

Estabilidad microbiológica de una crema de uso cosmético basada en aceites amazónicos

Luisa Mayra Vera Cabezas¹, Jannys Lizeth Rivera Barreto², Abdel Bermúdez del Sol³, Johana Aracely Cadena Peralta², Sting Brayan Luna Fox⁴, Luis Ramón Bravo Sánchez^{2*}

¹⁾ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador

²⁾ Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.

³⁾ Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador.

⁴⁾ Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina.

(*) lbravo@uea.edu.ec

Recibido: 25/05/2025

Revisión 1: 04/07/2025

Revisión 2: 25/09/25

Aceptado: 10/11/2025

Resumen

El uso de cremas cosméticas con componentes naturales es cada vez más valorado por sus beneficios para la piel y menor impacto ambiental. En este estudio se desarrolló una crema cosmética utilizando materias primas de la Amazonía ecuatoriana (aceites de ungurahua, atamuyo y morete) como base emulsionable, enriquecida con una mezcla conservante de Sharomix y aceites esenciales de jengibre, hierbaluisa y canela amazónica. Se evaluó el crecimiento de mesófilos totales, mohos y levaduras. Mediante un diseño experimental de mezclas, se optimizaron dos formulaciones: una para control de mesófilos (0,248 g Sharomix + 0,103 g hierbaluisa + 0,242 g jengibre + 0,407 g canela) y otra para mohos y levaduras (0,435 g Sharomix + 0,125 g hierbaluisa + 0,017 g jengibre + 0,423 g canela). Los ensayos durante 90 días demostraron que estos compuestos naturales poseen propiedades conservantes efectivas, manteniendo la estabilidad microbiológica del producto en este periodo de tiempo.

Palabras claves: Atamuyo; base emulsionada; canela amazónica; diseño de mezclas; morete; ungurahua.

Abstract

Microbiological stability of a cosmetic cream based on Amazonian oils. The use of cosmetic creams with natural ingredients is increasingly valued for their benefits to the skin and lower environmental impact. In this study, a cosmetic cream was developed using raw materials from the Ecuadorian Amazon (ungurahua, atamuyo, and morete oils) as an emulsifiable base, enriched with a preservative mixture of Sharomix and essential oils of ginger, lemongrass, and Amazonian cinnamon. The growth of total mesophiles, molds, and yeasts was evaluated. Through an experimental mixture design, two formulations were optimized: one for mesophile control (0.248 g Sharomix + 0.103 g lemongrass + 0.242 g ginger + 0.407 g cinnamon) and another for molds and yeasts (0.435 g Sharomix + 0.125 g lemongrass + 0.017 g ginger + 0.423 g cinnamon). The 90-day trials demonstrated that these natural compounds have effective preservative properties, maintaining the microbiological stability of the product over this period of time.

Keywords: Atamuyo; Emulsified base; Amazonian cinnamon; Mix design; Morete; Ungurahua

Introducción

Las plantas han sido siempre un elemento fundamental en la elaboración de productos de gran beneficio, mientras que los aceites esenciales se destacan como auténticos tesoros, ofreciendo una riqueza de beneficios para la salud¹. A lo largo de la historia, los seres humanos han descubierto y aprovechado las propiedades terapéuticas y aromáticas de estos aceites. Los aceites esenciales exhiben una potente actividad antimicrobiana y antioxidante, lo que los convierte en una alternativa natural eficaz para controlar una amplia variedad de patógenos bacterianos y fúngicos². Estas sustancias naturales han sido empleadas para combatir bacterias, virus y hongos, debido a la variedad de beneficios ofrecidos que abarcan desde el cuidado cutáneo hasta el apoyo emocional, brindan una experiencia de

bienestar que trasciende lo físico para nutrir el cuerpo, la mente y el alma^{3,4}. Los aceites esenciales de *Mespilodaphne quixos* (canela amazónica), *Cymbopogon citratus* (hierbaluisa) y *Zingiber officinale* (jengibre) no solo ofrecen una experiencia aromática agradable, sino que también aportan beneficios para la salud, lo que incluye propiedades antibacterianas que pueden ser valiosas en la prevención de enfermedades y el mantenimiento del bienestar general.

En la búsqueda continua de productos de cuidado de la piel que sean eficaces y respetuosos con el entorno, el interés en el uso de las cremas faciales orgánicas ha experimentado un auge importante. A medida que la conciencia sobre los riesgos de utilizar ingredientes artificiales o sintéticos crecen, los consumidores buscan alternativas que ofrezcan beneficios reales sin com-

prometer la salud de su piel ni el ambiente. En este contexto, los aceites esenciales han surgido como una alternativa natural y desempeñan un papel destacado como conservantes naturales⁵.

Entre los diversos conservantes que se utilizan en la industria cosmética, los parabenos, el fenoxietanol y el alcohol bencílico han sido tradicionalmente opciones comunes. Sin embargo, la creciente demanda de alternativas naturales y la búsqueda de ingredientes eficaces y seguros dan lugar al desarrollo de conservantes innovadores. Sharomix se destaca como una solución confiable y eficiente en el campo de conservantes para productos cosméticos con certificación orgánica⁶. Estos conservantes se desarrollan con precisión, ofrecen una protección robusta contra el crecimiento de microorganismos no deseados y aseguran la integridad del producto.

El jengibre, conocido por su componente activo zingibereno, demuestra actividades antimicrobianas contra diversos patógenos entre los que se incluyen bacterias y hongos, lo que sugiere su capacidad para inhibir el crecimiento microbiano⁷. Por otro lado, la hierbaluisa, rica en compuestos como el geranal, ha exhibido propiedades antimicrobianas que pueden contribuir a la protección contra microorganismos indeseados⁸. La canela amazónica, reconocida por su contenido de cinamaldehído, también ha demostrado tener actividad antimicrobiana, mostrando potencial contra bacterias y levaduras⁹.

Los aceites fijos de morete (*Mauritia flexuosa*), atamuyo (*Fevillea cordifolia*) y ungurahua (*Oenocarpus bataua*) provienen de especies nativas de la Amazonía reconocidas por su alto valor nutricional y funcional. El morete y el ungurahua, en particular, son palmas cuyas frutas se utilizan tradicionalmente para la extracción de aceites ricos en ácidos grasos insaturados, carotenoides, tocoferoles y compuestos antioxidantes, lo que les confiere propiedades beneficiosas para la alimentación y aplicaciones cosméticas y farmacéuticas¹⁰. Además, la utilización de estos aceites contribuye a la valorización de la biodiversidad amazónica y promueve prácticas de manejo sostenible que pueden beneficiar tanto a las comunidades locales como a la conservación del ecosistema¹¹. Aunque la información sobre el atamuyo es más limitada, su inclusión en formulaciones cosméticas responde al interés creciente por explorar nuevas fuentes amazónicas de compuestos bioactivos.

Los cosméticos al estar elaborados con ingredientes naturales pueden ser más propensos a la proliferación de microorganismos. Por ello, el análisis microbiológico resulta esencial para garantizar tanto la calidad de estas cremas como la capacidad antioxidante y antibacteriana de los aceites esenciales que contienen. Esto contribuye a preservar la integridad del producto durante toda su vida útil. Además, este análisis es esencial para

cumplir con las normativas regulatorias y para generar confianza en los consumidores respecto a la seguridad y la calidad de los productos cosméticos¹².

El objetivo del estudio fue determinar la capacidad conservante de los aceites esenciales de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*), canela amazónica (*Mespilodaphne quixos*) y jengibre (*Zingiber officinale*), en combinación con Sharomix, al ser agregados solos o mezclados en diferentes proporciones a las cremas cosméticas de base emulsionada preparadas a partir de aceites amazónicos fijos de morete (*Mauritia flexuosa*), atamuyo (*Fevillea cordifolia*) y ungurahua (*Oenocarpus bataua*).

Parte experimental

Materias primas y obtención de los aceites

Los aceites esenciales de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*), canela amazónica (*Mespilodaphne quixos*) y jengibre (*Zingiber officinale*), así como los aceites fijos de morete (*Mauritia flexuosa*), atamuyo (*Fevillea cordifolia*) y ungurahua (*Oenocarpus bataua*) se adquirieron en el mercado “Los plátanos” de la ciudad de Puyo, Amazonía ecuatoriana. Los aceites esenciales (AEs) se extrajeron por arrastre de vapor en un equipo semiindustrial durante 2,5 h, separándose luego del hidrolato mediante decantación, mientras que los aceites fijos se obtuvieron por prensado en frío a 40 °C usando una prensa CGOLDENWALL (1500 W). Todos los aceites se envasaron en recipientes oscuros y se almacenaron a 5 ± 1 °C hasta su uso posterior.

Elaboración de la crema base

Se formuló según las proporciones indicadas en la tabla 1, tomando como referencia 100 g de producto final. El preservante consistió en Sharomix en combinación con aceites esenciales, asegurando que la suma total de ambos siempre fuera 1 g por cada 100 g de crema. Esta proporción se mantuvo constante para garantizar la estabilidad microbiológica del producto sin modificar el balance total de la formulación.

El proceso de elaboración de la crema se llevó a cabo combinando los componentes en dos fases distintas, en la fase acuosa se utilizó agua destilada, mientras que en la fase oleosa se incorporaron los emulsificantes, manteca de cacao y los aceites fijos de atamuyo, morete y ungurahua. Ambas fases se calentaron por separado en vasos de precipitación a baño María hasta alcanzar 70 °C¹³. Una vez homogenizadas térmicamente, se combinaron mediante un emulsionador (SilentCrusher) con agitación constante hasta obtener una emulsión homogénea y estable. Posteriormente, una vez obtenida la emulsión y durante la fase de enfriamiento (36-38°C), se añadieron los aceites esenciales y el Sharomix a la formulación base bajo agitación constante para garantizar una distribución homogénea. La cre-

Tabla 1. Formulación base de la crema cosmética elaborada con aceites fijos y esenciales amazónicos.

Emulsificador (g)	Manteca de cacao (g)	Agua purificada (g)	Atamuyo (g)	Morete (g)	Ungurahua (g)	Preservante (g)
4,4	15	64,6	0,45	4,35	10,2	1

ma obtenida fue envasada en recipientes de plástico con tapa hermética, asegurando su estabilidad durante los posteriores análisis.

Diseño experimental para optimizar la adición de preservantes a las cremas cosméticas

Se planteó un diseño de mezclas con 23 formulaciones (tabla 2). Se aplicó un análisis de varianza ($p < 0,05$) para evaluar el efecto de la adición de AEs y Sharomix sobre el crecimiento de aerobios mesófilos totales y el desarrollo de mohos y levaduras en las cremas. La validación del modelo se realizó mediante el análisis de los coeficientes R^2 , R^2 ajustado, R^2 predicho, y se analizó la falta de ajuste del valor p del modelo. Las condiciones óptimas se determinaron aplicando la ecuación generada por el diseño de mezclas, verificando posteriormente la concordancia entre los valores experimentales y los predichos. En todos los análisis se empleó el software Design Expert versión 10 (versión de prueba, Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN, EE. UU.).

Tabla 2. Diseño de mezclas para optimizar la adición del Sharomix y aceites esenciales (hierba luisa, jengibre y canela amazónica) como conservantes en las cremas cosméticas.

Experimento	A: Sh (g)	B: HL (g)	C: J (g)	D: CA (g)
1	0	0	1	0
2	0,25	0,25	0,25	0,25
3	0,125	0,125	0,125	0,625
4	0,5	0,5	0	0
5	0	0	0,5	0,5
6	0,5	0	0,5	0
7	0,5	0	0,5	0
8	0,5	0	0	0,5
9	0,25	0,25	0,25	0,25
10	0,5	0,5	0	0
11	0,125	0,625	0,125	0,125
12	0	0,5	0	0,5
13	0	0,5	0	0,5
14	0,625	0,125	0,125	0,125
15	0	0	0	1
16	0	0	0,5	0,5
17	0,125	0,125	0,625	0,125
18	0,333	0	0,333	0,333
19	1	0	0	0
20	0	1	0	0
21	0	0,5	0,5	0
22	0	0,5	0,5	0
23	0,25	0,25	0,25	0,25

Sh-Sharomix, HL-hierba luisa, J-jengibre, CA-canela amazónica.

Análisis de aerobios mesófilos totales

Previo al proceso de siembra, se esterilizaron los tubos de ensayo y puntas de micropipeta en autoclave (HMC Hiyama) mediante tratamiento a 121°C y 15 psi durante 20

min. Para la preparación de muestras, se realizó una dilución inicial 1:10 (p/v) homogenizando 1 g de cada formulación de crema con 9 mL de agua estéril.

La siembra microbiológica se realizó en cámara de flujo laminar (marca Biomedis® ESCO) mediante inoculación de 1 mL de la dilución 1:10 (p/v) de cada formulación en placas Compact dry TCR, las cuales contienen un medio de cultivo cromogénico deshidratado que permite el recuento de microorganismos mesófilos aerobios sin requerir preparación adicional. Posteriormente, las placas se colocaron en una incubadora (marca Memmert) a 35 ± 2°C durante 48 h. Finalizado el periodo de incubación, se realizó el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC).

Análisis de mohos y levaduras

La siembra se realizó en placas Compact Dry YM y se siguió el mismo protocolo de descrito anteriormente. Las muestras se incubaron a 25 ± 2°C en un periodo de 3 a 7 días, registrándose las UFC al finalizar el período de incubación.

Conteo de UFC en las placas Compact dry

Los análisis de aerobios mesófilos totales, mohos y levaduras en las cremas se midieron a los 7, 30 y 90 días después de haber sido envasados en su recipiente final. Las UFC se calcularon mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{ufc}{g} = \frac{A}{V} * Df \quad (1)$$

donde A = recuento promedio de colonias dentro de la misma dilución y muestra; V = volumen colocado en placa y Df = factor de dilución

Resultados y discusión

Efecto de la adición de Sharomix y AEs sobre el crecimiento de aerobios mesófilos totales

Para la optimización de las variables de respuesta, se compararon cuatro modelos matemáticos (tabla 3) generados por el software Design Expert. Los resultados mostraron que el modelo cúbico fue el más adecuado para describir el comportamiento de los datos en todos los tiempos de evaluación (7, 30 y 90 días), como lo indican los resultados de p-valor los cuales fueron altamente significativos ($p < 0,0001$). Además, este modelo presentó los mejores indicadores de ajuste, con valores de R^2 , R^2 -ajustado y R^2 -predicho cercanos a 0,99.

Los resultados del ANOVA (tabla 4) confirmaron el efecto significativo ($p < 0,0001$) del Sharomix y los AEs de hierbabuena, jengibre y canela amazónica sobre el crecimiento de aerobios mesófilos totales en las cremas a los 7, 30 y 90 días de evaluación. La falta de ajuste no resultó significativa en ningún tiempo de evaluación ($p > 0,05$), lo que respalda la adecuación del modelo para explicar la variabilidad en los datos.

Tabla 3. Efecto de la adición de Sharomix y aceites esenciales sobre el crecimiento de aerobios mesófilos totales: Comparación de modelos matemáticos generados para la optimización de una formulación cosmética, mostrando los valores p secuenciales y de falta de ajuste, y los coeficientes de determinación (R^2 ajustado y R^2 predicho) para cada modelo (lineal, 2FI, cuadrático y cúbico) en los tiempos de evaluación de 7, 30 y 90 días.

7 días	Secuencial	Falta de ajuste	R^2	
	p-valor	p-valor	Ajustado	Predicho
Lineal	0,1457	0,0025	0,3774	0,1424
2FI	0,0274	0,0067	0,8144	0,1225
Cuadrático	0,1784	0,0078	0,3874	0,2141
Cúbico	<0,0001	0,0548	0,9930	0,9881

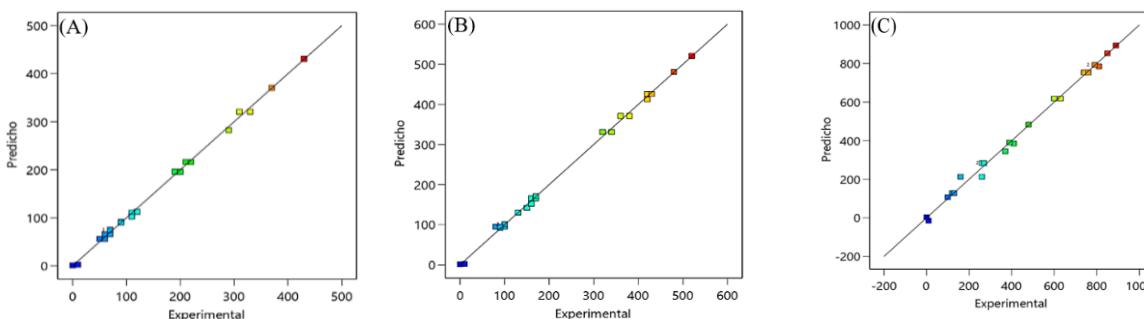
30 días	Secuencial	Falta de ajuste	R^2	
	p-valor	p-valor	Ajustado	Predicho
Lineal	0,1654	0,0024	0,3747	0,1778
2FI	0,2470	0,0077	0,2615	0,2084
Cuadrático	0,1754	0,0068	0,4548	0,3126
Cúbico	<0,0001	0,1073	0,9971	0,9946

90 días	Secuencial	Falta de ajuste	R^2	
	p-valor	p-valor	Ajustado	Predicho
Lineal	0,1644	0,0029	0,3751	0,1974
2FI	0,0107	0,0098	0,2212	0,3230
Cuadrático	0,1901	0,0021	0,5512	0,2148
Cúbico	<0,0001	0,0757	0,9942	0,9937

Tabla 4. ANOVA para el efecto de la adición de Sharomix y aceites esenciales (hierbaluisa, jengibre y canela amazónica) sobre el crecimiento de aerobios mesófilos totales en cremas cosméticas a los 7, 30 y 90 días.

7 días		SC	CM	F-value	p-value
Modelo		3,212E+05	22944,19	261,08	< 0,0001 significativo
A-Sh		7323,41	7323,41	83,33	< 0,0001
B-HL		7329,79	7329,79	83,40	< 0,0001
C-J		7345,53	7345,53	83,58	< 0,0001
D-CA		7321,12	7321,12	83,31	< 0,0001
Falta de ajuste		303,06	303,06	5,30	0,0548 no significativa
30 días		SC	CM	F-value	p-value
Modelo		5,639E+05	40280,93	309,58	< 0,0001 significativo
A-Sh		20238,07	20238,07	155,54	< 0,0001
B-HL		20249,89	20249,89	155,63	< 0,0001
C-J		20276,77	20276,77	155,84	< 0,0001
D-CA		20238,99	20238,99	155,55	< 0,0001
Falta de ajuste		340,91	340,91	3,41	0,1073 no significativa
90 días		SC	CM	F-value	p-value
Modelo		1,901E+06	1,358E+05	116,27	< 0,0001 significativo
A-Sh		76014,47	76014,47	65,10	< 0,0001
B-HL		76035,60	76035,60	65,12	< 0,0001
C-J		76091,47	76091,47	65,17	< 0,0001
D-CA		75961,83	75961,83	65,06	< 0,0001
Falta de ajuste		3574,52	3574,52	4,34	0,0757 no significativa

Sh-Sharomix, HL-Hierbaluisa, J-Jengibre, CA-canela amazónica, SC-suma de cuadrados, CM-cuadrados



La figura 1 muestra una comparación entre los valores experimentales y los predichos por el modelo cúbico, demostrando un alto grado de concordancia entre ambos conjuntos de datos. Los recuentos microbianos mostraron un incremento a lo largo del tiempo, registrándose valores entre 10-430 UFC/g a los 7 días, 10-520 UFC/g al día 30, y 10-890 UFC/g al día 90. Mediante el modelo de optimización, se identificó la combinación óptima de ingredientes para garantizar la estabilidad microbiológica de la crema, minimizando significativamente el recuento de aerobios mesófilos totales. La formulación más efectiva consistió en: 0,248 g de Sharomix, 0,103 g de AE de hierbaluisa, 0,242 g de AE de jengibre y 0,407 g de AE de canela amazónica. En estas condiciones se demostró el mejor efecto inhibitorio, logrando reducir hasta en un 89,76% el crecimiento microbiano.

Efecto de la adición de Sharomix y AEs sobre el crecimiento de mohos y levaduras en las cremas formuladas

El modelo de interacción bifactorial (2FI) demostró ser el más adecuado para evaluar el efecto inhibitorio del Sharomix y los AEs sobre el crecimiento de mohos y levaduras durante los períodos de estudio (tabla 5). Este modelo presentó una buena capacidad predictiva, con valores de R^2 , R^2 -ajustado y R^2 -predicho superiores a 0,83 en todos los tiempos evaluados junto con p-

Fig. 1: Correlación entre los valores experimentales y predichos de aerobios mesófilos totales en las cremas formuladas. Resultados a los 7 (A), 30 (B) y 90 (C) días de almacenamiento

Tabla 5. Efecto de la adición de Sharomix y aceites esenciales sobre el crecimiento de mohos y levaduras: Comparación de modelos matemáticos generados para la optimización de una formulación cosmética, mostrando los valores p secuenciales y de falta de ajuste, y los coeficientes de determinación (R^2 ajustado y R^2 predicho) para cada modelo (lineal, 2FI, cuadrático y cúbico) en los tiempos de evaluación de 7, 30 y 90 días.

7 días	Secuencial	Falta de	R^2	R^2	Sugerido
	p-valor	ajuste p-valor	Ajustado	Predicho	
Lineal	0,0141	0,0011	0,1862	0,0371	
2FI	0,0006	0,3593	0,8714	0,8641	Sugerido
Cuadrático	0,3141	0,0022	0,2952	0,0192	
Cúbico	0,1545	0,014	0,0142	0,0121	
30 días	Secuencial	Falta de	R^2	R^2	Sugerido
	p-valor	ajuste p-valor	Ajustado	Predicho	
Lineal	0,4128	0,0121	0,5455	0,0254	
2FI	< 0,0001	0,0077	0,8875	0,8781	Sugerido
Cuadrático	0,325	0,0052	0,3225	0,3359	
Cúbico	0,3871	0,0047	0,3942	0,0158	
60 días	Secuencial	Falta de	R^2	R^2	Sugerido
	p-valor	ajuste p-valor	Ajustado	Predicho	
Lineal	0,3717	0,0837	0,4482	0,5489	
2FI	0,0017	0,4307	0,8341	0,8329	Sugerido
Cuadrático	0,0782	0,0005	0,0489	0,4498	
Cúbico	0,0847	0,7012	0,1003	0,2591	

Tabla 6. ANOVA para el efecto de la adición de Sharomix y aceites esenciales (herbaluiza, jengibre y canela amazónica) sobre el crecimiento de mohos y levaduras en cremas cosméticas a los 7, 30 y 90 días.

7 días	SC	CM	F-value	p-value	
Modelo	2,859E+05	28592,02	8,85	0,0006	Significativo
A-Sh	21215,39	21215,39	6,57	0,0264	
B-HL	21051,73	21051,73	6,52	0,0269	
C-J	21082,41	21082,41	6,53	0,0268	
D-CA	21089,14	21089,14	6,53	0,0268	
Falta de ajuste	15088,86	3772,22	1,29	0,3593	no significativa
30 días	SC	CM	F-value	p-value	
Modelo	4,860E+05	48599,46	32,04	< 0,0001	Significativo
A-Sh	11703,66	11703,66	7,72	0,0180	
B-HL	11543,47	11543,47	7,61	0,0186	
C-J	11565,16	11565,16	7,63	0,0185	
D-CA	11572,44	11572,44	7,63	0,0185	
Falta de ajuste	9132,71	2283,18	2,12	0,1818	no significativa
90 días	SC	CM	F-value	p-value	
Modelo	1,147E+09	1,147E+08	7,01	0,0017	significativo
A-Sh	5,508E+06	5,508E+06	0,3367	0,5734	
B-HL	5,538E+06	5,538E+06	0,3385	0,5724	
C-J	5,557E+06	5,557E+06	0,3397	0,5718	
D-CA	5,580E+06	5,580E+06	0,3411	0,5710	
Falta de ajuste	6,903E+07	1,726E+07	1,09	0,4307	no significativa

Sh-Sharomix, HL-Hierbaluiza, J-Jengibre, CA-canela amazónica, SC-suma de cuadrados, CM-cuadrados medios

valores significativos ($p<0,002$) que validan su robustez estadística.

El ANOVA (tabla 6) demostró que la adición de Sharomix y

los AEs tuvieron un efecto significativo en la inhibición del crecimiento de mohos y levaduras en las cremas formuladas. El modelo mostró valores de p significativos ($p<0,05$) y estadísticos F elevados en todos los tiempos de evaluación. La falta de ajuste no fue significativa ($p>0,05$) en todos los casos, lo que valida la adecuación del modelo seleccionado para representar los datos experimentales.

La figura 2 muestra una correlación significativa entre los valores experimentales y los predichos por el modelo 2FI. Los recuentos de mohos y levaduras variaron entre 20-450 UFC/g a los 7 días, 60-570 UFC al día 30 y 200-26000 UFC/g a los 90 días. El análisis de mezclas identificó como formulación óptima la combinación de 0,435 g de Sharomix, 0,125 g de hierbaluiza, 0,017 g de jengibre y 0,423 g de canela amazónica, la cual demostró una inhibición de hasta el 92,47% contra mohos y levaduras. Estos resultados confirman que el modelo 2FI es una herramienta confiable para optimizar formulaciones cosméticas con aceites amazónicos, equilibrando precisión estadística y aplicabilidad práctica.

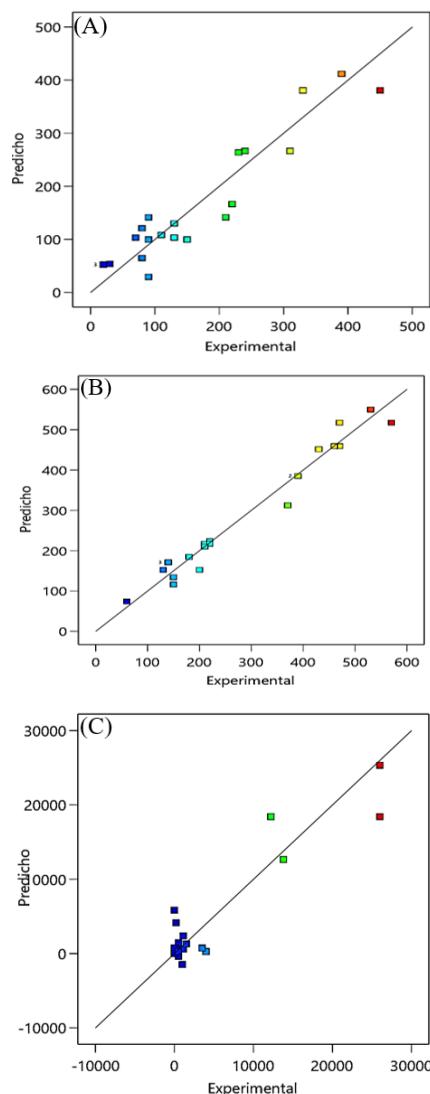


Fig. 2: Correlación entre los valores experimentales y predichos de mohos y levaduras en las cremas formuladas. Resultados a los 7 (A), 30 (B) y 90 (C) días de almacenamiento.

Discusión

La evidencia científica sustenta las propiedades antimicrobianas de los AEs¹⁴, hallazgo que se confirma en el presente estudio al observar que la incorporación de AEs de hierbaluisa, jengibre y canela amazónica ejercieron un efecto inhibitorio significativo sobre el desarrollo de microorganismos mesófilos totales, hongos y levaduras en las formulaciones cosméticas evaluadas.

Las cremas desarrolladas cumplieron con los parámetros microbiológicos establecidos en el “Reglamento Técnico Andino sobre Especificaciones Técnicas Microbiológicas de Productos Cosméticos”¹⁵, manteniendo los recuentos de microorganismos aerobios totales por debajo del límite máximo permitido (5×10^3 UFC/g). Este efecto inhibitorio puede atribuirse principalmente a la acción sinérgica de los componentes mayoritarios de los AEs, especialmente terpenos y compuestos fenólicos los cuales interfieren con procesos metabólicos esenciales de los microorganismos en las formulaciones¹⁶.

En estudios previos^{17,18} se ha identificado al geranal como compuesto mayoritario en el AE de hierbaluisa con concentraciones que varían entre 18,7 y 37,22%. Este monoterpeno aldehído ha demostrado actividad inhibitoria frente a bacterias (*Bacillus cereus*, *Propionibacterium acnés*, *Streptococcus pyogenes*) y hongos (*Aspergillus niger*, *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*), debido a su capacidad para desestabilizar membranas celulares y alterar la permeabilidad de la pared microbiana^{16,19}. Su mecanismo de acción tiene diferentes aspectos, primero interrumpe la integridad de la membrana celular microbiana al unirse a fosfolípidos y aumenta la permeabilidad, provocando la lisis celular. Además, inhibe la síntesis de ergosterol en hongos, componente crítico para su pared celular; y actúa como prooxidante, generando estrés oxidativo en microorganismos sensibles^{20,21}. Además, el geranal exhibe un efecto sinérgico con otros componentes minoritarios del aceite, como el citral, potenciando su espectro antimicrobiano¹⁷. Esta sinergia es relevante en formulaciones cosméticas, donde la combinación de metabolitos secundarios puede superar la resistencia microbiana. De hecho, un estudio reciente demostró que mezclas de geranal y citral proporcionaron evidencia sólida de que la actividad fungicida aguda de estos compuestos contra las células de *Saccharomyces* implica la pérdida de la integridad de la membrana y la pared celular, lo que resulta en una muerte celular apoptótica/necrótica dependiente de la dosis²⁰.

El AE de jengibre ha demostrado actividad antimicrobiana en diversos estudios científicos. En la investigación realizada por Alberca-Torres & Dilas-Castillo²² confirmaron su eficacia antimicótica contra *Candida albicans*, mientras que otros trabajos han documentado su capacidad para inhibir el crecimiento de *Colletotrichum sp.*²³. Adicionalmente, se ha reportado su efecto inhibitorio contra bacterias patógenas como *Staphylococcus aureus*²⁴, destacando su amplio espectro de acción. Diversos estudios han demostrado que el AE de jengibre presenta una composición química compleja y variable, donde se han identificado diferencias significativas en sus componentes mayoritarios

dependiendo de factores como la variedad botánica, condiciones de cultivo y método de extracción. Los análisis mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) han reportado al zingibereno como componente principal en concentraciones que varían entre 8,6 y 24,1%^{25,26}. Sin embargo, otras investigaciones han encontrado al β-pineno como metabolito dominante (44,9%) en ciertos ecotipos, lo que muestra una notable variabilidad quimiotípica²⁷. Esta diversidad composicional podría explicar las diferencias en la actividad antimicrobiana reportada en la literatura, aunque en todos los casos se mantiene un efecto inhibitorio contra microorganismos contaminantes. Los sesquiterpenos como el zingibereno, monoterpenos y el β-pineno han demostrado capacidad para interactuar con las membranas celulares microbianas, aunque sus mecanismos específicos de acción aún requieren mayor caracterización²⁸.

La actividad antimicrobiana del AE de canela amazónica también ha sido validada en estudios previos, destacando su eficacia contra diversos microorganismos^{26,27}. Además, investigaciones recientes han demostrado su particular efectividad contra hongos fitopatógenos de importancia agroindustrial, mostrando una inhibición superior al 90% en el crecimiento de *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger*²⁸. La acción antifúngica observada se atribuye fundamentalmente a la presencia del cinamaldehído, compuesto mayoritario que constituye entre el 16,62% y 30,69% de la composición del aceite esencial^{29,30}. Este aldehído aromático ha demostrado en múltiples estudios una buena capacidad antimicrobiana, particularmente contra cepas fúngicas de importancia industrial y cosmética^{31,32,33}. Su mecanismo de acción implica la desnaturización de proteínas de membrana la peroxidación lipídica y la inhibición de la biosíntesis de ergosterol, generando un efecto biocida de amplio espectro. La estabilidad química de este compuesto en emulsiones, sumada a su baja toxicidad dérmica reportada, lo posicionan como un activo ideal para garantizar la integridad microbiológica de productos de cuidado personal durante su vida útil.

Conclusiones

Los aceites esenciales estudiados demostraron un potente efecto antimicrobiano, inhibiendo eficazmente el crecimiento de microorganismos mesófilos, hongos y levaduras en las cremas cosméticas formuladas. Este hallazgo no solo valida su uso como conservantes naturales, sino que abre nuevas posibilidades para el desarrollo de cosméticos más seguros y sostenibles.

Referencias

1. N Gupta, H Patelet, J Taylor, J Borin, K Jacobsohn, S Kenfield, et al. Systematic review of the impact of a plant-based diet on prostate cancer incidence and outcomes. *Prostate Cancer Prostatic Dis.*, 25, 444–452 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41391-022-00553-2>
2. D Sousa, R Oliveira, R Amorati, H Elshabrawy, R Castro, D Bezerra, et al. Essential Oils: Chemistry and Pharmacological

- Activities. **Biomolecules**, **13**, 1144 (2023). <https://doi.org/10.3390/biom13071144>
3. V Kumar, R Islam, R Shams, A Dar. A comprehensive review on the application of essential oils as bioactive compounds in Nano-emulsion based edible coatings of fruits and vegetables. **Appl. Food Res.**, **2**, 100042 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100042>
4. R Matera, E Lucchi, L Valgimigli. Plant Essential Oils as Healthy Functional Ingredients of Nutraceuticals and Diet Supplements: A Review. **Molecules**, **28**, 901 (2023). <https://doi.org/10.3390/molecules28020901>
5. F Islam, F Saeed, A Imran, U Shehzadi, R Ali, F Nosheen, et al. Bio-preservatives and essential oils as an alternative to chemical preservatives in the baking industry: a concurrent review. **J. Food Sci. Technol.**, **61**, 609–620 (2024). <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05762-8>
6. M Sayasneh, A Ruban, O Kovalevska, N Khokhlenkova. Selection of antimicrobial substances in the rectal cream composition containing thick extract of carrot and rutin. **Ann. Mechanikov's Inst.**, **13**, 13–17 (2024). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10838408>
7. A Khan, S Ullah, M Khalid, B Uzair, F Menaa, V Braga. Fabrication, Physical Characterizations, and In Vitro, In Vivo Evaluation of Ginger Extract-Loaded Gelatin/Poly(Vinyl Alcohol) Hydrogel Films Against Burn Wound Healing in Animal Model. **AAPS PharmSciTech**, **21**, 1–10 (2020). <https://doi.org/10.1208/s12249-020-01866-y>
8. R Falcon, S Fahrenbach, J Feliciano, B Micah, A Dida, E Domingo, et al. Antifungal properties of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf—A scoping review. **South African J. Bot.**, **170**, 425–442 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.05.042>
9. N Rasool, Z Saeed, M Pervaiz, F Ali, U Younas, R Bashir, et al. Evaluation of essential oil extracted from ginger, cinnamon and lemon for therapeutic and biological activities. **Biocatal. Agric. Biotechnol.**, **44**, 102470 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.biab.2022.102470>
10. A Ibiapina, L da Silva, B Barros, B Catarina, G Aparecida, A Alves. Essential and fixed oils from Amazonian fruits: properties and applications. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, **62**, 8842–8854 (2022). <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1935702>
11. M Gonçalves, D Gonçalves, O Sampaio, A Meirelles, E Batista, C Sampaio, et al. Valorization of Amazonian buriti (*Mauritia flexuosa*) semi-defatted residual cake as a circular economy strategy: A techno-economical analysis. **Ind. Crops Prod.**, **226**, 120629 (2025). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120629>
12. M Alshehrei. Microbiological Quality Assessment of Skin and Body care Cosmetics by using Challenge test. **Saudi J. Biol. Sci.**, **31**, 103965 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2024.103965>
13. N Thuy, H Ha, N Tai. Effect of emulsifiers on viscosity and emulsion stability of the cocoa powder mixture. **Food Res.**, **4**, 2306 - 2312 (2020). [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(6\).377](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(6).377)
14. B Soulaimani. Comprehensive Review of the Combined Antimicrobial Activity of Essential Oil Mixtures and Synergism with Conventional Antimicrobials. **Nat. Prod. Commun.**, **20**, 1–22 (2025). <https://doi.org/10.1177/1934578X251328241>
15. Reglamento Técnico Andino sobre Especificaciones Técnicas Microbiológicas de Productos Cosméticos. https://www.mincetur.gob.pe/reglamentostecnicos/inventario_reglamentos_tecnicos/inventario.html?c=I_reglamentos_tecnicos_andinos. Archivado: 21/10/2022
16. S Dangol, D Kumar, P Kumar, S Maharjan, A Poudel, R Satyal, et al. Essential Oil Composition Analysis of *Cymbopogon* Species from Eastern Nepal by GC-MS and Chiral GC-MS, and Antimicrobial Activity of Some Major Compounds. **Molecules**, **28**, 543 (2023). <https://doi.org/10.3390/molecules28020543>
17. R Sprea, L Fernandes, T Pires, R Calhelha, P Rodrigues, J Amaral. Volatile Compounds and Biological Activity of the Essential Oil of *Aloysia citrodora* Palau: Comparison of Hydrodistillation and Microwave-Assisted Hydrodistillation. **Molecules**, **28**, 4528 (2023). <https://doi.org/10.3390/molecules28114528>
18. N Al-Maharik, Y Salama, N Al-Hajj, N Jaradat, N Thaer, I Warad, et al. Chemical composition, anticancer, antimicrobial activity of *Aloysia citriodora* Palau essential oils from four different locations in Palestine. **BMC Complement. Med. Ther.**, **24**, 1–13 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04390-9>
19. M Maleki, Z Hadian, K Abdi, P Koohy-Kamaly, F Bahmanyar. Study of the Physicochemical Properties and Antimicrobial Activities of Nanoparticles Containing β-Cyclodextrin and Geranial. **J. Nanostructures**, **11**, 189–201 (2021). <https://doi.org/10.22052/JNS.2021.01.020>
20. J Scariot, M Pansera, A Delamare, S Echeverrigaray. Citral and geraniol induce necrotic and apoptotic cell death on *Saccharomyces cerevisiae*. **World J. Microbiol. Biotechnol.**, **37**, 1–10 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03011-8>
21. P Gupta, H Gupta, K Poluri. Geraniol eradicates *Candida glabrata* biofilm by targeting multiple cellular pathways. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, **105**, 5589–5605 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11397-6>
22. E Alberca-Torres, R Dilas-Castillo. Evaluación del Potencial Antimicótico del Aceite Esencial de *Zingiber Officinale* frente a cepas de *Candida albicans*. Estudio in Vitro. **Rev. Científica Epistemia**, **8**, 1–12 (2024). <https://doi.org/10.26495/erc.2785>
23. A Cordero, L Anaya, J Gomez. Inhibición de *Colletotrichum gloeosporioides* en cultivos de nañe en el Caribe colombiano usando aceites esenciales de *Curcuma longa* y *Zingiber officinale*. **Cienc. en Desarrollo**, **12**, 1–12 (2021). <https://doi.org/10.19053/01217488.v12.n1.2021.10510>
24. K Ahón-Ríos, S Iglesias-Osoro. Efecto antibacteriano del aceite esencial de *Zingiber officinale* sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 MRSA. **Med. Natur.**, **15**, 23–26 (2021). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7998124>
25. S Zhang, L Zhang, M Yu, D Luo, S Chen, W Liu, et al. Essential oils of *Zingiber officinale*: Chemical composition, in vivo alleviation effects on TPA induced ear swelling in mice and in vitro bioactivities. **Front. Nutr.**, **9**, 1043175 (2022). <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1043175>
26. D Kumar, S Dangol, A Rokaya, S Maharjan, P Kumar, J Rana, et al. Quality Assessment of *Zingiber officinale* Roscoe Essential Oil from Nepal. **Nat. Prod. Commun.**, **17**, (2022). <https://doi.org/10.1177/1934578X221080322>
27. D Tuan, D Dinh, T Nam, T Viet, D viet, N Trong, et al. Chemical Composition of Essential Oil from the *Zingiber monophyllum* (Zingiberaceae) from Vietnam. **J. Essent. Oil Bear. Plants**, **25**,

987–993 (2022). <https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2132835>

28. H Li, X Song, H Li, L Zhu, S Cao, J Liu. Sesquiterpenes and Monoterpene from the Leaves and Stems of *Illicium simonsii* and Their Antibacterial Activity. **Molecules**, **27**, 1115 (2022). <https://doi.org/10.3390/molecules27031115>

29. L Sosa, Therapeutic Applications of Essential Oils from Native and Cultivated Ecuadorian Plants: Cutaneous Candidiasis and Dermal Anti-Inflammatory Activity. **Mol**, **28**, 5903 (2023). <https://doi.org/10.3390/molecules28155903>

30. M Rambo, K Daian, L Jacobi, D Flores, S Augusto, A Meneguello, *et al.* Biological activities of essential oils from six genotypes of four *Ocotea* species. **Brazilian J. Pharm. Sci**, **58**, e181097 (2022). <https://doi.org/10.1590/s2175-97902022e181097>

31. L Scalvenzi, B Yaguache-Camacho, P Cabrera- Martínez, A Guerrini. Actividad antifúngica in vitro de aceites esenciales de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. y *Piper aduncum* L. **Bioagro**, **28**, 039–046 (2016). https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612016000100005&script=sci_abstract&tlang=pt

32. P Noriega, T Mosquera, E Paredes, M Parra, M Zappia M Herrera, *et al.* Antimicrobial and antioxidant bioautography activity of bark essential oil from *Ocotea quixos* (Lam.) kosterm. **JPC - J. Planar Chromatogr. - Mod. TLC**, **31**, 163–168 (2018). <https://doi.org/10.1556/1006.2018.31.2.11>

33. M Friedman. Chemistry, Antimicrobial Mechanisms, and Antibiotic Activities of Cinnamaldehyde against Pathogenic Bacteria in Animal Feeds and Human Foods. **J. Agric. Food Chem**, **65**, 10406–10423 (2017). <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04344>

34. J Sim, M. Khazandi, H Pi, H Venter, D Trott, P Deo. Antimicrobial effects of cinnamon essential oil and cinnamaldehyde combined with EDTA against canine otitis externa pathogens. **J. Appl. Microbiol**, **127**, 99–108 (2019). <https://doi.org/10.1111/jam.14298>