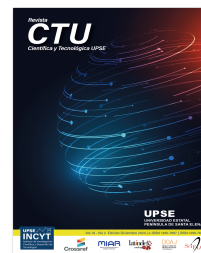


Formulación de un champú sólido con aceite de *Oenocarpus bataua*, manteca de cacao y *Cinchona officinalis*

Formulation of a solid shampoo with *Oenocarpus bataua* oil, cocoa butter, and *Cinchona officinalis*



Fabiola Maribel Jiménez Tamayo¹
Reni Danilo Vinocunga-Pillajo¹
Susy Natalia Gómez Zurita¹

✉ <https://orcid.org/0009-0002-4995-7922>
✉ <https://orcid.org/0000-0001-6698-7846>
✉ <https://orcid.org/0000-0001-6762-8191>

¹Universidad Estatal Amazónica UEA | Puyo – Pastaza - Ecuador | CP 160101

✉ fm.jimenezt@uea.edu.ec

<http://doi.org/10.26423/rctu.v11i2.844>
Páginas: 26- 35

Resumen

El estudio aborda el problema de la necesidad de desarrollar una alternativa sostenible a los champús convencionales que utilizan grandes cantidades de agua y plástico contribuyendo a la contaminación ambiental. El objetivo fue formular un champú sólido utilizando aceite de *Oenocarpus bataua*, manteca de cacao y *Cinchona officinalis*, evaluando sus propiedades funcionales y fisicoquímicas para identificar la formulación más eficiente y respetuosa con el medio ambiente. Para ello, se empleó un diseño experimental de mezclas ajustando las concentraciones de polvo de quina y aceite de unguahua y se evaluaron aspectos como la formación de espuma, pH, conductividad eléctrica, dispersión de suciedad y actividad antioxidante. Como resultado, la formulación 5 fue la más destacada mostrando la mayor capacidad de formación de espuma (10,75 cm) y estabilidad (10,6 cm), un pH adecuado de 6,45 y un buen equilibrio en conductividad eléctrica (594 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y dispersión de suciedad. Aunque otras formulaciones presentaron una mayor actividad antioxidante (hasta 517 mg eq. TROLOX/L), la formulación 5 logró un balance más eficiente entre todas las propiedades evaluadas cumpliendo con los objetivos planteados de eficacia y sostenibilidad.

Palabras clave: Antioxidante, conductividad, espuma, formulación, sostenibilidad.

Abstract

The study addresses the problem of the need to develop a sustainable alternative to conventional shampoos that use large amounts of water and plastic contributing to environmental pollution. The objective was to formulate a solid shampoo using *Oenocarpus bataua* oil, cocoa butter and *Cinchona officinalis*, evaluating its functional and physicochemical properties to identify the most efficient and environmentally friendly formulation. To do this, an experimental mixture design was used by adjusting the concentrations of cinchona powder and unguahua oil and aspects such as foam formation, pH, electrical conductivity, dirt dispersion and antioxidant activity were evaluated. As a result, formulation 5 was the most outstanding, showing the highest foam formation capacity (10,75 cm) and stability (10,6 cm), an adequate pH of 6,45 and a good balance in electrical conductivity (594 $\mu\text{S}/\text{cm}$) and dirt dispersion. Although other formulations presented a higher antioxidant activity (up to 517 mg eq. TROLOX/L), formulation 5 achieved a more efficient balance between all the evaluated properties, meeting the stated objectives of efficacy and sustainability.

Keywords: Antioxidant, conductivity, foam, formulation, sustainability.

Recepción: 14/10/2024 | Aprobación: 05/12/2024 | Publicación: 26/12/2024

1. Introducción

Los productos para el cuidado capilar constituyen una parte significativa del mercado cosmético representando aproximadamente el 22% del total [1]. Dentro de este panorama la industria cosmética se destaca como uno de los sectores más relevantes a nivel global generando ingresos estimados en 100 490 millones de dólares [2]. El mercado internacional ha mostrado una elevada demanda con una tasa de crecimiento anual compuesta que oscila entre el 3,0% y el 5,5% [3]. En Ecuador la industria cosmética aporta el 1,6% del PIB generando aproximadamente 1 000 millones de dólares al año [4].

El cabello tiene un valor significativo desde diversas perspectivas como las dimensiones culturales, sociales y económicas, además de estar estrechamente ligado a la autoestima y la identidad en distintos grupos sociales, culturales o étnicos [5]. Sin embargo, la producción de productos cosméticos, en particular los champús depende considerablemente del uso intensivo de agua, lo que contribuye a un consumo elevado y a la contaminación de este recurso [6]. En promedio el agua constituye más del 65% del volumen total de muchos productos cosméticos y en el caso de los champús líquidos este porcentaje puede alcanzar hasta un 95% [7]. Otro desafío crítico asociado a los champús líquidos es el uso de envases plásticos. En Estados Unidos, se estima que un tercio de los residuos en vertederos provienen de la industria cosmética que genera aproximadamente 120 mil millones de unidades de embalaje cada año [8].

La creciente tendencia hacia la sostenibilidad en la industria cosmética ha impulsado el desarrollo de champús sólidos posicionándolos como alternativas más amigables con el medio ambiente y saludables en respuesta a una mayor conciencia de los consumidores sobre los impactos ambientales. El Reglamento (CE) n° 1223/2009 establece que los cosméticos deben cumplir con requisitos de seguridad y respeto al medio ambiente [9], mientras que un informe del *Institute for Business Value* indica que el 60% de los consumidores están dispuestos a modificar sus hábitos de compra para disminuir su huella ecológica y un 80% considera la sostenibilidad un factor clave en sus decisiones estando incluso dispuestos a pagar más por productos sostenibles [10]. Este enfoque sigue la definición de sostenibilidad de la Comisión Brundtland de la ONU que promueve satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las de generaciones futuras. Así, los champús sólidos se presentan como una solución efectiva que integra tanto preocupaciones ambientales como de salud en su desarrollo [11].

La elaboración de un champú sólido utilizando aceite de *Oenocarpus bataua* Mart (ungurahua), manteca de *Theobroma cacao* L. (cacao) y *Cinchona officinalis* L. (quina) representa un enfoque que promueve la sostenibilidad y aprovecha los recursos naturales locales. La demanda de productos biodegradables y eco-amigables en el cuidado personal ha impulsado el uso de ingredientes naturales que reduzcan el impacto ambiental [12]. El aceite de unguahua originario de la región amazónica es valorado por sus propiedades hidratantes y fortalecedoras del cabello, lo que lo convierte en un ingrediente ideal para champús [13]. La manteca de cacao, además de mejorar la textura del champú

aporta nutrientes esenciales como antioxidantes y ácidos grasos que hidratan y protegen el cabello del daño ambiental [14], apoyando al mismo tiempo a las economías locales que dependen de estos productos. Asimismo, la quina conocida por sus propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias contribuye a la salud del cuero cabelludo y a la prevención de afecciones como la caspa [15].

En el ámbito de los champús sólidos, autores como Brito *et al.* (2023), desarrollaron una formulación con extracto de cáscara de mango cuya alta concentración de antioxidantes aumentó notablemente la capacidad antioxidante del producto en comparación con seis formulaciones que contenían aditivos comerciales [7]. Por su parte, Chandima (2019), crearon una barra de champú transparente que incluía aloe vera, aceite de canela y nanopartículas doradas para conferir un color único. Se demostró que aumentar la concentración de aloe vera y aceite de canela mejoraba la actividad antimicrobiana sin comprometer la transparencia ni la seguridad del champú [16]. Finalmente, Sreethu *et al.* (2022), investigaron seis formulaciones de champú sólido anticasca observando que aquellas con mayores concentraciones de ácido salicílico presentaban una eficacia superior en la actividad antimicrobiana y antifúngica, gracias a la combinación de ácido salicílico y azufre [17].

Atendiendo las premisas anteriores, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un champú sólido mediante la formulación de distintas formulaciones del champú variando las concentraciones de unguahua y quina con el fin de identificar la formulación con las mejores propiedades funcionales y fisicoquímicas.

2. Materiales y Métodos

Producción del champú sólido

El proceso de producción del champú sólido inició con la preparación de la cáscara de quina, la misma fue cortada en pequeños fragmentos para facilitar el secado. Posteriormente, estos fragmentos se secaron en una estufa a 40°C durante tres días para reducir su humedad. Luego, fueron molidos y tamizados a 0,5 mm obteniendo así un polvo fino de quina. Después, se realizó el pesaje preciso de todos los ingredientes, siguiendo las formulaciones (tabla 1), utilizando la balanza de precisión *SARTORIUS ENTRIS II*, modelo BCE2201-1s. Entre los ingredientes se incluyó tensoactivo cocoil isetonato de sodio (SCI), lanolina, aceite de unguahua, manteca de cacao, aceite esencial de mandarina y agua (Figura 1).

La mezcla se preparó en un vaso de precipitación comenzando con la adición gradual de los ingredientes sólidos que se calentaron paulatinamente. Posteriormente, se incorporaron los líquidos asegurando una distribución uniforme. La homogenización de todos los ingredientes se realizó en baño maría a 80°C con una supervisión constante para evitar sobrecalentamientos y se mantuvo una agitación continua para lograr una uniformidad completa y prevenir la formación de grumos. Una vez que la mezcla alcanzó una consistencia sólida fue vertida en moldes, prensada, enfriada y desmoldada. Finalmente, el champú sólido se empacó cuidadosamente en un envase adecuado, se selló y etiquetó con la información correspondiente.

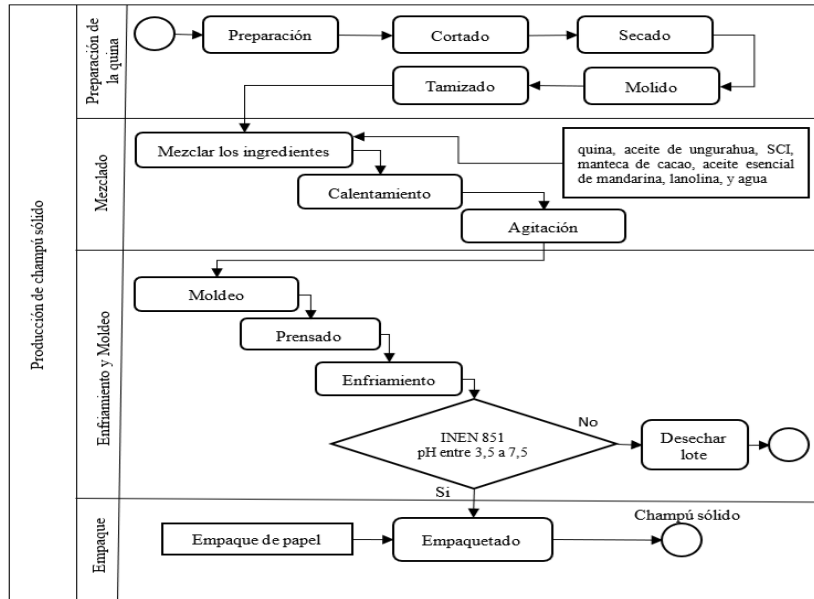


Figura 1. Producción de champú sólido

Diseño experimental

El diseño experimental aplicado fue un diseño de mezclas bifactorial que consideró siete componentes. Entre estos componentes se incluyeron el sólido pulverulento de la cáscara de quina, aceite de unguurahua, SCI, manteca de cacao, aceite esencial de mandarina, lanolina y agua. Es

importante mencionar que se varió el porcentaje de polvo de cáscara de quina y de aceite de unguurahua ajustando sus proporciones en la formulación para evaluar su efecto en las propiedades finales del champú. Cada ingrediente que se muestra en la tabla 1 se incorporó con un porcentaje ponderado (% peso) contribuyendo al equilibrio global del producto.

Tabla 1: Diseño de mezclas para la elaboración del champú sólido.

N° Muestra	Polvo de guina	Aceite de unguurahua	SCI	Manteca de cacao	EA	Lanolina	Agua
1	5.6	4.4	28.5	1.5	0.5	7	2.5
2	4.2	5.8	28.5	1.5	0.5	7	2.5
3	5.0	5.0	28.5	1.5	0.5	7	2.5
4	5.0	5.0	28.5	1.5	0.5	7	2.5
5	7.5	2.5	28.5	1.5	0.5	7	2.5
6	7.5	2.5	28.5	1.5	0.5	7	2.5
7	6.9	3.1	28.5	1.5	0.5	7	2.5
8	3.3	6.7	28.5	1.5	0.5	7	2.5
9	2.5	7.5	28.5	1.5	0.5	7	2.5
10	7.5	2.5	28.5	1.5	0.5	7	2.5
11	7.5	2.5	28.5	1.5	0.5	7	2.5
12	6.3	3.7	28.5	1.5	0.5	7	2.5
13	5.0	5.0	28.5	1.5	0.5	7	2.5
14	2.5	7.5	28.5	1.5	0.5	7	2.5
15	5.0	5.0	28.5	1.5	0.5	7	2.5
16	5.0	5.0	28.5	1.5	0.5	7	2.5

Evaluación de las características funcionales

Capacidad de formación de espuma y su estabilidad

Se empleó el método de agitación en cilindro para medir la capacidad espumante y la estabilidad de la espuma de una solución de champú al 1%. Se agitó la solución diez veces en una probeta graduada registrando el volumen total de espuma generado tras 1 minuto y midiendo la altura de la espuma. Para evaluar la estabilidad se repitió el procedimiento midiendo el volumen de espuma luego de 20 minutos de reposo [18].

Determinación de la dispersión de suciedad

Se evaluó la capacidad de limpieza del champú sólido

mediante un procedimiento, donde 0,5 g de champú fueron disueltos en 10 mL de agua destilada y mezclados con una gota de tinta china. Tras agitar el tubo de ensayo diez veces la solución reposó por 5 minutos y se observó la distribución de la tinta en la espuma.

La concentración de tinta fue clasificada visualmente en las categorías Ligera, Moderada o Alta lo que permitió medir la eficacia del champú para dispersar y eliminar la suciedad [7].

Evaluaciones fisicoquímicas del champú sólido

Medición de pH

El pH de las muestras de champú sólido se determinó siguiendo el método de Sharma *et al.* (2011) utilizando

un potenciómetro ORION STAR A215 [19]. Se prepararon vasos de precipitación. En cada uno se pesó 1 g de champú y se añadieron 90 mL de agua destilada. La mezcla fue agitada manualmente para homogeneizarla tras lo cual se sumergió el electrodo del potenciómetro en la solución. Se esperó un minuto antes de registrar el valor de pH. Este proceso se repitió varias veces para cada muestra y los valores se registraron en la tabla 3 para su análisis posterior.

Medición de la conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del champú sólido se midió siguiendo el procedimiento descrito por Al Badi y Klan (2014), se preparó una solución diluyendo 1 gramo de champú sólido en 90 mL de agua destilada asegurando una disolución homogénea [20]. La medición de la conductividad se realizó utilizando el equipo Thermo ORION STAR A215 *Scientific*.

Determinación de polifenoles totales

Para la cuantificación de polifenoles se preparó una solución de agua y acetona en una proporción de 70:30. A 1 g de champú se le añadieron 6 mL de la disolución anterior y se agitó en un vórtex durante un minuto. Las muestras fueron sometidas a centrifugación a 5 000 rpm durante 20 minutos y los sobrenadantes se filtraron aplicando vacío a través de filtros de membrana de 0,45 µm. Estos extractos se emplearon para la determinación de los polifenoles totales y la actividad antioxidante.

Se tomó 1 mL de las muestras preparadas y se transfirió a un matraz aforado de 10 mL añadiendo 0,5 mL de reactivo *Folin-Ciocalteu* (mezcla de tungstato de sodio y ácido fosfomolibdico) diluido y dejando reposar la mezcla por 10 minutos [21]. Luego, se agregaron 0,5 mL de carbonato de sodio al 20 % y se completó el volumen con agua destilada. La mezcla fue agitada y reposada a temperatura ambiente por 2 horas. La absorbancia se midió a 765 nm utilizando un espectrofotómetro UV-Vis y la concentración de polifenoles se calculó mediante una curva de calibración de ácido gálico.

Determinación de la actividad antioxidante por el método de FRAP

La actividad antioxidante se evaluó utilizando el método *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP) que mide la capacidad de reducir el hierro férrico (Fe³⁺) a su forma ferrosa (Fe²⁺) [22]. El reactivo FRAP se preparó mezclando una disolución de tripiridiltriazina (TPTZ), cloruro de hierro (III) y un buffer de acetato de sodio. Las muestras se diluyeron con metanol y se analizaron de inmediato. Se tomó 40 µL de la muestra y se mezcló con 5 mL de la disolución de FRAP, dejando reposar a 37°C durante 30 minutos. La absorbancia fue medida a 593 nm y se calculó la concentración de compuestos antioxidantes utilizando la curva de calibración de TROLOX.

3. Resultados y Discusión

Evaluaciones funcionales

Formación de espuma

La Figura 2 muestra una variabilidad considerable en la capacidad de formación de espuma entre las distintas formulaciones de champú sólido, lo cual evidencia diferencias significativas en la eficacia de cada mezcla. La formulación 5 alcanza 10,75 cm de espuma, siendo la de mayor capacidad de producción, mientras que la formulación 14, con 6,15 cm, se caracteriza por la menor cantidad de espuma generada. Este rango desde 6,15 cm hasta 10,75 cm muestra cómo la composición específica de los ingredientes activos tiene un impacto significativo en la capacidad de formación de espuma del producto.

El promedio de formación de espuma entre todas las formulaciones es de aproximadamente 8,23. Sin embargo, esta cifra no debe ser interpretada como representativa de todas las formulaciones, ya que algunas superan el promedio de forma considerable, mientras que otras están por debajo de este valor. Por ejemplo, la formulación 5 supera el promedio en 2,52 cm, mientras que la formulación 14 está 2,08 cm por debajo del promedio. Esta diferencia notable muestra que algunas formulaciones pueden producir hasta un 30 % más de espuma que otras.

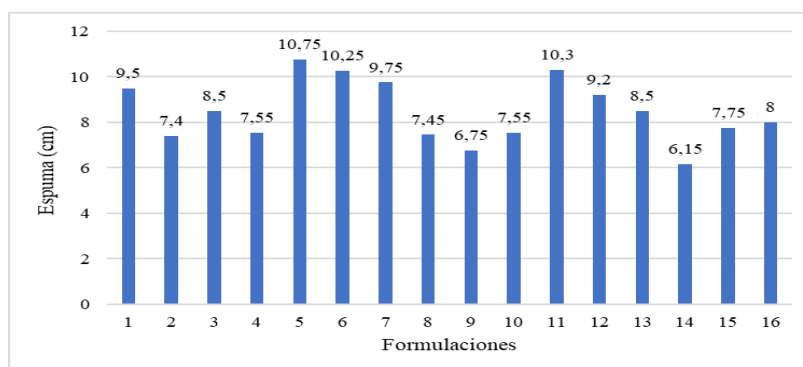


Figura 2. Formación de espuma en el champú sólido.

El extracto de quina y el aceite de unguahua al tener concentraciones variables son los principales responsables de la variabilidad en la producción de espuma. Las formulaciones con concentraciones altas de aceite de unguahua como la formulación 14 (7,5 %), presentan una

menor producción de espuma alcanzando solo 6,15 cm. Esto se debe a que el aceite de unguahua tiene un efecto suavizante y modifica la tensión superficial dificultando la formación y estabilización de la espuma [23]. En contraste, las formulaciones con menor cantidad de aceite de unguahua

como la formulación 5 (2,5%) logran mayores niveles de espuma. En cambio, las saponinas presentes en el polvo de quina contribuyen a la estabilización de la espuma debido a su estructura anfipática [24].

Finalmente, Kumar y Mali (2010) afirman que, la percepción del consumidor sobre la eficacia de un champú está fuertemente influenciada por atributos estéticos como la espuma, que no siempre está relacionada directamente con la capacidad de limpieza [25]. Este comportamiento del consumidor muestra la importancia de optimizar la formulación logrando un equilibrio adecuado entre los beneficios estéticos y la funcionalidad del producto.

Estabilidad del producto

Las formulaciones 5 y 11 muestran una buena retención de

espuma, alcanzando 10,6 cm y 10,5 cm, respectivamente (Figura 3). Esto se relaciona a la combinación entre los surfactantes y los estabilizadores de espuma presentes en la mezcla de ingredientes. La variabilidad en la estabilidad de la espuma es debido a factores como la viscosidad del champú, la composición de los estabilizadores presentes y la interacción de los tensioactivos con otros elementos de la formulación. Estas características son fundamentales para comprender las diferencias en la estabilidad de la espuma entre las formulaciones y deben ser consideradas para optimizar tanto la experiencia del usuario como la eficacia del producto. En contraste la formulación 14 con una altura de espuma de solo 5,4 cm después del periodo de reposo presenta la menor retención mostrando una menor eficacia de los componentes responsables de la formación y mantenimiento de la espuma.

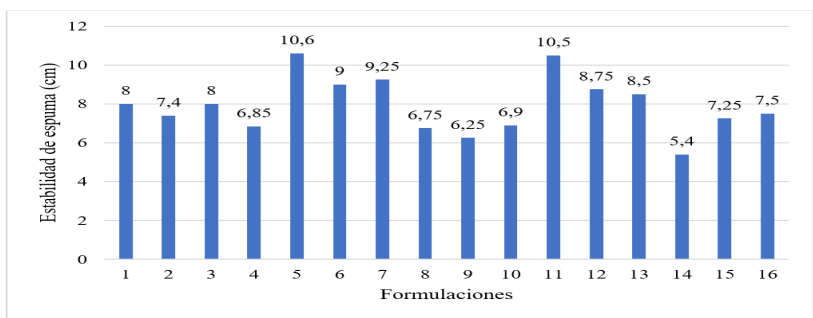


Figura 3. Formación de espuma después de 20 min en el champú sólido.

Algunos estudios han demostrado que los extractos de plantas ricos en saponinas como los utilizados en el champú sólido pueden mejorar no solo la formación y la estabilidad de la espuma. Autores como Akbari *et al.* (2023), encontraron que las saponinas de la corteza de quillaja tienen propiedades únicas que contribuyen a una mayor estabilidad de la espuma, debido a su capacidad para formar capas viscoelásticas en la interfaz aire-agua, lo cual es esencial para mantener la integridad de la espuma durante un periodo prolongado [26]. De manera similar, Al Badi y Khan (2014), mencionan que los champús a base de extractos vegetales mejoran la estabilidad de la espuma debido a sus saponinas naturales que son agentes espumantes efectivos [27]. Esto también explica la estabilidad de la espuma observada en la formulación 5 que contiene una mayor concentración de polvo de quina (7,5%). La quina es rica en saponinas como lo

menciona Córdor-Cuyubamba et al. (2009), contribuyendo a la estabilización de la espuma en el producto [28].

Dispersión de suciedad

Las formulaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6 demostraron una alta capacidad de dispersión de la suciedad. Estas formulaciones se caracterizan por tener una buena altura y estabilidad de la espuma (tabla 2). Una espuma abundante y estable permite a los tensioactivos como el SCI interactuar de manera efectiva con las partículas de suciedad manteniéndolas en suspensión durante el lavado y permitiendo su eliminación durante el enjuague. Autores como Sharma *et al.* (2011), destacan que la reducción efectiva de la tensión superficial es esencial para una buena acción detergente y una formación de espuma adecuada favorece esta reducción, permitiendo una mejor limpieza del cabello y cuero cabelludo [19].

Tabla 2: Dispersión de la suciedad en las 16 formulaciones del champú sólido.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
Ligera																
Moderada							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alta	x	x	x	x	x	x										

Donde: Formulación (F).

Las formulaciones 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 presentan una capacidad de dispersión de la suciedad moderada. Estas formulaciones mostraron una altura de espuma que varía entre 6,75 cm y 10,3 cm. Aunque estas formulaciones logran generar y retener espuma la cantidad no es tan alta como en las formulaciones con capacidad de dispersión "Alta", lo cual afecta su efectividad para atrapar y eliminar las partículas de

suciedad.

La formulación F11 con una altura de espuma de 10,3 cm y una estabilidad de 10,5 cm se destaca dentro de este grupo, ya que su capacidad de dispersión moderada podría deberse a la presencia de otros ingredientes que interfieren parcialmente con la eficiencia de los tensioactivos.

Autores como Ali *et al.* (2011), mencionan que la percepción del consumidor está influenciada por la cantidad de espuma visible, aunque esta no siempre se correlaciona directamente con la capacidad de limpieza química del champú [29]. En este contexto, las formulaciones con dispersión moderada aún generan una cantidad suficiente de espuma para satisfacer las expectativas del consumidor en cuanto a limpieza, aunque podrían no ser tan eficientes como las formulaciones de dispersión “Alta”.

Evaluaciones fisicoquímicas

Medición de pH

Los resultados de pH de las 16 formulaciones de champú sólido muestran una media de 6,18 demostrando una tendencia hacia la neutralidad favoreciendo la salud del cuero cabelludo y el cabello, ya que un pH demasiado ácido o alcalino puede ser perjudicial [7].

La mediana cercana al promedio con un valor de 6,19 muestra que los datos están distribuidos de manera uniforme alrededor del valor central (Figura 4). La desviación estándar de 0,19 y el coeficiente de variación del 3,1 % indican una baja dispersión de los valores de pH entre las formulaciones considerando esencial para asegurar la consistencia en la calidad y experiencia del producto para el usuario.

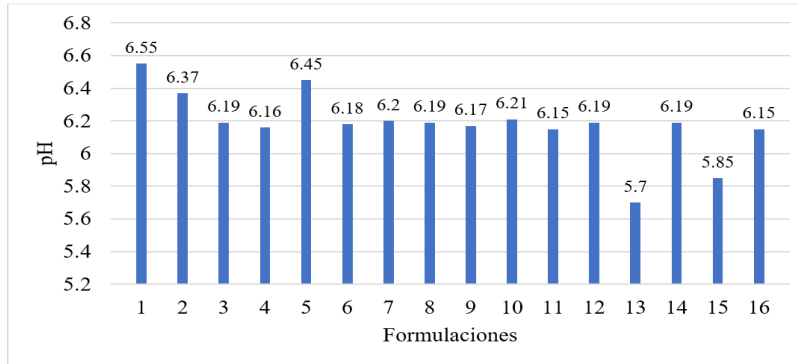


Figura 4. pH en las formulaciones del champú sólido.

Las formulaciones de champú sólido muestran un pH que oscila entre 5,7 y 6,55, superando levemente el rango óptimo de 4,5 a 5,5 recomendado por Agrawal (2018) para la salud del cabello [30]. Sin embargo, estos valores se encuentran dentro de los parámetros de Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN 851 (2016), que permite un rango de pH de 3,5 a 7,5 [31]. Además, se encuentra dentro de la Comisión Técnica de Normalización CT-XXVI Farmacia Cosméticos y Afines 2008 (1997), que permite un entre 3,4 a 8 pH [32]. Esto garantiza que las formulaciones cumplen con los estándares regulatorios y de seguridad dermatológica. Los valores obtenidos, cercanos al límite superior del pH ácido natural, indican que las formulaciones son adecuadas para el uso frecuente protegiendo el cuero cabelludo y el cabello. La baja variabilidad en los valores de pH entre las formulaciones muestra una consistencia en la producción asegurando la calidad y seguridad del producto en términos de pH, detergencia, espuma y estabilidad [25].

Medición de la conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de las 16 formulaciones de champú sólido medida en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a 28°C muestra la presencia de iones conductores. Las formulaciones 6 y 11 tienen la mayor conductividad (595 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indicando una mayor cantidad de iones debido por el contenido de sales o componentes iónicos (Figura 5). En contraste las formulaciones 8 y 9 presentan los valores más bajos (512 y 508 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente). Las conductividades de las formulaciones sólidas se encuentran entre 508 y 595 $\mu\text{S}/\text{cm}$ valores superiores a los reportados por Hassan *et al.* (2017) para champús líquidos que varían de 1 179 a 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo que muestra una mayor presencia de surfactantes y sales [33]. Aunque esto puede mejorar la eficacia de limpieza y atender necesidades específicas del cabello es esencial equilibrar los niveles de iones para evitar efectos deshidratantes sobre la piel y el cuero cabelludo.

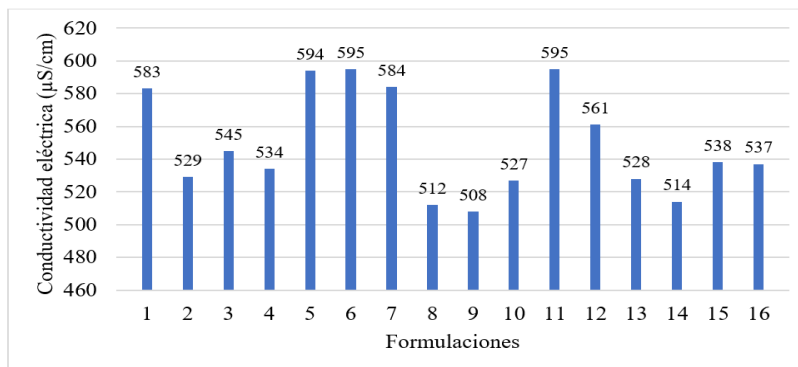


Figura 5. Conductividad eléctrica en las formulaciones del champú sólido.

Determinación de polifenoles totales

La determinación de polifenoles en las diferentes formulaciones de champú sólido muestra una variabilidad significativa en los niveles de estos compuestos que oscilan entre un mínimo de 1,25 mg EAG/L y un máximo de 7,6 mg EAG/L (Figura 6). Los polifenoles son compuestos conocidos por sus propiedades antioxidantes que contribuyen a la estabilidad del producto frente a la oxidación como a la protección del cuero cabelludo y el cabello frente al daño oxidativo [34].

La formulación 11 (7,6 mg EAG/L) y la formulación 14

(6,76 mg EAG/L) presentan mayores concentraciones de polifenoles, además, están caracterizadas por una mayor presencia de polvo de quina. La quina es una fuente conocida de compuestos fenólicos especialmente saponinas que tienen propiedades antioxidantes y contribuyen significativamente al aumento del contenido de polifenoles en la formulación [35]. En estas formulaciones el polvo de quina contribuye al contenido elevado de polifenoles. Mientras las formulaciones con valores bajos de polifenoles como la formulación 6 (1,25 mg EAG/L) y la formulación 4 (1,9 mg EAG/L) presentan concentraciones relativamente bajas de polvo de quina. Esto muestra que la cantidad de extractos vegetales ricos en compuestos fenólicos afecta la concentración de polifenoles.

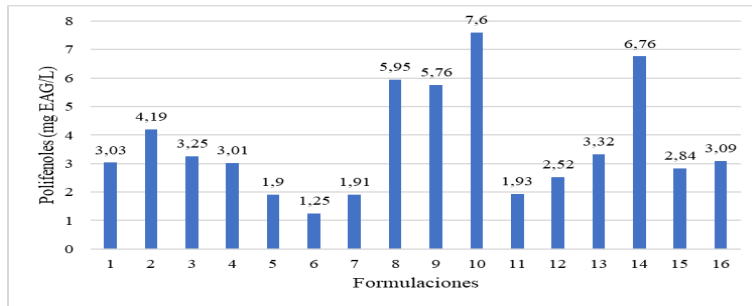


Figura 6. Contenido de polifenoles en las formulaciones.

Por otro lado, los métodos de extracción utilizados para obtener los ingredientes pueden influir en el contenido de polifenoles. Según Wu *et al.* (2023), los métodos de extracción sin solventes pueden ser particularmente efectivos para obtener polifenoles de alta pureza, esto es crucial para maximizar la eficacia antioxidante del producto [36]. En este contexto el método de extracción utilizado para obtener el polvo de quina tuvo un impacto en la pureza y cantidad de polifenoles presentes en cada formulación. Formulaciones con niveles más altos de polifenoles benefician el proceso de extracción más eficiente garantizando la disponibilidad de estos compuestos fenólicos en el producto final. Asimismo, se debe considerar la sinergia entre los ingredientes. Los polifenoles pueden interactuar con otros compuestos en la formulación como los tensioactivos (SCI), para mejorar la estabilidad del producto y su capacidad antioxidante [37].

Determinación de actividad antioxidante

La actividad antioxidante de las diferentes formulaciones de champú sólido medida en mg eq. TROLOX/L muestra una amplia variabilidad que va desde 2,45 hasta 5,17 mg eq. TROLOX/L (Figura 7). Esta variabilidad está relacionada

por la diferencia en las concentraciones de polifenoles. Las formulaciones con la mayor actividad antioxidante como la 9 (5,17 mg eq. TROLOX/L) y la 10 (5,13 mg eq. TROLOX/L) se encuentran entre las formulaciones con altos niveles de polifenoles. Esto muestra una fuerte correlación entre la concentración de polifenoles y la capacidad antioxidante del champú [38]. La interacción entre los polifenoles y otros ingredientes como el SCI es un factor relevante para la actividad antioxidante.

Otro aspecto por considerar es la presencia del aceite de unguahua. Aunque el aceite de unguahua tiene propiedades beneficiosas para el cuidado del cabello sus altas concentraciones pueden disminuir la biodisponibilidad de los polifenoles. Por ejemplo, la formulación 14 presenta un nivel elevado de polifenoles (6,76 mg EAG/L) con una actividad antioxidante de 4,85 mg eq. TROLOX/L, lo cual es menor a lo esperado considerando su concentración de polifenoles. Esto muestra que otros componentes presentes en grandes cantidades como el aceite de unguahua pueden estar interactuando de manera negativa con los polifenoles y limitando su eficacia antioxidante [39].

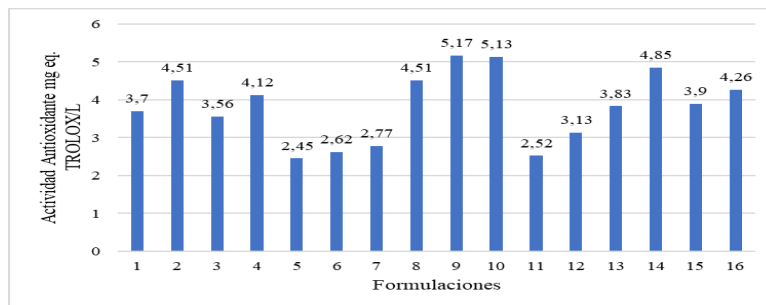


Figura 7. Contenido de antioxidantes en las formulaciones.

4. Conclusiones

De acuerdo con los resultados y su valoración, la formulación 5 es la que presenta las mejores cualidades en la preparación del champú sólido basado en con aceite de unguirahua, manteca de cacao y quina. Esta formulación exhibe la mayor capacidad de formación de espuma alcanzando 10,75 cm y un valor alto en la dispersión de suciedad. También muestra una excelente estabilidad de espuma con una retención de 10,6 cm. Su pH de 6,45 asegura compatibilidad con el cuero cabelludo, mientras que su conductividad eléctrica de 594 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indica un balance óptimo de iones. Aunque la formulación 9 destaca por su mayor actividad antioxidante (517 mg eq. TROLOX/L), la formulación 5 equilibra de manera más efectiva todas las propiedades evaluadas.

Financiamiento:

Los autores expresan autofinanciamiento para realizar esta obra de investigación.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de autor/es:

Maribel Jiménez: revisión, redacción del original; validación, recursos y materiales, análisis de datos, metodología, conceptualización. Reni Vinocunga: redacción, supervisión, análisis de datos, metodología. Natalia Gómez: validación, revisión, recursos

5. Referencias

- MOREL, S., SAPINO, S., PEIRA, E., CHIRIO, D., GALLARATE, M. Regulatory Requirements for Exporting Cosmetic Products to Extra-EU Countries. *Cosmetics* [online]. 2023, vol. 10, n.º 2, págs. 1-23. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/cosmetics10020062>.
- MONDELLO, A., SALOMONE, R., MONDELLO, G. Exploring circular economy in the cosmetic industry: Insights from a literature review. *Environmental Impact Assessment Review* [online]. 2024, vol. 105, n.º 1, págs. 1-18. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107443>.
- AZIZ, Z. A. A., PENG, W. L., NASIR, H. M., ASMAK, N., SETAPAR, S. H. M., AHMAD, A. 2 - Survey of nanotechnology in beauty products development. [Online]. 2022, vol. 1st Edition, Malaysia. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822967-5.00015-1>.
- ORDÓÑEZ CRESPO, B. S. Plan de negocios para la elaboración y comercialización de cosméticos artesanales. *Tesis en ingeniería en Marketing. Universidad de Las Américas*. [Online]. 2017. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/jspui/bitstream/33000/6878/3/UDLA-EC-TIM-2017-07.pdf>.
- BEZERRA, K. G. O., MEIRA, H. M., VERAS, B. O., STAMFORD, T. C. M., FERNANDES, E. L., CONVERTI, A., RUFINO, R. D., SARUBBO, L. A. Application of Plant Surfactants as Cleaning Agents in Shampoo Formulations. *Processes* [online]. 2023, vol. 11, n.º 3, págs. 1-20. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pr11030879>.
- BILAL, M., MEHMOOD, S., IQBAL, H. M. N. The Beast of Beauty: Environmental and Health Concerns of Toxic Components in Cosmetics. *Cosmetics* [online]. 2020, vol. 7, n.º 1, págs. 1-18. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/cosmetics7010013>.
- BRITO, I., FERREIRA, S. M., SANTOS, L. On the Path to Sustainable Cosmetics: Development of a Value-Added Formulation of Solid Shampoo Incorporating Mango Peel Extract. *Cosmetics* [online]. 2023, vol. 10, n.º 5, págs. 1-22. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/cosmetics10050140>.
- LIM, H. Y., KWON, K. H. Sustainable Assessment of the Environmental Activities of Major Cosmetics and Personal Care Companies. *Sustainability* [online]. 2023, vol. 15, n.º 18, págs. 1-18. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su151813286>.
- AGUIAR, J. B., MARTINS, A. M., ALMEIDA, C., RIBEIRO, H. M., MARTO, J. Water sustainability: A waterless life cycle for cosmetic products. *Sustainable Production and Consumption*. [Online]. 2022, vol. 32, n.º 1, págs. 35-51. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.04.008>.
- HALLER, K., LEE, J., CHEUNG, J. Meet the 2020 consumers driving change. [Online]. 2020. Disponible en: <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/consumer-2020>.
- MARTINS, A. M., MARTO, J. M. A sustainable life cycle for cosmetics: From design and development to post-use phase. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. [Online]. 2023, vol. 35, n.º 1, págs. 1-21. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101178>.
- GUZMÁN CHÁVEZ, M. G. Cosmética verde: la apropiación de los discursos sobre la crisis de la biodiversidad en Brasil. *Nueva Antropología*. [Online]. 2010, vol. XXIII, n.º 72, págs. 33-54. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15915677003>.
- RENDÓN, W. J., CHAVEZ, G., TORRICO, D. Evaluación química del aceite de oenocarpus bataua "aceite de majo". *Revista Boliviana de Química*. [Online]. 2013, vol. 30, n.º 1,

- págs. 70-73. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339679009>.
14. SCAPAGNINI, G., DAVINELLI, S., DI RENZO, L., DE LORENZO, A., OLARTE, H. H., MICALI, G., CICERO, A. F., GONZALEZ, S. Cocoa bioactive compounds: significance and potential for the maintenance of skin health. *Nutrients* [online]. 2014, vol. 6, n.º 8, págs. 3202-3213. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nu6083202>.
 15. NAWARA, K. Reference Module in Biomedical Sciences. *Quinine* [online]. 2023, vol. 1st Edition, Warszawa, Poland. ISSN 9780128012383. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824315-2.00574-1>.
 16. CHANDIMA, D. Nano Gold Colour Transparent Shampoo Bar. *Iconic research and engineering*. [Online]. 2019, vol. 3, n.º 1, págs. 203-305. Disponible en: <https://www.irejournals.com/formatedpaper/1701384.pdf>.
 17. SREETHU, K., AKKHILA, M., SHAIHA, M. Formulation and Evaluation of Anti Dandruff Solid Shampoo. *International Journal of Science and Research*. [Online]. 2022, vol. 11, n.º 5, págs. 1973-1977. Disponible en: <https://doi.org/10.21275/SR22518160724>.
 18. ALQUADEIB, B. T., ELTAHIR, E. K. D., BANAFSA, R. A., AL-HADHAIRI, L. A. Pharmaceutical evaluation of different shampoo brands in local Saudi market. *Saudi Pharmaceutical Journal*. [Online]. 2018, vol. 26, n.º 1, págs. 98-106. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2017.10.006>.
 19. SHARMA, R. M., SHAH, K., PATEL, J. Evaluation of prepared herbal shampoo formulations and to compare formulated shampoo with marketed shampoos. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. [Online]. 2011, vol. 3, n.º 1, págs. 402-405. Disponible en: <https://www.globalresearchonline.net/journalcontents/volume3issue1/Article%20025.pdf>.
 20. AL BADI, K., KLAN, S. A. Formulation, evaluation and comparison of the herbal shampoo with the commercial shampoos. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*. [Online]. 2014, vol. 3, págs. 301-305. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2014.11.005>.
 21. CORTEZ, J. D., FAICÁN, M. A., PIROVANI, M. E., PIAGENTINI, A. M. Determinación de polifenoles en frutas con vitamina C incorporada: Metodología para mejorar la especificidad del ensayo de Folin-Ciocalteu. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. [Online]. 2018, vol. 19, n.º 2, págs. 1-12. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541002>.
 22. MERCADO-MERCADO, G., ROSA CARRILLO, L. D. L., WALL-MEDRANO, A., LÓPEZ DÍAZ, J. A., ÁLVAREZ-PARRILLA, E. Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición Hospitalaria*. [Online]. 2013, vol. 28, n.º 1, págs. 36-46. Disponible en: <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6298>.
 23. FAZLOLAHZADEH, O., MASOUDI, A. R. T. Cosmetic evaluation of some iranian commercial normal hair shampoos and comparison with new developed formulation. *International Journal of Pharmacognosy* [online]. 2015, vol. 2, n.º 5, págs. 259-265. Disponible en: [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.2\(5\).259-65](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.2(5).259-65).
 24. BÖTTCHER, S., DRUSCH, S. Interfacial Properties of Saponin Extracts and Their Impact on Foam Characteristics. *Food Biophysics*. [Online]. 2016, vol. 11, n.º 1, págs. 91-100. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11483-015-9420-5>.
 25. KUMAR, A., MALI, R. R. Evaluation of prepared shampoo formulations and to compare formulated shampoo with marketed shampoos. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research* [online]. 2010, vol. 3, n.º 1, págs. 120-126. Disponible en: www.globalresearchonline.net.
 26. AKBARI, S., ABDURAHMAN, N. H., KUDRASHOU, V. Surface Activity and Emulsification Properties of Saponins as Biosurfactants. [Online]. 2023, vol. 1st Edition, Cham. ISSN 9783031216824. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21682-4_7.
 27. AL BADI, K., KHAN, S. A. Formulation, evaluation and comparison of the herbal shampoo with the commercial shampoos. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*. [Online]. 2014, vol. 3, n.º 4, págs. 301-305. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2014.11.005>.
 28. CÓNDROR-CUYUBAMBA, E., DE OLIVEIRA, B. H., LOAYZA OCHOA, K., REYNA PINEDO, V. Estudio químico de los tallos de *Cinchona pubescens* Vahl. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. [Online]. 2009, vol. 75, n.º 1, págs. 54-63. Disponible en: <http://www>.

- scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2009000100008&nrm=iso.
29. ALI, H., KADHIM, R., ABDUL RASOOL, B. Formulation and evaluation of herbal shampoo from Ziziphus spina leaves extract. *International journal of research in ayurveda and pharmacy*. [Online]. 2011, vol. 2, n.º 6, págs. 1802-1806. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/FORMULATION-AND-EVALUATION-OF-HERBAL-SHAMPOO-FROM-Saad-Kadhim/b90dbb468cbfd8430a63a6f45a6850a5e9fbad2f>.
 30. AGRAWAL, V. Alkaline Diet an answer to most modern so called Life Style Diseases PART III: Effective usage of Visible Fat Whey water: External Application; Alkaline / Acidic (Skin, Hair and Hair scalp). *Paripex Indian Journal of Research*. [Online]. 2018, vol. 7, n.º 7, págs. 92-95. Disponible en: <https://doi.org/10.36106/paripex>.
 31. . Servicio Ecuatoriano De Normalización Inen 851.) *Productos cosmeticos. Champu. Requisitos*. [Online]. 2016. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/n-te-inen-851-1-4-pdf-free.html>.
 32. . Comisión Técnica De Normalización Ct-Xxvi Farmacia Cosméticos Y Afines 2008.) *Norma Venezolada. Champú para uso cosmético (2da Revisión)* [online]. 1997. Disponible en: <https://pandectasdigital.blogspot.com/2019/06/norma-covenin-20081997-champu-para-uso.html>.
 33. HASSAN, S., UR REHMAN, H., SADDIQUE, A., GUL, M., ULLAH, A. Physiochemical Analysis of Different Soap and Shampoo Collected from Different Local Market of District Karak, KP, Pakistan.) *World Applied Sciences Journal*. [Online]. 2017, vol. 35, n.º 9, págs. 1-3. Disponible en: [https://www.idosi.org/wasj/wasj35\(9\)17/50.pdf](https://www.idosi.org/wasj/wasj35(9)17/50.pdf).
 34. SUN, M., DENG, Y., CAO, X., XIAO, L., DING, Q., LUO, F., HUANG, P., GAO, Y., LIU, M., ZHAO, H. Effects of Natural Polyphenols on Skin and Hair Health: A Review.) *Molecules*. [Online]. 2022, vol. 27, n.º 22, págs. 1-13. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules27227832>.
 35. SIK, B., SZÉKELYHIDI, R., LAKATOS, E., KAPCSÁNDI, V., AJTONY, Z. Analytical procedures for determination of phenolics active herbal ingredients in fortified functional foods: an overview.) *European Food Research and Technology*. [Online]. 2022, vol. 248, n.º 2, págs. 329-344. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03908-6>.
 36. WU, Z., SHANG, X., LIU, G., XIE, Y. Comparative analysis of flavonoids, polyphenols and volatiles in roots, stems and leaves of five mangroves.) *PeerJ*. [Online]. 2023, vol. 11, n.º 1, págs. 1-16. Disponible en: <https://doi.org/10.7717/peerj.15529>.
 37. CASTAÑO AMORES, C., HERNÁNDEZ BENAVIDES, P. J. Activos antioxidantes en la formulación de productos cosméticos antienvjecimiento.) *Ars Pharmaceutica (Internet)*. [Online]. 2018, vol. 59, n.º 2, págs. 77-84. Disponible en: <https://doi.org/10.30827/ars.v59i2.7218>.
 38. KHAN, M. K., PANIWNKY, L., HASSAN, S. Polyphenols as Natural Antioxidants: Sources, Extraction and Applications in Food, Cosmetics and Drugs.) [Online]. 2019, vol. 1st Edition, Singapore. ISSN 9789811338106. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-13-3810-6_8.
 39. NIZIOL-ŁUKASZEWSKA, Z., BUJAK, T. Saponins as Natural Raw Materials for Increasing the Safety of Bodywash Cosmetic Use.) *Journal of Surfactants and Detergents*. [Online]. 2018, vol. 21, n.º 1, págs. 767-776. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jsde.12168>.



Artículo de **libre acceso** bajo los términos de una **Licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual 4.0 Internacional**. Se permite que otros remezcLen, adapten y construyan a partir de su obra sin fines comerciales, siempre y cuando se otorgue la oportuna autoría y además licencien sus nuevas creaciones bajo los mismos términos.