

Crema tópica reparadora e hidratante con extracto de cáscara de plátano cuerno gigante

Repairing and moisturizing topical cream with giant horn banana peel extract

J. L. Prado Arróliga^{a*}, B. Villachica-López^b

^{a*,b} Departamento de Química, Área de Conocimiento de Ciencias Básicas y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Rotonda Rigoberto López Pérez 500 m al sur, Managua, C.P. 663, Nicaragua.

Resumen

La presente investigación se desarrolló con el objetivo Optimizar el proceso de maceración térmica de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.), mediante un diseño Taguchi para obtener un extracto funcional aplicable a la formulación de una crema reparadora e hidratante. La cáscara, con 53,18 % de humedad en estado fresco y 1,13 % tras secado térmico, fue molida y tamizada, obteniendo 242 g de material seco a partir de 3 kg. Se realizaron 9 ensayos de extracción por maceración con calor y etanol al 100%, bajo un diseño Taguchi, variando temperatura (25 °C, 45 °C, 65 °C), tiempo (30, 60, 90 min) y proporción sólido-líquido (1:10, 1:15, 1:20). Los resultados reportados en los ensayos 2 y 9 destacaron por su alto rendimiento (78,15 % y 89,60 %). No obstante, el ensayo 7 fue elegido por su mayor concentración de compuestos fenólicos y taninos condensados, sin presencia de flavonoides ni saponinas. El extracto fue obtenido a 65 °C, proporción 1:10 y 90 minutos. El producto final, presento controles de calidad: pH 5,4, densidad 0,93 g/mL, textura espesa y un costo unitario estimado de C\$ 365,42 (≈ 9,40 USD), cumpliendo con el RTCA 71.03.45:07.

Palabras Clave: Maceración, extracto, crema, taninos, cáscara de plátano.

Abstract

This research was developed with the objective of formulating a cosmetic cream, incorporating as an active ingredient the extract of green giant horn banana peels (*Musa Paradisiaca* L.). The peel, with 53.18% moisture content in its fresh state and 1.13% after thermal drying, was ground and sieved, obtaining 242g of dry material from 3kg. Nine extraction tests were carried out by maceration with heat and 100% ethanol, under a Taguchi design, varying temperature (25, 45, 65 °C), time (30, 60, 90 min) and solid-liquid ratio (1:10, 1:15, 1:20). The results reported in tests 2 and 9 stood out for their high yield (78.15% and 89.60%). However, trial 7 was chosen for its higher concentration of phenolic compounds and condensed tannins, with no flavonoids or saponins present. The extract was obtained at 65 °C, a 1:10 ratio, and 90 minutes. The final product met quality standards: pH 5.4, density 0.93 g/mL, thick texture, and an estimated unit cost of C\$365.42, complying with RTCA 71.03.45:07.

Keywords: Maceration, extract, cream, tannins, banana peel.

1. Introducción

En Nicaragua, las principales variedades de plátano cultivadas son Cuerno Gigante, Cuerno Enano y Cernia ¾. Para el año 2022 se reportaron aproximadamente 23 000 manzanas dedicadas a este cultivo (MEFCCA, 2020). El consumo del fruto genera cáscaras como residuos orgánicos, las cuales suelen desecharse sin un manejo adecuado (Navarro et al., 2021). La cáscara, que representa alrededor del 35 % del peso total del fruto, actúa como barrera protectora y posee una estructura química rica en compuestos bioactivos (Bhavani et al., 2023). Sin embargo, su aprovechamiento en el país sigue siendo limitado a prácticas rudimentarias, como su uso como

abono orgánico o alimento para ganado, y en la mayoría de los casos es simplemente desechada.

En los últimos años, ha crecido el interés por valorizar los subproductos agrícolas mediante investigaciones que promuevan su funcionalidad y un enfoque sostenible de aprovechamiento (Instituto Tecnológico de la Producción, 2023). En este contexto, diversos estudios internacionales han evidenciado el potencial cosmético y farmacológico de los extractos de *Musa paradisiaca* L. Por ejemplo, Morales (2020) reportó actividad antimicrobiana de extractos etanólicos frente a *Propionibacterium acnes*, mientras que Pilco et al. (2018) y Murgueitio-Manzanares et al. (2019) identificaron compuestos antioxidantes y fenólicos con posibles aplicaciones

*Autor para la correspondencia: jose.prado@unan.edu.ni

Correo electrónico: jose.prado@unan.edu.ni (José Prado-Arroliga), lopezbrighith5@gmail.com (Breedggeth Villachica-López)

dermatológicas. No obstante, estas investigaciones se han enfocado principalmente en la actividad biológica de los extractos, sin abordar de forma sistemática la optimización del proceso extractivo ni su aplicación tecnológica en formulaciones cosméticas.

A partir de esta revisión, se identifica una brecha de conocimiento relacionada con la estandarización de métodos de extracción que permitan obtener un extracto funcional de cáscara de plátano con calidad constante y utilidad para la industria cosmética. Esta investigación busca cubrir dicha brecha mediante la aplicación del diseño experimental Taguchi (L9), una herramienta estadística que facilita el ajuste de factores clave del proceso (temperatura, tiempo y proporción sólido-líquido) para lograr una extracción eficiente y sostenible.

Asimismo, el estudio destaca por su enfoque en sostenibilidad, al aprovechar un residuo agrícola abundante para transformarlo en un ingrediente natural con propiedades reparadoras e hidratantes, en consonancia con los principios de la economía circular. En este marco, la investigación surge ante la necesidad de explorar alternativas innovadoras para el aprovechamiento de la cáscara de plátano Cuerno Gigante (*Musa paradisiaca* L.) en la industria cosmética, aprovechando su riqueza en compuestos bioactivos (González-Montelongo, Lobo & González, 2010) con propiedades funcionales que favorecen la hidratación, protección y renovación de la piel.

A partir de lo anterior, el objetivo principal de la investigación fue optimizar el proceso de maceración térmica de la cáscara de plátano Cuerno Gigante (*Musa paradisiaca* L.) mediante el diseño experimental Taguchi, garantizando un rendimiento adecuado y un perfil fitoquímico funcional. El extracto obtenido fue posteriormente incorporado en la formulación de una crema reparadora e hidratante, evaluada mediante pruebas fisicoquímicas y organolépticas bajo la normativa RTCA 71.03.45:07 (2008), obteniéndose resultados satisfactorios.

Finalmente, este estudio aporta una alternativa natural y eficaz para el cuidado de la piel, establece un proceso estandarizado de extracción y formulación, y genera conocimiento técnico que contribuye a la valorización de subproductos agrícolas, fomentando líneas de producción sostenibles y fortaleciendo la vinculación entre ciencia, industria y salud.

2. Metodología

2.1. Tipo y Enfoque de Investigación

El presente estudio se enmarca en una investigación experimental con enfoque mixto, de tipo aplicado y descriptivo. Para la maceración se empleó el diseño experimental Taguchi, matriz ortogonal L9, correspondiente a un arreglo factorial 3^3 , que permitió analizar la influencia de tres factores independientes a tres niveles cada uno: Temperatura de maceración: 25 °C, 45 °C y 65 °C; Tiempo de maceración: 30, 60 y 90 min y Relación sólido-líquido (m/v): 1:10, 1:15 y 1:20.

Las variables de respuesta fueron el rendimiento de extracción (% p/p) y el perfil fitoquímico cualitativo, determinado mediante la identificación de metabolitos secundarios (fenoles, taninos, flavonoides y saponinas) asociados a la bioactividad del extracto.

El enfoque mixto permitió complementar los resultados cuantitativos del rendimiento con observaciones cualitativas relacionadas con la estabilidad, apariencia y desempeño del producto final, garantizando así una evaluación integral del proceso.

2.2. Población y Muestra

De acuerdo con Hernández et al. (2014), la población de estudio comprende el conjunto de elementos con características comunes relacionadas con el fenómeno investigado. En este caso, se definieron dos componentes principales: Materia prima biológica: las cáscaras de plátano Cuerno Gigante (*Musa paradisiaca* L.) recolectadas en Ometepe, que representan el material base para la extracción. Producto formulado: las cremas tópicas desarrolladas a partir del extracto obtenido, que constituyeron las unidades experimentales sometidas a evaluación físico-química y organoléptica.

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, determinado por la disponibilidad de la materia prima y su cumplimiento de criterios de calidad. Los criterios de inclusión son cáscaras en estado verde, sin daños mecánicos ni presencia de hongos; frutos del mismo lote de cosecha, libres de maduración avanzada o contaminación visible y origen certificado de productores locales. Para los de exclusión, cáscaras con signos de putrefacción, exceso de humedad o deterioro microbiano.

2.3. Recolección y Tratamiento de la Materia Prima

La materia prima utilizada consistió en cáscaras de plátano (*Musa paradisiaca* L.) variedad Cuerno Gigante, recolectadas en la comunidad El Estrecho, Isla de Ometepe (Rivas, Nicaragua), reconocida por su actividad agrícola basada en prácticas tradicionales.

Las muestras fueron obtenidas directamente de productores locales durante la época seca, para minimizar la presencia de humedad y contaminantes microbiológicos. Se recolectaron 3 kg de cáscara en estado verde, procedentes de frutos recién cosechados y seleccionados manualmente. Previo a su uso, las cáscaras fueron sometidas a un proceso de limpieza y acondicionamiento, Figura 1.



Figura 1. Preparación de las cáscaras de plátano. Este diagrama resume las etapas fundamentales del procesamiento de materia prima: evaluación inicial; lavado, pelado y recolección de cáscaras; desinfección con hipoclorito de sodio 1%, enjuague y secado a 50°C hasta cumplir con un valor de humedad

menor a 10%; molienda y tamizado a 425 μm ; y almacenamiento en recipientes ámbar herméticos a temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) y en condiciones de baja humedad relativa ($< 60\%$) hasta su uso.

2.4. Maceración con Énfasis en el Diseño Taguchi

Para la obtención del extracto vegetal, se observa en la figura 2, el método de maceración alcohólica (Herrero, Cifuentes, & Ibáñez, 2006) consiste en un procedimiento eficiente, sencillo y apto para conservar metabolitos termolábiles como flavonoides y taninos.



Figura 2. Método de maceración con calor. El proceso integra: preparación de soluciones según ensayos; ajuste de tiempo y temperatura por ensayo; filtración para eliminar sólidos; evaporación en baño María a 60°C para concentrar el extracto; recolección del extracto concentrado; y almacenamiento en frascos ámbar a 4°C .

2.5. Caracterización Cualitativa de los Extractos

Posterior, se procedió a realizar la caracterización cualitativa de los extractos etanólicos a través de diferentes pruebas de laboratorio, para la identificación de metabolitos secundarios, siguiendo metodologías estandarizadas propuestas por Harborne (1998) y Wagner & Bladt (2013), citadas por Guerrero (2014).

Estos ensayos permiten la identificación de compuestos clave para la actividad cosmética del extracto, respaldando su incorporación en la formulación de cremas tópicas reparadoras e hidratantes. Las pruebas se realizaron a temperatura ambiente (25°C), utilizando extractos diluidos en etanol al 100% (concentración inicial 1:10 v/v), y se interpretaron según criterios de intensidad de coloración o formación de precipitado: ausente (-), escasa (+; color/precipitado débil), moderada (++; color/precipitado notable), abundante (+++; color/precipitado intenso), como se detalla en la Tabla 5 (Harborne, 1998).

Determinación de Taninos Condensados (Prueba de Stiasny). A 2 mL de extracto etanólico (dilución 1:10) se le agregaron 2 mL de formaldehído al 37% (v/v) y 2 mL de HCl concentrado (37%, p/p), calentando la mezcla a ebullición suave durante 5-10 min (Harborne, 1998; Wagner & Bladt, 2013). El desarrollo de un precipitado rojo/marrón rojizo

indica la presencia de taninos condensados, debido a la reacción de formaldehído con núcleos de indoles en los proantocianidinos.

Determinación de Taninos Catecólicos y Compuestos Fenólicos (Prueba de Cloruro Férrico). A 2 mL de extracto etanólico (dilución 1:10) se le agregaron 3 gotas de FeCl_3 al 1% (p/v) en solución acuosa neutra (Harborne, 1998). El desarrollo de una coloración verde oscuro intenso indica presencia de taninos pirocatecólicos; un color rojo vino o azul-negro sugiere compuestos fenólicos generales (Wagner & Bladt, 2013).

Determinación de Flavonoides (Prueba de Shinoda). A 2 mL de extracto etanólico (dilución 1:10) se le agregaron fragmentos de magnesio metálico (aprox. 50 mg) y 3 gotas de HCl concentrado (37%, p/p), agitando hasta disolución (Wagner & Bladt, 2013; Harborne, 1998). El desarrollo de una coloración rojiza o rosa (debido a la reducción de flavonoides a leucoantocianidinas) confirma la presencia de flavonoides.

Determinación de Saponinas (Prueba de Espuma Persistente). A 2 mL de extracto etanólico (dilución 1:10) se le agregaron 8 mL de agua destilada, agitándose vigorosamente durante 15 s y observándose tras 15 min (Harborne, 1998). La formación de una capa de espuma estable (>1 cm de altura) indica presencia de saponinas.

Nota: La ausencia de flavonoides y saponinas en los extractos etanólicos puros se atribuye a la selectividad del etanol al 100% por compuestos menos polares, limitando la extracción de metabolitos hidrofílicos (Wagner & Bladt, 2013).

2.6. Preparación de la crema cosmética

El extracto vegetal optimizado obtenido a partir de la cáscara de plátano Cuerno Gigante (*Musa paradisiaca* L.) se incorporó en una emulsión cosmética tipo aceite en agua (O/W), seleccionada por su alta compatibilidad cutánea, textura ligera y adecuada extensibilidad sobre la piel. Este tipo de emulsión permite la liberación controlada de los compuestos activos hidrosolubles y liposolubles del extracto, favoreciendo su absorción y eficacia funcional.

La formulación se diseñó con el objetivo de desarrollar una crema reparadora e hidratante de origen natural, estable, sensorialmente agradable y conforme a los criterios técnicos establecidos por la normativa RTCA 71.03.45:07 (2008) para productos cosméticos.

2.7. Control de Calidad de la Crema

La formulación de la crema tópica reparadora e hidratante se evaluó exhaustivamente mediante parámetros físico-químicos clave incluyendo el pH (para garantizar compatibilidad con el manto ácido cutáneo y minimizar irritaciones), la densidad (para verificar la estabilidad y uniformidad de la emulsión) y el llenado mínimo (para asegurar el peso neto declarado, conforme al 90% del valor nominal según USP NF) y parámetros organolépticos como el color (blanco-verdoso característico del extracto), el olor (ligeramente herbal con fragancia añadida), la textura (espesa y cremosa para una aplicación suave) y la homogeneidad (ausencia de separación de fases).

Estas evaluaciones se realizaron de acuerdo con el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 71.03.45:07 (Productos Cosméticos: Verificación de la Calidad), que exige pruebas adaptadas a las características propias del producto cosmético para confirmar su seguridad, estabilidad y aceptabilidad sensorial. La formulación final se aceptó solo si todos los resultados cumplían con los criterios establecidos en la norma, asegurando así la calidad integral y el cumplimiento regulatorio.

2.8. Costo y Presentación

El análisis de costos de la crema cosmética formulada con extracto de cáscara de plátano se llevó a cabo de manera detallada, considerando todos los elementos involucrados en el proceso productivo. Se incluyeron los gastos desde la adquisición de la materia prima principal (plátano Cuerno Gigante) hasta los excipientes funcionales, agentes estabilizantes, conservantes, aditivos sensoriales y materiales de envase. Además, se incorporaron los costos de mano de obra directa, el uso de equipos e infraestructura, así como los gastos indirectos de producción, para obtener una visión realista del desembolso total.

También, se diseñó la etiqueta de información general cumpliendo con el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 71.03.36:21 (Etiquetado de Productos Cosméticos, 2022)

3. Resultados

3.1. Determinación del Contenido de Humedad de la Materia Prima

De los 8 kg de plátano Cuerno Gigante recibidos de la finca El Estrecho, se separaron las cáscaras mediante pelado, obteniendo un promedio de 270,5 g por unidad, de los cuales 102,2 g correspondieron a cáscara. En total, las 30 unidades aportaron 3,07 kg de cáscara, utilizadas para los ensayos de extracción. El secado se realizó al aire libre durante 2 – 3 días, seguido de la determinación del contenido de humedad mediante termobalanza, tanto en cáscara fresca como seca.

En la tabla 1 se visualiza que la cáscara fresca presentaba un 53,2 % de humedad y un 46,9 % de sólidos totales, lo que evidencia la necesidad de un secado previo para estabilizar la materia prima y estandarizar las condiciones de extracción de compuestos bioactivos.

Tabla 1. Contenido de humedad en muestras de cáscaras frescas.

#	Tiempo	T (°C)	Peso Inicial (g)	Peso final (g)	UM %	RS%
1	70	78	3,039	1,474	51,520	48,480
2	70	78	3,015	1,456	51,590	48,310
3	70	78	3,030	1,456	56,440	43,560
Media	70	78	3,028	1,462	53,183	46,783
SD			12,124	10,392	0	0

Por otro lado, el proceso de secado se realizó para garantizar que las cáscaras alcanzaran un nivel óptimo de humedad (≤ 10 %) antes de su uso. Se pueden observar en la tabla 2.

Los resultados obtenidos reflejan una notable reducción en el contenido de humedad, con un promedio de 1,13 %, lo que confirma la efectividad del procedimiento térmico aplicado a 50 °C. Este bajo porcentaje de humedad en las cáscaras secas se encuentra dentro de los rangos aceptables, favoreciendo la conservación del material, y reduciendo el riesgo de proliferación microbiana.

Tabla 2. Contenido de humedad en muestras de cáscaras secas.

#	Tiempo	T (°C)	Peso Inicial (g)	Peso final (g)	UM %	RS%
1	PPS	50	3,037	3,007	1,030	98,970
2	PPS	50	3,003	2,975	0,950	99,050
3	PPS	50	3,027	2,984	1,410	98,590
Media	-	50	3,023	2,987	1,130	98,870
SD	-	-	0,017	0,017	0,245	0,246

Materia Prima

Los 3 kg de materia prima después del proceso de secado fueron pesados, obteniendo un total de **444,61 g** de cáscaras secas de plátano Cuerno Gigante. De este total, se pulverizaron y tamizaron 320 g, obteniendo un 75,52 % de material tamizado, correspondiente a 241,62 g, lo que indica que esta fracción posee el tamaño de partícula adecuado para los posteriores procesos de extracción.

En contraste con Morales, A. (2020), quien de 556 g de cáscara seca obtuvo 167 g tras el tamizado, esta investigación logró un mayor rendimiento final. Esto evidencia la eficiencia del proceso aplicado y menores pérdidas de material. Se sugiere que las condiciones de procesamiento influyen directamente en el aprovechamiento del material vegetal.

3.2. Extracto con Maceración Alcohólica Con Calor

La maceración con calor consiste en un método que permite el contacto directo entre la materia vegetal (en este caso harina de cáscaras de plátano) y el solvente (alcohol etílico al 100 %), bajo condiciones controladas de temperatura, dando lugar a la desintegración de la materia y extrayendo los principios activos de interés.

Si bien el aumento de temperatura acelera el proceso de extracción, también puede comprometer la integridad de compuestos termolábiles (Burdock, 2016). Por ello, se analizaron cuidadosamente los volúmenes recuperados y la concentración final del extracto en cada ensayo.

En este caso, los 9 ensayos sus extractos concentrados presentaron una consistencia líquida-acuosa y un color amarillo-verdoso oscuro, característico de la presencia de compuestos fenólicos.

En la tabla 3 se presentan los ensayos realizados mediante maceración bajo condiciones térmicas controladas (25 – 65 °C), con tiempos y relaciones previamente definidos, seguidos de un proceso de separación del extracto y el solvente mediante evaporación a temperaturas inferiores a 60 °C. Los volúmenes de extracto concentrado obtenidos oscilaron entre 10 y 18 mL, variación que podría atribuirse a pérdidas durante la evaporación, ya que el calor favorece la volatilización de ciertas fracciones y puede afectar la estabilidad de los compuestos bioactivos.

Tabla 3. Volumen de extracto concentrado.

#	t (min)	T (°C)	PSL (g/mL)	VEFC (mL)	MEFC (g)
1	30	25	1:10	10	5,020
2	30	45	1:15	18	13,44
3	30	65	1:20	16	11,03
4	60	45	1:10	12	5,89
5	60	65	1:15	10	6,47
6	60	25	1:20	14	9,35
7	90	65	1:10	10	5,50
8	90	25	1:15	12	8,41
9	90	45	1:20	17	15,63

Nota: t es el tiempo; T es la Temperatura; PSL es la Proporción sólido/líquido; VEFC es el Volumen del Extracto final concentrado; MEFC es la Masa del Extracto Final Concentrado.

Con base a los datos registrados, se determinó que el ensayo N.º 9, realizado durante 90 minutos a 45 °C y con una relación sólido/líquido de 1:20, presentó el mayor peso de extracto concentrado (**15,63 g**). Estos resultados sugieren que un tiempo de maceración prolongado, una temperatura moderada y una mayor proporción de solvente favorecen la liberación de compuestos activos desde la matriz vegetal.

Cabe destacar que, aunque en el estudio de Morales, emplearon el método de maceración en frío con etanol en concentraciones de 70 y 96 %, posterior separaron el extracto del solvente con un rotavapor, obteniendo volúmenes de extracto en un rango de 50 - 60mL.

Esta diferencia sugiere que, si bien la maceración en frío y utilizar un rotavapor permite una recuperación más amplia en volumen. En este caso la aplicación de calor moderado durante la maceración aceleró la extracción y concentró con mayor eficiencia los compuestos bioactivos, sin diluirlos en exceso.

El análisis integral de los nueve ensayos evidencia que las condiciones operativas influyen de manera directa en la calidad y el rendimiento del extracto. Se observó que un mayor volumen de recuperación no siempre se refiere a una mayor masa de extracto seco, lo que resalta la importancia de optimizar simultáneamente el tiempo, la temperatura y la proporción sólido/líquido para equilibrar concentración y rendimiento.

Por otro lado, el rendimiento del extracto se calculó como la relación entre la masa de extracto seco recuperada y la masa inicial de materia prima seca utilizada, expresada en porcentaje (% w/w)

$$R(\%) = \frac{m_{\text{Extracto}}}{m_{\text{Cáscara}}} * 100 \quad (1)$$

En donde: R= rendimiento (%); m_{Extracto} = Cantidad del extracto vegetal(g); m_{Cáscara} = Cantidad de cáscara (g).

Este parámetro permitió evaluar la eficiencia del proceso y constituye un referente técnico para futuras escalas de producción. Además, los extractos obtenidos fueron sometidos a pruebas fitoquímicas preliminares para confirmar la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides y taninos, lo que respalda su valor funcional para aplicaciones cosméticas.

A pesar de que los volúmenes finales de extracto concentrado oscilaron entre 10 y 18 mL, los resultados del rendimiento (tabla 4), evidenciaron diferencias significativas en la eficiencia extractiva.

Tabla 4. Rendimiento del extracto en base a los factores y niveles experimentales.

#	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Relación	R (%)
1	30	25	01:10	50,20
2	30	45	01:15	89,60
3	30	65	01:20	55,15
4	60	45	01:10	58,90
5	60	65	01:15	43,13
6	60	25	01:20	46,75
7	90	65	01:10	55,00
8	90	25	01:15	56,07
9	90	45	01:20	78,15

En particular, el **ensayo N.º 2** presentó un rendimiento del **89,60 %**, mientras que el **ensayo N.º 9** alcanzó un **78,15 %**, valores que reflejan una alta liberación de compuestos desde la matriz vegetal. Esta eficiencia puede atribuirse al efecto combinado de una temperatura moderada y una proporción sólido/líquido que favorecieron la solubilización y transferencia de metabolitos bioactivos al solvente.

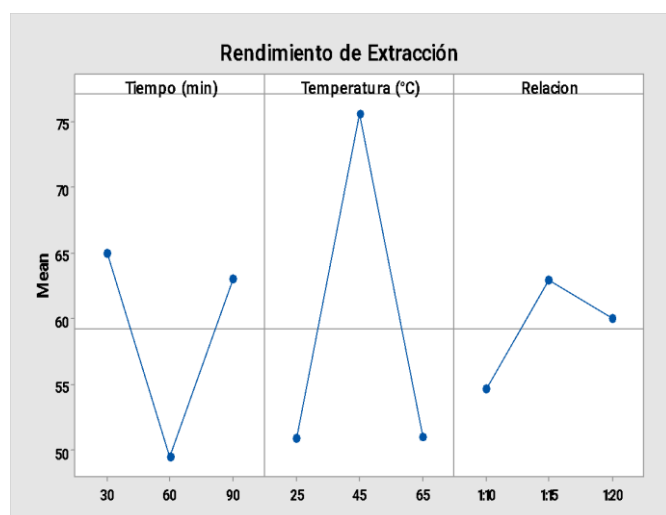


Figura 3. Gráfico de efectos principales del rendimiento de extracción (Diseño Taguchi L9). Efectos principales del tiempo (min), temperatura (°C) y relación sólido-líquido sobre el rendimiento de extracción (%). Los puntos representan el promedio de rendimientos de los niveles de cada factor, conectados para mostrar tendencias. Datos derivados de los 9 ensayos de maceración etanólica.

Basados en la visualización de la figura 3: Efecto del Tiempo (min): El rendimiento aumenta linealmente con el tiempo de maceración. Nivel bajo (30 min): 55 %; medio (60 min): 62 – 65 %; alto (90 min): 68 – 70 %. Esto indica que un mayor tiempo favorece la difusión de solutos, extrayendo más compuestos, pero con rendimientos decrecientes (ganancia marginal menor entre 60 - 90 min), sugiriendo un óptimo alrededor de 90 min para eficiencia.

Efecto de la Temperatura (°C): Similar al tiempo, el rendimiento crece con la temperatura. Nivel bajo (25 °C): 58 – 60 %; medio (45°C): 63 – 65 %; alto (65 °C): 68 – 72 %. La elevación térmica acelera la solubilización en etanol, pero por encima de 65 °C podría degradar termolábiles (aunque no observado aquí). Tendencia positiva y pronunciada, confirmando temperatura como factor dominante.

Efecto de la Relación Sólido-Líquido: El rendimiento disminuye ligeramente con ratios más altos (más solvente).

Nivel bajo (1:10): 70 - 72% (pico); medio (1:15): 65%; alto (1:20): 58 - 60%. Esto es contraintuitivo en maceración (donde más solvente suele mejorar extracción), pero se explica por el cálculo de % (masa extraída / masa sólida inicial \times 100): ratios altas diluyen la concentración, reduciendo % aparente, aunque la masa absoluta podría ser similar. Favorece ratios bajas para maximizar %.

El Experimento 2 forma parte del diseño Taguchi L9 utilizado para optimizar la extracción por maceración con calor y etanol al 100% de la cáscara de plátano Cuerno Gigante. Sus condiciones específicas fueron: temperatura de 45°C (nivel medio), tiempo de 60 minutos (nivel medio) y relación sólido-líquido de 1:15 (nivel medio). Este ensayo se destacó por su alto rendimiento de extracción, alcanzando un 89,60 % de rendimiento (masa de extracto recuperada respecto a la masa inicial de sólido seco), lo que lo posicionó como uno de los mejores en términos cuantitativos, junto con el Experimento 9 (78,15 %).

En general, los factores temperatura y tiempo tienen efectos positivos y más pronunciados (pendientes más empinadas), mientras que la relación tiene un efecto negativo moderado. El diseño Taguchi confirma que 70% de la variabilidad en rendimiento se atribuye a estos factores (estimado por ANOVA implícita en tales plots), con un rendimiento promedio global 65%.

3.3. Determinación Cualitativa de Compuestos Bioactivos

Posterior, se procedió con la determinación cualitativa de los compuestos bioactivos presentes en los extractos mediante pruebas fitoquímicas, con el fin de confirmar la presencia de metabolitos de interés, tales como compuestos fenólicos, flavonoides y taninos.

Para expresar los resultados de las pruebas cualitativas realizadas se utilizó los criterios expuestos en la Tabla 5

Tabla 5. Modelo de interpretación de resultados cualitativos.

Abundante	+++
Moderado	++
Escaso	+
Ausente	-

Con base a lo anterior en la tabla 6 se reportaron los resultados obtenidos de cada ensayo y se describen los compuestos activos evaluados en cada uno de los extractos, obteniendo resultados favorables en determinadas pruebas cualitativas, mientras que, en otras, como la identificación de flavonoides y saponinas, los resultados fueron negativos, lo cual refleja variabilidad en la eficiencia extractiva según las condiciones evaluadas.

Tabla 6. Cualificación de los extractos etanólico

Numero de Extracto	Ensayo de Cloruro Férrico	Reacción Stiansy	Ensayo de Shinoda	Ensayo de Saponinas
1	+	-	-	-
2	+	-	-	-
3	++	+	-	-
4	++	+	-	-
5	++	+	-	-
6	+	-	-	-
7	+++	+++	-	-
8	+	-	-	-
9	+	-	-	-

De forma general, todos los extractos mostraron reacciones positivas en las pruebas de cloruro férrico y la reacción de Stiansy evidencia de la presencia de compuestos fenólicos y taninos condensados, aunque con diferentes niveles de responder, en gran medida, a las diversas condiciones en las que se realizaron cada ensayo, respectivamente.

En cuanto al extracto correspondiente al **ensayo N.º 7** mostrando una coloración de verde oscuro intenso, en ambas pruebas, mostrando una presencia abundante (+++), en taninos condensados del tipo piro catecólicos, mientras que los extractos N.º 3, 4 y 5 dieron respuestas moderadas (++) , con tonalidades notables, pero no intensas, indicando una extracción eficaz de compuestos fenólicos, pero no óptima. En cambio, el resto de los extractos mostró reacciones escasas (+) o ausente, esto se asocia a condiciones menos favorables de extracción o con una menor concentración de materia activa. No se detectó presencia de flavonoides (ensayo de Shinoda) ni de saponinas (ensayo de espuma persistente).

Esto sucede porque el alcohol etílico al 100 %, por su alta pureza y menor polaridad en comparación con soluciones hidroalcohólicas, tiende a tener mayor selectividad por compuestos menos polares. Burdock (2016) afirma que esto limita la interacción del solvente con metabolitos parcialmente polares como los flavonoides y saponinas, reduciendo su extracción. Este efecto se debe a la constante dieléctrica más baja del etanol absoluto, que disminuye la solubilidad de compuestos con grupos hidroxilo. En cambio, los taninos condensados, menos polares, muestran mayor afinidad, lo que explica su alta concentración en el extracto obtenido.

Estos resultados contrastan con los reportados (Morales, 2020), quien identificó la presencia de flavonoides, taninos y saponinas en extractos acuosos, etanólicos de plátano, siendo más abundante la presencia de saponinas en el extracto acuoso, y de flavonoides y taninos en los extractos etanólicos. Además, Morales destacó que el extracto hidroalcohólico fue el más completo en cuanto a diversidad de metabolitos secundarios.

Asimismo, estudios como los de (Pilco et al., 2018) y Murgueitio et al. (2019) respaldan la mayor eficacia extractiva con solvente hidroalcohólico, especialmente para metabolitos como las saponinas. En cambio, en esta investigación utilizó alcohol etílico l 100% bajo condiciones térmicas, lo que podría haber limitado la extracción de estos compuestos más delicados.

3.4. Ensayo Óptimo de Extracción

A partir de los resultados obtenidos, considerando tanto el porcentaje de rendimiento como los perfiles fitoquímicos determinados, se realizó un análisis comparativo para la selección del ensayo óptimo. Este análisis permitió identificar las condiciones experimentales que ofrecieron el mejor equilibrio entre eficiencia extractiva y concentración de compuestos bioactivos, sirviendo como base para la formulación final del producto cosmético.

A pesar de que el ensayo 9 destacó con un alto rendimiento 78,15 %, evidenciando una extracción eficiente en términos de masa recuperada, sus resultados en las pruebas fitoquímicas fueron limitados, con una reacción positiva leve en el ensayo de Cloruro Férrico y resultados negativos en la reacción de Stiansy, el ensayo de Shinoda y la detección de saponinas. Estos datos sugieren una baja concentración de taninos condensados.

En este sentido, el ensayo N.º 7 mostró un resultado sobresaliente en la prueba de determinación de taninos condensados del tipo piro catecólico, manifestando una coloración verde oscuro-intensa, indicativa de una alta concentración de estos compuestos bioactivos.

Este ensayo, desarrollado a 65 °C durante 90 minutos con una relación sólido/líquido de 1:10 y empleando 10 g de materia prima, fue identificado como el óptimo de extracción no por la mayor masa recuperada, sino por su perfil fitoquímico enriquecido. Aunque su rendimiento porcentual fue moderado (55,00 %), la abundante presencia de compuestos fenólicos, particularmente taninos piro catecólicos con propiedades astringentes, antioxidantes y reparadoras, justifica su selección para la formulación cosmética.

Esta decisión por ensayo N.º 7 se fundamentó en la eficacia cosmética de dichos compuestos, reconocidos por sus propiedades astringentes, antioxidantes y reparadoras, las cuales contribuyen directamente a mejorar la hidratación, firmeza y protección cutánea, aspectos esenciales en una crema reparadora e hidratante.

3.5. Formulación de la Crema

La selección y proporción de los componentes se fundamentó en una revisión de literatura científica, ensayos experimentales previos y validación práctica. Se investigaron ingredientes funcionales comúnmente utilizados en productos cosméticos y se realizaron ajustes conforme al comportamiento físico de la emulsión. La elaboración de la crema tópica se realizó mediante un proceso de emulsificación directa en caliente, siguiendo los pasos detallados a continuación:

Preparación de la Fase Acuosa: En otro vaso precipitado, se pesaron y los componentes de la fase acuosa (lauril sulfato de sodio junto con el extracto de cáscara de plátano, propilenglicol, metilparabeno y agua purificada). Esta solución fue calentada en baño maría paralelamente hasta alcanzar el punto de fusión de cada componente, permitiendo una fase acuosa homogénea.

Calentamiento de ambas fases: Ambas fases, oleosa y acuosa, se mantuvieron a una temperatura controlada de aproximadamente 75 - 80 °C. Este paso es crítico para asegurar que ambas estén a la misma temperatura, favoreciendo la formación de una emulsión estable.

Emulsificación: Con ambas fases a la temperatura deseada. La fase oleosa fue incorporada de forma lenta y continua sobre

la fase acuosa, mientras se mantenía una agitación continua mediante una batidora manual. La agitación constante permitió la dispersión de las gotas de la fase oleosa en la fase acuosa, promoviendo la formación de una emulsión tipo O/W (Aceite en Agua). Este proceso se continuó hasta alcanzar una emulsión homogénea y estable. Cuando se visualizó la viscosidad deseada en la mezcla, se dejó enfriar lentamente a temperatura ambiente.

Envasado: Con la crema a temperatura ambiente, se procedió con el envasado. Tomando en cuenta que los envases se encuentren perfectamente limpios y esterilizados para garantizar la calidad y conservación del producto final. Además de rellenar con cuidado cada recipiente, evitando la inclusión de burbujas de aire. Finalmente, se etiquetó de acuerdo con las normativas RTCA 71.03.36:21.

Tabla 7. Composición porcentual de las Fases.

Fase	Peso total (g)	Porcentaje (%)
Oleosa	160 g	16,13 %
Acuosa	832,5 g	83,87 %
Total	992,5 g	100 %

3.6. Controles de Calidad Aplicados a la Crema Final

Característica Organoléptica: Según el lineamiento presente en la normativa RTCA 71.03.45:07, las pruebas se realizan para evaluar aspectos sensoriales del producto, estas pruebas son esenciales debido a que reflejan la calidad, estabilidad y aceptación del producto. Las características organolépticas son indicadores de la calidad en general, puesto que, cambios en el color, olor o consistencia pueden señalar problemas en la formulación.

Tabla 8. Característica Organoléptica.

Lote de Crema de 1 000 g		
Parámetros	Analista 1 (Breedggeth)	Analista 2 (Prado)
Color	Blanco con tonalidad Verde pálido	Blanco con tonalidad Verde pálido
Olor	Característico de la fragancia aroma de manzana	Característico de la fragancia aroma de manzana
Textura	Ligeramente Espesa	Ligeramente Espesa
Sabor	No Aplica	No Aplica

Con base a los criterios de los analistas, se reportó en la tabla 7 que la textura presente en la crema formulada es ligeramente espesa, esto se debe a la cantidad mínima que se utilizó de ácido esteárico, por lo que no le dio la consistencia deseada. Con respecto al color, el ácido esteárico y alcohol cetílico le confieren un color blanco a la crema, pero debido al color verde del plátano se tornó en un verde claro. El olor característico percibido en la crema a la de la fragancia colocada en la misma.

Determinación de pH: En el caso de un producto cosmético para la piel, el pH es un parámetro fundamental para evaluar su seguridad y compatibilidad con la piel. Por lo general, el pH de las cremas tópicas suele encontrarse en un rango cercano al pH de la piel, que va aproximadamente de 4,5 a 6,0, favoreciendo la integridad del manto ácido cutáneo y reduce el riesgo de irritaciones. Esto se respalda con la norma

RTCA 71.03.45:07, que indica los criterios de calidad aceptable presente en una crema cosmética.

Con el fin de obtener resultados más precisos, la determinación de pH a la formulación se realizó por triplicado, en la figura se puede observar que presentó un pH de 5,41, el cual está dentro del rango óptimo para el cuidado de la piel y es consistente con la necesidad de evitar alteraciones en la barrera cutánea.

Densidad: La densidad es un parámetro físico que proporciona información sobre la masa de una muestra o un cuerpo dividida por su volumen (2), fundamental en la caracterización de productos cosméticos, ya que, influye directamente en su aplicación, envasado y estabilidad. La crema formulada, se le determinó la densidad mediante el método del desplazamiento de volumen utilizando una probeta graduada.

La densidad relativa de las cremas cosméticas oscila entre 0,90 - 1,01 g/mL.

En esta investigación, se pesaron aproximadamente 10 gramos de la crema y se vertieron cuidadosamente en una probeta cuyo peso inicial fue de 66,55 gramos. El peso total registrado tras agregar la muestra fue de 76,67 gramos, lo que permitió calcular un volumen desplazado de 10,12 mL.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \quad (2)$$

Esta determinación se realizó por triplicado para garantizar precisión y reproducibilidad de los datos. Los valores reportados se encuentran entre 0,99 - 1,01g/mL, cuyo promedio es de 0,993 g/mL estando dentro del rango adecuado para cremas tipo emulsión ligera, lo que sugiere una formulación equilibrada, con buena incorporación de la fase acuosa y oleosa, sin presencia de aire o separación de fases. Esta propiedad favorece la estabilidad del producto y una aplicación cómoda sobre la piel.

Control de llenado Mínimo: Los criterios de aceptación para el ensayo de llenado mínimo para una cantidad envasada de 35 g fueron de 36,5g – 33,5g (peso neto), cumpliendo con lo declarado en la USP NF41 que declara que la cantidad etiquetada no debe ser menos del 90% del peso neto del producto. Obteniendo resultados dentro de las especificaciones para peso neto.

También cabe mencionar que se realizó una especificación para control interno de llenado incluyendo el peso promedio de los envases sin etiquetas y vacíos.

Cálculos:

$$\begin{aligned} 35 \text{ g (cantidad declarada)} + 27,77 \text{ g (peso promedio de envase)} &= 62,77 \text{ g} \\ 62,77 \text{ g} * 5 \% &= 3,14 \text{ g} \\ 62,77 \text{ g} \pm 3,14 \text{ g} &= 65,91 \text{ g} - 59,63 \text{ g (especificación envase lleno)} \end{aligned}$$

Tabla 9. Resultados de llenado mínimo de la formulación.

Lote de crema final 1000g			
Envase	Peso envase vacío g	Peso envase lleno g	Peso Neto
1	27,69	62,69	35,00
2	27,77	62,87	35,10
3	27,79	62,87	35,08
4	27,79	62,81	35,02
5	27,79	62,81	35,02
6	27,80	62,87	35,07
Promedio	27,77	62,82	35,05
SD	0,04	0,07	0,04

4. Análisis de Costos

El análisis de costos de la crema cosmética formulada con extracto de cáscara de plátano constituye un elemento clave para evaluar su factibilidad económica y su potencial de posicionamiento en el mercado.

Este estudio contempló de manera detallada todos los componentes involucrados en el proceso productivo, desde la adquisición de la materia prima principal (el plátano Cuerno Gigante) hasta los excipientes funcionales, agentes estabilizantes, conservantes, aditivos sensoriales y el material de envase.

Se incluyeron también los costos asociados a la mano de obra directa, el uso de equipos e infraestructura, así como los gastos indirectos de producción, garantizando una visión realista del desembolso total requerido para su elaboración. El resultado del análisis determinó un costo unitario aproximado de C\$ 345,80 (USD\$9,40); lo que demuestra un proceso productivo eficiente que optimiza el uso de recursos y minimiza pérdidas en cada etapa.

Este costo de producción permite proyectar un margen de ganancia atractivo si se establece un precio de venta competitivo en el mercado nacional, sin comprometer la calidad del producto ni el cumplimiento de las normativas técnicas vigentes (RTCA 71.03.36:21 y RTCA 71.03.45:07). Además, el análisis evidencia que el modelo de producción puede ser escalado, manteniendo la rentabilidad incluso en lotes mayores, lo que abre la posibilidad de explorar mercados internacionales.

En términos estratégicos, la información derivada de este análisis no solo orienta la política de precios y la planificación de la producción, sino que también respalda la toma de decisiones para futuras inversiones en equipamiento, optimización de procesos y campañas de mercadeo, asegurando que el producto se consolide como una propuesta innovadora, económicamente viable y competitiva dentro del sector cosmético.

5. Diseño de Etiqueta



Figura 4. Etiqueta general de la crema "VILOSA". Diseño de etiqueta principal para la crema reparadora e hidratante con extracto de cáscara de plátano, conforme a RTCA 71.03.36:21 (2022). Incluye nombre comercial y logotipo (tonos verdes naturales), identificación del producto, fecha de fabricación, datos del fabricante, lista de ingredientes (extracto natural, humectante, conservante, suavizante, espesante, antioxidante, agua), instrucciones de uso, precauciones, primeros auxilios, almacenamiento y símbolos de seguridad (uso externo, no ingerir, reciclable).

Se estableció el nombre comercial del producto como **VILOSA**, acompañado de un logotipo diseñado en coherencia con la naturaleza del producto, incorporando tonalidades verdes similares al color característico de la crema a base de plátano.

Asimismo, el diseño de la etiqueta contiene información general de la crema cosmética, cumpliendo con las normativas RTCA 71.03.36:21. Etiquetado de productos Cosmético (2022). Esta etiqueta incluye la identificación clara del producto, indicando "Crema reparadora e hidratante para la piel", fecha de fabricación. También proporciona los datos del fabricante (nombre y número de teléfono) y una lista de los componentes principales: extracto natural, humectante, conservante, suavizante, espesante, antioxidante y agua purificada.

Las instrucciones de uso detallan el procedimiento de aplicación y precauciones necesarias.

Se proporcionan medidas de primeros auxilios en caso de irritación y recomendaciones de almacenamiento en lugar fresco, seco y protegido de la luz. La etiqueta también presenta símbolos de seguridad como uso externo, no ingerir y reciclaje.

6. Conclusiones

Esta investigación confirma que la cáscara de plátano contiene metabolitos como flavonoides, taninos, compuestos fenólicos y leucocianidina, con propiedades humectantes, antioxidantes y reparadoras. El método de maceración térmica optimizado identificó el ensayo N.º 7 (65 °C, 1:10, 90 min) como el más adecuado para la formulación, pese a que el ensayo N.º 9 tuvo mayor rendimiento. Esta decisión se fundamentó en la eficacia cosmética de dichos compuestos, reconocidos por sus propiedades astringentes, antioxidantes y reparadoras.

La crema desarrollada (1 000 g) presentó estabilidad, calidad sensorial aceptable y costo unitario estimado en C\$ 345,8 (≈ 9.40 USD) por 992,5 ml.

Las evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales cumplieron la RTCA 71.03.45:07, y el producto final se envasó y etiquetó según la RTCA 71.03.36:21, garantizando seguridad, eficacia y correcta identificación para el consumidor

Agradecimientos

UNAN-Managua, Área de Conocimiento de Ciencias Básicas y Tecnología, Departamento de Química, Asesores y Fondos en Conjunto.

Referencia

- Bhavani, M., Morya, S., Saxena, D., & Awuchi, C. G. (2023). *Bioactive, antioxidant, industrial, and nutraceutical applications of banana peel. International Journal of Food Properties*, 26(1), 1277-1289. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2209701>
- Burdock, G. A. (2016). *Manual de ingredientes de sabor de Fenaroli* (6.ª ed.). CRC Press. [https://books.google.com/books/about/Fenaroli_s_Handbook_of_Flavor_I](https://books.google.com/books/about/Fenaroli_s_Handbook_of_Flavor_Ingredient.html?hl=es&id=pUEqBgAAQBAJ)
- Harborne, J.B. (1998). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis* (3rd ed.). Chapman & Hall. – Cubre pruebas cualitativas para taninos, fenólicos y flavonoides (pp. 40-60, 95-100).
- Herrero, M., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2006). Extracción con fluidos subcríticos y supercríticos de ingredientes funcionales de diferentes fuentes naturales: Plantas, subproductos alimentarios, algas y microalgas: Una revisión. *Food Chemistry*, 98(1), 136–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.058>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Instituto Tecnológico de la Producción. (2023). *Aprovechamiento de subproductos del cultivo de plátano: Fibra y celulosa vegetal*. CITE-Agroindustrial. <https://www.gob.pe/institucion/itp/informes-publicaciones/4760251-ec-001-2023-aprovechamiento-de-subproductos-del-cultivo-de-platano-fibra-y-celulosa-vegetal>
- González-Montelongo, R., Lobo, M. G., & González, M. (2010). Actividad antioxidante en extractos de cáscara de plátano: Prueba de las condiciones de extracción y compuestos bioactivos relacionados. *Food Chemistry*, 119(3), 1030–1039. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.012>
- Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA)/Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2019). *Guía técnica de establecimiento y manejo del cultivo de plátano* (págs. 6-7). Managua, Nicaragua. Recuperado de <https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/guia/documento2078700.pdf>
- Morales, A. (2020). Evaluación in vitro de la actividad antimicrobiana de los extractos etanólico y acuoso de la cáscara de plátano (*Musa paradisíaca* L.), frente a *Propionibacterium acnes* para su uso en la elaboración de un gel antiacné [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio DSpace. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18804>
- Murgueitio-Manzanares, E., Campo-Fernández, M., Nirchio-Tursellino, M., Cuesta-Rubio, O., & Tocto-León, J. (2019). *Composición química y actividad biológica del pseudotallo de Musa × paradisíaca L. (banano)*. *Ciencia UNEMI*, 12(31), 19–29. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol12iss31.2019pp19-29>
- Navarro, R., Segura, O., Quezada, G., Mosso, J., Kammar, A., Lazcano, M., & Vera, O. (2021). Aprovechamiento de cáscara de plátano (*Musa* sp.) para consumo humano. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 71(Suplemento 1), Art. 410. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2021/suplemento-1/art-410/>
- Pilco, G., Borja, D., Goetschel, L., Andrade, P., Irazabal, J., Vargas-Jentzsch, P., Guil-Guerrero, J. L., Rueda-Ayala, V., & Ramos, L. A. (2018). Caracterización bromatológica y evaluación de la actividad antimicrobiana en cáscara de banano ecuatoriano (*Musa paradisíaca*). *Enfoque UTE*, 9(2), 48–58. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.297>
- RTCA 71.03.36:21. (2022). *Productos cosméticos: Etiquetado de productos cosméticos*. Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO). [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(All\)/B84EF4370988B09C062588B4005C72F3?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/(All)/B84EF4370988B09C062588B4005C72F3?OpenDocument)

RTCA 71.03.45:07. (2008). *Productos cosméticos. Verificación de la calidad de productos cosméticos*. Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO).

Wagner, H., & Bladt, S. (2013). *Plant Drug Analysis: A Thin Layer Chromatography Atlas* (2nd ed.). Springer. – Enfatiza pruebas como Shinoda y Stiasny para identificación rápida (pp. 150-170).