

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Evaluación de colorantes en algodones de azúcar preparados a base de sacarosa
comercializados en la ciudad de Guatemala

Trabajo de graduación presentado por

Andrea Priscila García González

para optar por al grado académico de Licenciada en Química Farmacéutica

Guatemala

2025

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Evaluación de colorantes en algodones de azúcar preparados a base de sacarosa comercializados en la ciudad de Guatemala

Trabajo de graduación presentado por

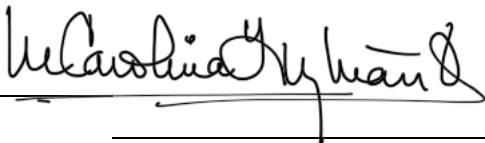
Andrea Priscila García González

para optar por al grado académico de Licenciada en Química Farmacéutica

Guatemala

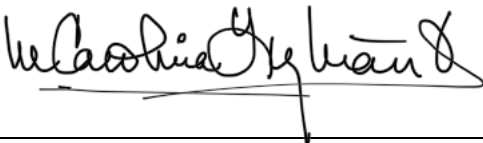
2025

Vo. Bo. :

(f) 

MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo
Asesor

Tribunal Examinador:

(f) 

MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo
Asesora

(f) 

MSc. Ingrid Patricia Martínez Cosillo

(f) 

Dr. Élfego Rolando López García
Director
Departamento de Química Farmacéutica

Fecha de aprobación: Guatemala, 27 de febrero de 2026

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por ser esa brújula que guió toda mi travesía académica e independientemente de la decisión tomada, por ser ese amigo incondicional en el cual pude refugiarme cuando mis fuerzas físicas parecían agotarse. Por concederme la inteligencia, gracia, humildad y perseverancia todos los días hasta culminar mi carrera. Por ser ese aliento de alivio en los momentos de cansancio y esa fortaleza en mi Fe, permitiéndome no perder de vista la meta terrenal y espiritual.

A mis padres, por brindarme todo el apoyo posible en distintas ocasiones para que este la culminación de este logro. En este barco llamado vida estudiantil, agradezco a mi padre por ser ese timón que me enseñó valores de oro y de demostrarme que los sueños no se logran únicamente con ganas, si no, aunque el panorama parezca oscuro, dar pasos firmes, constantes y claridad de propósito, de mantener el timón firme para que el barco no se descarrile. A mi madre por ser esa vela que se ajustó a mis fuertes vientos cuando necesitaba avanzar y daba todo de sí misma para apoyarme y cuando necesitaba frenar y me ayudaba a manejar mis emociones. Por esas oraciones que solo ella y Dios saben lo mucho que me ayudaron. Gracias madre, porque sin usted, concluir mi carrera en esta universidad no habría sido posible.

A mis hermanas, por ser esa tripulación que me acompañó a manejar la embarcación durante las tormentas, brindándome los mejores consejos que muy pocos son los dichosos de tenerlos gratuitamente. Por sacarme una sonrisa en vez de una lagrima, por enseñarme que el éxito se requiere de mucho esfuerzo, pero se logra. Gracias por ser esas amigas invaluable que pensé que nunca iba a tener y a pesar de la distancia, siempre estar al pendiente de mí de una forma u otra y por ser una fuente constante de inspiración.

A mi hermano, por ser esa chispa que despertó la curiosidad en mí por esta carrera. Gracias por dejarme un buen ejemplo de una vida íntegra y digna. Lo que un día tu iniciaste, yo hoy he logrado terminarlo. Este logro lo comparto contigo y una parte de mi vida te lo debo a ti.

A mi asesora MSc. Carolina Guzmán, por compartir su basto conocimiento conmigo y por acompañarme durante este proceso de elaboración de tesis y guiarme en cada etapa.

A mi revisora, MSc. Ingrid Martínez, por ser una guía constante, por ayudarme a ver más allá de los problemas planteados con respecto a mi tema de investigación.

Al Dr. Elfego López, director del departamento de Química Farmacéutica por compartir su conocimiento acerca de la carrera y la vida durante esta etapa estudiantil. Por ser un guía y un apoyo cuando ingresé a la universidad y por siempre tener abierta las puertas de su oficina por cualquier consejo que yo requería

A la MSc. Ana Luisa Mendizábal, por brindarme el espacio en el laboratorio de Análisis Instrumental Avanzado para realizar mi experimentación.

A todos los catedráticos que tuve el privilegio de compartir en la universidad, por compartir generosamente su conocimiento y por demostrarme el amor que le puede llegar a tener uno a la carrera como químico farmacéutico. Gracias por contribuir no solo en mi formación académica, sino que también en mi desarrollo personal.

A mis amigos que durante distintas etapas de mi vida han estado presentes y darme ánimos de distintas formas, de compartir anécdotas, momentos y muchas risas que quedan guardado en mi corazón.

A mis mascotas que en todas las noches de desvelo estuvieron presentes y nunca me dejaron sola. Estos seres que, sin necesidad de hablar, me brindaron compañía, consuelo y afecto incondicional, que con el movimiento de sus colitas de un lado a otro me recordaban la importancia de la calma en los momentos más exigentes.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE GRÁFICOS	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO CONCEPTUAL.....	3
A. Antecedentes.....	3
B. Justificación.....	5
C. Planteamiento del problema	7
D. Alcance y límites	8
1. Alcances	8
2. Límites	8
III. MARCO TEÓRICO.....	9
A. Aditivos alimentarios.....	9
B. Colorantes artificiales en alimentos	11
1. Clasificación	11
2. Principales colorantes usados en confitería.....	13
3. Efectos en la salud.....	16
4. Usos ilegales.....	18
C. Aspectos regulatorios.....	19
1. Normativas internacionales	19
2. Normativas nacionales.....	22
D. Métodos de identificación	23

1.	Espectrofotometría UV-Vis.....	24
2.	Otras técnicas analíticas.....	25
E.	Algodón de azúcar	27
IV.	MARCO METODOLÓGICO	28
A.	Objetivos.....	28
1.	Objetivo general.....	28
2.	Objetivos específicos	28
B.	Hipótesis	28
1.	Hipótesis nula (Ho)	28
2.	Hipótesis alternativa (Ha)	29
C.	Variables.....	29
1.	Variables independientes	29
2.	Variables dependientes.....	29
D.	Población y muestra	29
1.	Población	29
2.	Muestra.....	30
E.	Criterios de inclusión y exclusión.....	30
1.	Criterios de inclusión.....	30
2.	Criterios de exclusión	30
F.	Procedimiento	30
1.	Revisión bibliográfica.....	30
2.	Recolección y almacenamiento de muestras.....	31
3.	Preparación de las muestras.....	31
4.	Análisis cuantitativo	32
8.	Elaboración de informe final	33

G.	Diseño de investigación	33
H.	Análisis estadístico	34
V.	MARCO OPERATIVO	35
A.	Recolección y tratamiento de los datos	35
B.	Recursos	35
1.	Recursos humanos	35
2.	Recursos materiales	35
3.	Recursos institucionales	37
C.	Aspectos económicos	37
VI.	RESULTADOS	38
VII.	DISCUSIÓN	46
VIII.	CONCLUSIONES	51
IX.	RECOMENDACIONES	53
X.	BIBLIOGRAFÍA	54
XI.	ANEXOS	65
A.	Glosario	65
B.	Especificaciones del equipo	67
1.	Información general del equipo	67
2.	Especificaciones técnicas	67
3.	Características operacionales	68
4.	Buenas prácticas y advertencias	69
C.	Certificado de Análisis de estándares	69
1.	Rojo allura AC	69
2.	Eritrosina	70
D.	Análisis cromatográfico	70

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de aditivos alimentarios	9
Cuadro 2. Colorantes sintéticos utilizados en confitería	14
Cuadro 3. Colorantes sintéticos permitidos en Europa y Estados Unidos.....	20
Cuadro 4. Colorantes artificiales permitidos para consumo humano en Guatemala.....	23
Cuadro 5. Aspectos económicos del trabajo de investigación.....	37
Cuadro 6. Codificación de muestras recolectadas en la ciudad de Guatemala.....	38
Cuadro 7. Evaluación del cumplimiento documental y técnico de distribuidoras guatemaltecas de colorantes utilizados en la preparación de algodones de azúcar	40
Cuadro 8. Parámetros de la curva de calibración de rojo allura AC (E129) y eritrosina (E127)	41
Cuadro 9. Concentraciones de eritrosina (E127) en algodones de azúcar rosados comercializados en la ciudad de Guatemala	41
Cuadro 10. Concentraciones de rojo allura AC (E129) en algodones de azúcar de color rosado comercializados en la ciudad de Guatemala.....	42
Cuadro 11. Parámetros cromatográficos de la cuantificación de colorantes en muestras en algodón de azúcar rosado.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del espectrofotómetro UV-Vis	24
Figura 2. Principio de operación de HPLC-DAD	26
Figura 3. Distribución geográfica de los puntos de muestreo de algodón de azúcar en la Ciudad de Guatemala	39
Figura 4. Cromatograma blanco detectado a 507 nm	77
Figura 5. Cromatograma estándares rojo allura AC (E129) en triplicado sobrepuestos ..	77
Figura 6. Cromatograma estándares eritrosina (E127) sobrepuestos	78
Figura 7. Cromatogramas por triplicado de la muestra 1.....	78
Figura 8. Cromatogramas por triplicado muestra 2	79
Figura 9. Cromatogramas por triplicado muestra 3	80
Figura 10. Cromatogramas por triplicado muestra 4	80
Figura 11. Cromatogramas por triplicado muestra 5	81
Figura 12. Cromatogramas por triplicado muestra 6	82
Figura 13. Cromatogramas por triplicado muestra 7	82
Figura 14. Cromatogramas por triplicado muestra 8	83
Figura 15. Cromatogramas por triplicado muestra 9	84
Figura 16. Cromatogramas por triplicado muestra 10	84
Figura 18. Composición de productos dedicados a dar color a los algodones de azúcar en distribuidoras guatemaltecas	86

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Concentración de eritrosina (E127) en algodones de azúcar de color rosado respecto a límites permisibles	43
Gráfico 2. Concentración de rojo allura AC (E129) en algodones de azúcar de color rosado respecto al límite permisible por la normativa internacional y nacional	44
Gráfico 3. Comparación de las concentraciones de eritrosina (E127) y rojo allura AC (E129) en las muestras analizadas	45
Gráfica 4. Curva de calibración promedio del estándar rojo allura AC (E129)	70
Gráfica 5. Curva de calibración promedio del estándar eritrosina (E127)	71

RESUMEN

El algodón de azúcar es un producto tradicional guatemalteco, ampliamente comercializado en el sector informal, cuyo atractivo visual depende de colorantes sintéticos. Sin embargo, estos aditivos presentan un riesgo para la salud infantil, debido a la inmadurez de sus sistemas inmunológico y neurológico. Este estudio evaluó el contenido de rojo allura AC (E129) y eritrosina (E127) en 10 muestras de algodón de azúcar rosados de distintos puntos de venta en la ciudad de Guatemala mediante cromatografía líquida de alta eficiencia con detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD). Los resultados demostraron que todas las muestras evaluadas sobrepasan los límites de eritrosina (E127) establecidos por el RTCA 67.04.54:18 y el *Codex Alimentarius*. El rojo allura AC (E129) se detectó en el 40% de las muestras y dentro de los límites permitidos. Así mismo se detectó por HPLC-DAD la presencia de compuestos no relacionados con los colorantes analizados. Estos resultados representan una alerta para la vigilancia sanitaria debido a los riesgos asociados al uso de colorantes a la salud infantil y muestra una brecha entre el marco regulatorio existente y su aplicación en el sector informal del país. Se recomienda entrenamiento a los comerciantes de algodones de azúcar con relación al uso de colorantes en la preparación de esta confitería y la vigilancia sanitaria nacional.

Palabras clave: colorantes sintéticos, eritrosina, rojo allura AC, HPLC-DAD, algodón de azúcar, Guatemala, normativa

I. INTRODUCCIÓN

El algodón de azúcar es un producto ampliamente utilizado en confitería popular que se prepara a base de sacarosa. Ha formado parte de la gastronomía guatemalteca durante décadas y la mayoría de las personas lo asocia con las ferias y espacios públicos. Esta forma cristalina de sacarosa que tiene colores diferentes vibrantes y atractivos, se disuelve casi instantáneamente cuando se coloca en la boca (Hartel *et al.*, 2018). Este alimento representa un segmento importante en la industria, siendo comercializado en el sector formal e informal de la economía. Dado a que los colores naturales se desvanecen durante la fabricación de los alimentos, se utilizan con más frecuencia los colorantes sintéticos (Park *et al.*, 2024).

En la fabricación de esta golosina, el uso de colorantes alimentarios sintéticos (aditivos alimentarios) es importante, ya que le dan un atractivo sensorial que logra satisfacer la producción alimentaria a gran escala. Estos compuestos derivados del petróleo y alquitrán de hulla, en comparación con los colorantes naturales, son resistentes a los cambios de pH, luz y al oxígeno, y además por su bajo costo, los hace aún más atractivos en las industrias farmacéutica, cosmética y alimentaria (Dilrukshi *et al.*, 2019). Estos colorantes se dividen en dos categorías, permitidos y no permitidos, desde sus inicios, muchos han sido conocidos por sus posibles o evidentes efectos tóxicos (Kourani *et al.*, 2020).

El uso de colorantes es regulado en Estados Unidos mediante la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA), entidad responsable de regular todos los aditivos alimentarios para asegurar de que los alimentos que los contengan sean seguros para su consumo. Actualmente solo están aprobados nueve aditivos de color certificados (FD&C). Hoy, esta agencia solicita a las empresas que sustituyan los colorantes petroquímicos por ingredientes naturales debido a los estudios clínicos recientes que evidencian riesgos potenciales para la salud de los consumidores (FDA, 2025a). La legislación difiere significativamente en varios países, aunque los principios legales sean parecidos.

En Guatemala se utiliza el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 67.04.54.18. “Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios”, en el cual se incluyen qué colorantes son permitidos para su uso y en qué proporción con base en las especificaciones del *Codex Alimentarius*. De igual forma existe un grupo de normas voluntarias descritas por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) (MINECO, 2024). El propósito del trabajo es identificar y cuantificar los colorantes que se utilizan en algodones elaborados a partir de sacarosa comercializados en la ciudad de Guatemala.

II. MARCO CONCEPTUAL

A. Antecedentes

En el ámbito internacional se han desarrollado diversos estudios que evidencian los riesgos hacia la salud asociados con el consumo frecuente de colorantes artificiales. A partir del 2015 se ha incrementado el panorama respecto a los colorantes sintéticos en algodones de azúcar y productos de confitería similares, que han revelado riesgos preocupantes para la salud, especialmente en poblaciones jóvenes. Una de las investigaciones más extensas que expone esta información es la de Miller *et al.*, (2022), donde se analizaron 27 ensayos clínicos expuestos en las últimas 2 décadas y de distintos países (EEUU, Reino Unido, Australia y Canadá) que examinaron los colorantes alimenticios y los resultados neuroconductuales en niños. En este estudio se reveló que el 64% de los estudios encontraron asociaciones positivas entre la exposición a colorantes sintéticos y resultados conductuales adversos, como la hiperactividad y falta de atención.

En países de Latinoamérica también se han encontrado y registrado datos alarmantes en cuanto a estos aditivos. En México el grupo investigador denominado “El Poder del Consumidor” desarrolló en conjunto con una empresa suiza, un estudio en el cual se encontró que el 52% de los productos analizados (cereales, bebidas y dulces) en el país contenían colorantes que están prohibidos o restringidos en la Unión Europea, como el rojo 3, Amarillo 5, Azul 1 y Caramelo 4. Esto por los riesgos asociados a hiperactividad infantil, alergias y potenciales efectos cancerígenos (2025). Asimismo, en Perú, Amaya (2022) expone en su tesis que la presencia de tartrazina en el organismo de los niños de 6 a 7 años documenta problemas con déficit de atención, alergias respiratorias y dificultad en el rendimiento escolar.

En términos de dosificación y exposición real a estos aditivos, Ramachandran *et al.*, en 2021 investigaron la prevalencia y tipo de colorantes utilizados en 200 tipos de golosinas, bebidas y snacks destinados al consumo infantil en la India. En este se reveló que más del 60% de los productos contenían colorantes sintéticos, entre ellos Tartrazina y Rojo Allura AC y gran parte de los mismos estaban presentes por encima de los niveles permitidos de acuerdo a las autoridades locales. Los autores destacaron la necesidad de mayor vigilancia regulatoria. Este tipo de hallazgo refuerza la importancia de evaluar este tipo de productos.

La prohibición del rojo FD&C No. 3 a inicios de 2025 por parte de la FDA ha generado cuestionamientos con relación a otros colorantes, especialmente su sustituto el rojo FD&C 40, que aunque sea un aditivo autorizado, ciertas investigaciones en modelos animales han demostrado que su consumo puede inducir ciertos factores que podrían contribuir al desarrollo de cáncer colorrectal de inicio temprano, aunque no existe evidencia concluyente en humanos ni este ha sido clasificado como carcinógeno en la Agencia Internacional para la investigación acerca del Cáncer (Zhang *et al.*, 2023). En paralelo, investigaciones en India han revelado el uso de colorantes no autorizados en algodones de azúcar, específicamente la rodamina B lo cual es alarmante pues este colorante tiene potencial carcinogénico y neurotóxico (Qalbi Ahsyaf & Trihadi Kusuma, 2023).

De acuerdo con la revisión bibliográfica efectuada, en Guatemala únicamente se encontró el estudio realizado por Rodas (1987) donde se evidenció que un elevado porcentaje de algodones de azúcar contenían colorantes artificiales no autorizados por el Ministerio de Salud Pública (MSPAS), entre ellos la rodamina. Otros alimentos han sido objeto de investigación en el país, como el estudio de Ortiz (2018), que identificó y cuantificó los colorantes amarillo No. 5 y 6 en refrescos comercializados en la Ciudad de Guatemala. Este análisis reveló concentraciones que superaban los límites establecidos por la normativa nacional. Asimismo, García (2016), detectó la presencia de los colorantes azul 1 y azul 2 en alimentos comúnmente consumidos por niños, con niveles cercanos o

superiores a los permitidos de acuerdo a la norma centroamericana, lo cual destacó la importancia del cumplimiento legal y vigilancia en estos productos.

En relación a la prohibición internacional del rojo No. 3, el Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana (COMIECO) emitió en mayo de 2025 la Resolución No. 496-2025 (COMIECO-CX), mediante la cual se excluye completamente la eritrosina (INS 127, Rojo No. 3) del Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.54:18, prohibición que entró en vigor el 15 de julio de 2025 tras consenso de la Comisión Centroamericana de Aditivos Alimentarios (CCAA), dando a los titulares de registro un plazo de doce meses para reformular productos y agotar inventarios (COMIECO, 2025).

B. Justificación

El algodón de azúcar ocupa un lugar importante en la cultura y economía guatemalteca, representando mayoritariamente un elemento emblemático de las celebraciones populares, como ferias, eventos públicos y como producto de venta callejera. Este producto es consumido principalmente por niños y jóvenes, quienes se sienten atraídos por los colores vibrantes que hacen visualmente apetecible el producto y por ende requiere especial atención debido a que la adición de colorantes alimentarios de esta clase es más propensa a causar efectos adversos en este grupo de población. Entre los colorantes más comúnmente utilizados en productos como el algodón de azúcar se encuentran el rojo allura AC, el azul brillante, la tartrazina, y el amarillo ocaso.

Este estudio pretende evaluar los rangos autorizados de la normativa nacional e internacional y compararlos con muestras de algodón de azúcar que se comercializan en el mercado guatemalteco. El trabajo tiene como propósito, por tanto, identificar y cuantificar los colorantes presentes en los algodones de azúcar comercializados en la ciudad de

Guatemala mediante espectrofotometría UV-Visible como método analítico. Los resultados obtenidos se compararán con los límites establecidos en las normas vigentes para evaluar su calidad para consumo humano.

Debido al sector donde estos son comercializados, la vigilancia por parte del departamento de regulación es escasa. A pesar de que décadas atrás estos colorantes azoicos ganaron mucha popularidad en los alimentos procesados industrializados, a causa de uso masivo en la misma, diversos estudios han señalado la toxicidad potencial de estos. Sin mencionar que ciertos colorantes sintéticos se añaden ilegalmente a los alimentos, lo que erosiona la confianza del consumidor, y plantea riesgos para la salud, sobre todo en la alteración del estado de ánimo y comportamiento en poblaciones vulnerables.

La evidencia científica ha documentado que la tartrazina puede causar hiperactividad en niños, además actúa como un liberador de histamina, lo que puede aumentar los síntomas del asma, producir eczemas, urticaria y provocar insomnio (Mikstas, 2024). Asimismo, el rojo allura AC ha demostrado que provoca reacciones alérgicas, que van desde urticaria hasta rinitis (Hofseth *et al.*, 2024). Estos hallazgos refuerzan la necesidad de implementar sistemas de vigilancia y control efectivos en productos de consumo masivo.

Actualmente en Estados Unidos en la FDA se han autorizado ocho colorantes artificiales en alimentos, medicamentos y cosméticos (E-133, 132, 143, 129, 102, 110, Rojo Cítrico No. 2 y Naranja B) mientras que en la Unión Europea cinco colorantes artificiales para alimentos (E-104, 122, 124, 131 y 142). El rojo cítrico No. 2 y Naranja B no se pueden utilizar para todos los alimentos, a diferencia de los demás (Sharma *et al.*, 2023). En Guatemala las autoridades han determinado límites específicos con el fin de regular la cantidad de colorantes en diversos productos alimentarios, y así evitar problemas que estén adjudicados al consumo excesivo. Diversos estudios han señalado que cuando se superan los límites permitidos de colorantes en productos alimentarios desencadena una variedad

de problemas de salud, en especial los colorantes azoicos que potencian alergias y están vinculados a un mayor riesgo de ciertos tipos de cáncer (Universidad de Guadalajara, 2023).

En COGUANOR se establece la norma NGO 34 192 que incluye los colorantes para uso permitidos y en qué concentraciones pueden ser usados en diversos alimentos industrializados. Además de indicar que dentro de la composición de un producto alimenticio no se puede emplear una mezcla de tres o más colorantes artificiales, lo que representa una restricción importante que debe de verificarse en los productos comercializados (COGUANOR, 1995).

El estudio contribuirá al fortalecimiento de los sistemas de vigilancia y control de calidad en el sector alimentario informal, donde tradicionalmente la supervisión ha sido limitada. Esto promoverá una mayor responsabilidad por parte de los productores y comercializadores, incentivando el cumplimiento de las normativas existentes y mejorando la calidad general de estos productos tradicionales.

C. Planteamiento del problema

¿Qué colorantes de uso alimentario se encuentran en algodones de azúcar y en qué medida estos cumplen con los requerimientos establecidos en el *Codex Alimentarius*, lo que se describe en el RTCA 67.04.54:18 y la norma NGO 34 192?

D. Alcance y límites

1. Alcances

- a. Evaluación de colorantes en algodón de azúcar que se comercializan en puestos informales en la ciudad de Guatemala.
- b. Identificación y cuantificación de colorantes mediante cromatografía líquida de alta resolución.
- c. Comparación con los requerimientos que se describen en el *Codex Alimentarius*, la norma COGUANOR NGO 34 192 y RTCA 67.04.54:18.

2. Límites

- a. Muestreo limitado ya que no se toma en cuenta otras regiones del país que pudieran ser pertinentes para el estudio.
- b. No se consideran los conservantes, edulcorantes o aromas que también pueden influir.
- c. El análisis se enfocó únicamente en dos colorantes específicos, sin evaluar la posible presencia de otros colorantes no autorizados.
- d. Las muestras correspondieron solo a algodones de color rosados, por lo que los resultados no aplican para productos de otros colores.
- e. La recolección se realizó en un solo mes, impidiendo evaluar variaciones temporales en la formulación del producto.

III. MARCO TEÓRICO

A. Aditivos alimentarios

Los aditivos alimentarios son sustancias que se incorporan intencionalmente a los productos alimenticios para mejorar diversos atributos, como color, sabor, propiedades de textura y conservación del producto. Estos se obtienen de fuentes animales, vegetales, minerales o pueden ser sintetizados químicamente. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), estos compuestos deben de cumplir con ciertos criterios de seguridad y funcionalidad tecnológica antes de ser autorizados para su uso comercial (OMS, 2023).

Su clasificación se efectúa por diversos criterios, pero la razón principal es por su funcionalidad (Vega *et al.*, 2023). La clasificación de los aditivos según el RTCA 67.04.54.18 el cual se basa en el Código Federal de Regulaciones (CFR), la normativa Codex Stan 192-1995 y en el reglamento (CE) N° 1333/2008 de la Unión europea, los divide según sus clases funcionales:

Cuadro 1. Clasificación de aditivos alimentarios

Categoría	Descripción
Edulcorante	Aportan sabor dulce a los alimentos o en edulcorantes de mesa
Colorantes	Añaden, modifican o restauran el color original a un alimento
Conservantes	Protegen de microorganismos o prolongan la vida útil en los alimentos
Antioxidantes	Evitan el deterioro causado por oxidación

Categoría	Descripción
Emulgentes	Facilitan la formación o mantenimiento de una mezcla ³
Estabilizantes	Mantienen la estructura y propiedades físico-químicas
Espesantes	Aumentan la viscosidad
Gelificantes	Forman geles
Acidulantes	Incrementan la acidez del producto alimenticio
Reguladores de la acidez	Alteran o controlan la acidez o alcalinidad del alimento
Antiaglomerantes	Evitan la formación de grumos en productos en polvo
Antiespumantes	Impiden o reducen la formación de espumas
Espumantes	Promueven la formación de espumas
Aromatizantes	Aportan o intensifica aroma
Humectantes	Impiden la desecación de alimentos o favorecen la disolución de un polvo en medio acuoso
Secuestrantes	Forman complejos químicos con iones metálicos
Agentes de recubrimiento	Confieren aspecto brillante o revisten como capa protectora en la superficie exterior
Agentes de carga	Aumentan el volumen del alimento para contribuir a su valor energético disponible
Gasificantes	Liberan gas y por esta manera se aumenta el volumen en masa
Propulsores	Facilitan la salida de alimentos en envases presurizados.
Agentes de tratamiento de la harina	Se añaden a la masa o harina para mejorar la calidad de cocción

Categoría	Descripción
Potenciadores del sabor	Intensifican el sabor o aroma natural del alimento
Endurecedores	Sustancias que vuelven o mantienen
Agentes de glaseado	Evitan que los productos se peguen entre sí

Nota. RTCA, 2021.

Los avances en los estudios de los componentes integrados en los productos alimenticios son cada vez más evidentes entre los consumidores, especialmente entre las personas que priorizan la salud y buscan activamente información completa respecto a sus elecciones alimentarias (Hemalatha y Parameshwari, 2021).

B. Colorantes artificiales en alimentos

Los colorantes son aditivos obtenidos por la síntesis, extracción, aislamiento o derivación de fuentes vegetales, animales o minerales que están diseñados para intensificar o conferir el color en los alimentos (FDA, 2023). Presentan un porcentaje significativo dentro del total de aditivos utilizados globalmente en la industria alimentaria, siendo especialmente importantes en productos de confitería donde la apariencia visual incluye significativamente en la aceptación del consumidor (Méndez, 2017).

1. Clasificación

Los colorantes se clasifican según criterios estructurales (grupo azo, antraquinona, etc.), origen (natural o sintéticos), propiedades de solubilidad (soluble en agua o solubles en grasa) y regulatorios (Delgado-Vargas y Paredes-López, 2002). La FDA los divide en

colorantes artificiales certificables/sintéticos y colorantes exentos de certificación, que son generalmente los de origen natural.

Los colorantes certificados se producen artificialmente y se utilizan específicamente para conferir un color intenso y uniforme en el producto. Estos son económicos y se mezclan con facilidad, lo que da la posibilidad de crear una variedad de tonos. Pero debido a su origen, es necesario que cada lote producido sea evaluado para determinar su identidad y niveles de pureza adecuados por parte de la FDA (FDA, 2023). Existen ocho colorantes aprobados por la FDA para su uso en alimentos, medicamentos y cosméticos, la mayoría se denominan “FD&C” (FDA, 2025a):

- a. FD&C Azul No. 1 (azul brillante)
- b. FD&C Azul No. 2 (azul indigotina)
- c. FD&C Verde No. 3 (verde rápido)
- d. FD&C Rojo No. 40 (Allura AC)
- e. FD&C Amarillo No. 5 (tartrazina)
- f. FD&C Amarillo No. 6 (amarillo crepúsculo)
- g. Rojo cítrico No.2
- h. Naranja B

Los colorantes exentos de certificación generalmente incluyen pigmentos naturales, pero aún no se ha adoptado una definición legal del término "natural", lo que genera confusión entre los consumidores y la industria. Esta categoría incluye diversos pigmentos derivados de fuentes naturales vegetales, animales o minerales, pero también incluyen compuestos sintetizados idénticos a los naturales, que no cumplen con ningún criterio de los ya mencionados. Este tipo de pigmentos se han utilizado desde la antigüedad hasta el

presente siglo debido a que son una alternativa más segura y que además parecen ser eficaces en la prevención y reducción del riesgo de muchas enfermedades. Sin embargo, tienen una alta sensibilidad a la oxidación y degradación por factores externos, por lo que la conservación de su integridad es más costosa. Por ejemplo, los colorantes naturales rojos y amarillos pueden costar hasta 100 veces más que los productos sintéticos con el mismo efecto (Merillón y Ramawat, 2019; Ramesh y Muthuraman, 2018).

La lista de los colorantes naturales varía entre países, pero los más utilizados en la industria alimenticia son los carotenoides, antocianinas, betaninas, colorante caramelo y una amplia variedad de jugos de frutas, achiote, carmín, licopeno, pimentón, cúrcuma y azafrán. El pigmento azul es raro conseguirlo por medio de la naturaleza, este solo se obtiene de la planta *Gardenia jasminoides*. El caroteno, la cantaxantina y la riboflavina son colorantes idénticos a los naturales (Maronpot *et al.*, 2020).

2. Principales colorantes usados en confitería

Por la amplia variedad de colorantes sintéticos que se utilizan actualmente, en la industria de confitería ha sido impulsada por la demanda de los consumidores de dulces visualmente atractivas y agradables al paladar (Tarahi *et al.*, 2023). Comercialmente, se utilizan ampliamente la tartrazina, el amarillo ocaso, la carmoisina, el rojo allura, el azul brillante y el negro brillante (Abdelghani *et al.*, 2019).

Cuadro 2. Colorantes sintéticos utilizados en confitería

Nombre 1,3	Código E 2	Descripción 3,4	Presencia 1,3, 4	² Dosis máxima (mg/kg)	IDA (mg/kg pc/día) ⁴	Daños a la salud ³
Tartrazina	E-102	Colorante azoico aniónico que produce un color amarillo limón	Caramelos, gelatinas, gomitas, algodones de azúcar, cacahuates, helados y conservas	300	0 - 7.5	• Alergias, asma, erupciones cutáneas, • Hiperactividad y migrañas • Cirrosis biliar en mujeres posmeno-páusicas • Neurotoxicidad y genotoxicidad
Rojo Allura AC	E-129	Se produce a partir del alquitrán de hulla. Da un color rojo intenso	Bebidas, chicles, aperitivos, salsas, sopas y vino (vino de manzana)	348	0 – 7	• Disminución de la concentración, dolores de cabeza, migrañas, hiperactividad y trastornos del sueño • Sensación de irritación cutánea • Genotoxicidad

Nombre 1,3	Código E 2	Descripción 3,4	Presencia 1,3, 4	² Dosis máxima (mg/kg)	IDA (mg/kg pc/día) ⁴	Daños a la salud ³
Eritrosina	E-127	Colorante rosa cereza proveniente de la familia de las xantenas con estructura de benzoato	Leches y pudines, helados, chicles, caramelos, gelatinas y bebidas en polvo	BPM*	0 - 0.1	• Uso prolongado asociado a tumor tiroideo en ratas • Hipertiroidismo por liberación de yodo
Azul brillante FCF	E-133	Colorante triarilmetano azul verdoso	Caramelos azules, algodones de azúcar, chicles, decoraciones , dulces temáticos, mezclas para colores verdes y morados	300	0 - 12.5	• Provoca reacciones alérgicas en pacientes asmáticos • Irritación gastrointestinal leve • Coloración temporal de orina
Verde rápido FCF	E-143	Colorante de triarilmetano Prohibido en varios países	Caramelos, chicles	100	No autorizado en la Unión Europea	• Mutagénico • Provoca irritación ocular, cutánea y del tracto respiratorio • Posiblemente carcinógeno

Nombre 1,3	Código E 2	Descripción 3,4	Presencia 1,3, 4	² Dosis máxima (mg/kg)	IDA (mg/kg pc/día) ⁴	Daños a la salud ³
Amarillo ocaso FCF	E-110	Derivado del alquitrán de hulla, de color amarillo anaranjado	Pan, bebidas, cereales, dulces en polvo, helados y aperitivos	400	0 - 4	• Hiperactividad en niños pequeños • Malestar gástrico, diarrea, vómitos, • Urticaria e hinchazón de la piel (angioedema)

Nota. *BPM = Buenas prácticas de manufactura (se controla por regulación técnica). Fuente: 1. Minifie, 1989; 2. RTCA, 2021; 3. Ramesh y Muthuraman, 2018; 4. Lehto *et al.*, 2017.

3. Efectos en la salud

Los colorantes han sido objeto de estudio durante las últimas décadas debido a su aumento de uso significativo por sus altas ventajas y por su impacto negativo en la salud humana, particularmente en poblaciones infantiles, que va desde reacciones alérgicas leves hasta alteraciones neurológicas y metabólicas. La mayoría de los colorantes no han sido evaluados para determinar su toxicidad a largo plazo y en combinación con otros aditivos (Ramesh y Muthuraman, 2018). En los últimos años se ha observado que, a grandes cantidades de colorantes, hay un aumento en la incidencia de alergias, asma, problemas neurológicos, efectos cancerígenos y disminución de la microbiota intestinal (Dey y Nagabubu, 2022).

Uno de los efectos adversos más reportados en la comunidad científica es la hiperactividad y dificultad de concentración en niños. En 1970 se sugirió una posible relación entre el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) y la ingesta de colorantes sintéticos, sin embargo, estudios más recientes han descartado que estos aditivos sean causa directa de dicho trastorno. Lo que muchos estudios han acordado es que existe un efecto adverso significativo en la cognición y comportamiento de los niños, independientemente si padecen o no TDAH (Dey y Nagabubu, 2022; Ramesh y Muthuraman, 2018).

Cabe destacar que estas alteraciones de conducta pueden estar relacionadas con la combinación de los colorantes con otros aditivos, como el benzoato de sodio, conservante que también ha sido asociado con un aumento de la hiperactividad, sin mencionar los altos niveles de azúcares añadidos, los cuales también han demostrado modificaciones en el comportamiento de la población infantil (Austin, 2015). Existen seis colorantes (tartrazina, rojo allura, ponceau 4R, amarillo de quinoleína WS, amarillo oca y carmoisina) que están altamente relacionados a estos efectos neuroconductuales. La tartrazina destaca por su asociación con otros cambios de comportamiento, incluyendo irritabilidad, inquietud, depresión y dificultad para dormir (Dey y Nagabubu, 2022).

Otro aspecto preocupante es el potencial efecto carcinogénico, debido a los resultados de estudios *in vitro* e *in vivo*. Un ejemplo es el Rojo 3, donde 2 estudios demostraron cáncer en ratas machos después de ser expuestas a altos niveles de este colorante, sin embargo, la extrapolación de estos resultados a poblaciones humanas presenta desafíos metodológicos significativos debido a diferencias en metabolismo, patrones de exposición, esperanza de vida y susceptibilidad genética (FDA, 2025b). El Rojo 40, el Amarillo 5 y el Amarillo 6 pueden contener contaminantes, como la bencidina, que se sabe que causan cáncer. También se han realizado estudios genotóxicos, los cuales han demostrado que el rojo allura, la eritrosina y tartrazina pueden causar aberraciones cromosómicas y toxicidad para el desarrollo y daño del ADN (John *et al.*, 2023).

Al menos cuatro colorantes (Azul 1, Rojo 40, Amarillo 5 y Amarillo 6) causan reacciones de hipersensibilidad. Estas reacciones se manifiestan a través de un espectro amplio de síntomas que van desde urticaria leve hasta reacciones anafilácticas potencialmente fatales, siendo las más comunes las erupciones cutáneas y lagrimeo. Los estudios epidemiológicos han identificado que los niños presentan mayor susceptibilidad a desarrollar reacciones alérgicas debido a la inmadurez de su sistema inmunológico y la mayor permeabilidad de su tracto gastrointestinal (Dey y Nagababu, 2022).

También se ha observado que algunos colorantes, especialmente los compuestos azo aromáticos, perjudican la función hepática. La exposición excesiva a estos aditivos hace que el hígado se sobrecargue y ocasione estrés oxidativo, alteraciones enzimáticas y daño celular. El rojo allura, eritrosina y amarillo ocazo han demostrado inducir lesiones hepáticas en modelos animales (Amchova *et al.*, 2024).

4. Usos ilegales

El uso ilegal de colorantes en productos de confitería representa una problemática sanitaria global. Esta práctica compromete la seguridad alimentaria y pone en riesgo la salud pública. A pesar de que existen regulaciones claras en cuanto a qué colorantes están permitidos y sus respectivas cantidades, en muchos países se han detectado productos que contienen colorantes no autorizados o en concentraciones superiores a los límites establecidos (Kaur Purba y Sudhir K Shukla, 2015). Sin mencionar que existen casos en los que los colorantes sintéticos se etiquetan erróneamente como naturales para engañar a los consumidores (Varghese y Ramamoorthy, 2023).

En la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) publicó una lista con varios colorantes ilegales encontrados en alimentos, entre estos se encuentran el Sudan I y

IV, Rodamina B, Orange II y amarillo de metanilo, sustancias con efectos nocivos para la salud. Los colorantes Sudan y Rodamina B han mostrado actividad carcinogénica y mutagénica en estudios con animales, mientras que el Orange II puede causar irritación gastrointestinal, reacciones alérgicas y, en exposiciones crónicas, daño hepático y renal (Pham *et al.*, 2021; Ridjal *et al.*, 2022; Rahman *et al.*, 2019; Qalbi *et al.*, 2023). Los efectos adversos del amarillo de metanilo son potencialmente mortales, llegando a causar daño orgánico, alteraciones sanguíneas y daños neurológicos (Ghosh *et al.*, 2017).

C. Aspectos regulatorios

Cada país tiene sus propias regulaciones respecto a los colorantes, debido a su uso extendido y su impacto en la salud, aunque existen similitudes entre ellas. Existe una necesidad reconocida de un etiquetado adecuado, normas actualizadas, regulaciones integrales para colorantes alimentarios naturales y normas estrictas para controlar la producción de colorantes alimentarios sintéticos, a fin de abordar eficazmente estos desafíos actuales (Varghese y Ramamoorthy, 2023).

1. Normativas internacionales

El *Codex Alimentarius* representa las primeras normas internacionales referente a estándares alimentarios, creado con el fin de facilitar el comercio de los aditivos y proteger la salud del consumidor. Se estableció por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación de la Salud (FAO) y la OMS. En este se exponen las normas alimentarias y los acuerdos de naturaleza recomendable. Estas normas son de adopción voluntaria, sin embargo, debido a su rigor científico y reconocimiento internacional, la mayoría de los países las incorporan (FAO, 2025b).

La EFSA de Europa, y la FDA de Estados Unidos, son las principales organizaciones de referencia mundial para garantizar la calidad y seguridad de los productos alimenticios. La EFSA examina exhaustivamente los colorantes y garantiza la seguridad de los consumidores en toda la Unión Europea. Por su parte, la FDA aprueba el uso de los colorantes en medicamentos, cosméticos y alimentos. Así mismo el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JEFCA) asigna una ingesta diaria adecuada (IDA) a todos los aditivos sin sufrir daños exponenciales, expresada en función del peso corporal humano. Cualquier sustancia que contenga una sustancia no aprobada de acuerdo a las normativas se considera adulterada y por ende se someten medidas para retirarla de la industria (Gomes *et al.*, 2021; Maronpot *et al.*, 2020)

A principios del siglo XX se utilizaban aproximadamente 80 colorantes en alimentos, incluyendo los que se utilizaban en la industria textil. Esta situación existía debido a que no se tenía ninguna regulación en cuanto a su uso. A partir de que se implementó la primera legislación estadounidense, se analizaron los colorantes y se estableció la lista de colorantes permitidos para la industria alimentaria. En los años siguientes se añadieron nuevos colorantes y se hizo la ley obligatoria de certificación bajo la jurisdicción de la FDA, lo cual reforzó el control en cuanto a estos productos. Paralelamente, surgieron los estudios acerca de la toxicidad de estos aditivos, resultando en la prohibición de algunos colorantes que inicialmente se consideraban seguros (Gomes *et al.*, 2021; Maronpot *et al.*, 2020). Actualmente estos colorantes son los aprobados para uso alimentario:

Cuadro 3. Colorantes sintéticos permitidos en Europa y Estados Unidos

Nombre	Código E	Unión Europea (UE)	Estados Unidos (EEUU)
Rojo ácido	NA	-	-
Rojo Allura AC	E129	+	+

Nombre	Código E	Unión Europea (UE)	Estados Unidos (EEUU)
Amaranto	E123	+	-
Azorrubina	E122	+	-
Negro brillante	E151	+	-
Negro brillante FCF	E133	+	+
Café HT	E155	+	-
Rojo cítrico 2	NA	-	+
Eritrosina*	E127	-	-
Verde Rápido FCF	NA	-	+
Verde S	E142	+	-
Indigotina	E132	+	+
Naranja B	NA	-	+
Azul patente V	E131	+	-
Floxina	NA	-	-
Ponceau S	E124	+	-
Amarillo quinolina	E104	+	-
Rosa bengala	NA	-	-
Amarillo ocaso	E110	+	+
Tartrazina	E102	+	+

Nota: -: colorante prohibido; +: colorante permitido; NA: No Aplica; *Eritrosina prohibido a partir de 2025. Maronpot *et al.*, 2020.

1. Normativas nacionales

El Código de Salud de Guatemala (Decreto 90-97) establece los principios generales de protección de la salud pública, incluyendo disposiciones específicas referente a alimentos como los requisitos generales para la producción, almacenamiento, distribución y comercialización, la prohibición de la comercialización de alimentos que representen riesgos para la salud y las infracciones sanitarias y régimen sancionatorio aplicable. (CONGRESO DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA, 1997). Este otorga al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) a través del Departamento de Regulación y Control de Alimentos (DRCA), la supervisión del cumplimiento de las normas relacionadas con los productos nacionales e importados (MSPAS, 2025).

Guatemala al ser miembro del Sistema de Integración Centroamericana (SICA), adopta las disposiciones del RTCA, que es aprobado por el Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO). Específicamente el RTCA 67.04.54.18, el cual es de aplicación obligatoria desde su aprobación mediante la resolución COMIECO-419-2019, establece los colorantes autorizados, sus dosis máximas permitidas y sus condiciones de uso en la región (RTCA, 2021). El cumplimiento de las normativas alimentarias en Guatemala está respaldado por un régimen sancionatorio robusto establecido en el Código de Salud (Decreto 90-97) y operativizado por el Reglamento para la Inocuidad de los Alimentos (969-99) (MSPAS, 2019).

Así mismo se encuentran las normas COGUANOR, que promueven el desarrollo ordenado de las actividades industriales, agrícolas y comerciales en el país, y que son de observancia, uso y aplicación voluntaria. Específicamente la norma COGUANOR NGO 34 192 habla de los aditivos permitidos para el consumo humano (COGUANOR, 1995). Ambas normativas se basan en el *Codex Alimentarius*, con adaptaciones para el contexto centroamericano.

Aunque su aplicación es voluntaria, proporciona especificaciones técnicas de referencia para la industria alimentaria guatemalteca. De acuerdo a esta normativa los colorantes artificiales permitidos para consumo humano son:

Cuadro 4. Colorantes artificiales permitidos para consumo humano en Guatemala

Colorante	Límite máximo (mg/kg)
Azul brillante FCF	100
Indigotina	200
Tartrazina	200
Amarillo crepúsculo	200
Eritrosina	200
Amaranto	200
Rojo Allura AC	200

Nota. COGUANOR, 1995.

D. Métodos de identificación

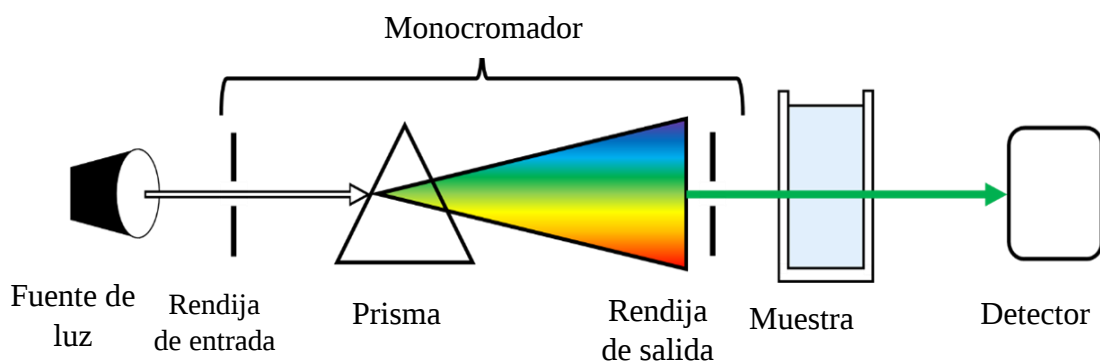
Los métodos de identificación de colorantes han evolucionado significativamente desde las técnicas clásicas de precipitación y cristalización hasta sofisticadas técnicas instrumentales que ofrecen mayor sensibilidad y especificidad (Nambiar *et al.*, 2018). La diversidad estructural de los colorantes alimentarios, que abarca desde compuestos naturales hasta colorantes sintéticos, demanda la aplicación de múltiples enfoques analíticos complementarios para garantizar la calidad del producto como la seguridad del consumidor (Gebhardt *et al.*, 2020).

1. Espectrofotometría UV-Vis

Esta técnica se utiliza para la identificación y cuantificación de sustancias en función de sus características únicas de absorción de la luz en la región ultravioleta-visible, como los aditivos alimentarios. Su principio se basa en función de sus transiciones electrónicas, las cuales están medidas por su estructura molecular, dinámica e interacciones con el entorno, siguiendo la Ley de Beer-Lambert, que establece que la absorción es directamente proporcional a la concentración de una sustancia cromófora en solución (Gómez *et al.*, 2024).

La espectrofotometría es sencilla y económica, y ha demostrado ser un método prometedor para la detección de pigmentos comestibles, debido a la aromaticidad y conjugación que estos poseen. La Figura 1 muestra el diagrama esquemático de los elementos básicos de un espectrofotómetro. El haz de luz que se genera por la lámpara y pasa a través del filtro de corrección y llega al monocromador, el cual separa la luz en diferentes longitudes de onda. A continuación, por medio de una rendija de salida pasa una sola banda de longitud de onda, la cual atraviesa la muestra contenida en la celda y la luz que no es absorbida llega al detector, permitiendo calcular la absorbancia según la ley de Beer-Lambert (Carrera Villanueva, 2022).

Figura 1. Componentes del espectrofotómetro UV-Vis



Nota. JASCO, 2023.

Las longitudes de onda de cada colorante corresponden a la franja específica del espectro visible, que va desde 380 nm a 780 nm (Gräb y Geidel, 2019).

2. Otras técnicas analíticas

A veces, la cromatografía líquida (LC) es la técnica de preferencia debido a que las moléculas de los colorantes sintéticos son complejas, lo que puede causar dificultad durante el análisis cromatográfico. Estas sustancias son altamente polares, por lo que tienden a eluir rápidamente, cercana al volumen muerto (Rejczak y Tuzimski, 2017).

a. Cromatografía en capa fina (TLC)

La cromatografía en capa fina constituye una técnica de separación fundamental en el análisis de colorantes alimentarios, especialmente valorada por su simplicidad, rapidez y bajo costo operativo. Esta metodología se basa en la distribución diferencial de los analitos entre una fase estacionaria sólida, generalmente sílica gel, y una fase móvil líquida, permitiendo la separación de mezclas complejas de colorantes basándose en sus diferentes afinidades por ambas fases. La técnica es particularmente útil para el análisis cualitativo preliminar de colorantes, proporcionando información respecto a la pureza de los compuestos y permitiendo la identificación tentativa mediante comparación de valores de R_f (factor de retención) con estándares conocidos (Ntrallou *et al.*, 2020).

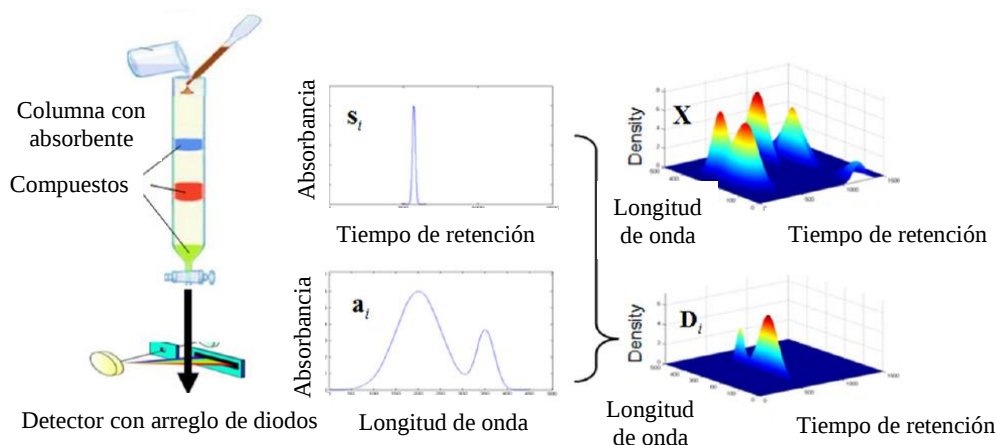
b. Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia o Alta Resolución (HPLC)

La cromatografía líquida de alta resolución, ofrece una combinación única de alta resolución, sensibilidad excepcional y precisión analítica. Esta técnica emplea columnas rellenas con partículas de pequeño diámetro y altas presiones para lograr separaciones eficientes de mezclas complejas de colorantes. El HPLC permite la identificación

inequívoca de colorantes individuales mediante comparación de tiempos de retención con estándares certificados, así como la cuantificación precisa mediante calibración con curvas de concentración conocida (Park *et al.*, 2024).

El acoplamiento del HPLC con el detector de arreglo de diodos (DAD) potencia significativamente estas capacidades analíticas al permitir la lectura simultánea de cada espectro en la región UV-Visible para cada componente eluido (Bonan *et al.*, 2013). Como se muestra en la Figura 2, el detector captura dos tipos de información de cada componente, un cromatograma que muestra cuándo sale de la columna y un espectro que indica cómo absorbe luz a diferentes longitudes de onda, generando una representación tridimensional que actúa como huella digital única de cada compuesto (Cui *et al.*, 2014). En el análisis de colorantes alimentarios, el método HPLC-DAD ha confirmado su precisión y rapidez para la determinación simultánea de múltiples aditivos en diferentes matrices, garantizando no solo una separación completa de mezclas complejas, sino también la sensibilidad y exactitud requeridas para cumplir con los requerimientos de la normativa (Agilent, 2025).

Figura 2. Principio de operación de HPLC-DAD



Nota. Cui *et al.*, 2014.

E. Algodón de azúcar

El algodón de azúcar, también conocido como hilo de hadas, es un dulce de azúcar hilado con una textura similar al algodón, que la mayoría de la gente asocia con las ferias, parques de diversiones y celebraciones infantiles. Aunque sus inicios era exclusivo de la realeza europea, su popularidad creció a principios del siglo XIX con el desarrollo de la máquina de algodón de azúcar (Spence *et al.*, 2019). Normalmente se prepara a altas temperaturas pues se debe fundir el azúcar. Este ingrediente se enfría rápidamente y se solidifica en fibras entrecruzadas que generan la textura única y es por esto que suele consumirse inmediatamente después de su cocción. Este proceso puede realizarse en pocos minutos y admite la adición de colorantes y sabores para crear productos atractivos al público. (Terashima, 2022).

La importancia cultural del algodón de azúcar en Guatemala se fundamenta en su papel como símbolo de celebración. Durante las festividades caracterizan el calendario festivo guatemalteco, los vendedores ambulantes de algodón de azúcar se convierten en figuras emblemáticas del paisaje cultural urbano y rural. La preparación artesanal del dulce, frecuentemente realizada en máquinas tradicionales de operación manual, representa una forma de conocimiento técnico transmitido generacionalmente que contribuye al mantenimiento de tradiciones culinarias populares (Cetino, 2025; Yañez, 2023). Además, en el contexto socioeconómico guatemalteco, este producto ha tomado un significado como actividad económica informal que proporciona sustento a las familias (Revolorio, 2025).

IV. MARCO METODOLÓGICO

A. Objetivos

1. Objetivo general

- a. Evaluar el contenido de colorantes en algodones de azúcar rosados a base de sacarosa comercializados en la ciudad de Guatemala.
- b. Generar información confiable que oriente a las autoridades de salud respecto a los riesgos que pueden darse por los niveles de colorantes no permitidos los algodones de azúcar que se comercializan en el sector informal de la ciudad de Guatemala.

2. Objetivos específicos

- a. Determinar la presencia y concentración de colorantes en algodón de azúcar en la ciudad de Guatemala mediante cromatografía líquida de alta eficiencia con detector de arreglo de diodos.
- b. Comparar las concentraciones obtenidas de los colorantes identificados con las normativas que aplican para la regulación de alimentos en Guatemala.
- c. Evidenciar si en Guatemala se cumplen con los requerimientos regulatorios para el uso de colorantes en productos que consume la población guatemalteca.

B. Hipótesis

1. Hipótesis nula (H_0)

Los algodones de azúcar rosados que se comercializan en la ciudad de Guatemala cumplen con los requerimientos exigidos mediante las normativas vigentes *Codex*

alimentarios, la norma No. 34 192 del Comité Guatemalteco de Normas y el RTCA 67.04.54.18.

2. Hipótesis alternativa (Ha)

Los algodones de azúcar rosados que se comercializan en la ciudad de Guatemala no cumplen con los requerimientos exigidos mediante las normativas vigentes *Codex Alimentarios*, la norma No. 34 192 del Comité Guatemalteco de Normas y el RTCA 67.04.54.18.

C. Variables

1. Variables independientes

- a. Tipo de colorantes
- b. Concentración de colorante
- c. Frecuencia de uso

2. Variables dependientes

- a. Cumplimiento con normas de salubridad
- b. Presencia de colorantes no permitidos

D. Población y muestra

1. Población

Algodones de azúcar comercializados en la ciudad de Guatemala.

2. Muestra

Diez muestras de algodones de azúcar comercializados en el sector informal en distintas zonas de la ciudad de Guatemala.

E. Criterios de inclusión y exclusión

1. Criterios de inclusión

- a. Algodones de azúcar de color rosado que puedan adquirirse en espacios públicos en la ciudad de Guatemala.
- b. Algodones de azúcar de color rosado con un precio menor o igual a Q.15.00 por unidad.

1. Criterios de exclusión

- a. Algodones de azúcar en ventas formales en la ciudad de Guatemala.
- b. Algodones de azúcar con un precio mayor a Q.15.00 por unidad.
- c. Algodones de azúcar con signos de deterioro o contaminación.

F. Procedimiento

1. Revisión bibliográfica y recopilación de información

Se efectuó una revisión de la literatura científica y documentos normativos para el propósito del estudio. Se tomaron en consideración trabajos relacionados con el análisis, toxicidad y regulación de aditivos alimentarios, específicamente colorantes utilizados en

confitería. Se recopiló información técnica y comercial complementaria mediante comunicación directa con distribuidoras de insumos para confitería. Se consultaron bases de datos de instituciones oficiales como FDA, EFSA y JECFA. Con la información recopilada se diseñó el protocolo y elaboró el presente informe final.

2. Recolección y almacenamiento de muestras

Se definió la recolección de muestras aplicando un esquema de muestreo por conveniencia, obteniendo los algodones de azúcar en el mes de noviembre de 2025 en el sector informal de la ciudad de Guatemala, como en ferias, puestos callejeros o por medio de vendedores ambulantes. A cada unidad se le asignó un código alfanumérico correlativo según el punto de recolección y número de muestra. Para preservar la integridad del producto ante cualquier contaminación externa, las muestras se almacenaron individualmente en bolsas herméticas a temperatura ambiente y sin exposición directa a luz natural.

3. Preparación de las muestras

Se pesaron 5.0 g de cada muestra de algodón y se colocaron en beaker con 10 – 15mL de agua ultrapura. La mezcla se sometió a tratamiento en baño ultrasónico durante 15 minutos para asegurar la completa disolución de los colorantes. La solución resultante se transfirió a un matraz volumétrico de 25 mL y se llevó al aforo con agua ultrapura. Cuando se observó presencia de partículas en suspensión, se realizó una prefiltración mediante embudo con papel filtro Whatman No.1. Seguidamente, se extrajo una alícuota de 2,0 mL del extracto, se depositó en un matraz volumétrico de 10 mL y se diluyó hasta el volumen final con agua ultrapura. Finalmente, la solución se filtró a través de un filtro de membrana de jeringa 0.45 μm directamente al vial HPLC etiquetado para su posterior análisis cromatográfico.

4. Análisis cuantitativo

a. Preparación soluciones madre

Se pesaron 100 mg de cada colorante artificial de referencia certificado (rojo allura AC (E129) y eritrosina (E127)). Cada estándar se disolvió parcialmente en un beaker con agua ultrapura. Luego se transfirió a un matraz aforado de 100 mL previamente etiquetado, obteniéndose una concentración final de 1000 ppm.

b. Preparación soluciones estándar

A partir de cada solución madre se elaboraron soluciones intermedias de 50 ppm. De estas se prepararon cinco niveles (1, 2, 5, 15, 30 ppm) en matraces volumétricos de 50 mL usando agua ultrapura como diluyente. Cada nivel se preparó en triplicado y se filtraron mediante membrana de 0.45 μm antes de inyectarse al vial HPLC etiquetado.

c. Análisis cromatográfico (HPLC-DAD)

La curva de calibración y el análisis de las muestras se efectuó en un cromatógrafo HPLC acoplado con detector de diodos (DAD) siguiendo las condiciones cromatográficas descritas por Miniotti *et al.*, 2007:

- Columna: C18 (250×4.6 mm, 5 μm)
- Fase móvil A: Acetato de amonio 1% (m/v) ajustado a pH 7.5 con NaOH 10% (m/v)
- Fase móvil B: MeOH:ACN (80:20 v/v)
- Flujo: 1.5 mL/min
- Volumen de inyección: 20 μL

- Detección: DAD: cuantificación a 507 nm (rojo allura AC) y 528 nm (eritrosina).
- Gradiente de elución:

Tiempo (min)	A (%)	B (%)
0.0	100	0
2.0	100	0
22.0	47.5	52.5
37.6	0	100
40.0	0	100
41.0	100	0
43.0	100	0

1. Elaboración de informe final

Se efectuó la tabulación e interpretación estadística para la posterior discusión de los resultados experimentales obtenidos y sus respectivas conclusiones y recomendaciones.

G. Diseño de investigación

El presente estudio corresponde a un diseño transversal descriptivo con enfoque cuantitativo y alcance regulatorio. La recolección de muestras se realizó en un momento específico para identificar y cuantificar los colorantes presentes, utilizando métodos analíticos estandarizados.

H. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante estadística descriptiva. Se calcularon parámetros como media, desviación estándar y coeficiente de determinación (R^2) para evaluar la linealidad de las curvas de calibración. Dada la naturaleza descriptivo-regulatoria del estudio y el tamaño de muestra ($n=10$), no se aplicaron pruebas de inferencia estadística. Los resultados se compararon con los límites máximos establecidos en la normativa nacional (RTCA 67.04.54:18, COGUANOR NGO 34 192) e internacional (*Codex Alimentarius*).

V. MARCO OPERATIVO

A. Recolección y tratamiento de los datos

Se recolectaron 10 muestras de algodones de azúcar de color rosado en distintos puntos de la ciudad de Guatemala. Las muestras fueron codificadas y almacenadas a temperatura ambiente en un lugar hermético hasta su experimentación. Los datos analíticos se capturaron directamente desde los equipos instrumentales mediante software especializado y se analizaron con Excel.

B. Recursos

1. Recursos humanos

Autora: Andrea Priscila García González

Asesora: MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo

Revisora: MSc. Ingrid Patricia Martínez Cosillo

Supervisora de laboratorio: Msc. Ana Luisa Mendizábal

2. Recursos materiales

a. Equipo

- a. Balanza analítica Ohaus modelo analítica plus AI2550
- b. Baño ultrasónico marca E/MC Rai Research modelo 450
- c. Sistema HPLC marca Agilent con detector DAD

b. Materiales y cristalería

- a. Beaker 50, 100, 500 mL
- b. Probeta 10, 25, 100 mL

- c. Pipeta volumétrica 1, 2, 5 mL
- d. Matraz volumétrico 10, 25, 50, 100 mL
- e. Embudo de vidrio
- f. Vidrio de reloj
- g. Papel pH
- h. Masking tape
- i. Varilla de vidrio
- j. Espátula analítica y de madera
- k. Propipeta
- l. Papel Whatman No. 1
- m. Viales HPLC
- n. Filtros de jeringa 0.45 μm
- o. Frascos ambar 25, 100 mL
- p. Guantes

c. Reactivos

- a. Rojo allura AC (E129)
- b. Eritrosina (E127)
- c. Hidróxido de sodio
- d. Acetato de amonio
- e. Agua ultrapura
- f. Metanol grado HPLC
- g. Acetonitrilo grado HPLC

3. Recursos institucionales

- a. Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada, Universidad del Valle de Guatemala.

C. Aspectos económicos

Cuadro 5. Aspectos económicos del trabajo de investigación

Servicio	Financiador	Costo (Q)
Transporte	Autora	1000.00
Algodones de azúcar	Autora	150.00
Equipo y análisis de muestra	UVG	3000.00
Materiales de oficina (computadora, impresiones, material escolar)	Autora	700.00
TOTAL		4850.00

Nota. Elaboración propia.

VI. RESULTADOS

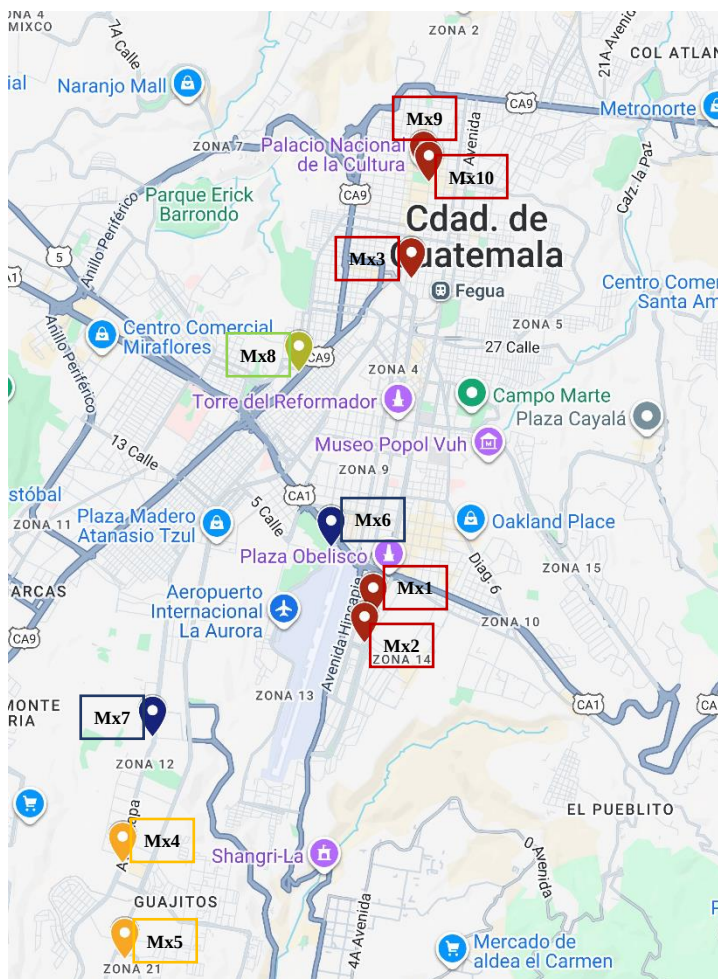
En esta sección se presentan los resultados del análisis cromatográfico (HPLC-DAD) siguiendo el método validado por Miniotti *et al.*, (2007) de 10 muestras de algodón de azúcar de color rosado recolectadas en el sector informal de la ciudad de Guatemala. Los resultados se organizan secuencialmente, iniciando con la caracterización de las unidades muestrales y su distribución geográfica, seguido de la evaluación de la linealidad del sistema cromatográfico, la identificación y cuantificación de los colorantes rojo allura AC (E129) y eritrosina (E127), y finalmente el análisis de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa nacional e internacional vigente.

Cuadro 6. Codificación de muestras recolectadas en la ciudad de Guatemala

No.	Lugar de recolección	Zona de recolección	Tipo de venta	Código de campo*	Código de análisis
1	Pasos y Pedales	9	Carrito con máquina	PA01	Mx1
2	Pasos y Pedales	9	Vendedor ambulante	PA02	Mx2
3	Paseo la sexta	1	Vendedor ambulante	PA03	Mx3
4	Desfile B&B	12	Vendedor ambulante	DE01	Mx4
5	Desfile navideño	21	Carrito con máquina	DE02	Mx5
6	Zoológico	13	Vendedor ambulante	AT01	Mx6
7	IRTRA Mundo Petapa	12	Carrito con máquina	AT02	Mx7
8	Iglesia	3	Vendedor ambulante	IG01	Mx8
9	Parque central	1	Carrito con máquina	PA04	Mx9
10	Parque central	1	Vendedor ambulante	PA05	Mx10

Nota. Se recolectaron 10 muestras de algodón de azúcar de color rosado en diferentes puntos de venta del sector informal seleccionados de manera aleatoria en la Ciudad de Guatemala durante el mes de noviembre de 2025. *PA = parque; DE = desfile; AT: atracción; IG = iglesia. Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Distribución geográfica de los puntos de muestreo de algodón de azúcar en la Ciudad de Guatemala



Nota. Localización específica de los 10 puntos de muestreo en el área metropolitana. Puntos rojos son parques (Mx 1, 2, 3, 9 y 10); Puntos azules son atracciones (Mx 6 y 7); Puntos amarillos son desfiles (Mx 4 y 5); Punto verde limón es iglesia (Mx 8). Fuente: elaboración propia.

Cuadro 7. Evaluación del cumplimiento documental y técnico de distribuidoras guatemaltecas de colorantes utilizados en la preparación de algodones de azúcar

Parámetros/Distribuidora	A	B	C	D
Tipo de producto				
Colorante	Sí	Sí	Sí	No
Azúcar coloreada	No	Sí	No	Sí
Documentación proporcionada				
Ficha técnica	Sí	Sí	Poscompra	No
Certificado de análisis	Poscompra	Sí	Poscompra	No
Asesoría técnica				
¿Brindan asesoría con respecto a uso correcto?	Bajo consulta ¹	No	No	No
Información regulatoria				
Autorización para uso en alimentos en Guatemala	Sin indicar ²	Sí ³	N/D	Sin detalles ⁴
Advertencias acerca de restricciones en matrices alimentarias	No	No	N/D	N/D

Nota. 1 = Consultan con ingeniera encargada únicamente si el cliente lo solicita. 2 = No está indicado en la ficha técnica proporcionada y no proporcionan información al preguntar. 3 = colorantes especificados en la ficha técnica, pero se corroboró en el RTCA 67.04.54:18 que estos si fueran permitidos para alimentos. 4 = Mencionan trabajar con colorante vegetal sin proporcionar información adicional. N/D = No disponible. Fuente: elaboración propia con base a información recabada de distintas distribuidoras de la ciudad de Guatemala.

Cuadro 8. Parámetros de la curva de calibración de rojo allura AC (E129) y eritrosina (E127)

Colorante	Rango lineal (ppm)	Ecuación de la curva	R ²	Error Estándar Residual (RSE)
E129	1 – 30	$y = 12.8415 x + 15.9688$	0.999575	6.939
E127	1 – 30	$y = 12.5549 x + 3.50892$	0.998334	11.47

Nota. Se presentan las curvas de calibración obtenidas para cada estándar construidas por 5 niveles de concentración (1, 2, 5, 15 y 30 ppm) preparados por triplicado. Fuente: elaboración propia con base en los resultados obtenidos.

Cuadro 9. Concentraciones de eritrosina (E127) en algodones de azúcar rosados comercializados en la ciudad de Guatemala

Mx	Concentración promedio (ppm) *	Cantidad total (mg/kg) **	Límite máximo permitido		
			Codex Alimentarius ¹ (0 mg/kg)	RTCA 67.04.54:18 ² (BPM)	Norma COGUANOR ³ (200 mg/kg)
1	3.02727	302.73	No cumple	No cumple	No cumple
2	9.1223	228.06	No cumple	No cumple	No cumple
3	4.9532	123.83	No cumple	No cumple	Cumple
4	6.6570	166.42	No cumple	No cumple	Cumple
5	18.7053	467.63	No cumple	No cumple	No cumple
6	8.9544	223.86	No cumple	No cumple	No cumple
7	9.6791	241.98	No cumple	No cumple	No cumple
8	4.2143	105.36	No cumple	No cumple	Cumple

Mx	Concentración promedio (ppm) *	Cantidad total (mg/kg) **	Límite máximo permitido		
			<i>Codex Alimentarius</i> ¹ (0 mg/kg)	RTCA 67.04.54:18 ² (BPM)	Norma COGUANOR ³ (200 mg/kg)
9	4.5860	114.65	No cumple	No cumple	Cumple
10	7.7142	192.85	No cumple	No cumple	Cumple

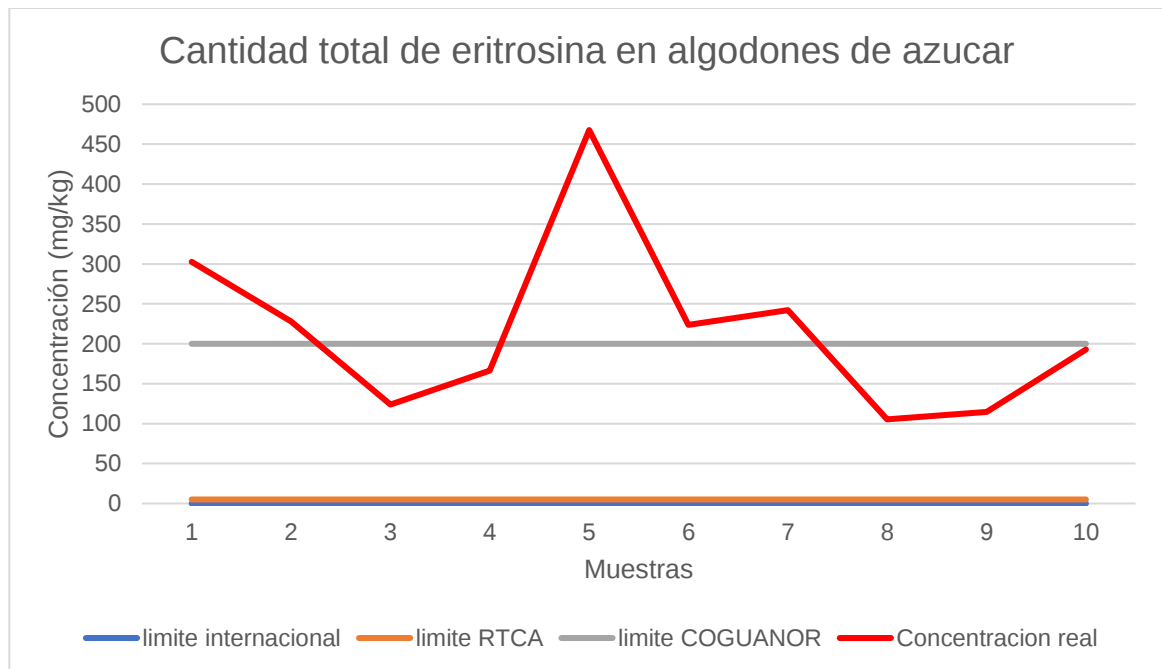
Nota. *Dato obtenido por la media de las tres concentraciones individuales presentadas en la tabla núm. 10 en anexos. **Dato obtenido por medio de la ecuación núm. 1 en anexos. Fuente: elaboración propia con base en los resultados obtenidos. 1: *Codex Alimentarius*, 2024, pp. 184; 2: RTCA 67.04.54:18, 2021, pp.132. BPM = Buenas Prácticas de Manufactura.

Cuadro 10. Concentraciones de rojo allura AC (E129) en algodones de azúcar de color rosado comercializados en la ciudad de Guatemala

Mx	Concentración promedio (ppm) *	Cantidad total (mg/kg) **	Límite máximo permitido		
			<i>Codex Alimentarius</i> ¹ (300 mg/kg)	RTCA 67.04.54:18 ² (348 mg/kg)	Norma COGUANOR ³ (200 mg/kg)
1	N/A ***	N/A	N/A	N/A	N/A
2	0.6561	16.403	Cumple	Cumple	Cumple
3	0.4031	10.078	Cumple	Cumple	Cumple
4	0.5814	14.534	Cumple	Cumple	Cumple
5	0.6239	15.598	Cumple	Cumple	Cumple
6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

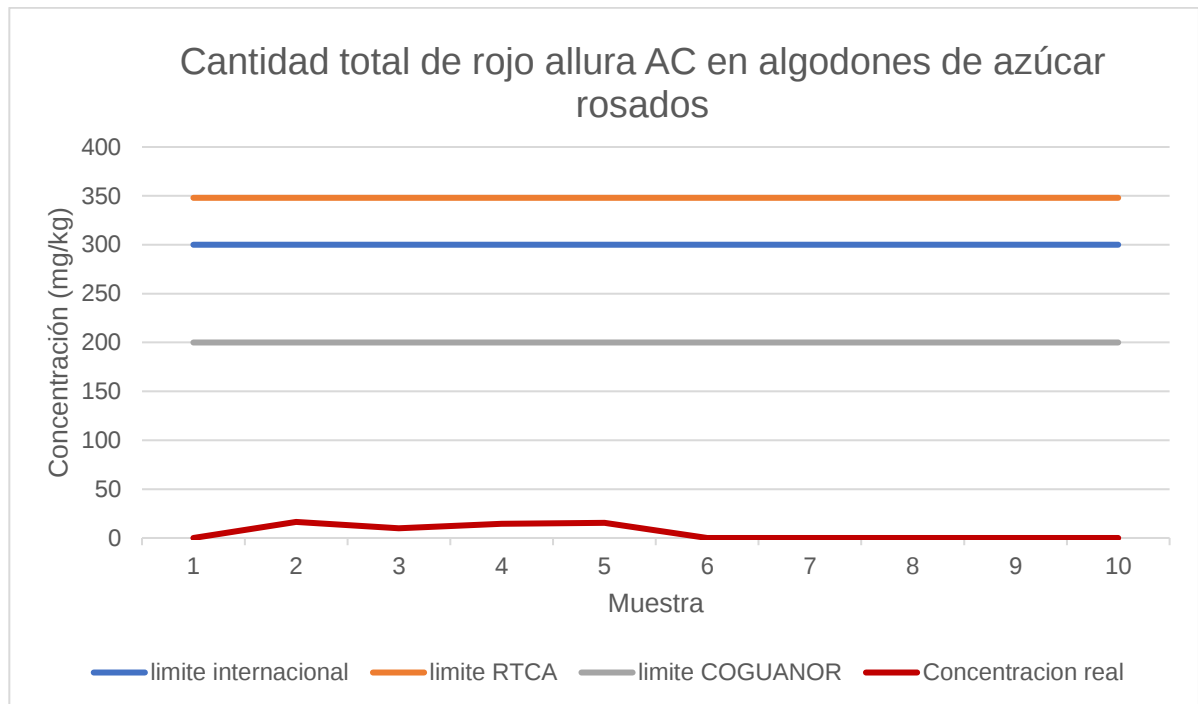
Nota. *Dato obtenido por la media de las tres concentraciones individuales presentadas en la tabla núm. 10 en anexos. **Dato obtenido por medio de la ecuación núm. 1 presentada en anexos. ***N/A indica que el compuesto no fue detectado o se encontró por debajo del límite de cuantificación (LOQ). Fuente: elaboración propia con base en los resultados obtenidos. 1: *Codex Alimentarius*, 2024, pp. 184; 2: RTCA 67.04.54:18, 2021, pp.132. BPM = Buenas Prácticas de Manufactura.

Gráfico 1. Concentración de eritrosina (E127) en algodones de azúcar de color rosado respecto a límites permisibles



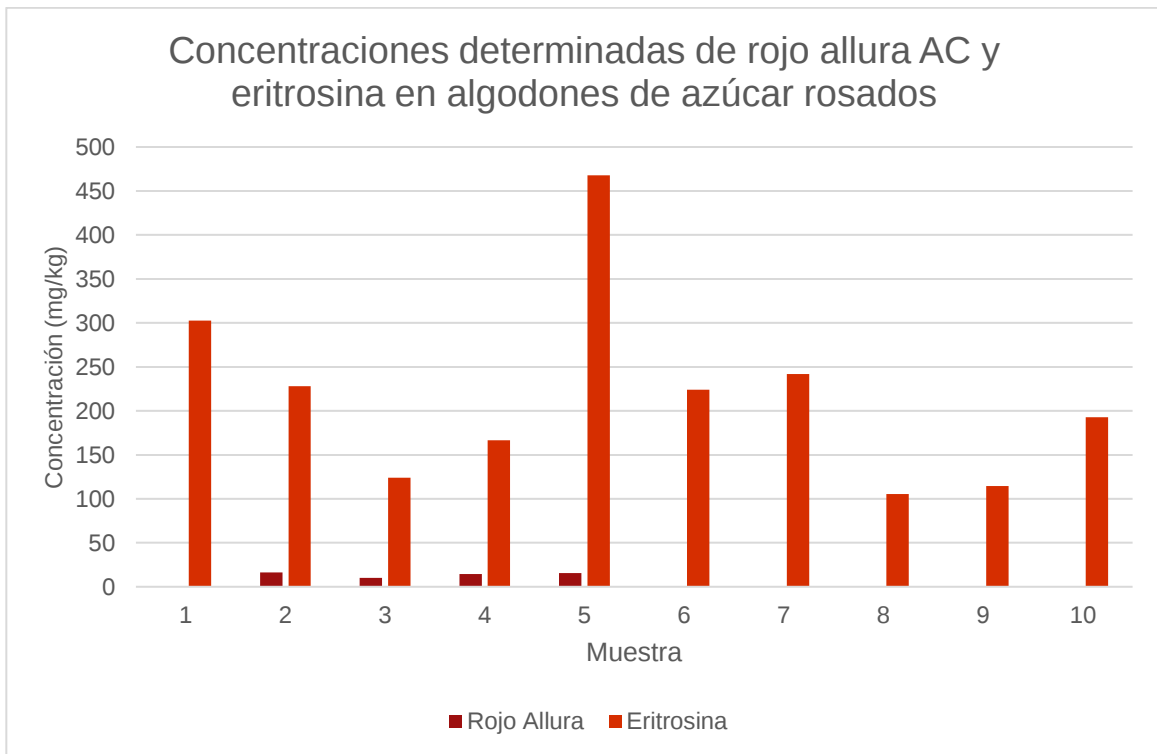
Nota. Se presentan las concentraciones de eritrosina (E127) determinadas en las 10 muestras analizadas comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa internacional (*Codex Alimentarius*, 2024), nacional (RTCA, 2021) y nacional voluntaria (COGUANOR, 1995). Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos.

Gráfico 2. Concentración de rojo allura AC (E129) en algodones de azúcar de color rosado respecto al límite permisible por la normativa internacional y nacional



Nota. Se presentan las concentraciones de rojo allura AC (E129) determinadas en las 10 muestras analizadas comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa internacional (*Codex Alimentarius*, 2024), nacional (RTCA, 2021) y nacional voluntaria (COGUANOR, 1995). Fuente: elaboración propia con base en los resultados obtenidos.

Gráfico 3. Comparación de las concentraciones de eritrosina (E127) y rojo allura AC (E129) en las muestras analizadas



Nota. Concentraciones de rojo allura AC (E129) y eritrosina (E127) expresadas en mg/kg, determinadas en las muestras de algodón de azúcar de color rosado recolectadas en la ciudad de Guatemala. Fuente: elaboración propia con base en los resultados obtenidos.

VII. DISCUSIÓN

El propósito fundamental de esta investigación fue evaluar el contenido de rojo allura AC (E129) y eritrosina (E127) en algodones de azúcar de color rosado a base de sacarosa comercializados en el sector informal de la ciudad de Guatemala mediante cromatografía líquida de alta eficiencia acoplada con detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD) y comparar dichas concentraciones con la normativa alimentaria vigente del país. Para ello se recabó de manera aleatoria diez muestras de algodón de azúcar de distintos puntos de venta, las cuales fueron sometidas al análisis siguiendo el método validado de Miniotti *et al.*, (2007).

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que el 100% de las muestras analizadas contenían eritrosina con niveles mayores a los permitidos de acuerdo a la normativa, como lo indica el Cuadro 9 y se visualiza en el Gráfico 1. Las concentraciones de este colorante variaron entre un mínimo de 105.36 mg/kg, en la muestra 8 y un máximo alarmante de 467.63 mg/kg en la muestra 5; esto considera una variabilidad entre los distintos vendedores, pero un patrón consistente de exceso con respecto a la normativa, lo cual tiene implicaciones regulatorias y sanitarias significativas. El patrón que se observa en el Gráfico 1 indica que el incumplimiento no corresponde a eventos aislados, sino a prácticas de preparación estandarizadas del mercado informal caracterizadas por la alta desinformación de la existencia de los límites normativos para los colorantes alimentarios.

Esta situación implica un riesgo significativo a los consumidores, particularmente al grupo demográfico principal de este producto que es la población infantil. Para contextualizar la magnitud del riesgo de estos resultados, dado a que la ingesta diaria admisible (IDA) de eritrosina es de 0 – 0.1 mg/kg de peso corporal/día en comparación con otros colorantes, si un niño de 30 kg de peso que consume una porción típica de 30 g de algodón de azúcar con una concentración detectada de 467.65 mg/kg, significa que está ingiriendo 14.03 mg de eritrosina (E127), lo que representa 4 veces más su IDA. Este

ejemplo se presenta con fines ilustrativos y no como una evaluación formal de riesgo dietario.

En contraste con los hallazgos de la eritrosina (E127), el rojo allura AC (E129) fue detectado en el 40% de las muestras analizadas (Mx 2, 3, 4 y 5), donde sus concentraciones sí estuvieron dentro del rango permisible que dicta el RTCA 67.04.54:18, esto se puede visualizar de manera más concreta en el Gráfico 2. Las concentraciones detectadas variaron entre 10.08 y 16.40 mg/kg, representando apenas el 3.4% al 5.5% del límite máximo permitido. Esta situación de cumplimiento cuando el colorante está presente contrasta marcadamente con el incumplimiento sistemático observado para eritrosina. La ausencia de este colorante en las demás muestras se puede deber a que la tonalidad rosa que se busca para este producto es más fácil conseguirla con eritrosina que con rojo allura AC (E129) o bien por la mayor disponibilidad en los canales de distribución, como se observa en la Figura 18 en anexos.

El método cromatográfico adaptado de Minioti *et al.*, (2007), demostró un desempeño analítico adecuado para la cuantificación de los colorantes sintéticos seleccionados en la matriz de algodón de azúcar. La confiabilidad del sistema se observa en los parámetros de la curva de calibración presentados en el Cuadro 8, donde los valores de R^2 fueron superiores a 0.998 para ambos colorantes, confirmando una linealidad en el rango de trabajo de 1 – 30 ppm, cumpliendo con los criterios de aceptación para métodos cuantitativos (Skoog *et al.*, 2018).

La identificación del rojo allura AC (E129) y eritrosina (E127) se basó en la concordancia de los tiempos de retención y los espectros obtenidos por el detector. Como se observa en las figuras 5 y 6 en anexos, los cromatogramas de los estándares muestras picos bien definidos y simétricos con tiempos de retención reproducibles y que concuerdan con el método utilizado. El rojo allura AC (E129) eluyó entre 16.5 – 17.4 minutos y eritrosina (E127) entre 25.1 – 26.9 minutos a lo largo de todas las lecturas. La variabilidad

es de ± 0.9 minutos y ± 1.8 minutos correspondientemente. En este contexto, aquellos picos que no coincidieron con el tiempo de retención fueron clasificados como desconocidos con el propósito de evitar una asignación errónea.

Estos compuestos no identificados representan en algunos casos hasta el 80% del área cromatográfica total, sugiriendo que la coloración del producto deriva de sustancias totalmente distintas a los dos colorantes analizados. Estos picos adicionales en las muestras podrían estar asociados a la presencia de otros colorantes sintéticos como Ponceau 4R, Amaranto, Azul Brillante, utilizados en mezclas para obtener los tonos rosados-violáceos y venderlos a mayor costo con una baja producción (ver figura 18 en anexos), o incluso colorante no permitidos como la Rodamina B, cuya presencia fue documentada por Rodas en 1987 (Rodas, 1987). También pueden ser productos de degradación o impurezas de las materias primas.

Durante la recolección de las muestras se notaron dos modalidades de venta en el sector informal, como se especifica en el Cuadro 6. Una parte de los vendedores elaboraban el algodón de azúcar de forma completamente artesanal, disponiendo de una máquina y una bolsa con la materia prima. En estos casos se observó la ausencia de utensilios de medición apropiados para dosificar correctamente la proporción de ingrediente por porción, siendo el único indicador empleado la intensidad visual del color deseada y la experiencia empírica de la persona que elaboraba el producto. Esta observación es consistente con los hallazgos de Ramachandran *et al.* (2021) en India, quienes documentaron que la falta de estandarización en procesos artesanales es un factor determinante en el incumplimiento normativo de productos de confitería del sector informal.

Por otro lado, los vendedores ambulantes que fueron el 60% de los puntos de recolección, se identificaban mediante una marca comercial encargada de elaborar los algodones de azúcar. No obstante, aun cuando estos aportaban su identificación, no fue

posible confirmar si estos pertenecían a dicha empresa. Estos datos fueron clave para interpretar los resultados obtenidos.

En relación con la evaluación del cumplimiento documental y técnico, el Cuadro 7 refleja las respuestas obtenidas de cuatro distribuidoras guatemaltecas de productos utilizados para confitería. Los resultados evidencian deficiencias significativas en la cadena de suministro que podrían explicar parcialmente el incumplimiento observado en las muestras. Únicamente la distribuidora B proporcionó ficha técnica y certificado de análisis previo a la compra, sin embargo, no especificó explícitamente en su documentación que el producto está autorizado para uso en alimentos en Guatemala. Fue trabajo del investigador el corroborar que dichos colorantes utilizados en el producto fueran permitidos por la normativa vigente. En contraste, la distribuidora D no proporcionó ninguna documentación a pesar de que su producto presenta alta demanda debido a su forma de presentación, el cual es el azúcar coloreada lista para la elaboración de algodón de azúcar. Esta falta de transparencia documental es particularmente preocupante considerando que estos productos están destinados al consumo humano, específicamente infantil.

Estos hallazgos adquieren relevancia crítica considerando que, mediante la Resolución No. 496-2025 (COMIECO-CX) de mayo de 2025, el COMIECO determinó excluir completamente la eritrosina del RTCA 67.04.54:18, prohibición que entró en vigor el 15 de julio de 2025, alineándose con la decisión de la FDA que en enero de 2025 revocó la autorización de eritrosina (E127) en alimentos (FDA, 2025c; COMIECO, 2025). Esto significa que, al momento de realizar dicha investigación, el colorante eritrosina (E127) está completamente prohibido en la región centroamericana, haciendo que la totalidad de las muestras analizadas sean productos no aptos para consumo humano.

La comparación con el único antecedente guatemalteco, revela una situación compleja. Aunque el marco regulatorio guatemalteco ha evolucionado y ha fortalecido las normas, el problema del uso inadecuado de colorantes en el sector informal persiste, sin

mencionar que en el presente estudio no fue posible evaluar la presencia de Rodamina B, por lo que este compuesto no puede descartarse y constituye una limitante del estudio. Se ha transitado de un escenario histórico donde se usaban colorantes prohibidos sin límites claros, a uno contemporáneo donde existen límites establecidos pero que son excedidos sistemáticamente. Esto evidencia que el desarrollo del marco regulatorio, incluido el RTCA 67.04.54:18 actualizado en 2019 y el régimen sancionatorio robusto establecido en el Decreto 90-97 y Acuerdo Gubernativo 969-99, no ha sido acompañado de estrategias efectivas de implementación y vigilancia en el sector informal.

Desde el punto de vista normativo, los algodones de azúcar analizados de esta investigación constituirían técnicamente como productos adulterados susceptibles de comiso y destrucción conforme al artículo 232 del código de salud. Pero la realidad evidencia su comercialización continua sin registro sanitario y ausencia de vigilancia efectiva.

Esta investigación se limitó al análisis de dos colorantes, siendo estos el rojo allura AC (E129) y eritrosina (E127) en muestras de un solo color recolectadas en un único mes. Además, no se evaluó la presencia de Rodamina B, colorante prohibido documentado en estudios previos (Rodas, 1987). Futuros estudios deberían ampliar el panel de colorantes analizados, incluir diferentes colores de algodón de azúcar, y realizar muestreos en distintas épocas del año para evaluar variabilidad temporal.

Esta brecha entre normativa y aplicación no refleja ausencia de herramientas legales sino deficiencias estructurales en su implementación efectiva en el sector informal, caracterizado por su naturaleza ambulante, temporalidad de ventas, ausencia de domicilio fiscal, y desconocimiento generalizado de obligaciones legales por parte de vendedores que operan en economía de subsistencia.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se evaluó el contenido de rojo allura AC (E129) y eritrosina (E127) en 10 muestras de algodones de azúcar de color rosado comercializados en el sector informal de la ciudad de Guatemala, identificando un patrón sistemático de incumplimiento normativo. El método HPLC-DAD empleado demostró ser confiable y apropiado para la cuantificación simultánea de ambos colorantes, con coeficientes de determinación superiores a 0.998 y tiempos de retención reproducibles. Este método puede implementarse como herramienta de vigilancia sanitaria en laboratorios de control de alimentos.
2. Se determinó, mediante HPLC-DAD, que todas las muestras analizadas contenían eritrosina (E127) en concentraciones que variaron entre 105.36 mg/kg y 467.63 mg/kg, excediendo los límites establecidos por el *Codex Alimentarius* (0 mg/kg), RTCA 67.04.54:18 (BPM) y COGUANOR NGO 34 192 (200 mg/kg). El rojo allura AC (E129) fue detectado en el 40% de las muestras (Mx 2, 3, 4 y 5) con concentraciones entre 10.08 mg/kg y 16.40 mg/kg, todas dentro de los límites permisibles establecidos por las tres normativas consultadas.
3. Se compararon las concentraciones obtenidas de eritrosina (E127) y rojo allura AC (E129) con los límites máximos permisibles establecidos en las normativas vigentes. En el caso de eritrosina, el 100% de las muestras excedieron los límites de todas las normativas consultadas (*Codex Alimentarius*, RTCA 67.04.54:18 y COGUANOR NGO 34 192), con niveles que representan hasta 4 veces la ingesta diaria admisible para un niño de 30 kg que consuma una porción típica. En contraste, las concentraciones de rojo allura AC detectadas (cuando estuvo presente) representaron apenas el 3.4% al 5.5% del límite máximo permitido, cumpliendo con todas las normativas aplicables.
4. Se evidenció que en Guatemala no se cumplen con los requerimientos regulatorios para el uso de colorantes en algodones de azúcar comercializados en el sector informal. El 100% de las muestras analizadas presentaron incumplimiento normativo respecto a eritrosina (E127), colorante prohibido en Centroamérica mediante la Resolución No.

496-2025 vigente desde julio de 2025. Asimismo, las deficiencias documentales y técnicas identificadas en las distribuidoras de insumos evidencian debilidades en la cadena de suministro que facilitan estas irregularidades, demandando acciones correctivas por parte de las autoridades sanitarias para proteger la salud pública.

IX. RECOMENDACIONES

- 1.** Ampliación del panel de colorantes evaluados en futuros análisis de vigilancia sanitaria y en conjunto implementar técnicas complementarias como LC-MS/MS que permitan la identificación estructural de compuestos desconocidos detectados por el HPLC-DAD proporcionando información comprehensiva respecto al perfil completo de colorantes presentes en productos del mercado informal.
- 2.** Condicionamiento del otorgamiento de permisos de venta ambulante y espacios en ferias, incluyendo capacitaciones certificadas por el Departamento de Regulación y Control de Alimentos (DRCA) en el manejo de aditivos alimentarios. En conjunto fortalecer la vigilancia sanitaria mediante muestreos en productos de confitería y la aplicación de medidas sanitarias dictadas en el código de salud cuando estas correspondan.
- 3.** Fomento del consumo informado mediante campañas de educación pública que expliquen en lenguaje accesible los riesgos asociados del consumo excesivo de los colorantes sintéticos en la población, sobre todo en los niños y los derechos del consumidor para exigir productos seguros.
- 4.** Advertencia mediante un etiquetado frontal en el empaque o en rótulos visibles en los puntos de venta en relación con la presencia de colorantes artificiales y sus respectivos riesgos a la salud.
- 5.** Análisis de algodones de azúcar de otros colores para verificar la presencia de otros colorantes, así como otros productos de confitería que contengan en su formulación rojo allura AC (E129) y/o eritrosina (E127), para evaluar si el patrón de incumplimiento solo es hacia este producto o representa una problemática mayor.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Abdelghani, J. I., Al-Degs, Y. S., El-Sheikh, A. H., Fafous, I. I., & Al-Asafrah, A. A. (2019). Quick monitoring of coloring agents in highly consumed candies using multivariate calibration. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(2), 4228–4236. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2019.07.002>
2. AbuKhader, M., UM, D., & Nazmi, A. (2021). Identification and Prevalence of Food Colors in Candies Commonly Consumed by Children in Muscat, Oman. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*, 11(2), 128. https://doi.org/10.4103/ijnpnd.ijnpnd_2_21
3. Agilent. (2025). *What is High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)?* | Agilent. [Www.agilent.com. https://www.agilent.com/en/product/liquid-chromatography/hplc-fundamentals](https://www.agilent.com/en/product/liquid-chromatography/hplc-fundamentals)
4. Agilent Technologies. (2003). *Sistema de Espectroscopía UV-Visible Agilent 8453*. https://www.agilent.com/Library/usermanuals/Public/G1115-95022_%20ebook.pdf
5. Amaya Javier, R. A. (2022). La presencia de tartrazina en el organismo de los niños de 6 a 7 años pertenecientes al nivel socioeconómico C debido al consumo constante de alimentos aditivos en el distrito de Ventanilla [Tesis para licenciatura]. In *repositorio.usil.edu.pe*. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/8878>
6. Amchova, P., Siska, F., & Ruda-Kucerova, J. (2024). Food Safety and Health Concerns of Synthetic Food Colors: An Update. *Toxics*, 12(7), 466–466. <https://doi.org/10.3390/toxics12070466>
7. Austin, D. (2025, January 15). *Do food dyes make ADHD worse? Here's what parents should know.* Science. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/food-dye-effects-behavior-ADHD>

8. Bonan, S., Fedrizzi, G., Menotta, S., & Elisabetta, C. (2013). Simultaneous determination of synthetic dyes in foodstuffs and beverages by high-performance liquid chromatography coupled with diode-array detector. *Dyes and Pigments*, 99(1), 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2013.03.029>
9. Carrera Villanueva, L. (2022). *Determination of food colouring candies: implementation of a new activity in an experimental subject* (pp. 1–65) [Tesis de Licenciatura].
https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/189393/1/TFG_QU%20Carrera%20Villanueva%2c%20Laura.pdf
10. Cetino, R. (2025, February 19). *Algodones de azúcar de diferentes formas en Guatemala*. Guatemala.com.
<https://www.guatemala.com/comida/postres/algodones-de-azucar-de-diferentes-formas-en-guatemala/>
11. Codex Alimentarius. (2024). *GENERAL STANDARD FOR FOOD ADDITIVES*.
https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192e.pdf
12. COGUANOR. (1995). *Aditivos Alimentarios Permitidos para Consumo Humano*.
<https://cretec.org.gt/wp-content/uploads/2021/03/ngo34192addendumno.1.pdf>
13. CONGRESO DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA. (1997). *DECRETO NUMERO 90-97*. <https://platform.who.int/docs/default-source/mca-documents/policy-documents/law/GTM-AD-28-01-LAW-1997-esp-Decreto-90-97-Codigo-de-salud.pdf>
14. COMIECO. (2025). *Resolución No. 496-2025 (COMIECO-CX)*.
<https://sde.gob.hn/wp-content/uploads/2025/06/Resolucion-No.-496-2025-COMIECO-CX.pdf>
15. CRETEC. (2015). *CRETEC | Reglamentos Técnicos Centroamericano (RTCA)*. Cretec.org.gt. <https://cretec.org.gt/reglamentos-tecnicos-centroamericano-rtca-mspas/>

16. Cui, L., Poon, J., Poon, S. K., Chen, H., Gao, J., Kwan, P., Fan, K., & Ling, Z. (2014). An improved independent component analysis model for 3D chromatogram separation and its solution by multi-areas genetic algorithm. *BMC Bioinformatics*, 15(Suppl 12), S8. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-15-s12-s8>
17. Delgado-Vargas, F., & Paredes-López, O. (2002). *Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420031713>
18. Dey, S., & Nagababu, B. H. (2022). Applications of food colour and bio-preservatives in the food and its effect on the human health. *Food Chemistry Advances*, 1(100019), 100019. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100019>
19. Dilrukshi, P. G. T., Munasinghe, H., Silva, A. B. G., & De Silva, P. G. S. M. (2019). Identification of Synthetic Food Colours in Selected Confectioneries and Beverages in Jaffna District, Sri Lanka. *Journal of Food Quality*, 2019(1), 1–8. <https://doi.org/10.1155/2019/7453169>
20. EFSA. (2025a). *About us* | EFSA. [Www.efsa.europa.eu. https://www.efsa.europa.eu/en/about/about-efsa](https://www.efsa.europa.eu/en/about/about-efsa)
21. EFSA. (2025b). *IDA* | EFSA. [Www.efsa.europa.eu. https://www.efsa.europa.eu/es/glossary/adi](https://www.efsa.europa.eu/es/glossary/adi)
22. El Poder del Consumidor. (2025, March 26). *Estudio sobre colorantes revela que en el 52% de los productos analizados en México se usan colorantes sintéticos que están restringidos o prohibidos en Europa*. El Poder Del Consumidor. <https://elpoderdelconsumidor.org/2025/03/estudio-sobre-colorantes-revela-que-en-el-52-de-los-productos-analizados-en-mexico-se-usan-colorantes-sinteticos-que-estan-restringidos-o-prohibidos-en-europa/>
23. FAO. (2025a). *Acerca de* | FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. AboutFAO. <https://www.fao.org/about/about-fao/es/>
24. FAO. (2025b). *página inicial* | CODEXALIMENTARIUS FAO-WHO. [Www.fao.org. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/)

25. FDA. (2023, July 6). *Color Additives in Foods*. FDA. <https://www.fda.gov/food/color-additives-information-consumers/color-additives-foods>
26. FDA. (2025a). *About FDA*. U.S. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/about-fda>
27. FDA. (2025b). *Regulatory Status of Color Additives*. Fda.gov. https://hfpappexternal.fda.gov/scripts/fdcc/index.cfm?set=ColorAdditives&sort=SHORT_UNIQUE_ID&order=ASC&startrow=1&type=advanced&search=%C2%A4%C2%A4FD%26C%C2%A4
28. FDA. (2025c, January 15). *Revoking Authorization for the Use of Red No. 3 in Food/Ingested Drugs*. U.S. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/food/hfp-constituent-updates/fda-revoke-authorization-use-red-no-3-food-and-ingested-drugs>
29. FDA. (2025d, April 22). *HHS, FDA to Phase Out Petroleum-Based Synthetic Dyes in Nation's Food Supply*. U.S. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/hhs-fda-phase-out-petroleum-based-synthetic-dyes-nations-food-supply>
30. Figoni, P. (2011). *How baking works : exploring the fundamentals of baking science* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
31. García Sánchez, M. A. (2016). Revisión toxicológica y validación de metodología analítica para colorantes Azul 1 y Azul 2 en alimentos [Tesis para licenciatura]. In *Uvg.edu.gt*. <https://repositorio.uvg.edu.gt/static/flowpaper/template.html?path=/bitstream/handle/123456789/2811/REVISI%C3%93N%20TOXICOL%C3%93GICA%20Y%20VALIDACI%C3%93N%20DE%20METODOLOG%C3%8dA%20ANAL%C3%8dTICA%20PARA%20COLORANTES%20AZUL%201%20Y%20AZUL%202%20EN%20AL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

32. Gebhardt, B., Sperl, R., Carle, R., & Müller-Maatsch, J. (2020). Assessing the sustainability of natural and artificial food colorants. *Journal of Cleaner Production*, 260, 120884. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120884>
33. Ghosh, D., Singha, P. S., Firdaus, S. B., & Ghosh, S. (2017). Metanil yellow: The toxic food colorant. *Asian Pacific Journal of Health Sciences*, 4(4), 65–66. <https://doi.org/10.21276/apjhs.2017.4.4.16>
34. Gomes, I., Moreira, R., Da Cruz, S., Lima, B., De Araújo, A., & Souza Passos, T. (2021). Artificial Dyes: Health Risks and the Need for Revision of International Regulations. *Food Reviews International*, 39(3), 1578–1593. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1934694>
35. Gómez, S., Lafiosca, P., & Giovannini, T. (2024). Modeling UV/Vis Absorption Spectra of Food Colorants in Solution: Anthocyanins and Curcumin as Case Studies. *Molecules*, 29(18), 4378. <https://doi.org/10.3390/molecules29184378>
36. Gräb, P., & Geidel, E. (2019). Spectroscopic Studies of Food Colorings. *World Journal of Chemical Education*, 7(2), 136–144. <https://doi.org/10.12691/wjce-7-2-13>
37. Harris, D. C., & Lucy, C. A. (2017). *Quantitative chemical analysis* (10th ed.). Macmillan Higher Education / Worth Publ.
38. Hartel, R. W., Elbe, V., & Hofberger, R. (2018). *Confectionery Science and Technology*. Springer.
39. Hemalatha, C., & Parameshwari, S. (2021). The scope of tamarind (*Tamarindus indica* L.) kernel powder in diverse spheres: A review. *Materials Today: Proceedings*, 45(9), 8144–8148. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.119>
40. Hofseth, L. J., Hebert, J. R., Murphy, E. A., Trauner, E., Vikas, A., Harris, Q., & Chumanovich, A. A. (2024). Allura Red AC is a xenobiotic. Is it also a carcinogen? *Carcinogenesis*, 45(10). <https://doi.org/10.1093/carcin/bgae057>

41. JASCO. (2023). *Instrumentation of UV Visible Spectroscopy - JASCO*. JASCO Inc.
<https://jascoinc.com/learning-center/theory/spectroscopy/uv-vis-spectroscopy/instrumentation/>
42. John, A., Luqman, M., Muhammad, S., Hanif, U., Sardar, A. A., Ali, S., Hasnain, A., Tufail, M., Khan, Z. I., Hussain, M. I., Binyameen, Anjum, M. N., Ejaz, A., Chaudhry, M. S., Yang, H.-H., & Awan, M. U. F. (2023). Genotoxicity of Synthetic Food Colors on Nitrogen-Fixing Bacteria in Agricultural Lands Irrigated with Wastewater of Corresponding Industries. *Sustainability*, 15(4), 2897.
<https://doi.org/10.3390/su15042897>
43. Kaur Purba, M., & Sudhir K Shukla, N. A. (2015). Detection of Non-Permitted Food Colors in Edibles. *Journal of Forensic Research*, s4(3).
<https://doi.org/10.4172/2157-7145.1000s4-003>
44. Kourani, K., Kapoor, N., Badiye, A., & Shukla, R. K. (2020). Detection of synthetic food color “Metanil Yellow” in sweets: a systematic approach. *JPC – Journal of Planar Chromatography – Modern TLC*, 33(4), 413–418.
<https://doi.org/10.1007/s00764-020-00046-9>
45. Lehto, S., Buchweitz, M., Klimm, A., Straßburger, R., Bechtold, C., & Ulberth, F. (2017). Comparison of food colour regulations in the EU and the US: a review of current provisions. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(3), 335–355.
<https://doi.org/10.1080/19440049.2016.1274431>
46. Maronpot, R., Bastaki, M., & Hayashi, S. (2020). Synthetic and Natural Food Colorants. *Foods & Food Ingredients Journal of Japan*, 225(2), 100–110.
<https://focusontoxpath.com/articles/1-Synthetic-Natural-Robert-Maronpot.pdf>
47. Medline Plus. (2023, October 18). *Trastorno de déficit de atención e hiperactividad*. Medlineplus.gov.
<https://medlineplus.gov/spanish/attentiondeficithyperactivitydisorder.html>
48. Méndez-VilasA. (2017). *Science within food up-to-date advances on research and educational ideas*. Formatex Research Center.
<https://www.researchgate.net/profile/Gulcan-Arusoglu->

- 2/publication/323428213_2017_Arusoglu_G_Acrylamide_in_Processed_Food_and_Reduction_Strategies_Science_within_Food_Up-to-date_Advances_on_Research_and_Educational_Ideas_Editor_A_Mendez-Vilas_Formatex_Research_Center_ISBN_13_9/links/5abe14dca6fdccda658a5dc/2017-Arusoglu-G-Acrylamide-in-Processed-Food-and-Reduction-Strategies-Science-within-Food-Up-to-date-Advances-on-Research-and-Educational-Ideas-Editor-A-Mendez-Vilas-Formatex-Research-Center-ISBN-13.pdf#page=93
49. Mérellon J. M., & Ramawat, K. G. (2019). *Bioactive Molecules in Food*. Springer International Publishing. https://www.google.com.gt/books/edition/Bioactive_Molecules_in_Food/k0jhEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0
 50. Mikstas, C. (2024, February 25). *What to Know About Yellow 5 Food Dye*. WebMD. <https://www.webmd.com/diet/what-to-know-yellow-5-food-dye>
 51. MILLER, M. D., STEINMAUS, C., GOLUB, M. S., CASTORINA, R., THILAKARTNE, R., BRADMAN, A., & MARTY, M. A. (2022). Potential impacts of synthetic food dyes on activity and attention in children: a review of the human and animal evidence. *Environmental Health*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12940-022-00849-9>
 52. MINECO. (2024, May 14). *Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) celebra su 62 Aniversario y obtiene reconocimiento internacional*. Mineco.gob.gt. <https://www.mineco.gob.gt/comision-guatemalteca-de-normas-coguanor-celebra-su-62-aniversario-y-obtiene-reconocimiento-internacional>
 53. Minifie, B. W. (1989). Colors for Use in Confectionery. In *Springer eBooks* (pp. 439–452). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-94-011-7924-9_17
 54. Minioti, K. S., Sakellariou, C. F., & Thomaidis, N. S. (2007). Determination of 13 synthetic food colorants in water-soluble foods by reversed-phase high-performance liquid chromatography coupled with diode-array detector. *Analytica Chimica Acta*, 583(1), 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.10.002>

55. MSPAS. (2019). *RÉGIMEN SANCIONATORIO EN EL QUE SE BASA EL DEPARTAMENTO DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ALIMENTOS EN EL CASO DE INFRACCIONES SANITARIAS*. Mspas.gob.gt. <https://www.mspas.gob.gt/descargas-control-alimentos?task=download.send&id=1331&catid=288&m=0>
56. MSPAS. (2025). *Departamento de Regulación y Control de Alimentos*. Ministerio de Salud Pública Y Asistencia Social. <https://www.mspas.gob.gt/servicios/control-de-alimentos>
57. Nambiar, A. P., Sanyal, M., & Shrivastav, P. S. (2018). Simultaneous densitometric determination of eight food colors and four sweeteners in candies, jellies, beverages and pharmaceuticals by normal-phase high performance thin-layer chromatography using a single elution protocol. *Journal of Chromatography A*, 1572, 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.08.059>
58. Ntrallou, K., Gika, H., & Tsochatzis, E. (2020). Analytical and Sample Preparation Techniques for the Determination of Food Colorants in Food Matrices. *Foods*, 9(1), 58. <https://doi.org/10.3390/foods9010058>
59. OMS. (2023, November 16). *Aditivos alimentarios*. Wwww.who.int. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives>
60. OMS. (2024a). *Acerca de la OMS*. Wwww.who.int. <https://www.who.int/es/about>
61. OMS. (2024b). *WHO Study Group on Tobacco Product Regulation*. Wwww.who.int. [https://www.who.int/groups/joint-fao-who-expert-committee-on-food-additives-\(jecfa\)](https://www.who.int/groups/joint-fao-who-expert-committee-on-food-additives-(jecfa))
62. Ortiz López, L. F. (2018). *Identificación y cuantificación de los colorantes artificiales: Amarillo crepúsculo (15,985) y Tartrazina (Amarillo No.5 19,140) en refrescos sabor naranja envase tetra brick de tres marcas comercializadas en supermercados de la Ciudad de Guatemala* [Tesis para licenciatura]. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1473.pdf>

63. Park, J., Cho, Y. S., Seo, D. W., & Choi, J. Y. (2024). An update on the sample preparation and analytical methods for synthetic food colorants in food products. *Food Chemistry*, 459, 140333–140333. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140333>
64. Park, J., Lee, M. H., Cho, Y. S., Seo, D. W., & Choi, J. Y. (2024). Rapid identification and quantitation of 34 synthetic colorants in 125 beverages and candies by ultraperformance liquid chromatography with photodiode array detection. *Journal of Food Composition and Analysis*, 133(106479), 106479. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106479>
65. PerkinElmer. (2021). *LC 300 HPLC and UHPLC Systems*. Perkinelmer.com. <https://shop.perkinelmer.com/es/product/N2550150>
66. Pham, T. C., Dang, X. T., Nguyen, B. N., & Vu, T. T. (2021). Determination of Sudan I and II in Food by High-Performance Liquid Chromatography after Simultaneous Adsorption on Nanosilica. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2021, e6664463. <https://doi.org/10.1155/2021/6664463>
67. Qalbi Ahsyaf, D. A., Aminah, A., & Kusuma, T. (2023). Analysis of Rhodamine B Levels in Cotton Candy Circulated in Makassar City. *Deleted Journal*, 2(2). <https://doi.org/10.33096/pharmrep.v2i2.227>
68. Qalbi Ahsyaf, D. A., & Trihadi Kusuma, A. T. (2023). Analysis of Rhodamine B Levels in Cotton Candy Circulated in Makassar City. *Deleted Journal*, 2(2). <https://doi.org/10.33096/pharmrep.v2i2.227>
69. Rahman, M. A., Bala, A. K., Rahman, M. A., Hasan, M. K., & Masuma, R. (2019). Neuropharmacological and gastrointestinal evaluation of coloring agent metanil yellow used in food and beverages. *Jahangirnagar University Journal of Biological Sciences*, 8(1), 35–44. <https://doi.org/10.3329/jujbs.v8i1.42466>
70. Ramesh, M., & Muthuraman, A. (2018). Flavoring and Coloring Agents: Health Risks and Potential Problems. *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes*, 1–28. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811518-3.00001-6>

71. Rejczak, T., & Tuzimski, T. (2017). Application of High-Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detector for Simultaneous Determination of 11 Synthetic Dyes in Selected Beverages and Foodstuffs. *Food Analytical Methods*, 10(11), 3572–3588. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-0905-3>
72. Revolorio, A. (2025, July 25). *El algodón de azúcar, un dulce con historia y corazón*. Soy502.com; Soy502. https://www.soy502.com/articulo/4-algodon-azucar-dulce-historia-corazon-102000?utm_source=chatgpt.com
73. RTCA. (2021). *RTCA A 67.04.54:18: ALIMENTOS Y BEBIDAS PROCESADAS. ADITIVOS ALIMENTARIOS. REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO*. <https://www.mspas.gob.gt/descargas-control-alimentos?task=download.send&id=1322&catid=287&m=0>
74. Sharma, R., Sultana, S., Rahman, Md. M., Aovi, F. I., Jahan, F. I., Hossain, Md. S., Brishti, S. A., Yamin, Md., Ahmed, M., & Rauf, A. (2023). Food Color Additives in Hazardous Consequences of Human Health: An Overview. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 23(14). <https://doi.org/10.2174/1568026623666230117122433>
75. SICA. (2025). *El SICA en breve*. Wwww.sica.int. <https://www.sica.int/breve>
76. Sigma Aldrich. (2025a). *Allura Red AC*. Merck. <https://www.sigmaaldrich.com/MX/en/technical-documents/technical-article/genomics/cloning-and-expression/blue-white-screening>
77. Sigma Aldrich. (2025b). *Certificate of Analysis Erythrosine*. Merckmillipore. https://www.sigmaaldrich.com/certificates/sapfs/PROD/sap/certificate_pdfs/COF_A/Q14/198269-BULKSHBS3194.pdf
78. Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2018). *Principios de análisis instrumental*. Cengage Learning.
79. Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2022). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (10th ed.). Brooks/Cole Cengage Learning.

80. Spence, C., Corujo, A., & Youssef, J. (2019). Cotton candy: A gastrophysical investigation. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 16, 100146. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100146>
81. Tarahi, M., Tahmouzi, S., Reza Kianiani, M., Ezzati, S., Hedayati, S. M., & Mehrdad Niakousari. (2023). Current Innovations in the Development of Functional Gummy Candies. *Foods*, 13(1), 76–76. <https://doi.org/10.3390/foods13010076>
82. Terashima, Y. (2022). Thermal study on cotton candy by differential scanning calorimetry. *Chemical Physics Letters*, 805, 139953. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2022.139953>
83. Universidad de Guadalajara. (2023, March 21). *Colorantes artificiales dañan la salud | Centro Universitario del Sur*. [Www.cusur.udg.mx](http://www.cusur.udg.mx). <http://www.cusur.udg.mx/es/noticias/colorantes-artificiales-danan-la-salud>
84. Varghese, R., & Ramamoorthy, S. (2023). Status of food colorants in India: conflicts and prospects. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 18. <https://doi.org/10.1007/s00003-023-01427-y>
85. Vega, E. N., Ciudad-Mulero, M., Fernández-Ruiz, V., Barros, L., & Morales, P. (2023). Natural Sources of Food Colorants as Potential Substitutes for Artificial Additives. *Foods*, 12(22), 4102–4102. <https://doi.org/10.3390/foods12224102>
86. Yañez, J. C. (2023). *Algodón de azúcar, entre los dulces más famosos del mundo | Fundación UNAM*. [Fundacionunam.org.mx](https://www.fundacionunam.org.mx). <https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/algodon-de-azucar-entre-los-dulces-mas-famosos-del-mundo/>
87. Zhang, Q., Chumanovich, A. A., Nguyen, I., Chumanovich, A. A., Sartawi, N., Hogan, J., Khazan, M., Harris, Q., Massey, B., Chatzistamou, I., Buckhaults, P. J., Banister, C. E., Wirth, M., Hebert, J. R., Murphy, E. A., & Hofseth, L. J. (2023). The synthetic food dye, Red 40, causes DNA damage, causes colonic inflammation, and impacts the microbiome in mice. *Toxicology Reports*, 11(11), 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2023.08.006>

XI. ANEXOS

A. Glosario

1. **Aditivos alimentarios:** sustancias que se añaden intencionalmente a los alimentos para mantener o mejorar la inocuidad, frescura, sabor, textura o apariencia de los alimentos. No incluyen contaminantes ni sustancias nutritivas que se agregan para mantener o mejorar las cualidades nutricionales (OMS, 2023).
2. **Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA):** agencia federal del Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos responsable de proteger y promover la salud pública mediante la supervisión de la seguridad alimentaria, medicamentos y otros productos (FDA, 2025a).
3. **Algodón de azúcar:** dulce elaborado mediante el calentamiento y centrifugado de azúcar para formar hilos finos que se enrollan en forma de masa algodonosa, comúnmente coloreada con colorantes alimentarios (Figoni, 2011).
4. **Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA):** agencia de la Unión Europea responsable de proporcionar asesoramiento científico independiente y comunicación clara referente a los riesgos existentes y emergentes asociados con la cadena alimentaria. (EFSA, 2025a).
5. **Codex Alimentarius:** colección de estándares alimentarios, códigos de práctica, directrices y recomendaciones adoptados internacionalmente por la Comisión del *Codex Alimentarius*, establecida conjuntamente por la FAO y la OMS para proteger la salud del consumidor y promover prácticas justas en el comercio alimentario. (FAO, 2025b).
6. **Código Federal de Regulaciones (CFR):** es la codificación de reglas y regulaciones generales y permanentes publicada en el Registro Federal del gobierno de Estados Unidos (EFSA, 2025b).

7. **Colorantes artificiales:** aditivos alimentarios sintéticos utilizados para impartir, intensificar o restaurar el color en los alimentos, que no se encuentran de forma natural en la naturaleza y son producidos mediante síntesis química (FDA, 2023).
8. **Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR):** organismo nacional de normalización de Guatemala, responsable de desarrollar, aprobar y promover las normas técnicas guatemaltecas en diferentes sectores, incluyendo la industria alimentaria (MINECO, 2024).
9. **Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JEFCA):** comité científico internacional de expertos administrado conjuntamente por la FAO y la OMS que evalúa la seguridad de los aditivos alimentarios, contaminantes y toxinas naturales (OMS, 2024b).
10. **Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC):** técnica analítica utilizada para separar, identificar y cuantificar componentes específicos en una muestra líquida, ampliamente utilizada en el análisis de aditivos alimentarios y contaminantes (Skoog et al., 2018).
11. **Ingesta Diaria Admisible (IDA):** estimación de la cantidad de una sustancia presente en los alimentos o el agua potable que puede consumirse diariamente durante toda la vida sin que se aprecie un riesgo hacia la salud. Generalmente se expresa en miligramos de sustancia por kilogramo de peso corporal por día (mg/kg/día). (EFSA, 2025b).
12. **Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS):** institución gubernamental de Guatemala responsable de formular políticas, planes y programas en materia de salud pública, incluyendo la regulación de alimentos y medicamentos (MSPAS, 2025).
13. **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO):** agencia especializada de las Naciones Unidas que lidera los esfuerzos internacionales para derrotar el hambre, mejorar la nutrición y la seguridad alimentaria (FAO, 2025a).

14. **Organización Mundial de la Salud (OMS):** agencia especializada de las Naciones Unidas responsable de la salud pública internacional, que establece normas y directrices referido a la seguridad alimentaria a nivel mundial (OMS, 2024a).
15. **Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA):** conjunto de reglamentos técnicos armonizados entre los países centroamericanos para facilitar el comercio regional y garantizar la calidad y seguridad de productos, incluyendo alimentos (CRETEC, 2015).
16. **Sistema de Integración Centroamericana (SICA):** marco institucional de la integración regional de Centroamérica, que promueve la armonización de normativas técnicas en la región (SICA, 2025).
17. **Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH):** trastorno de salud mental que incluye una combinación de problemas persistentes, tales como dificultad para prestar atención, hiperactividad y comportamiento impulsivo (Medline Plus, 2023).

B. Especificaciones del equipo

1. Información general del equipo

- a. **Equipo:** HPLC
- b. **Marca y modelo:** PerkinElmer LC 300

2. Especificaciones técnicas

a. Sistema de bombeo

- **Presión:** 0 – 10,000 psi (0-690 bar)
- **Flujo:** 1 – 3,000 $\mu\text{L}/\text{min}$ (precisión $\leq 0.075\%$ RSD)
- 4 disolventes (binario o cuaternario)
- Desgasificación integrada, autocebado automático
- **Rango de pH:** 1.0 – 10.0

b. Auto muestreador

- **Volumen de inyección:** 0-9,999 μL (incrementos de 1 μL)
- **Precisión:** $\leq 0.5\%$ RSD
- **Tiempo de ciclo:** < 20 segundos
- **Compartimento de columna integrado:** Ambiente + 5 a 60°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$)
- **Bucle de muestra estándar:** 100 μL

c. Detector de arreglo de diodos (DAD)

- **Longitudes de onda:** 190 – 790 nm (± 0.5 nm exactitud)
- 1,024 fotodiodos, resolución digital: 0.6 nm
- **Ruido:** $< 8 \mu\text{AU}$; Deriva: $< 0.5 \text{ mAU/hr}$
- **Celda de flujo:** 1 μL , longitud 10 mm (según configuración del equipo)
- **Adquisición:** 0.5 – 200 puntos/segundo

3. Características operacionales

- a. Temperatura:** 10 – 40°C (bomba/ auto muestreador), 10 – 35°C (detector)
- b. Humedad:** 20 – 80% sin condensación
- c. Requisitos eléctricos:** 100 – 240 V, 50 – 60 Hz (ajuste automático)

4. Buenas prácticas y advertencias

- a. Tiempo de calentamiento recomendado para estabilidad óptica óptima.
- b. Mantener celda de flujo libre de burbujas y partículas.
- c. Límites de presión ajustables con detección automática de fugas y parada de bomba.
- d. Sensores de temperatura y bloqueo de puerta.
- e. Sistema de lavado activo de juntas de pistón para prolongar vida útil.
- f. Manejo cuidadoso de componentes ópticos para prevenir daños.

(PerkinElmer, 2021)

C. Certificado de análisis de estándares

1. Rojo allura AC

Nombre	Rojo allura AC 80%	
Número de lote	0000415922	
CAS	25956-17-6	
Fórmula	$C_{18}H_{14}N_2Na_2O_8S_2$	
Peso molecular (g/mol)	496.42	
Proveedor	Sigma-Aldrich	
Fecha de lanzamiento de calidad	10 JUN 2024	
Prueba	Especificación	Resultado
Apariencia (color)	Conforme a requerimientos	Rojo muy oscuro
Apariencia (forma)	Polvo	Polvo
Longitud de onda	501 - 507 nm	504 nm
Espectro infrarrojo	Conforme a estructura	Conforme

Nota. Sigma Aldrich, 2025a.

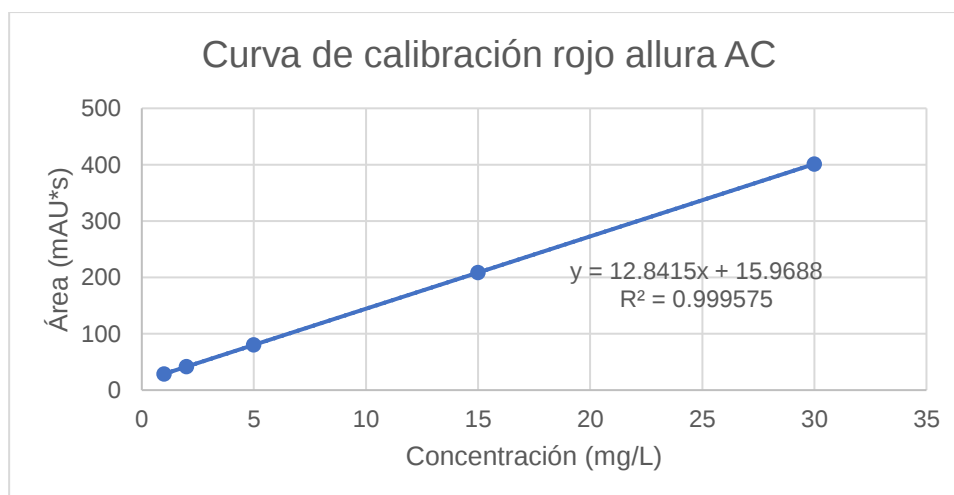
2. Eritrosina

Nombre	Eritrosina	
Número de lote	SHBS3194	
CAS	16423-68-0	
Fórmula	C ₂₀ H ₆ I ₄ Na ₂ O ₅	
Peso molecular (g/mol)	879.86	
Proveedor	Sigma-Aldrich	
Fecha de lanzamiento de calidad	07 FEB 2025	
Prueba	Especificación	Resultado
Apariencia (forma)	Polvo	Polvo
Solubilidad (color)	Rojo- naranja a rojo	Rojo
Longitud de onda	524 – 528 nm	526 nm

Nota. Sigma Aldrich, 2025b.

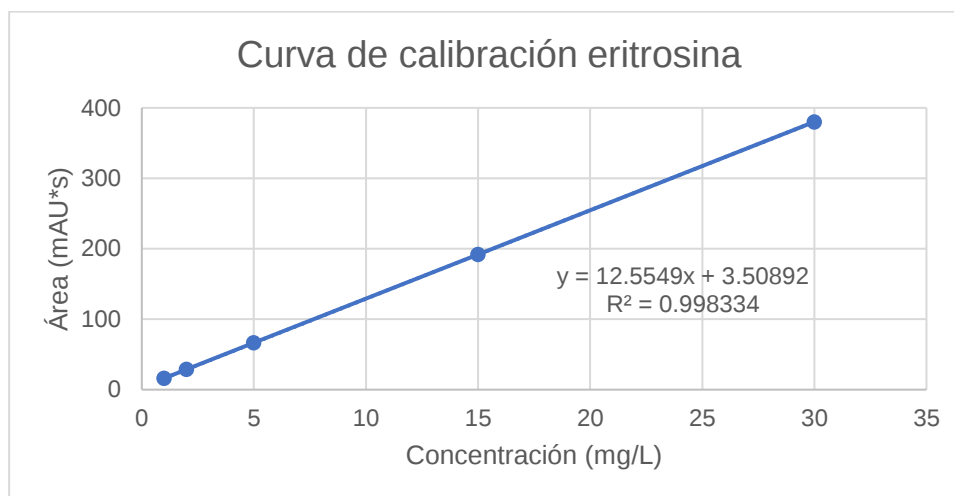
D. Análisis cromatográfico

Gráfica 4. Curva de calibración promedio del estándar rojo allura AC (E129)



Nota. Curva de calibración de los 5 niveles en triplicado (1, 2, 5, 15, 30 ppm) de estándar rojo allura AC (E129). Fuente: elaboración propia con base en los resultados del equipo PerkinElmer LC 300.

Gráfica 5. Curva de calibración promedio del estándar eritrosina (E127)



Nota. Curva de calibración de los 5 niveles en triplicado (1, 2, 5, 15, 30 ppm) de estándar eritrosina (E127).

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del equipo PerkinElmer LC 300.

Cuadro 11. Parámetros cromatográficos de la cuantificación de colorantes en muestras en algodón de azúcar rosado

Mx	Nombre del pico	Tiempo de retención (min)	Área del pico (mAU*s)	Estatura del pico (mAU)	Área porcentual (%)	Concentración (ppm)
1.1	Eritrosina	25.33	38.3108	3.0687	100	2.6684
1.2	Eritrosina	25.397	50.1552	2.8803	100	3.6284
1.3	Eritrosina	25.292	39.7494	3.2453	100	2.7850
2.1	Desconocido	10.879	51.8296	0.5185	26.37	N/A
	Rojo Allura	16.815	20.7690	0.8971	3.16	0.5133
	Desconocido	22.323	14.5422	1.0043	7.4	N/A
	Eritrosina	25.308	115.3202	9.4772	58.68	8.9099
2.2	Desconocido	11.093	50.6155	0.4479	21.74	N/A
	Rojo Allura	16.94	22.4629	0.8468	2.67	0.6444
	desconocido	22.459	15.6426	1.1023	6.72	N/A
	Eritrosina	25.442	152.4292	12.6357	65.46	11.9175

Mx	Nombre del pico	Tiempo de retención (min)	Área del pico (mAU·s)	Estatura del pico (mAU)	Área porcentual (%)	Concentración (ppm)
2.3	Desconocido	11.106	56.2692	0.5572	32.21	N/A
	Rojo Allura	17.032	24.6133	0.8057	3.79	0.8107
	Desconocido	22.628	12.2082	0.7355	6.99	N/A
	Eritrosina	25.59	86.0733	7.0707	49.27	6.5395
3.1	Desconocido	10.855	39.4113	0.5521	26.15	N/A
	Rojo Allura	17.175	21.3143	0.8242	2.97	0.5555
	Desconocido	22.754	12.1773	0.7402	8.08	N/A
	Eritrosina	25.69	99.1127	8.0296	65.77	7.5963
3.2	Desconocido	10.526	21.6612	0.4793	23.43	N/A
	Rojo Allura	17.248	18.5152	0.8117	4.99	0.3389
	Eritrosina	25.762	50.1984	3.8628	54.31	3.6319
3.3	Desconocido	11.124	55.5194	0.5372	47.52	N/A
	Rojo Allura	17.390	18.2156	0.8046	3.60	0.315
	Eritrosina	25.859	50.1927	4.0838	42.96	3.6314
4.1	Desconocido	10.119	36.8076	0.7125	25.64	N/A
	Rojo Allura	16.554	16.0380	0.8827	4.06	0.1473
	Eritrosina	25.086	93.1534	5.3307	64.89	7.1133
4.2	Desconocido	10.749	42.7705	0.3955	26.15	N/A
	Rojo Allura	16.595	24.5784	0.8772	3.86	0.8080
	Desconocido	22.104	9.8248	0.6965	6.01	N/A
	Eritrosina	25.125	102.4201	7.9876	62.62	7.8644
4.3	Rojo Allura	16.712	24.3306	0.8226	4.27	0.7888
	Eritrosina	25.207	66.9945	5.2400	76.57	4.9932

Mx	Nombre del pico	Tiempo de retención (min)	Área del pico (mAU·s)	Estatura del pico (mAU)	Área porcentual (%)	Concentración (ppm)
5.1	Desconocido	10.632	52.6152	0.8416	15.06	N/A
	Desconocido	11.508	11.0957	0.7340	3.18	N/A
	Rojo Allura	16.828	17.6120	1.1736	1.97	0.2691
	Desconocido	22.388	24.7264	1.4644	7.08	N/A
	Desconocido	23.306	17.2222	1.1789	4.93	N/A
	Eritrosina	25.339	222.5506	17.3225	63.71	17.6008
5.2	Rojo Allura	17.043	28.2500	0.8316	2.82	1.0921
	Desconocido	22.527	22.6147	1.4697	7.43	N/A
	Desconocido	23.457	17.0421	1.1278	5.6	N/A
	Eritrosina	25.518	240.6198	17.1392	79.08	19.0653
	Desconocido	26.088	12.9057	1.2357	4.24	N/A
5.3	Desconocido	11.026	60.4181	0.7573	15.56	N/A
	Desconocido	11.691	19.6105	0.8891	5.05	N/A
	Rojo Allura	17.149	20.7323	0.8571	0.8571 2.07	0.5105
	Desconocido	22.769	23.3060	1.5565	6	N/A
	Desconocido	23.729	15.5656	1.1068	4.01	N/A
	Eritrosina	25.689	245.3625	17.4571	63.2	19.4497
	Desconocido	26.227	13.5346 1	1.0840	3.4	N/A
6.1	Desconocido	11.178	450.5740	3.5399	74.48	N/A
	Desconocido	14.787	15.9106	1.2166	2.63	N/A
	Desconocido	17.376	9.5369	0.7839	1.58	N/A
	Desconocido	22.981	13.8140	0.8867	2.28	N/A
	Eritrosina	25.858	115.1120	8.9001	19.03	8.8930

Mx	Nombre del pico	Tiempo de retención (min)	Área del pico (mAU·s)	Estatura del pico (mAU)	Área porcentual (%)	Concentración (ppm)
6.2	Desconocido	13.043	659.4096	1.3463	80.52	N/A
	Desconocido	14.755	15.4688	1.2245	1.89	N/A
	Desconocido	17.454	12.8251	0.8581 1.57	1.57	N/A
	Desconocido	23.102	12.5417	0.8231	1.53	N/A
	Eritrosina	26.001	118.7432	9.4851	14.5	9.1873
6.3	Desconocido	11.28	249.9023	2.2198	60.79	N/A
	Desconocido	14.857	16.2112	1.1604	3.94	N/A
	Desconocido	17.480	18.4989	0.7637	4.5	N/A
	Desconocido	23.216	12.7038	0.7626	3.09	N/A
	Eritrosina	6.138	113.7530	8.7853	27.67 8	8.7829
7.1	Desconocido	12.147	248.2202	1.2043	60.43	N/A
	Desconocido	15.05	8.0812	0.6528	1.97	N/A
	Desconocido	17.533	12.7847	0.8368	3.1	N/A
	Desconocido	23.297	18.1022	0.8050	4.41	N/A
	Eritrosina	26.266	123.5819	9.4837	30.09	9.5795
7.2	Desconocido	11.474	171.2127	1.9461	52.52	N/A
	Desconocido	17.651	12.6920	0.8619	3.89	N/A
	Desconocido	23.32	17.9905	0.9620	5.52	N/A
	Eritrosina	26.296	124.0734	9.1059	38.06	9.6193
7.3	Desconocido	12.157	268.7582	1.5585	62.8	N/A
	Desconocido	17.620	19.6332	0.7700	4.59	N/A
	Desconocido	23.207	12.7598	0.8237	2.98	N/A
	Eritrosina	26.122	126.7791	9.6239	29.63	9.8386

Mx	Nombre del pico	Tiempo de retención (min)	Área del pico (mAU·s)	Estatura del pico (mAU)	Área porcentual (%)	Concentración (ppm)
8.1	Desconocido	13.649	106.7450	0.4127	58.88	N/A
	Desconocido	18.003	17.5752	0.8647	9.69	N/A
	Eritrosina	26.459	56.9677	4.0974	31.42	4.1805
8.2	Desconocido	12.301	45.7145	0.4938	38.04	N/A
	Desconocido	18.127	16.7087	0.7990	13.9	N/A
	Eritrosina	26.426	57.7474	3.7342	48.05	4.2437
8.3	Desconocido	11.94	46.8403	0.6155	38.67	N/A
	Desconocido	18.103	16.8485	0.8801	13.91	N/A
	Eritrosina	26.513	57.4399	4.2262	47.42	4.2188
9.1	Desconocido	12.126	44.2892	0.5345	37.36	N/A
	Desconocido	18.069	13.7908	0.8959	11.63	N/A
	Eritrosina	26.539	60.4695	4.0460	51.01	4.4643
9.2	Desconocido	13.074	73.9900	0.5178	50.38	N/A
	Desconocido	18.339	11.3879	0.8390	7.75	N/A
	Eritrosina	26.711	61.4867	4.2503	41.87	4.5468
9.3	Desconocido	13.089	2.4713	0.3498	3.04	N/A
	Desconocido	18.467	14.8649	0.8383	18.29	N/A
	Eritrosina	26.972	63.9550	4.2685	78.67	4.7468
10.1	Desconocido	14.836	210.4308	0.7175	66.11	N/A
	Desconocido	17.336	18.7651	1.3039	5.9	N/A
	Eritrosina	25.804	89.1253	6.3382	28	6.7869
10.2	Desconocido	11.526	51.1728	0.4052	29.48	N/A
	Desconocido	17.717	20.9137	0.8763	12.05	N/A
	Eritrosina	26.105	101.5167	7.1622	58.48	7.7912

Mx	Nombre del pico	Tiempo de retención (min)	Área del pico (mAU·s)	Estatura del pico (mAU)	Área porcentual (%)	Concentración (ppm)
10.3	Desconocido	11.516	49.9409	0.7428	26.82	N/A
	Desconocido	18.046	16.1753	0.8313	4.87	N/A
	Desconocido	23.606	16.1753	0.8362	8.69	N/A
	Eritrosina	26.43	111.0585	7.9553	59.63	8.5645

Nota. Se presentan los datos cromatográficos obtenidos del análisis de las muestras de algodón de azúcar mediante HPLC-DAD. Los picos que no coincidieron con los tiempos de retención de los estándares certificados se clasificaron como desconocidos y no se les asignó concentración. Las celdas resaltadas en color naranja corresponden a los picos de eritrosina (E127) identificados y cuantificados, mientras que las celdas en color rojo indican los picos de rojo allura AC (E129) detectados y cuantificados. Fuente: elaboración propia con base a los resultados del equipo PerkinElmer LC 300.

Cálculo 1. Concentración de colorantes en muestra de algodón de azúcar

$$\text{Concentración (mg/kg)} = \frac{C_{\text{HPLC}} * V_f * FD}{m_m}$$

Donde:

C_{HPLC} = concentración del analito determinado por el HPLC en la solución inyectada (mg/L)

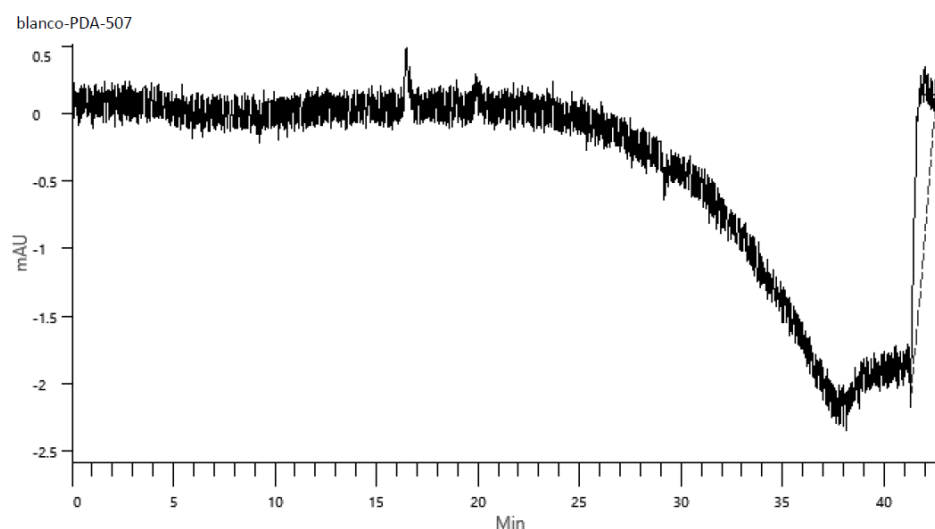
V_f = volumen final de la solución después de la extracción/dilución (mL)

FD = factor de dilución total

M_m = masa de la muestra pesada antes de la extracción (g)

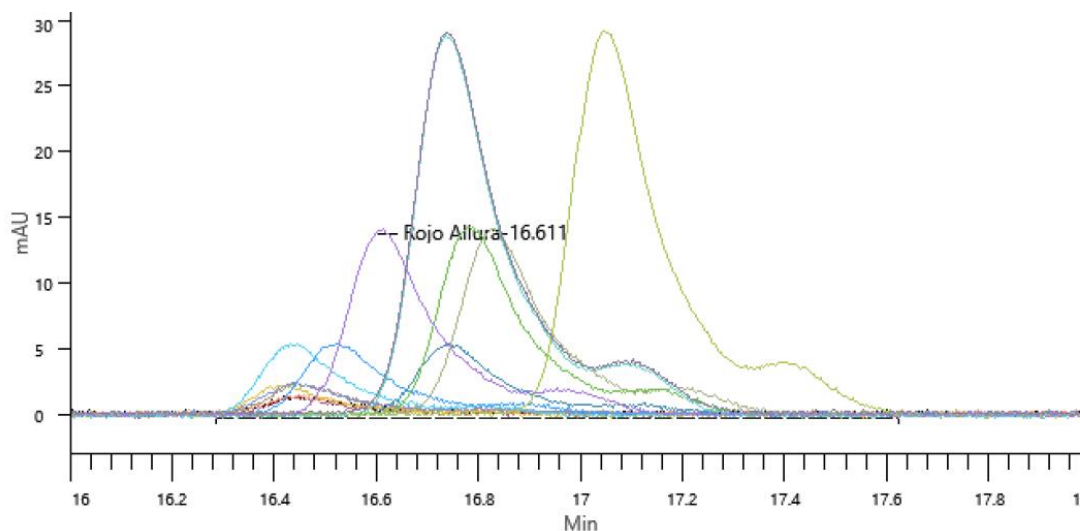
Nota. La concentración del colorante en la muestra original se fundamenta en el principio de balance de materia y conservación del analito durante el proceso de extracción y dilución (Harris y Lucy, 2017; Skoog et al., 2018).

Figura 4. Cromatograma blanco detectado a 507 nm



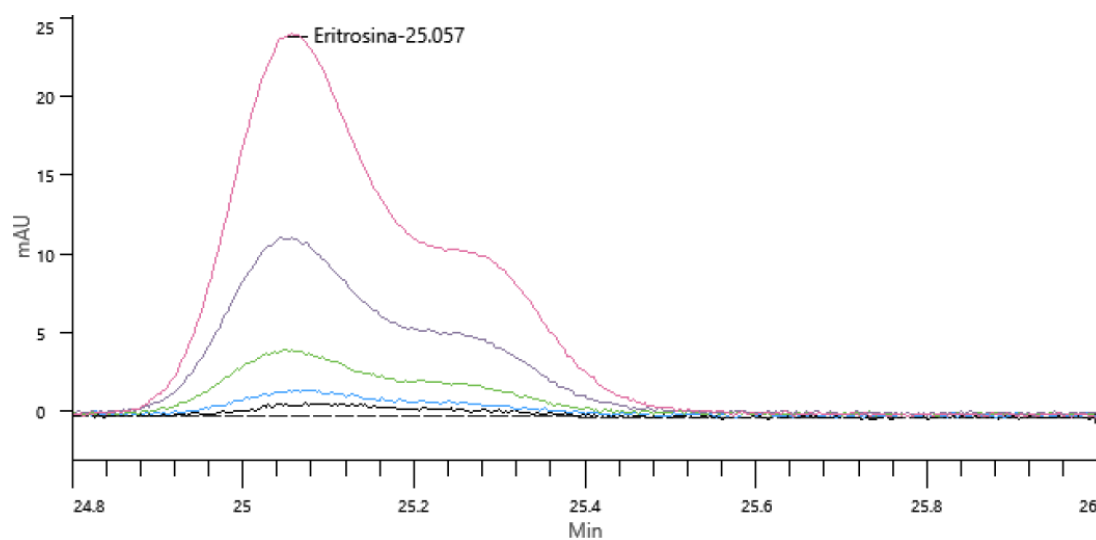
Nota. Se presenta el cromatograma del blanco correspondiente a agua ultrapura bajo las mismas condiciones analíticas que los estándares y las muestras. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

Figura 5. Cromatograma estándares rojo allura AC (E129) en triplicado sobrepuestos



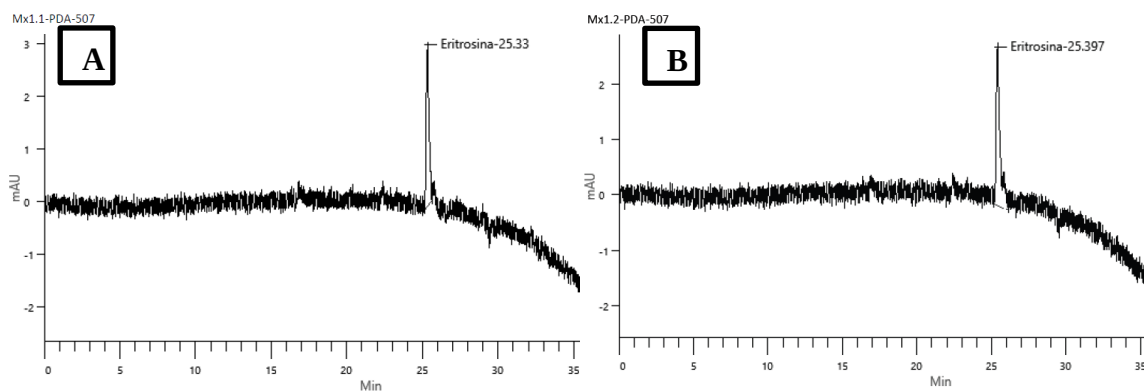
Nota. Se presentan los cromatogramas superpuestos de las soluciones estándar de rojo allura (AC) a cinco niveles de concentración (1, 2, 5, 15 y 30 ppm), preparados y analizados por triplicado. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

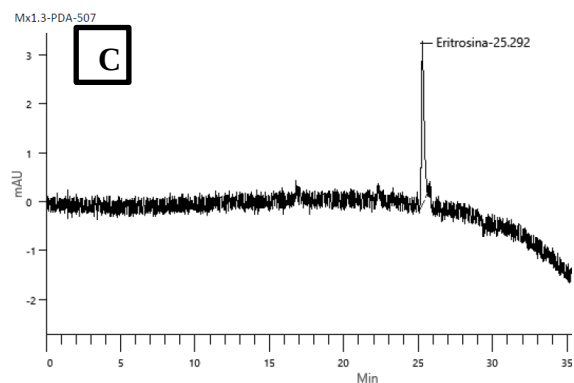
Figura 6. Cromatograma estándares eritrosina (E127) sobrepuestos



Nota. Se presentan los cromatogramas superpuestos de las soluciones estándar de eritrosina (E127) a cinco niveles de concentración (1, 2, 5, 15 y 30 ppm). Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

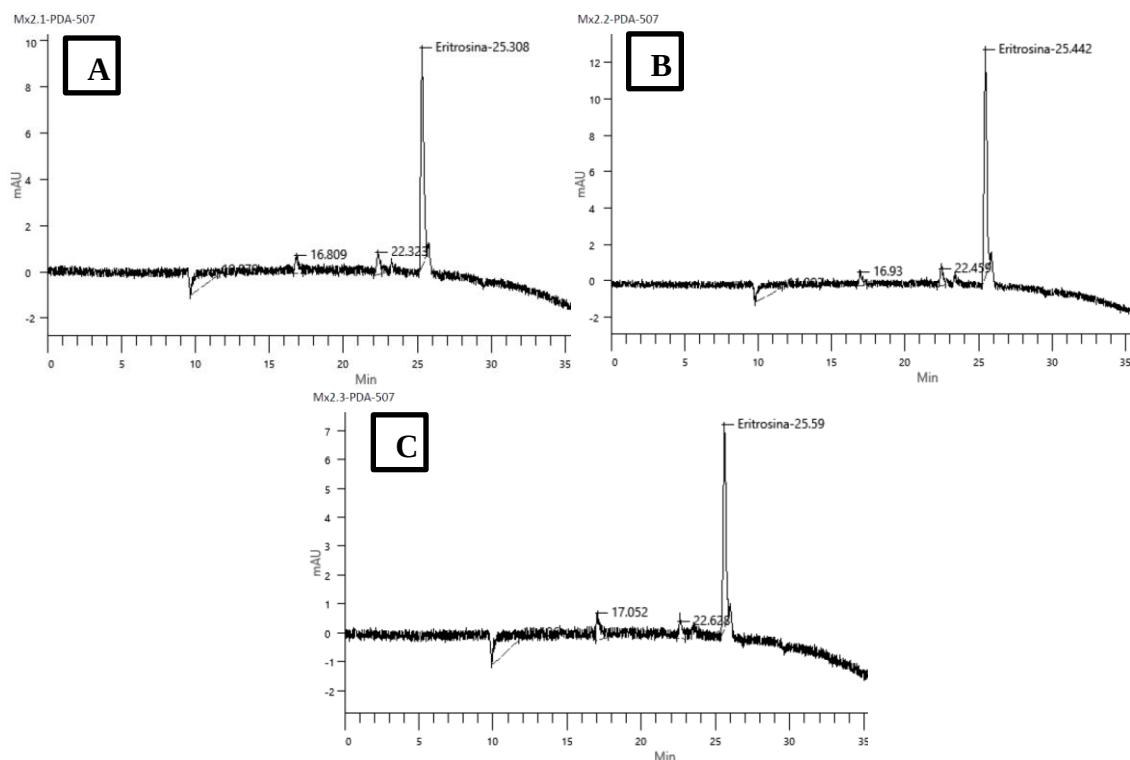
Figura 7. Cromatogramas por triplicado de la muestra 1





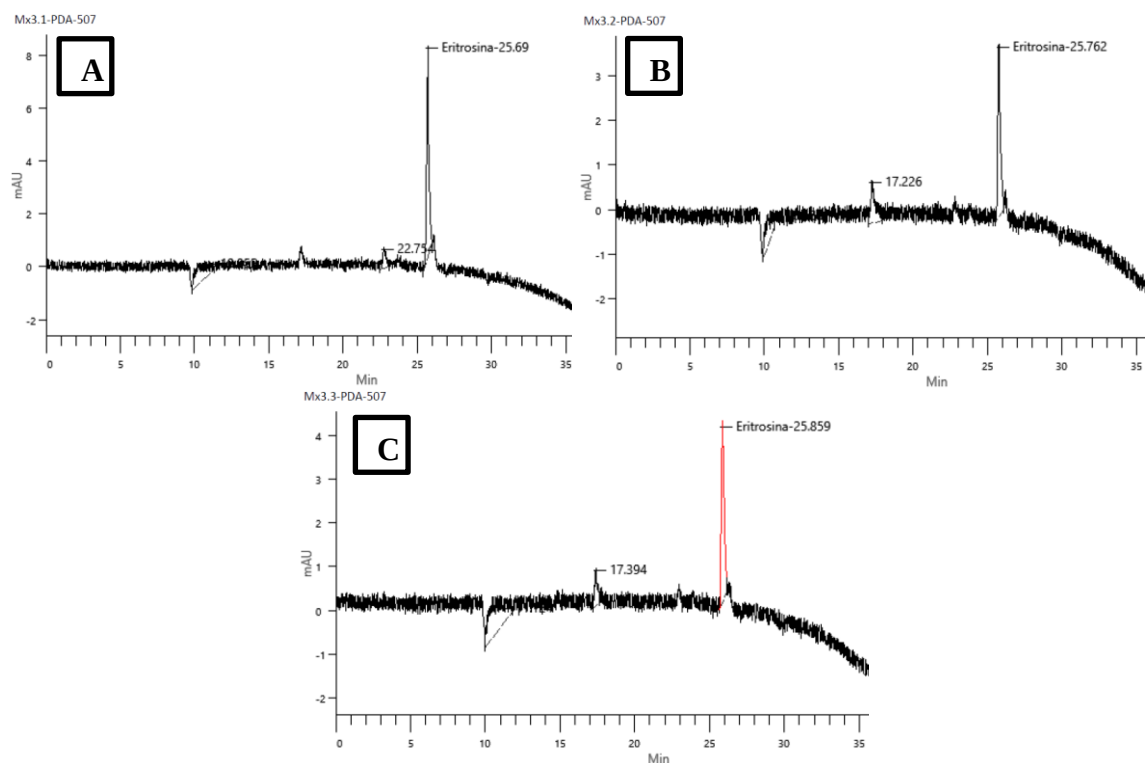
Nota. Se presentan los cromatogramas correspondientes a las tres inyecciones independientes de la muestra Mx 1. A. Cromatograma Mx 1.1; B. Cromatograma Mx 1.2; C. Cromatograma Mx 1.3. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

Figura 8. Cromatogramas por triplicado muestra 2



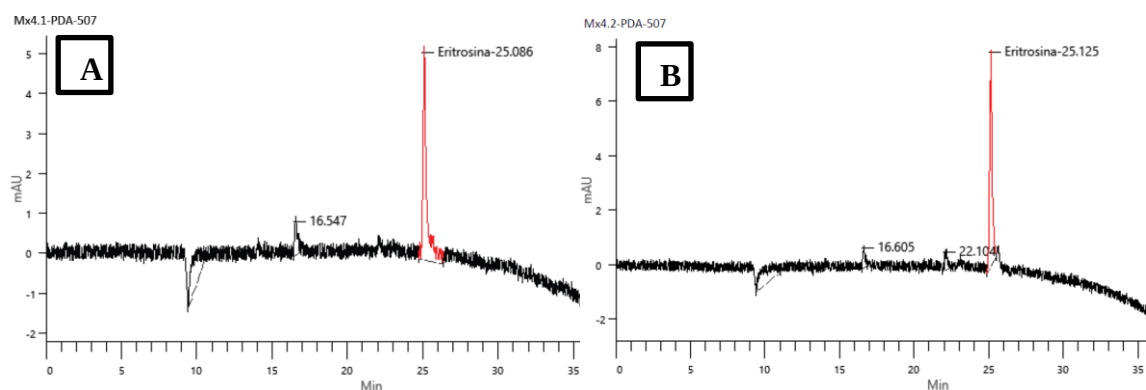
Nota. Se presentan los cromatogramas correspondientes a las tres inyecciones independientes de la muestra Mx 2. A. Cromatograma Mx 2.1; B. Cromatograma Mx 2.2; C. Cromatograma Mx 2.3. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

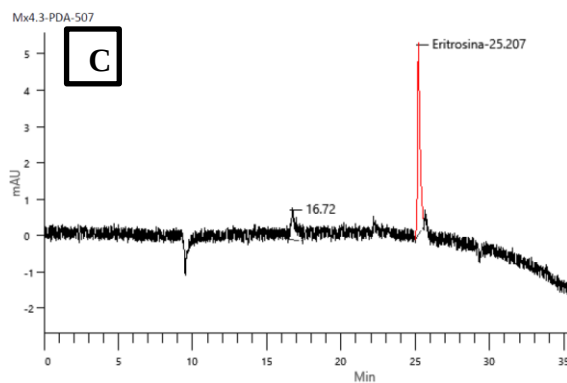
Figura 9. Cromatogramas por triplicado muestra 3



Nota. Se presentan los cromatogramas correspondientes a las tres inyecciones independientes de la muestra Mx 3. A. Cromatograma Mx 3.1; B. Cromatograma Mx 3.2; C. Cromatograma Mx 3.3. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

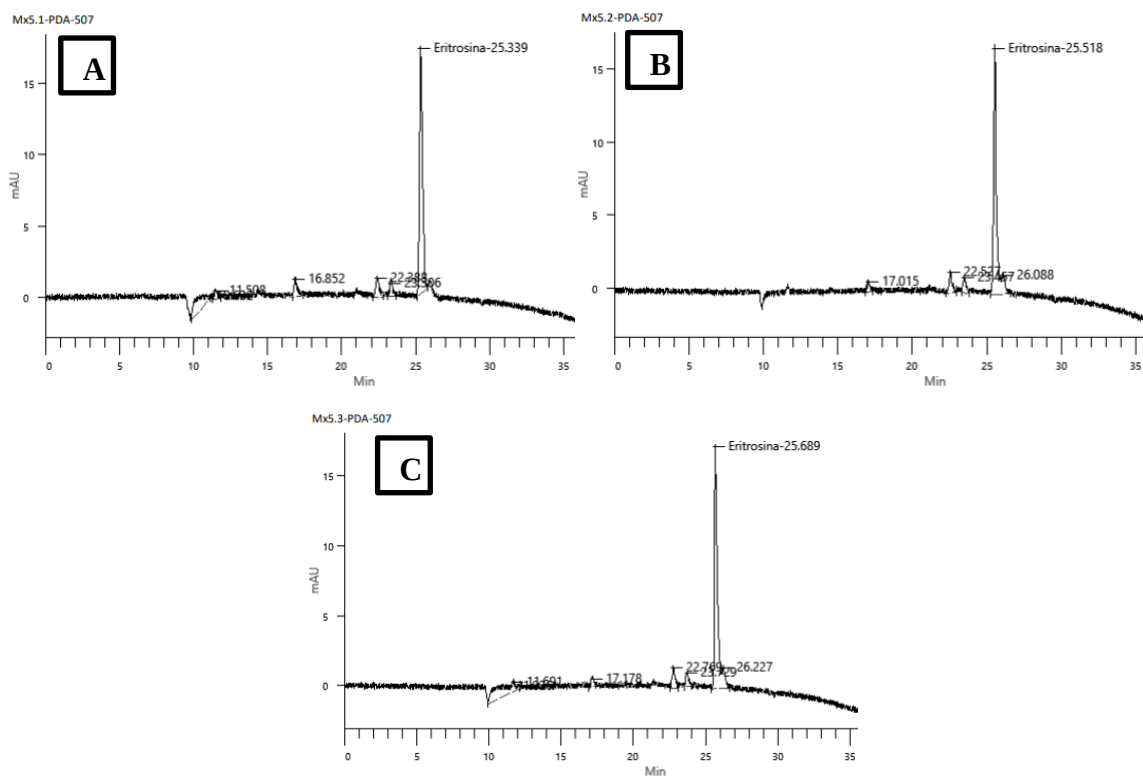
Figura 10. Cromatogramas por triplicado muestra 4





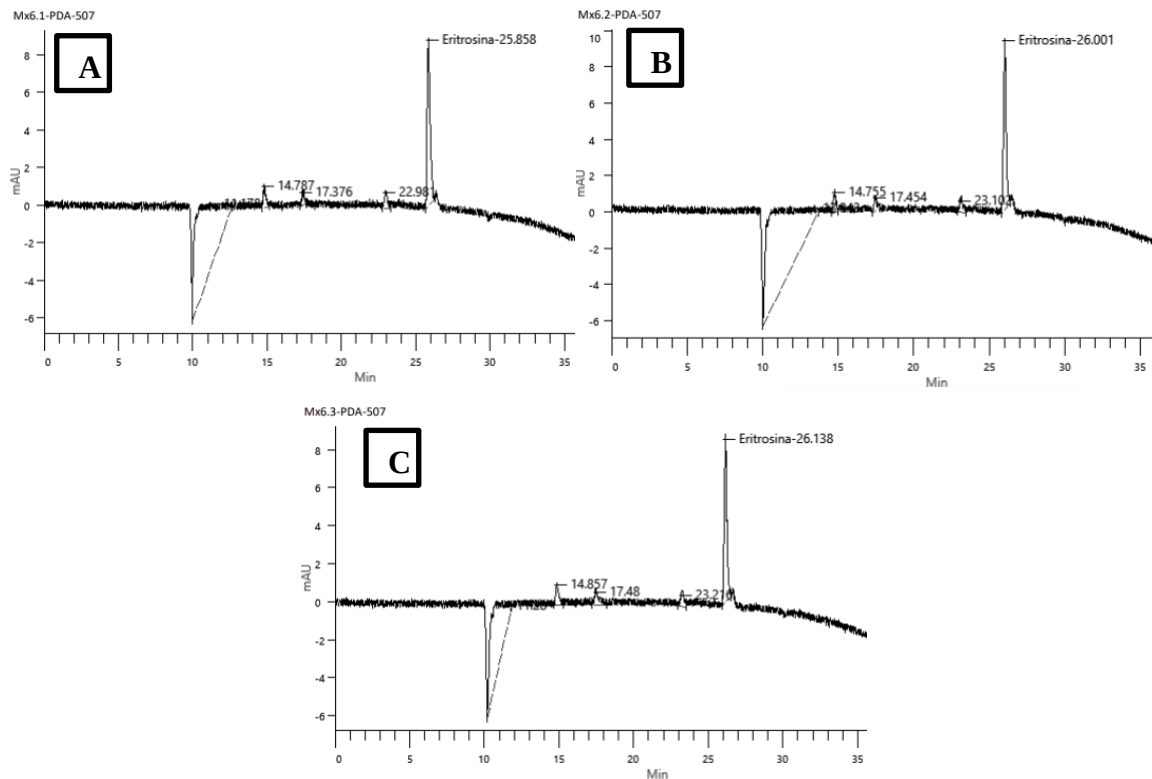
Nota. Se presentan los cromatogramas correspondientes a las tres inyecciones independientes de la muestra Mx 4. A. Cromatograma Mx 4.1; B. Cromatograma Mx 4.2; C. Cromatograma Mx 4.3. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

Figura 11. Cromatogramas por triplicado muestra 5



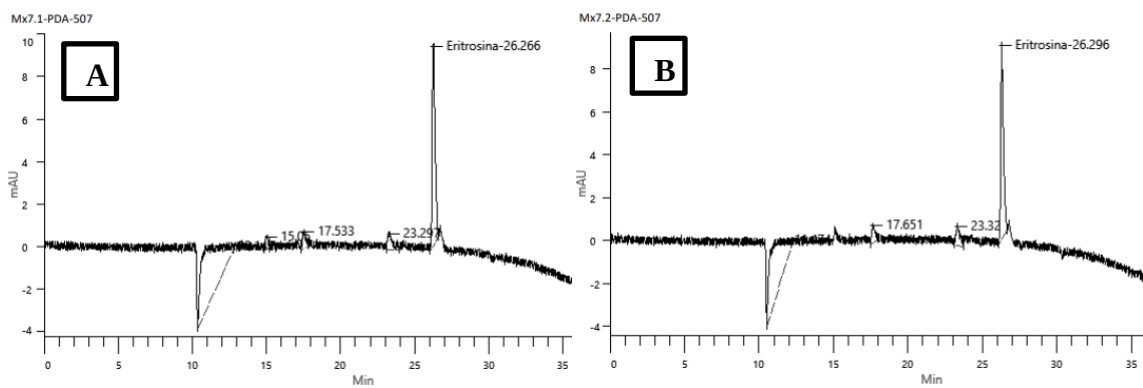
Nota. Se presentan los cromatogramas correspondientes a las tres inyecciones independientes de la muestra Mx 5. A. Cromatograma Mx 5.1; B. Cromatograma Mx 5.2; C. Cromatograma Mx 5.3. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

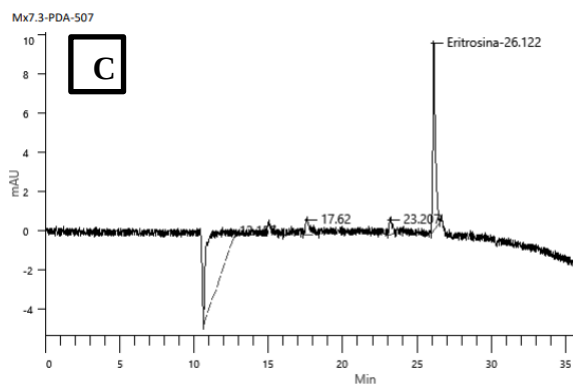
Figura 12. Cromatogramas por triplicado muestra 6



Nota. Se presentan los cromatogramas correspondientes a las tres inyecciones independientes de la muestra Mx 6. A. Cromatograma Mx 6.1; B. Cromatograma Mx 6.2; C. Cromatograma Mx 6.3. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

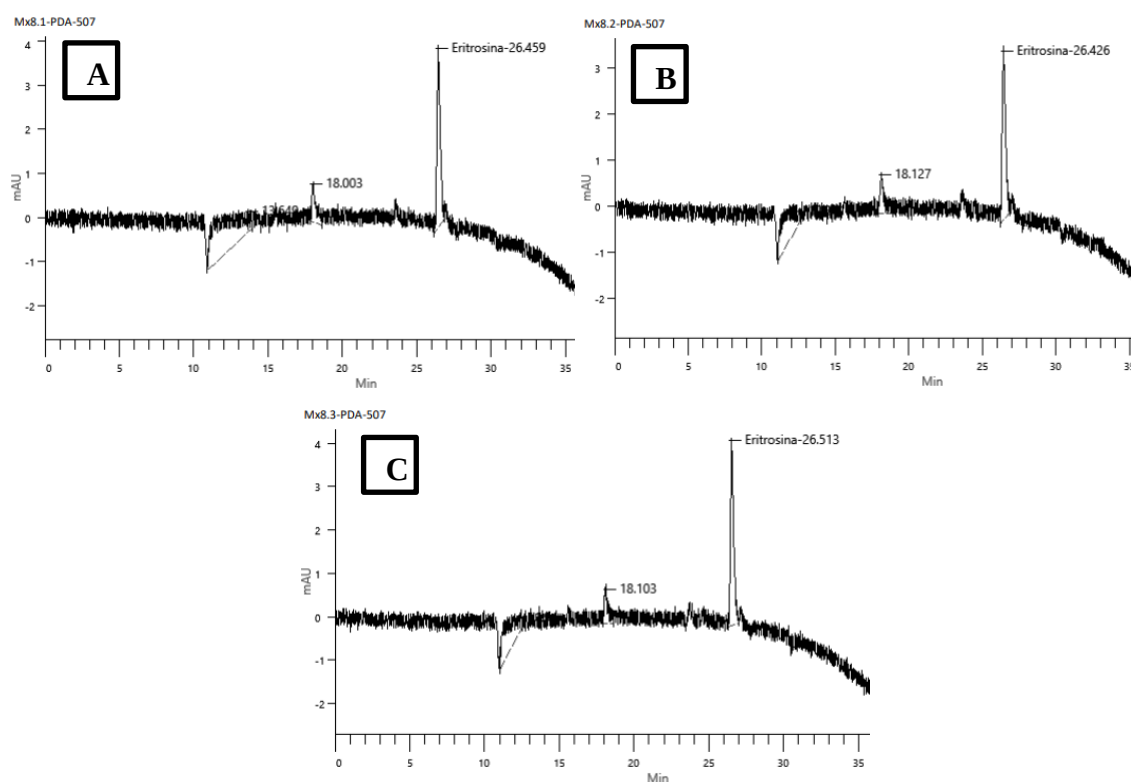
Figura 13. Cromatogramas por triplicado muestra 7





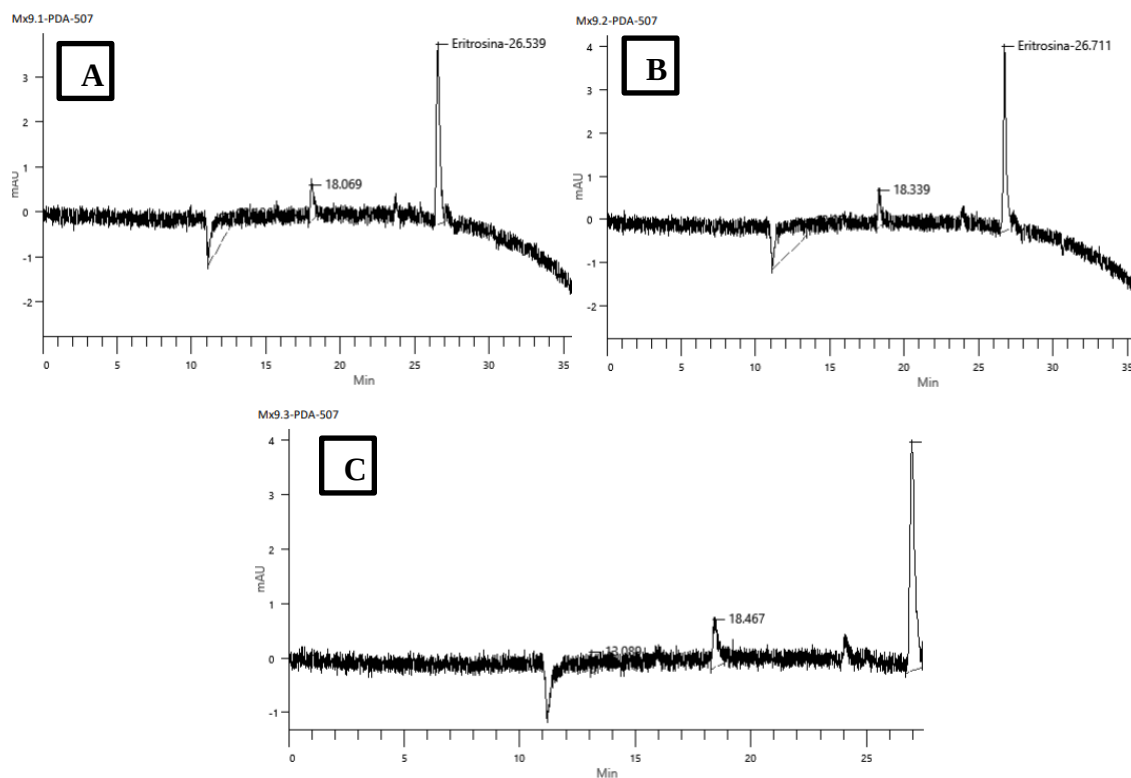
Nota. Se presentan los cromatogramas correspondientes a las tres inyecciones independientes de la muestra Mx 7. A. Cromatograma Mx 7.1; B. Cromatograma Mx 7.2; C. Cromatograma Mx 7.3. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

Figura 14. Cromatogramas por triplicado muestra 8



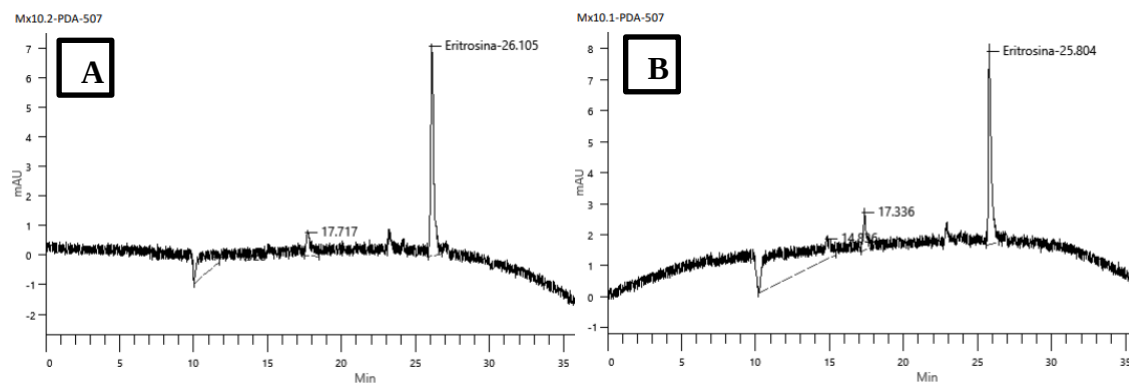
Nota. Se presentan los cromatogramas correspondientes a las tres inyecciones independientes de la muestra Mx 8. A. Cromatograma Mx 8.1; B. Cromatograma Mx 8.2; C. Cromatograma Mx 8.3. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

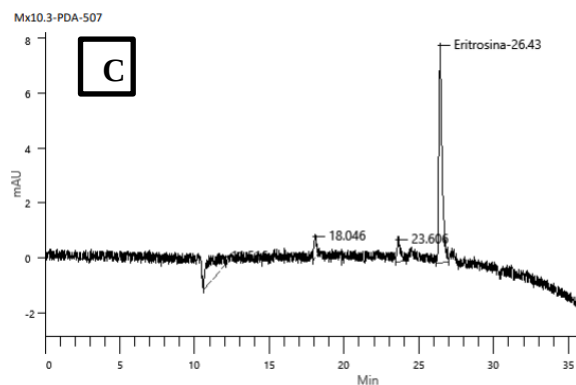
Figura 15. Cromatogramas por triplicado muestra 9



Nota. Se presentan los cromatogramas correspondientes a las tres inyecciones independientes de la muestra Mx 9. A. Cromatograma Mx 9.1; B. Cromatograma Mx 9.2; C. Cromatograma Mx 9.3. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

Figura 16. Cromatogramas por triplicado muestra 10





Nota. Se presentan los cromatogramas correspondientes a las tres inyecciones independientes de la muestra Mx 10. A. Cromatograma Mx 10.1; B. Cromatograma Mx 10.2; C. Cromatograma Mx 10.3. Fuente: datos generados por el equipo HPLC-DAD PerkinElmer LC 300.

Figura 17. Muestras recolectadas



Nota. Se presentan las muestras recolectadas en los distintos puntos de la ciudad de Guatemala con su respectiva codificación alfanumérica. Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Composición de productos dedicados a dar color a los algodones de azúcar en distribuidoras guatemaltecas

Código Nombre	C-8056-A Rosado Rosa Natural	Código Nombre	C-8016-A Rojo Fresa Fuerte
Aplicación	Uso industrial, utilizada para dar color a la matriz alimentaria.	Aplicación	Uso industrial, utilizada para dar color a la matriz alimentaria.
Características Organolépticas	Color físico De rosado a rojo intenso	Color físico De rosado fuerte a rojo	
	Color en solución (solución al 1%) Rosado	Color en solución (solución al 1%) Rosado	
	Apariencia Polvo fino	Apariencia Polvo fino	
Características físicoquímicas	Rango de pH (solución al 1%) $7.20 \pm 0.70^*$	Rango de pH (solución al 1%) 7.35 ± 0.95	
	Solubilidad Soluble en agua a la dosis recomendada	Solubilidad Soluble en agua a la dosis recomendada	
Características Microbiológicas	Bacterias Totales <10 ufc/mL	Bacterias Totales <10 ufc/mL	
	Hongos y Levaduras <10 ufc/mL	Hongos y Levaduras <10 ufc/mL	
Rendimiento	0.01% - 1%	Rendimiento	0.01% - 1% (Depende de la intensidad de color que se le quiera dar al producto final)
Declaración de ingredientes	Azúcar glass y/o dextrosa, eritrosina (FD&C rojo no. 3) y dióxido de silicio.	Declaración de ingredientes	Azúcar glass y/o dextrosa, amaranto (colorante FD&C rojo no. 2), amarillo ocazo (colorante FD&C amarillo no. 6), índigo carmín (colorante FD&C azul no. 2) y dióxido de silicio.
Alérgenos	No contiene alérgenos	Alérgenos	No contiene alérgenos
Origen	Guatemala	Origen	Guatemala

Código Nombre	C-8055-A Rosado Rosa Fuerte
Aplicación	Uso industrial, utilizada para dar color a la matriz alimentaria.
Características Organolépticas	Color físico De rosado a rojo intenso
	Color en solución (solución al 1%) Rosado
	Apariencia Polvo fino
Características físicoquímicas	Rango de pH (solución al 1%) 6.83 ± 0.70
	Solubilidad Soluble en agua a la dosis recomendada
Características Microbiológicas	Bacterias Totales <10 ufc/mL
	Hongos y Levaduras <10 ufc/mL
Rendimiento	0.01% - 1%
Declaración de ingredientes	Azúcar glass y/o dextrosa, eritrosina (FD&C rojo no. 3), amaranto (colorante FD&C rojo no. 2) y dióxido de silicio.
Alérgenos	No contiene alérgenos
Origen	Guatemala

Nota. Se presenta la ficha técnica de un producto destinado a dar el color característico del algodón de azúcar rosado. Fuente: información recabada de distribuidoras de alimentos guatemaltecas.