de concentración, del estándar, con el mismo equipo, laboratorio y analista con un momento corto.
- **Precisión intermedia:** Partiendo de 1 nivel de concentración, se realizan lecturas por triplicado en 3 días, por el mismo laboratorio y equipo y por distintos analistas.
- **Calcular** a partir de los datos obtenidos de la precisión intermedia y repetibilidad con los parámetros estadísticos a continuación:

$$\% \text{CV} = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad (2)$$

X: Media

S: Desviación estándar.

% CV: coeficiente de variación

El método es más preciso mientras menor sea el %CV, por lo que, de acuerdo con el límite de aceptación de este parámetro debe ser menor al 2% [35]

2.4.5. Lectura de las muestras mediante Espectrofotómetro UV-VIS.

1. Las muestras e rotularon de acuerdo sector obtenido.
2. Se prepararon diluciones 1:10 en matraces volumétricos de 25ml enrasarse a volumen con agua destilada por cada bebida
3. Se realizó por triplicado, las lecturas fueron timadas, a 427nm de longitud de onda.
4. Se determinó en las muestras, la concentración de Tartrazina de la ecuación de la recta, y multiplicarlas por el Factor de dilución 1:10.

2.4.6. Análisis estadístico de las muestras.

1. Se aplicó SPSS Statistics
2. Prueba de Shapiro-Wilk para cada muestra se aplicó
3. Para cada muestra por marca de bebida se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk
4. Se determinó el análisis de regresión lineal y Correlación y para cada muestra por marca de bebida.

3. Resultados.

3.1. Construcción de la Curva de Calibrado

La curva de calibrado se basó en otros estudios con modificación del último punto de la curva.

Tabla 1. Absorbancia vs Concentración de Tartrazina

CONCENTRACIÓN DE TARTRAZINA mg/L	ABSORBANCIA (ABS)
6	0.2412
12	0.5131
18	0.7467
24	1.000
30	1.2195

Fuente: Bonilla, et al, 2026

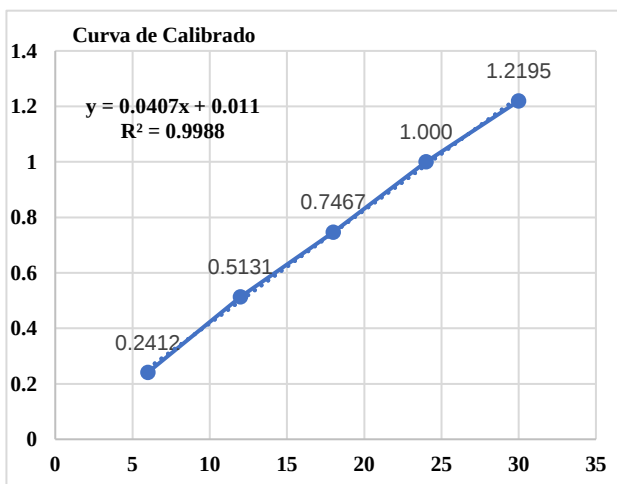


Figura 1. Curva de calibración para el estándar de tartrazina.

3.2. Comprobación de un método analítico mediante espectrofotómetro UV-VISIBLE

3.2.1. Especificidad

Estudio Efecto Matriz. Calculó de la especificidad del método, adicionando el Estándar a una matriz blanco.

Tabla 2. Concentración de tartrazina en matriz fortificada vs Absorbancia

Concentración de tartrazina mg/L	Absorbancia (abs)
6	0.2559
12	0.4981
18	0.7205
24	0.9760
30	1.2060

Fuente: Bonilla, et al, 2026

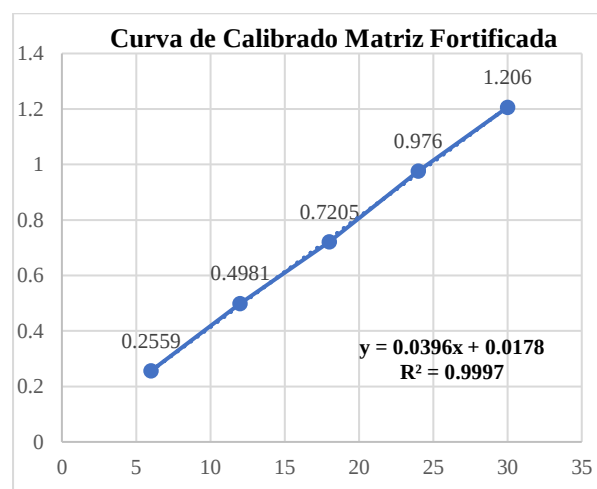


Figura 2. Curva de Calibrado de matriz fortificada

La evaluación de la especificidad del método mediante el estudio del efecto matriz se realizó a través de una curva de calibración en matriz fortificada, obteniéndose la relación lineal entre la concentración de tartrazina. Y la absorbancia. La ecuación de la recta ($y = 0.0396x + 0.0178$) presentó un elevado coeficiente de determinación ($R^2 = 0.9997$), esto evidencia la excelente correlación lineal en el rango de concentraciones analizado. Este comportamiento indica que la concentración del analito es directamente proporcional a la respuesta del método incluso en presencia de componentes propios de la matriz. Asimismo, la baja dispersión de los puntos experimentales respecto a la línea de regresión sugiere que no existe interferencia significativa de la matriz en la determinación de la tartrazina. El valor del intercepto cercano a cero (0.0178) confirma la mínima contribución de señales de fondo o posibles compuestos interferentes. En conjunto, estos resultados demuestran que el método es específico para la cuantificación de tartrazina en la matriz evaluada, garantizando que la señal analítica obtenida corresponde específicamente al analito de interés.

La selectividad del método se evaluó comparando las absorbancias de una curva de calibración pura y una matriz fortificada con las mismas dosis de tartrazina. Mediante una prueba T-student unilateral, se examinó si la matriz inducía un incremento significativo en la señal, garantizando así que los resultados obtenidos dependieran

exclusivamente del colorante y no de interferentes externos. Las hipótesis fueron evaluadas:

H_1 : Si existe diferencia significativa

H_0 : No existe diferencia significativa

Decisión: Si $t_{crítico} > t_r$ se admite la H_0 , puesto que, no existe diferencia significativa.

Tabla 3. Prueba T-student de Muestras relacionadas Unilateral

Prueba t-student	Abs. Curva estándar	Abs. Curva fortificada
Media	0.7441	0.7314
Varianza	0.1495	0.1415
Observaciones	5	5
Coefficiente de correlación de Pearson	0.9995	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t_r	1.7528	
P-valor una cola	0.0773	
Valor crítico de $t_{crítico}$ (una cola)	2.1318	

Fuente: Bonilla, et al, 2026

El valor de t_r es de 1.7528 y el valor $t_{crítico}$ es 2.1318, ya que $t_{crítico}$ mayor a t_r , debido a que, se admitió la Hipótesis nula (H_0). Por lo que, no se observa diferencia significativa en las medias de las absorbancias, y la matriz no influye en las lecturas en el espectrofotómetro de las absorbancias considerado un método específico.

3.2.2. Exactitud.

se demostró la exactitud del método por medio del porcentaje de recuperación de las matrices fortificadas. Las concentraciones analizadas se efectuaron por triplicado a tres niveles de concentración: alto, medio y bajo de las matrices fortificadas.

Tabla 4. Porcentaje de recuperación de matrices fortificadas.

Con c. Mg/l	Absorbancia			Prom.	Conc. Obtenida	% Recuperación
6	0.2432	0.2423	0.2423	0.2426	5.6768	94.6128
18	0.7405	0.7408	0.7414	0.7409	18.2601	101.4450
30	1.2018	1.2035	1.2024	1.2026	29.9184	99.7278

Fuente: Bonilla, et al, 2026

El estudio de recuperación evidenció un adecuado desempeño del método analítico en la matriz evaluada. Para los niveles de concentración de 6, 18 y 30 mg/L, se obtuvieron porcentajes de recuperación de 94.61%, 101.45% y 99.73%, respectivamente, valores que se encuentran dentro del rango aceptable para métodos espectrofotométricos. Asimismo, las concentraciones obtenidas (5.68, 18.26 y 29.92 mg/L) mostraron una alta concordancia con las concentraciones teóricas, lo que indica buena exactitud del método. La baja variabilidad entre las mediciones de absorbancia refleja una adecuada precisión. En conjunto, estos resultados demuestran que el

método es confiable para la cuantificación de tartrazina en la matriz analizada, sin evidenciar interferencias significativas que afecten su recuperación.

3.2.3. Precisión.

La cuantificación se valoró por el método de precisión Intermedia y Repetibilidad. Se estableció la precisión del método por Desviación Estándar (DS) y se admitió el criterio con el porcentaje del Coeficiente de variación (CV%).

3.2.3.1. Repetibilidad.

Las lecturas fueron realizadas por triplicado partiendo de tres niveles de concentración de las soluciones control del estándar, con el mismo laboratorio, equipo y analista en un periodo corto de tiempo.

Tabla 5. Repetibilidad a 3 niveles de concentración.

Conc. Mg/l	Absorbancia			Prom.	Ds	Cv%
6	0.2422	0.2369	0.2447	0.2413	0.0040	1.6508
18	0.7335	0.7458	0.7491	0.7428	0.0082	1.1068
30	1.2162	1.2262	1.2110	1.2178	0.0077	0.6344

Fuente: Bonilla, et al, 2026

El porcentaje del coeficiente de variación se localizan debajo del criterio de aceptación en los 3 niveles (bajo, medio y alto), el cual debe ser <2%, para el primer nivel es de 1.6508%, para el segundo nivel es de 1.1068% y por finalmente el tercer nivel es de 0.6344%.

3.2.3.2. Precisión Intermedia.

Se determinó partiendo desde el nivel más alto de concentración, en tres días las lecturas por triplicado, por el mismo laboratorio, equipo y diferentes analistas.

Tabla 6. Valoración de la Precisión Intermedia en el nivel más alto de concentración

Conc. mg/L	Absorbancia			Prom	Ds	Cv%
	Día 1	Día 2	Día 3			
30	1.2392	1.239	1.2162	1.2277	0.0118	0.9603
	1.2193	1.2199	1.2262			
	1.2434	1.2355	1.211			

Fuente: Bonilla, et al, 2026

En el nivel de concentración más alto, la desviación estándar es de 0.0118 y el coeficiente de variación es de 0.9603 %, con lo cual se acepta ya que debe ser <2%. Cumpliendo los dos parámetros se evidencia que el método es Preciso.

3.3. Determinación espectrofotométrica UV-VISIBLE de Tartrazina en Bebidas refrescantes no carbonatadas sabor a naranja.

Se rotuló cada muestra siguiendo los parámetros de recolección, el cual se asignan los códigos para las marcas respectivas, siendo A, B y C seguido de la primera letra del sector seleccionado, siendo N (Norte), S (Sur), O (OESTE) y E (ESTE), por último, enumeradas del 1 al 4 para distinguir del lote elegido. Para la determinación de la concentración de Tartrazina en las bebidas no

carbonatadas refrescantes con sabor a naranja, empleando la ecuación de la recta dispuesta por la curva de calibrado y la respuesta fue multiplicada por el Factor de dilución (FD), como se indica a continuación:

$$y = mx + b \quad (3)$$

Ejemplo: En la muestra con el código “AN1” se analizó de la siguiente manera:

$$0.5712 = 0.0407x + 0.0110 \quad (4)$$

$$x = \frac{0.5712 - 0.0110}{0.0407} * 10 \quad (5)$$

$$x = 137.6413 \text{ mg/L} \quad (6)$$

Tabla 7. Concentraciones de Tartrazina en muestras de Bebidas refrescantes no carbonatadas.

Código	Tartrazina mg/L	Código	Tartrazina mg/L	Código	Tartrazina mg/L
AN1	137.6413	BN1	96.6585	CN1	55.6020
AN2	133.8329	BN2	96.5111	CN2	55.0614
AN3	136.6830	BN3	93.8329	CN3	55.2334
AS1	138.8206	BS1	99.8034	CS1	57.9361
AS2	139.2875	BS2	99.6069	CS2	58.4275
AS3	138.9926	BS3	99.5577	CS3	57.6904
AE1	133.0958	BE1	100.0491	CE1	52.2359
AE2	132.7273	BE2	99.4103	CE2	51.0319
AE3	132.3833	BE3	98.9189	CE3	50.8600
AO1	132.5799	BO1	103.5872	CO1	54.1523
AO2	131.9410	BO2	103.2678	CO2	53.6118
AO3	130.1794	BO3	102.1450	CO3	53.4398
Prom.	134.8471	Prom.	99.4457	Prom	54.6069
DS	3.2178	DS	2.8242	DS	2.5545
CV%	2.2938 %	CV%	2.8399 %	CV%	4.6779 %

Fuente: Bonilla, et al, 2026

El estudio demostró contrastes críticos entre las marcas analizadas. La marca “A” sobrepasa sistemáticamente el límite de 100 mg/L estipulado por la FAO y las normativas de Colombia y México, cumpliendo únicamente con la legislación salvadoreña, que es menos restrictiva. Por otro lado, la marca “B” presenta una conformidad irregular, excediendo los topes internacionales solo en sus primeras tres muestras (BO1-BO3). En contraste, la marca “C” destacó como el único producto que respeta los estándares globales en la totalidad de sus muestras, garantizando un uso responsable de la tartrazina y el cumplimiento de las especificaciones de seguridad alimentaria.

3.4. Análisis Estadísticos de las Bebidas refrescantes no carbonatadas sabor a naranja.

3.4.1. Shapiro - Wilk.

Se analizó estadísticamente con el SPSS Statistics para comprobar si la variable (Concentración de Tartrazina) se ajusta a una distribución normal, los criterios de aceptación para la hipótesis son las siguientes:

H_i: Las muestras no tienen normal distribución. (Datos No paramétricos)

H₀: Las muestras tienen normal distribución (Datos Paramétricos)

Tabla 8. Test de normalidad “Shapiro-Wilk”

1. Hipótesis	H ₀ : la variable “tartrazina” proviene de una población normal H _i : la variable “tartrazina” no proviene de una población normal
2. Significancia	$\alpha = 5\% - 0.05$
3. Valor calculado	0.846
4. P - valor	$p = < 0.001$
5. Decisión	Si $p > \alpha$ acepto mi H ₀ , de lo contrario se acepta H _i $0.001 < 0.05$, debido que, se rechaza la H ₀
6. Conclusión	La variable “Tartrazina” no proviene de una población normal, por lo que los datos son No paramétricos.

Fuente: Bonilla, et al, 2026

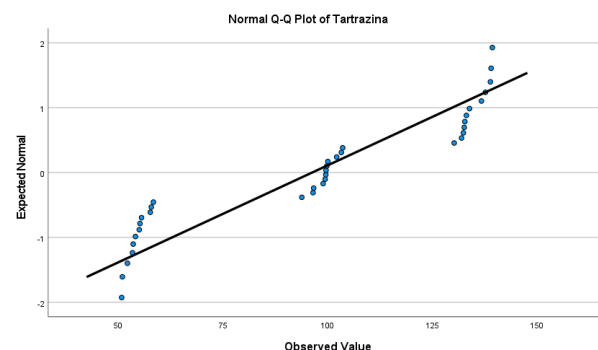


Figura 3. Normalidad de tartrazina

La figura 3, indica gráfico Q-Q normal de la tartrazina muestra la comparación entre los valores esperados y los valores observados bajo una distribución normal. Se observa que casi todos los puntos se alinean próximos a la línea de referencia, lo que sugiere una tendencia general hacia la normalidad de los datos. Sin embargo, se evidencian ligeras desviaciones en los extremos, particularmente en los valores más bajos y más altos, indicando posibles asimetrías o presencia de variabilidad en los datos. En conjunto, aunque los datos presentan cierto ajuste a la distribución normal, estas desviaciones justifican que la normalidad no se cumpla completamente, lo cual es consistente con los datos obtenidos mediante la prueba de Shapiro-Wilk.

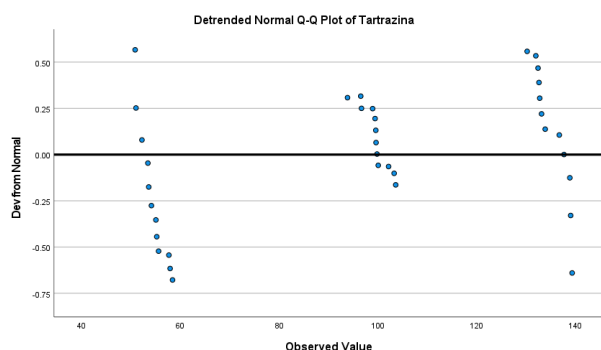


Figura 4. Normalidad sin tendencia de tartrazina

La figura 4, indica la gráfica Q-Q normal con detrend complementa la interpretación de la figura 3 Q-Q anterior al mostrar las desviaciones de los datos respecto a la distribución normal en función de la línea base (cero). En este caso, se aprecia que los puntos no se distribuyen aleatoriamente alrededor de la línea horizontal, sino que presentan patrones sistemáticos: valores negativos agrupados en el extremo inferior y positivos en el extremo superior. Este comportamiento confirma una presencia de desviaciones de la normalidad, evidenciando asimetría en la distribución de los datos. En concordancia con el gráfico Q-Q previo, donde ya se apreciaban ligeras separaciones de la recta en los extremos, el gráfico detrend refuerza que dichas desviaciones no son aleatorias sino estructurales. Por tanto, ambos gráficos respaldan el resultado de la Shapiro-Wilk test, indicando que la data no llevan una distribución normal y presentan variabilidad asociada a las diferencias entre concentraciones de las muestras analizadas.

3.5. Análisis Estadístico en cada marca de Bebida refrescante sabor a naranja no carbonatada.

Mediante SPSS Statistics, se analizó estadísticamente los resultados obtenidos de cada marca de las bebidas independientemente, por medio de la prueba de Shapiro-Wilk, se determinó si los datos son no paramétricos o paramétricos y utilizar un análisis adecuado de Correlación entre las dos variables (Dependiente: Absorbancia y Independiente: colorante Tartrazina), evidenciando el grado de varianza o relación que se encuentre entre las muestras culminando con el análisis de regresión lineal para pronosticar el valor de una variable a partir de otra.

3.5.1. Análisis estadístico: Bebida refrescante Marca “A”

3.5.1.1. Shapiro-Wilk.

Criterios para la admisión de la hipótesis:

H_0 : Las muestras tienen una normal distribución. (Datos Paramétricos)

H_1 : Las muestras no tienen una normal distribución. (Datos No paramétricos)

Tabla 9. Prueba de normalidad “Shapiro-Wilk” para la bebida marca “A”

1. Hipótesis	H_0 : la variable “tartrazina” proviene de una población normal
--------------	---

	H_1 : la variable “tartrazina” no proviene de una población normal
2. Significancia	$\alpha = 5\% - 0.05$
3. Valor calculado	0.884
4. P - valor	$p = .098$
5. Decisión	Si $p > \alpha$ acepto mi H_0 , en caso contrario se acepta H_1 $0.098 > 0.05$, por lo que, se admite la H_0 .
6. Conclusión	La variable “Tartrazina” en la Marca “A” de bebida refrescante proviene de una población normal, por lo tanto, los datos son Paramétricos.

Fuente: Bonilla, et al, 2026

3.5.1.2. Correlación lineal.

La bebida con marca “A” corresponden a datos paramétricos (se ajustan a una normalidad), por lo que, se hizo un análisis de Correlación de Pearson

Tabla 10. Correlación de las bebidas con marca “A”

Correlación			
		Abs	Tartrazina
Abs	Pearson Correlación	1	0.997**
	Sig. (1-cola)		<0.001
	N	12	12
Tartrazina	Pearson Correlación	0.997**	1
	Sig. (1-cola)	<0.001	
	N	12	12

** . La Correlación es significativa en el nivel 0.01 (1-cola).

Fuente: Bonilla, et al, 2026

Se observa una correlación positiva entre las dos variables mayor a 0 y cercana a 1, siendo de 0.997, por lo que, se encuentra un alto grado de relación entre las mismas.

3.5.2. Análisis estadístico: Bebida refrescante Marca “B”

3.5.2.1. Shapiro-Wilk.

Criterios para la aceptación de la hipótesis:

H_0 : Las muestras siguen una normal distribución. (Datos Paramétricos)

H_1 : Las muestras no tienden a una normal distribución (Datos No paramétricos)

Tabla 11. Test de normalidad “Shapiro-Wilk” para la bebida refrescante marca “B”

1. Hipótesis	H_0 : la variable “tartrazina” proviene de una población normal H_1 : la variable “tartrazina” no proviene de una población normal
2. Significancia	$\alpha = 5\% - 0.05$
3. Valor calculado	0.942
4. P - valor	$p = .524$
5. Decisión	Si $p > \alpha$ acepto mi H_0 , caso contrario se acepta H_1 $0.524 > 0.05$, por lo tanto, se acepta la H_0 .
6. Conclusión	La variable “Tartrazina” en la Marca “B” bebida refrescante proviene de una población normal, por lo tanto, los datos son Paramétricos.

Fuente: Bonilla, et al, 2026

3.5.2.2. Correlación Lineal.

La bebida refrescante marca “B” son datos paramétricos se ajusta a una normalidad), por lo que, se realizó un análisis de Correlación de Pearson.

Tabla 12. Correlación de las bebidas refrescantes marca “B”

Correlación			
		Abs	Tartrazina
Abs	Pearson Correlación	1	0.996**
	Sig. (1-cola)		<0.001
	N	12	12
Tartrazina	Pearson Correlación	0.996**	1
	Sig. (1-cola)	<0.001	
	N	12	12

** . La Correlación es significativa en el nivel 0.01 (1-cola).

Fuente: Bonilla, et al, 2026

Entre las dos variables se demuestra una correlación positiva cercana a 1 y mayor a 0, con un valor de 0.996, puesto que se establece un grado alto de relación entre las muestras.

3.5.3. Análisis estadístico: Bebida refrescante Marca “C”

3.5.3.1. Shapiro-Wilk.

Criterios para la aceptación de la hipótesis:

H₀: Las muestras tienden a una normal distribución. (Datos Paramétricos)

H₁: Las muestras no siguen una normal distribución. (Datos No paramétricos)

Tabla13. Test de normalidad “Shapiro-Wilk” para la bebida refrescante marca “C”

1. Hipótesis	H ₀ : la variable “tartrazina” proviene de una población normal H ₁ : la variable “tartrazina” no proviene de una población normal
2. Significancia	$\alpha = 5\% - 0.05$
3. Valor calculado	0.945
4. P - valor	p= .576
5. Decisión	Si $p > \alpha$ admite mi H ₀ , de lo contrario se acepta H ₁ 0.098 > 0.05, por lo que, se acepta la H ₀
6. Conclusión	La variable “Tartrazina” en la Marca “C” de bebida proviene de una población normal, por lo tanto, los datos son Paramétricos.

Fuente: Bonilla, et al, 2026

3.5.3.2. Correlación lineal.

La marca “C” de bebida son datos paramétricos (siguen una normalidad), por lo que, se realizó un análisis de Correlación de Pearson.

Tabla 14. Correlación de las bebidas con marca “C”

Correlación			
		Abs	Tartrazina
Abs	Pearson Correlación	1	1.000**
	Sig. (1-cola)		<0.001
	N	12	12

Tartrazina	Pearson Correlación	1.000**	1
	Sig. (1-cola)	<0.001	
	N	12	12

** . La Correlación es significativa en el nivel 0.01 (1-cola).

Fuente: Bonilla, et al, 2026

Se evidencia entre las dos variables una correlación positiva perfecta siendo 1.000, por lo que, se determina un grado perfecto de relación entre las muestras.

4. Discusión

Los resultados alcanzados evidenciaron una variabilidad significativa en el contenido de tartrazina entre las marcas analizadas, destacándose que una de ellas rebasó el máximo límite permisible de 100 mg/L. Este hallazgo refiere posibles deficiencias en el control de calidad durante la formulación industrial, lo cual representa un riesgo potencial para el consumidor. Estudios recientes han reportado que los colorantes azoicos, como la tartrazina, siguen siendo ampliamente utilizados debido a su estabilidad y bajo costo, aunque su dosificación inadecuada puede generar incumplimientos normativos. [15]

Desde el punto de vista analítico, el método espectrofotométrico UV-Visible empleado demostró alta confiabilidad, evidenciada por la excelente linealidad ($R^2 = 0.9997$) y adecuados porcentajes de recuperación. Estos resultados concuerdan con investigaciones recientes que recalcan la utilidad de métodos ópticos accesibles y de bajo costo para la cuantificación de colorantes en alimentos, los cuales pueden alcanzar coeficientes de correlación superiores a 0.99 y ser comparables a técnicas más complejas como HPL [36]

En relación con el análisis estadístico, la no normalidad de los datos sugiere una distribución heterogénea del contenido de tartrazina entre muestras comerciales. Esta variabilidad ha sido reportada en estudios recientes, donde se indica que las diferencias en formulación, procesos industriales y control de calidad influyen directamente en la concentración final de colorantes en alimentos [16]. Además, estos resultados refuerzan la necesidad de aplicar herramientas estadísticas adecuadas para interpretar datos reales en matrices alimentarias.

Al comparar con la literatura actual, se observa que la presencia de concentraciones cercanas o superiores a los límites regulatorios no es un caso aislado. [37] Diversos estudios han señalado preocupaciones sobre la seguridad de la tartrazina, incluyendo posibles efectos toxicológicos asociados a su consumo prolongado, lo que ha motivado revisiones científicas recientes enfocadas en sus efectos biológicos y riesgos potenciales. [38]

Finalmente, los resultados del presente estudio se alinean con una tendencia creciente en la investigación: el desarrollo de métodos más sensibles, sostenibles y rápidos

para la detección de colorantes alimentarios, incluyendo sensores fluorescentes y técnicas electroquímicas avanzadas. [39] Asimismo, existe un interés creciente en la sustitución de colorantes sintéticos por alternativas naturales, impulsado por la demanda del consumidor y regulaciones más estrictas. En este contexto, se resalta la importancia de fortalecer los sistemas de monitoreo y control para garantizar la inocuidad alimentaria.

5.- Conclusiones

Un protocolo de muestreo fue establecido en la ciudad de Guayaquil, seleccionando uno de los locales comerciales de mayor concurrencia, con el propósito de garantizar la representatividad de las bebidas no carbonatadas, refrescantes sabor naranja disponibles en el mercado local. Se aplicó un muestreo estratificado aleatorio, el cual permitió obtener muestras representativas de distintas marcas comerciales, optimizando la eficiencia y validez del proceso de recolección de datos en función del objetivo planteado.

La cuantificación de tartrazina (E-102) mediante espectrofotometría UV-Visible demostró que el método analítico empleado es adecuado, confiable y reproducible para este tipo de matriz. Se obtuvo una excelente linealidad ($R^2 > 0.99$), confirmando la proporcionalidad entre absorbancia y concentración. La especificidad fue verificada mediante el estudio del efecto matriz, evidenciando la ausencia de interferencias significativas de los componentes de la bebida. Asimismo, la exactitud presentó porcentajes de recuperación entre 94% y 101%, dentro de los rangos aceptados por la AOAC, y la precisión, evaluada en términos de repetibilidad y precisión intermedia, mostró coeficientes de variación inferiores al 2%. No obstante, la variabilidad observada entre marcas, reflejada en desviaciones estándar elevadas, sugiere posibles efectos asociados a la estabilidad del colorante, influenciada por factores como tiempo de almacenamiento, exposición a la luz y condiciones de procesamiento industrial.

En relación con el objetivo del estudio, se encontró que una de las tres marcas analizadas (Marca A) presentó concentraciones de tartrazina superiores al máximo límite permisible de 100 mg/L estipulado por normativas internacionales (FAO y regulaciones de países como Colombia y México). Este hallazgo evidencia un incumplimiento potencial de estándares de inocuidad alimentaria, lo que resalta la necesidad de robustecer los métodos de control y regulación en el contexto ecuatoriano, donde actualmente no se dispone de normativas específicas para este aditivo en bebidas. En este sentido, el estudio aporta evidencia científica relevante que contribuye al conocimiento sobre la presencia y variabilidad de colorantes artificiales en bebidas comercializadas, y constituye un punto de partida para otros estudios y el desarrollo de políticas públicas

orientadas a la protección del consumidor y al control de aditivos alimentarios.

6.- Author Contributions (Contributor Roles Taxonomy (CRediT))

1. Conceptualización: Carlos Valdiviezo.
2. Curación de datos: Stefanie Bonilla.
3. Análisis formal: Stefanie Bonilla.
4. Adquisición de fondos: No aplica.
5. Investigación: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo
6. Metodología: Luis Romero, Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo, Michael Rendón.
7. Administración del proyecto: Stefanie Bonilla
8. Recursos: Carlos Valdiviezo, Michael Rendón.
9. Software: No aplica.
10. Supervisión: Carlos Valdiviezo
11. Validación: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo
12. Visualización: Luis Romero, Michael Rendón.
13. Redacción - borrador original: Luis Romero, Stefanie Bonilla
14. Redacción - revisión y edición: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo, Luis Romero, Michael Rendón.

7.- Referencias.

- [1] L. Ulloa, F. Zavala y M. Sisniegas, «Efecto citotóxico de Tartrazina en el índice mitótico de células meristemáticas de *Allium cepa*.», *REBIOL.*, vol. 35, n° 1, pp. 43-48, 2015. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbciol/article/view/874>.
- [2] K. Rovina, S. Siddiquee y S. M. Shaarani, «A Review of Extraction and Analytical Methods for the Determination of Tartrazine (E 102) in Foodstuffs.», *PubMed*, vol. 47, n° 4, pp. 309-324, 2017. <https://doi.org/10.1080/10408347.2017.1287558>.
- [3] P. Amchova, F. Sisk y J. Ruda-Kucerova, «Seguridad de la tartrazina en la industria alimentaria y posibles factores de protección.», *Heliyon*, vol. 10, n° 18, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38111>.
- [4] B. Xia, M. R. Zainal Abidin, J. X. Wong, H. Dong y S. A. Karim, «Are Food Additives Utilized Judiciously? Novel Insights into Health Risks, Benefits, and Ethical Boundaries.», *Food reviews International*, vol. 42, n° 2, 2026. <https://doi.org/10.1080/87559129.2025.2496947>.
- [5] M. Carrocho, P. Morales y I. C. Ferreira, «Natural food additives: Quo vadis?», *Trends in Food Science & Technology*, vol. 45, n° 2, pp. 284-295, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.007>.
- [6] N. Martins, C. Lobo Roriz, P. Morales, L. Barros y I. C. Ferreira, «Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices.», *Trends in Food Science & Technology*, vol. 52, pp. 1-15, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.009>.
- [7] G. T. Sigurdson, P. Tang y M. M. Giusti, «Gratis Colorantes naturales: Colorantes alimentarios de origen natural.», *Revista anual de ciencia y tecnología de los alimentos*, vol. 8, pp. 261-280, 2017. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-025923>.
- [8] G. Tamayo y A. Valverde, «Repositorio Digital IAEN.», junio 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4852>. [Último acceso: 2018-07-13T14:14:34Z].
- [9] R. Kobun, L. Acung y S. Siddiquee, «Extraction and Analytical Methods for Determination of Sunset Yellow (E110)—a Review.», *Food Anal. Methods*, vol. 10, n° 3, p. 773-787, 2017. DOI:10.1007/s12161-016-0645-9.

- [1] M. Oplowska-Stachowiak y C. T. Elliott, «Food colors: Existing and emerging food safety concerns», *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 57, n° 3, pp. 524-548, 2016. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.889652>.
- [1] Z. Birino de Oliveira, D. V. Silva da Costa, A. Quaresma da Silva
- [1] Júnior, A. de Lima Silva, R. C. Ferrer de Santana, I. C. Gonçalves Costa, S. Freitas de Sousa Ramos y G. Padilla, «Colorantes sintéticos en los alimentos: una advertencia para la salud infantil.,» *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, vol. 21, n° 6, p. 682, 2024. doi: 10.3390/ijerph21060682.
- [1] R. Rodríguez Espinoza, J. F. Rivero Méndez y J. L. Mendoza
- [2] Bobadilla, «Evaluación de colorantes sintéticos en bebidas comercializadas en la ciudad de Trujillo en el periodo 2018 - 2019.,» *Revista de investigación científica y tecnológica*, vol. 2, n° 3, 2021. <https://orcid.org/0000-0002-8867-9331>.
- [1] K. Ntrallou, H. Gika y E. Tsochatzis, «Analytical and Sample
- [3] Preparation Techniques for the Determination of Food Colorants in Food Matrices.,» *MDPI: foods*, vol. 9, n° 1, p. 58, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9010058>.
- [1] A. Aberoumand, «A Review Article on Edible Pigments Properties
- [4] and Sources as Natural Biocolorants in Foodstuff and Food Industry.,» *World Journal of Dairy & Food Sciences*, vol. 6, n° 1, pp. 71-78, 2011. [https://idosi.org/wjdfs/wjdfs6\(1\)/11.pdf](https://idosi.org/wjdfs/wjdfs6(1)/11.pdf).
- [1] S. S. Chaudhari, P. O. Patil, S. B. Bari y Z. G. Kha, «A
- [5] comprehensive exploration of tartrazine detection in food products: Leveraging fluorescence nanomaterials and electrochemical sensors: Recent progress and future trends.,» *Food Chemistry*, vol. 433, p. 137425, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137425>.
- [1] F. S. Tamer, T. Oymak y E. Dural, «Determination of seven
- [6] synthetic colourants in pharmaceuticals, foods, and beverages by a validated HPLC-PDA method: A risk assessment study.,» *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 136, p. 106797, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106797>.
- [1] Y. Ni, Y. Wang y S. Kokot, «Simultaneous kinetic
- [7] spectrophotometric analysis of five synthetic food colorants with the aid of chemometrics.,» *Talanta*, vol. 78, n° 2, pp. 432-441, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.11.035>.
- [1] Á. San Miguel Hernández., J. A. Garrote Adrados, Á. San Miguel
- [8] Rodríguez., R. M. Lobo Valentín, B. Martín Armentia., A. Armentia Medina y J. M. Rodríguez Valencia, «Hipersensibilidad alérgica a aditivos y enzimas alimentarios en biotecnología alimentaria.,» *Fundación Dialnet*, vol. 112, n° 3, 2015. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5647948>.
- [1] G. Velázquez-Sámamo, R. Collado-Chagoya, R. A. Cruz-Pantoja,
- [9] A. A. Velasco-Medina y J. Rosales-Guevara, «Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios.,» *Revista alergia México*, vol. 66, n° 3, 2020. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.613>.
- [2] K. B. Ayala Pastaz, J. A. Pineda Insuasti, A. S. Duarte Trujillo, C.
- [0] P. Soto Arroyave y C. A. Pineda Soto, «Toxicidad de los colorantes sintéticos: de lo global al Ecuador.,» *Revista Biorrefinería*, vol. 1, n° 1, 2018. <https://www.cebaecuador.org/wp-content/uploads/2021/03/Biorrefineri%C3%A1-1-40-48.pdf>.
- [2] R. Sánchez Juan, «LA QUÍMICA DEL COLOR EN LOS
- [1] ALIMENTOS.,» *Revista Química Viva*, vol. 3, 2013. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>.
- [2] D. Marcano, Introducción a la Química de los Colorantes, Caracas,
- [2] Venezuela: olección Divulgación Científica y Tecnológica. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 2018. <https://acfiman.org/wp-content/uploads/2023/01/introduccion-a-la-quimica-de-los-colorantes.pdf>.
- [2] E. Stich y S. Fallah, «Food color and coloring food: quality,
- [3] differentiation and regulatory requirements.,» de *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages (Second Edition)*, The Netherlands, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2024. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99608-2.00008-2>, pp. 3-31.
- [2] C. Valdiviezo, S. Bonilla y E. Puebla Campoverde,
- [4] «DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DE TARTRAZINA E-102 EN BEBIDAS NO CARBONATAS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL – ECUADOR.,» de *Diálogo de Saberes Transdisciplinarios En Vinculación con el Bienestar Social de las Realidades del Siglo XXI*, Guayaquil, Ecuador., Escuela de Escritores, 2024. <file:///Users/stefaniebonilla/Downloads/LIBROFINAL3011.pdf>, pp. 9-30.
- [2] F. Alcaire, A. Giménez y G. Ares, «Additives in foods marketed to
- [5] children in Uruguay, an emerging Latin American country.,» *Journal of Nutritional Science*, vol. 14, n° 6, pp. 1-18, 2024. DOI:10.1017/jns.2024.98.
- [2] J. L. Belmonte Vázquez, I. J. a. Arroyo Córdoba, M. A. Vázquez
- [6] Guevara, D. Cruz Cruz y E. Peña Cabrera, «Colorantes artificiales en alimentos Synthetic dyes in food stuff.,» *REVISTA NATURALEZA Y TECNOLOGIA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO*, vol. 10., p. 25, 2016. <http://www.naturalezaytecnologia.com/index.php/nyt/article/view/204>.
- [2] P. E. y. d. Consejo, «Reglamento (UE) n° 231/2012.,» *Diario*
- [7] *Oficial de la Unión Europea*, p. 295, 22 marzo 2012. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2012-80430>.
- [2] EFSA ANS Panel (EFSA Panel on Food Additives and N,
- [8] «Scientific Opinion on the re-evaluation of gold (E 175) as a food additive.,» *EFSA JOURNAL*, vol. 14, n° 1, 2016. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4362>.
- [2] M. Restrepo Gallego, «Sustitución de colorantes en alimentos.,»
- [9] *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 4, n° 1, pp. 35-39, 2007. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69540106.pdf>.
- [3] I. Moutinho, L. Bertges y A. RVC, «Uso prolongado del colorante
- [0] alimentario tartrazina (FD&C amarillo n.º 5) y sus efectos sobre la mucosa gástrica de ratas Wistar.,» *PubMed*, vol. 67, n° 1, pp. 141-5, 2007. DOI: 10.1590/s1519-69842007000100019.
- [3] E. O. Chávez Cruz y R. D. Torres Rivera, «Determinación de
- [1] amarillo N° 5 y N° 6 en bebidas no carbonatadas comercializadas en el Campus Central de la Universidad de El Salvador.,» 1 8 2016. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.14492/1698>.
- [3] N. INEN, «Consejo Nacional de Competencias.,» [En línea].
- [2] Available: <https://www.competencias.gov.ec/caja-de-herramientas-2/planificar-regular-y-controlar-el-transito-el-transporte-terrestre-y-seguridad-vial/normativa/normas-inen/>.
- [3] R. F. Rodríguez Espinoza, J. F. Rivero Méndez y J. L. Mendoza
- [3] Bobadilla, «valuación de colorantes sintéticos en bebidas comercializadas en la ciudad de Trujillo en el periodo 2018 - 2019.,» *Revista de Investigación científica y tecnológica*, vol. 2, n° 3, 2021. DOI:10.47422/ac.v2i3.46.
- [3] H. Zumbado, Análisis Instrumental de los alimentos, Editorial
- [4] Universitaria, 2021. https://www.researchgate.net/publication/348943895_Analisis_Instrumental_de_los_Alimentos, p. 68.
- [3] A. I. d. l. Alimentos, Espectrometría de absorción molecular
- [5] ultravioleta y visible, Cuba: Editorial Universitaria. Ministerio de Educación Superior. Cuba ISBN: 978-959-16-4542-5, 2021. https://www.researchgate.net/publication/348943895_Analisis_Instrumental_de_los_Alimentos.
- [3] S. F. Hosseini, T. Heidari, A. Zendeji-Shiraz y M. Ameri,
- [6] «Application of chemometrics based on digital image analysis for simultaneous determination of tartrazine and sunset yellow in food samples.,» *Food Chemistry*, vol. 470, p. 142619, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142619>.
- [3] Amchova, F. Siska y J. Ruda-Kucerova, «Safety of tartrazine in
- [7] the food industry and potential protective factors.,» *Heliyon*, vol. 10, n° 18, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38111>.
- [3] M. Visternicu, A. Săvucă, V. Rarinca, G. Plavan, C. Ionescu, A.
- [8] Ciobica y I. Miruna Balmus, «Toxicological Effects of Tartrazine Exposure: A Review of In Vitro and Animal Studies with Human

- Health Implications,» *Toxics*, vol. 13, n° 9, p. 771, 2025.
<https://doi.org/10.3390/toxics13090771>.
- [3] . S. Jabee, . S. Bano y S. Ahmed, «Electrochemical Determination
9] of Tartrazine and Carmoisine Dyes from Aqueous Solutions on
Modified Electrodes,» *Bentham Science*, vol. 21, n° 9, pp. 1320 -
1332 , 2025.
<https://doi.org/10.2174/0115734110329759240902065018>.
- [4] O. Valverde y G. Tamayo, Universidad de Posgrados del Estado,
0] junio 2018. [En línea]. Available:
<https://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4852>. [Último acceso:
2018].
- [4] P. Amchova, H. Kotolova y J. Ruda-Kucerova, «Health safety
1] issues of synthetic food colorants,» *Regulatory Toxicology and
Pharmacology*, vol. 73, n° 3, pp. 914-922, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.09.026>.