

Obtención de clorofila a partir de cáscaras de sábila (*Aloe barbadensis*) por medio de solvents

Obtainment of chlorophyll from sabila peels (*Aloe barbadensis*), using solvents

DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.2.2021.13>

Artículo de Investigación Científica. Fecha de Recepción: 22/09/2020. Fecha de Aceptación: 05/06/2021.

Yair García Pacheco 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
ygarciapacheco@mail.uniatlantico.edu.co

Lourdes Isabel Meriño Stand 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
lourdesmerino@mail.uniatlantico.edu.co

Nuris Morales Pinto 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
nurismorales@mail.uniatlantico.edu.co

Josefa Palacio 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
josefapalacio@mail.uniatlantico.edu.co

Anggie Angarita S. 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
anggieangarita95@gmail.com

Daniela Vargas-Barrios 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
dcvargas@outlook.es

Para citar este artículo:

Y. García Pacheco, L. Meriño Stand, N. Morales Pinto, J. Palacio, A. Angarita & S. D. Vargas-Barrios, "Obtención de clorofila a partir de cáscaras de sábila (*Aloe barbadensis*) por medio de solvents", *INGE CUC*, vol. 17, no. 2, pp. 133–154, 2021. DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.2.2021.13>

Resumen

Introducción— El aumento del Aloe Vera como materia prima en la industria, ha conllevado a una alta generación de residuos. Los altos contenidos de clorofila contenidos en la cascara puede ser extraídos con solventes y ser aplicados como colorantes en los procesos de agroindustria de tipo alimentaria.

Objetivo— Extraer clorofila en forma de oleoresina por medio de solventes a partir de las cáscaras de sábila (*Aloe barbadensis*).

Metodología— Se usaron tres solventes (acetona, etanol y tetracloruro de carbono) para la extracción de la clorofila contenida en la cascara de Aloe Vera, mantenido los parámetros fijos de concentración, volumen, velocidad de centrifugado, densidad óptica, temperatura y tiempo de almacenamiento, comparando el contenido de clorofila total y el poder antioxidante por los métodos ABTS y DPPH, los cuales analizan la capacidad de atrapar radicales libres que son los responsables de la degradación oxidativa (DPPH - 2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil), con los datos de capacidad antioxidante obtenidos de una muestra comercial.

Resultados— Comparando el contenido total de clorofila obtenido con los diferentes solventes, se encontró que el valor más alto fue 155.8 mL/g utilizando acetona, siendo este el mejor solvente extractivo, la prueba de poder antioxidante fue de 13826 mL equivalente de Trolox por 100 gramos de materia prima y 18125 mg eq. Trolox/100g.

Conclusiones— La clorofila en forma de oleoresina extraída de las cáscaras de sábila con acetona presenta los mejores resultados comparado con el uso de etanol y tetracloruro de carbono como solventes.

Palabras clave— Espectrofotometría; extracción; pigmento; poder antioxidante; solventes

Abstract

Introduction— The increase in Aloe Vera as a raw material in the industry has led to a high generation of waste. The high content of chlorophyll contained in the peel can be extracted with solvents and applied as colorants in food-type agro-industry processes.

Objective— Extract chlorophyll in the form of oleoresin by means of solvents from the shells of aloe (*Aloe barbadensis*) for use as a pigment.

Methodology— Three solvents (acetone, ethanol and carbon tetrachloride) were used for the extraction of the chlorophyll contained in the Aloe Vera shell, keeping the fixed parameters of concentration, volume, centrifugation speed, optical density, temperature and storage time, comparing the total chlorophyll content and the antioxidant power by ABTS and DPPH with those obtained from a commercial sample.

Results— The highest total chlorophyll content was 155.8 ml/g with acetone, this being the best extractive solvent, the antioxidant power test was 13826 ml equivalent of Trolox per 100 grams of raw material and 18125 mg eq. Trolox/100g.

Conclusions— Chlorophyll in the form of oleoresin extracted from aloe peels with acetone shows the best results compared to the use of ethanol and carbon tetrachloride as solvents.

Keywords— Spectrophotometry; extraction; pigment; antioxidant power; solvents

I. INTRODUCCIÓN

El consumo de productos a base de Aloe Vera se ha masificado debido a un cambio en los hábitos de los colombianos a la hora de consumir productos saludables, generando una fuerte competencia entre productores, los cuales la implementan como materia prima en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. El gran auge del Aloe Vera ha llevado a la necesidad de tener una cantidad significativa de este cultivo a nivel nacional, se registra solo en el departamento del Atlántico alrededor de 70 hectáreas sembradas [1]. La industrialización de la sábila conlleva a una alta generación de residuos, dentro de los cuales se destaca la cáscara, la cual actualmente no presenta ninguna utilidad a nivel nacional, es decir, que está generando un impacto ambiental y una posible contaminación [2], [3].

Se han realizado estudios a nivel mundial de la extracción de pigmentos como antocianinas y clorofila enfocándose en la aplicación como colorantes en la industria alimentaria [4] [19], evaluando su capacidad antioxidante, determinación de color, la estabilidad de los pigmentos [5], determinación del contenido total del pigmento [6] en las diferentes materias primas utilizadas como el maíz, el pimiento y la zarzamora, entre otros. Así mismo, se ha hecho extracción de los pigmentos en forma de oleorresina a partir de pimentón, ajo, pimienta, entre otras [7], [8]. Nace la posibilidad de extraer la clorofila presente en las cáscaras de sábila en forma de oleorresina y encontrar el mejor solvente para lograrlo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación es de carácter cuantitativo de tipo experimental siguiendo el método espectrofotométrico propuesto por Hansmann en 1973 [7]. Este estudio se desarrolló en los laboratorios de Procesos Agroindustriales, Microalgas y Bromatología de la Universidad del Atlántico (Colombia), a condiciones de poca iluminación y una temperatura ambiente de 20°C para evitar la degradación de la clorofila. Se obtuvieron tres muestras de clorofila utilizando para la extracción tres solventes (acetona, etanol y tetracloruro de carbono).

Se estableció un diseño experimental usando como variable el solvente acetona, etanol y tetracloruro de carbono; la concentración, el volumen, velocidad de centrifugado, densidad óptica, temperatura y tiempo de almacenamiento se mantuvieron fijas. La variable respuesta fue el contenido de clorofila presente en cada una de las muestras; cada ensayo se realizó por triplicado. Finalmente se comparó el poder antioxidante de la muestra de clorofila obtenida con una muestra de 100 mL de clorofila comercial.

Reactivos:

Acetona: MERCK/ 99.9%.

Etanol: MERCK/ 99.9%.

Tetracloruro de carbono: MERCK/ 90.0%.

Clorofila comercial: marca Funat, con registro Invima RSAA09I601.

A. Determinación de clorofila

Se preparó una solución de agua con cada solvente (acetona, etanol y tetracloruro de carbono) a concentración del 90% (v/v), 100 mL de esta solución se agregaron a 100 g de cáscaras de sábila (aloe vero), la mezcla se trituró con una licuadora eléctrica durante 2 minutos en un baño de hielo. Se adicionó 3% de bicarbonato de sodio. Se procedió a filtrar la muestra, la torta de filtrado se desechó y la solución líquida se dejó reposar en la oscuridad a 4°C durante 24 horas. La muestra fue centrifugada por 10 minutos a 5000 rpm (Fig. 1).

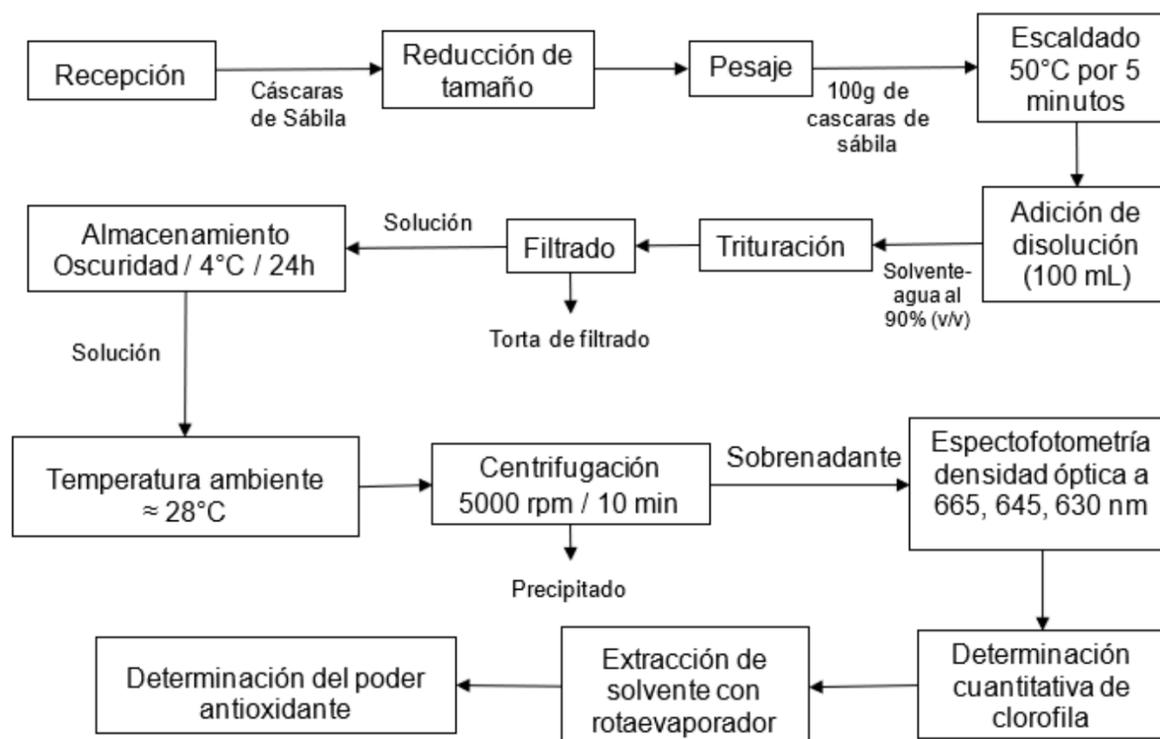


Fig. 1. Proceso para la determinación de capacidad antioxidante.
 Fuente: Autores.

Se midió la densidad óptica en 665, 645 y 630 nanómetros, de acuerdo con lo establecido por el método espectrofotométrico [7], utilizando un espectrofotómetro GENESYS 10S UV-VIS/ Thermo Scientific. Para determinar cuantitativamente el contenido de clorofila en cada muestra se usó la ecuación propuesta por Parsons y Strickland en 1965 (1), (2), (3), (4):

$$Ca(mgA^{-1}) = 11,6D.O. 665 - 1,31D.O. 645 - 0,14D.O. 630 \quad (1)$$

$$Cb(mgA^{-1}) = 20,7D.O. 665 - 4,34D.O. 645 - 4,42D.O. 630 \quad (2)$$

$$Cc(mgA^{-1}) = 55,0D.O. 665 - 4,64D.O. 645 - 16,3D.O. 630 \quad (3)$$

$$Ct = Ca + Cb + Cc \quad (4)$$

Donde Ca, Cb y Cc son las concentraciones de clorofila A, B y C respectivamente, y D.O. es la densidad óptica medida.

Los datos que se obtuvieron de cada ensayo se usaron como base para determinar que solvente permite extraer clorofila con mayor eficacia, para ello se analizó estadísticamente el diseño experimental planteado previamente con un Análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de confiabilidad del 95%. Así mismo, se aplicó una prueba de diferencia de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$) con Excel y el software estadístico Statgraphics.

B. Extracción de clorofila

La muestra fue sometida a un proceso de destilación para la extracción del solvente; dicha extracción se realizó usando un rotaevaporador (RE-LA-10/LABFREEZ INSTRUMENTS), el proceso se llevó a cabo durante 1 hora y 30 minutos a 54°C. Se separó el solvente del pigmento resultante, lo que permitió determinar el rendimiento obtenido en la extracción por diferencia de peso, haciendo uso de (5):

$$Rendimiento = \frac{\text{gramos obtenidos}}{\text{peso inicial}} * 100 \quad (5)$$

C. Evaluación de capacidad antioxidante por ABTS y DPPH

Para la aplicación de los métodos ABTS y DPPH [9], se utilizó la curva de calibración construida por a partir de un stock de Trolox, donde por medio de la absorbancia se determinó el porcentaje de inhibición, que expresa la capacidad antioxidante como equivalente a Trolox (TEAC, $\mu\text{mol}/\text{gramo}$) basado en la cantidad de radical DPPH y ABTS neutralizados por el extracto en cada prueba de acuerdo con (3) [9], [10], [20]:

$$\text{Porcentaje de Inhibición} = \%I = \frac{A - A_1}{A} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

A: absorbancia del blanco (solvente usado para la extracción).

A_1 : Absorbancia de la muestra.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Determinación de clorofila

1) Clorofila extraída utilizando como solvente tetracloruro de carbono

De acuerdo con los resultados del espectrofotómetro se observa que los picos de absorbancia en las 3 muestras se encuentran en longitudes de onda entre 660 nm y 670 nm para las muestras 1 y 3. En la muestra 2 el pico más alto se registra entre 620 nm y 630 nm; lo anterior puede deberse a que en esta muestra hay un mayor arrastre de clorofila a. La Fig. 2 muestra los resultados de las muestras en el espectrofotómetro.

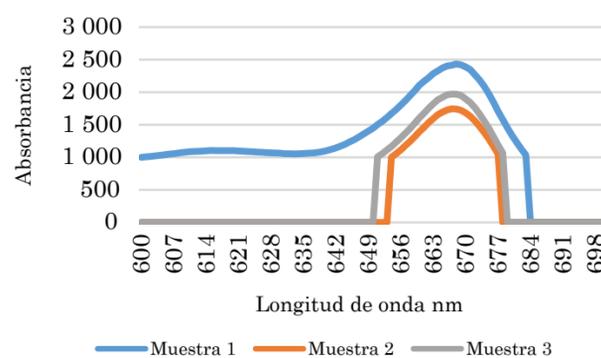


Fig. 2. Análisis espectrofotométrico de muestras extraída con Tetracloruro de Carbono.
Fuente: Autores.

Las muestras de clorofila extraídas utilizando tetracloruro de carbono presentan un color verde claro y brillante característico de clorofila A y xantofila, como se observa en la Fig. 3.



Fig. 3. Muestras de clorofila extraída utilizando tetracloruro de carbono.
Fuente: Autores.

En la Fig. 4 se muestra el contenido de clorofila A, B y C y contenido total de clorofila para las tres muestras obtenidas utilizando tetracloruro de carbono como solvente.

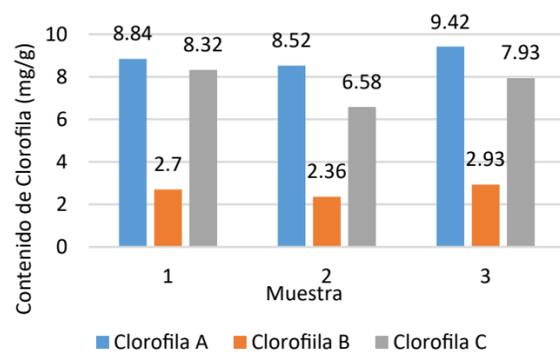


Fig. 4. Contenido de clorofila extraída utilizando tetracloruro de carbono.
 Fuente: Autores.

Los resultados de la Fig. 4 muestran que el uso de tetracloruro de carbono favorece la extracción de la clorofila A, siendo coherente con el color verde claro y brillante que presentan las muestras.

2) Clorofila extraída utilizando como solvente etanol

En la Fig. 5 se registra el comportamiento de la absorbancia de las 3 muestras utilizando etanol como solvente. Para las tres muestras se observan picos de absorbancia en longitudes de onda entre 660 nm y 675 nm.

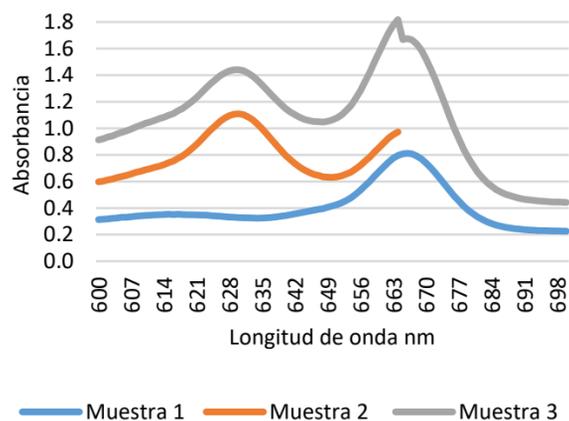


Fig. 5. Análisis espectrofotométrico de muestras extraída con Etanol.
 Fuente: Autores.

En la Tabla 1 se muestran los resultados del contenido de clorofila obtenidos utilizando etanol como solvente en la extracción. Los datos muestran que el etanol logró extraer una mayor cantidad de clorofila A y C con respecto a la clorofila B.

TABLA 1. CONTENIDO DE CLOROFILA UTILIZANDO ETANOL COMO SOLVENTE

Muestra	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila C	Clorofila total
	(mg/g)			
1	25.70	10.90	27.26	63.86
2	18.73	3.89	10.54	33.16
3	21.24	4.95	10.95	37.14

Fuente: Autores.

De acuerdo con los datos de la Tabla 1, se observa que el contenido de clorofila total en la muestra 1 es mayor que en las muestras 2 y 3, lo cual se atribuyó al estado de madurez de las cáscaras de sábila; debido a que las cáscaras utilizadas para la muestra 1 presentaron mayor grado de madurez que las utilizadas para las muestras 2 y 3. Estos resultados reflejan que la edad de la planta, procedencia y grado de madurez son factores que afectan directamente el contenido de clorofila.

Las muestras presentaron color verde oscuro debido a la presencia de la clorofila C que presenta tonalidades marrones rojizas [11]. En la Fig. 6 se presenta una muestra de la clorofila extraída utilizando etanol como solvente.



Fig. 6. Muestra de clorofila extraída utilizando etanol como solvente.
Fuente: Autores.

3) Clorofila extraída utilizando acetona como solvente

La Fig. 7 muestra el comportamiento de tres muestras analizadas en el espectrofotómetro.

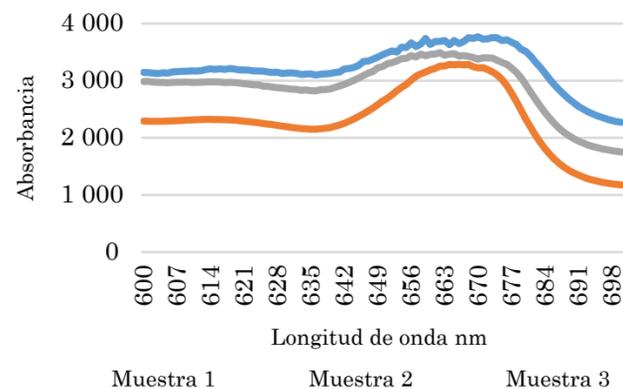


Fig. 7. Análisis espectrofotométrico de muestras extraída con acetona.
Fuente: Autores.

Las muestras registran los picos de absorbancia en el rango de longitud de onda de 650 nm entre 675 nm [7]. De acuerdo con los valores obtenidos durante los ensayos se pueden establecer que la acetona presenta una extracción mayor para la clorofila tipo C en comparación con la A y la B. El color de las muestras es verde intenso y opaco, siendo consistente este resultado con el color que presenta la clorofila C [11]. La Fig. 8 presenta la fotografía de una muestra de clorofila extraída utilizando acetona como solvente.



Fig. 8. Muestra de clorofila extraída utilizando acetona como solvente.
Fuente: Autores.

El contenido de clorofila cuantificado a partir de las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 se muestra en la [Tabla 2](#). Se observa que el contenido de clorofila C extraído es mucho mayor que el contenido de Clorofila A y B cuando se utiliza acetona como solvente.

TABLA 2. CONTENIDO DE CLOROFILA UTILIZANDO ACETONA COMO SOLVENTE.

Nº de muestra	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila C	Clorofila total
	(mg/g)			
1	38.30	37.66	102.72	178.58
2	34.60	25.73	66.68	127.01
3	35.90	36.13	90.03	162.06

Fuente: Autores.

4) Comparación del contenido de clorofila total

La comparación del contenido total de clorofila muestra que cuando se utilizó acetona como solvente se obtuvo la mayor cantidad de clorofila total, la [Tabla 3](#) presenta los datos de las tres muestras.

TABLA 3. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA TOTAL EXTRAÍDA CON CADA UNO DE LOS TRES SOLVENTES.

Nº de muestra	Solvente		
	Tetracloruro de carbono	Etanol	Acetona
	(mg/g)		
1	19.86	63.86	178.58
2	17.46	33.16	127.01
3	20.28	37.14	162.06

Fuente: Autores.

Analizando el contenido total de clorofila extraído con los tres solventes estudiados, se tiene como resultado que la acetona presenta una extracción más eficiente con un contenido de clorofila total de 178.58 mg/g y en las muestras predomina la clorofila C.

Estos resultados concuerdan con los encontrados en la extracción de clorofila presente en stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*), utilizando acetona [7]. La clorofila extraída correspondió a Clorofila C y se sometió a un proceso de absorción y remoción usando carbón activado y cal de grado alimentario. Así mismo se encontró una similitud con el contenido de clorofila extraída de *Phellinus spp.* [12], donde se aplica la misma metodología seguida en presente investigación, dando como resultado mayor contenido de clorofila C (36.55 mg/g) y un contenido de clorofila total de 42.11 mg/g, análogo al resultado obtenido en el ensayo de acetona que arroja un promedio clorofila C de 86.48 mg/g. Estos resultados concuerdan con los reportados por investigaciones uruguayas para cáscaras de fruto de guayabo [13].

En cuanto al mayor contenido de clorofila total registrado en el presente estudio (178.58 mg/g), es comparable con el contenido de clorofila encontrado en tuna (*Opuntia spp*) [10], donde en una extracción con acetona al 80% obtienen un total de 170.2 mg/g de clorofila. Cabe resaltar que la materia prima usada en los estudios anteriormente mencionados presenta características similares, como sus tejidos fibrosos, la capacidad de retención de agua y de desarrollarse en suelos áridos y con altas temperaturas.

5) Comparación del contenido de clorofila extraído utilizando acetona como solvente con un producto comercial

Se realizó un análisis a una muestra de un producto que se comercializa como “Clorofila”, los resultados del contenido de Clorofila A, B y C se muestran en la [Tabla 4](#) comparado con los mejores resultados obtenidos en el presente estudio.

TABLA 4. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA A, B, C Y CLOROFILA TOTAL.

Muestra	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila C	Clorofila total
	(mg/g)			
Muestra comercial	5.5	58.18	76.56	140.24
Muestra extraída con Acetona	38.30	37.66	102.72	178.58

Fuente: Autores.

El mayor contenido de clorofila se presentó para la Clorofila C en ambas muestras, lo que se coincide con el color que presentan; en cuanto a los contenidos de clorofila A y C fueron mayores en la muestra extraída con acetona como solvente; sin embargo, la muestra comercial presentó un contenido mayor de Clorofila B. El contenido de clorofila total fue mayor en la muestra obtenida en este trabajo, lo que indica que las cáscaras de sábila tienen un contenido de clorofila con potencial para ser utilizado como fuente de clorofila en productos naturistas.

B. Cálculo del rendimiento

Luego del proceso de rotaevaporación se obtuvo una oleorresina, con una consistencia viscosa y una textura oleosa de color verde aceituno brillante (Fig. 9).



Fig. 9. Muestra de oleorresina obtenida.

Fuente: Autores.

Teniendo en cuenta el peso inicial de la materia prima que fue de 100 g de cáscaras de sábila y el peso del producto final, es decir, la clorofila en forma de oleorresina, utilizando (5), se obtuvo un rendimiento del 8%.

El porcentaje que se obtuvo es bajo (8%), pero a su vez es aceptable, debido a que es un valor similar al reportado en una investigación realizada a diferentes oleorresinas comerciales a base de *Capsicum* [14]; en esa investigación se evaluó el rendimiento utilizando diferentes solventes como el hexano, acetato de etilo, acetona, los rendimientos fueron 2.9%, 4.2% y 6.1% respectivamente.

En investigaciones realizadas por la Corporación Universitaria Lasallista (Colombia) [14], el mayor rendimiento se presentó utilizando acetona como solvente (6.1%), lo cual concuerda con los resultados de la presente investigación; así mismo, se contrastó con una muestra comercial extraída con el mismo solvente donde su rendimiento es del 15.1%.

Por otra parte, en un estudio realizado por la UTP (Colombia) [15], donde se evaluó oleorresina de orégano (*Origanum vulgare*) en base húmeda y en base seca por medio de Soxhlet con etanol se registraron rendimientos del 23.57% y 28.7% respectivamente.

Analizando los estudios anteriormente nombrados, se puede decir que la oleorresina extraída con acetona presenta un buen rendimiento, que además es aceptado a nivel comercial lo que valida la participación de la oleorresina extraída de las cáscaras de la sábila en el mercado.

C. Evaluación de capacidad antioxidante

1) Método ABTS

El valor de la capacidad antioxidante para la clorofila extraída en esta investigación por el método ABTS fue de 13 826 mg eq. Trolox/100g y para la clorofila comercial fue de 8 261 mg eq. Trolox/100g.

Dentro de los estudios propuestos por otros autores se encuentran la determinación de la capacidad antioxidante en variedades de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.), realizado por la Fundación BUAP [16], en el que se registran resultados desde 502 hasta 1 281 mg eq. Trolox/100g, también se tiene que en nopales frescos (*Nopaleo cochenillifera*) se encontró una capacidad antioxidante entre 106.44 y 220.53 mg eq. Trolox/100g.

2) Método DPPH

El resultado obtenido al aplicar el método DPPH en la clorofila extraída a partir de las cáscaras de sábila fue de 18 125 mg eq. Trolox/100g y en el caso de la muestra comercial se obtuvo 9 354 mg eq. Trolox/100g.

Se observó que con ambos métodos la clorofila de cáscara de sábila presentó un poder antioxidante superior al de la clorofila comercial, esto puede deberse al contenido de clorofila total, compuestos fenólicos y aceites esenciales presente en la muestra que son los responsables de la capacidad antioxidante en los compuestos.

En otras investigaciones llevadas a cabo como la determinación de la capacidad antioxidante en el jugo de murta (*Ugni molinae* Turcz) con un valor de 3 643.70 mg eq. Trolox/100 g [17] y en el tumbo costeño (*Passiflora quadrangularis*) arrojó un valor 7 057.99 mg eq. Trolox/100 g [18] Ambos estudios presentan resultados inferiores a los obtenidos en esta investigación, aunque el tumbo costeño presenta capacidad antioxidante comparable con la clorofila comercial.

IV. CONCLUSIONES

La clorofila extraída de cáscaras de sábila presentó diferencias significativas de acuerdo con el solvente utilizado, cuando se utilizó tetracloruro de carbono, se encontró mayor contenido de Clorofila A y cuando se utilizó acetona se presentó mayor contenido de clorofila C.

La acetona fue el solvente que mostró una mejor extracción de la clorofila total (178.58 mg/g), la clorofila C está presente en mayor proporción en las muestras obtenidas utilizando acetona (102.72 mg/g).

La muestra obtenida utilizando acetona como solvente presentó mayor contenido de clorofila total comparada con la muestra de clorofila comercial.

Se obtuvo una oleorresina de cáscaras de sábila (*Aloe barbadensis*) con una consistencia viscosa y una textura oleosa de color verde aceituno brillante, el rendimiento alcanzado en la extracción fue del 8%.

El poder antioxidante por DPPH y ABTS obtenido de la clorofila de cáscaras de sábila fue mayor al obtenido de la clorofila comercial.

REFERENCIAS

- [1] Colombialoe, *Caracterización del gremio sabilero colombiano* Bo, Co: Cadena productiva de la sábila, 2007. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Sabila/Normatividad/D.C.%202007%20Febre-ro%20-%20Caracterizacion%20del%20Gremio%20Sabilero.pdf>
- [2] D. Corzo-Barragan, F. Salcedo-Galan y A. Pacheco, Desarrollo de una bebida mixta tipo néctar con cápsulas de Aloe vera (L.) Burm. f. y vitamina C *Rev UDCA Actual Divulg Cient*, vol. 22, no. 1, pp. 1–6, 2019. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1180>
- [3] C. Curbelo, M. E. Moreno, D. Ramírez y L. Crespo, “Hidrolisis ácida del bagazo de Aloe Vera (Sábila) para la obtención de pectina,” *Cent Azúcar*, vol. 44, pp. 18–26, 2017. Disponible en http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/97
- [4] Y. Salinas, D. Rubio y A. Díaz, “Extracción y uso de pigmentos del grano de maíz (*Zea mays* L) como colorante en yogur,” *Arch Latinoam Nutr*, vol. 55, no. 3, pp. 293–298, 2005. Disponible en <https://www.alanrevista.org/ediciones/2005/3/art-11/>

- [5] T. J. Romero y H. Echeverría, “Concentración de clorofila total en el extracto etanólico, procedente de *Chlorella* sp. Cultivada en efluentes de la industria pesquera,” *Boletín del centro de investigaciones biológicas*, vol. 32, n.3, pp. 79–193, 1998. Disponible en <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/173>
- [6] J. Cardona, G. Lopera, A. Montoya, A. Montoya, J. Peña, M. Gil, J. Benavides, M. Caicedo, L. Ríos y G. Restrepo, “Obtención de oleorresina de pimenton (*Capsicum annuum* L.),” *Rev Fac Quím Farmacéutica*, vol. 13, no. 1, pp. 5–9, 2006. Disponible en <https://revistas.udea.edu.co/index.php/vitae/article/view/504>
- [7] G. Ríos, D. Ramirez, C. Quintin, A. M. Ríos, M. Ramirez, R. Sales y M. Rosas, “Remoción de Clorofilas presentes en extracto de stevia (*Stevia rebaudiana bertonii*) por adsorción con carbón activado y precipitación con cal grado alimenticio,” *Acta Univ*, vol. 21, no. 7, pp. 67–75, 2017. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1209>
- [8] I. Heras, A. Alvis & G. Arrazola, “Optimization of the Anthocyanin Extraction Process and Evaluation of the Antioxidant Capacity of Eggplant (*Solanum melongena* L.),” *Inf tecnol*, vol. 24, no. 5, pp. 93–102, 2013. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000500011>
- [9] M. Kuskoski, A. Asuero, A. Troncos, J. Mancini-Filho y R. Fett, “Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos,” *Food Sci Technol*, vol. 25, no. 4, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
- [10] I. Figueroa, M. Martínez, E. Rodríguez, M. Colinas, S. Valle, S. Ramirez y C. Gallegos, “Contenido de pigmentos, otros compuestos y capacidad antioxidante en 12 cultivares de tuna (*Opuntia* spp.) de México,” *Agrociencia*, vol. 44, no. 7, pp. 763–771, 2010. Disponible en <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/837>
- [11] G. S. Bullerjahn & A. F. Post, “The Prochlorophytes: Are They More Than Just Chlorophyll a/b-Containing Cyanobacteria?,” *Crit Rev Microbiol*, vol. 19, no. 1, pp. 43–59, 2008. <https://doi.org/10.3109/10408419309113522>
- [12] J. Ayala-Zavala, A. Silva-Espinoza, M. Cruz-Valenzuela, M. Villegas-Ochoa, M. Esqueda, G. González-Aguilar & Y. Calderón-López, “Antioxidant and antifungal potential of methanol extracts of *Phellinus* spp. from Sonora, Mexico,” *Rev Iberoam Micol*, vol. 29, no. 3, pp. 132–138, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2011.09.004>
- [13] F. Zaccari, M. Puerto, B. Vignale y Cl. Pritsch, “Parámetros colorimétricos y contenido de pigmentos en cinco colores de cáscara de fruto de guayabo [*Acca sellowiana* (Berg) Burret],” *Agrociencia*, vol. 21, no. 2, pp. 23–30, 2017. Disponible en <http://agrocienciauruguay.uy/ojs/index.php/agrociencia/article/view/154>
- [14] M. Restrepo, “Oleorresinas de capsicum en la industria alimentaria,” *Rev Lasallista Investig*, vol. 3, no. 2, pp. 43–47, 2006. Disponible en <http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/rldi/index>
- [15] M. Salamanca y M. Sánchez, “Extracción y Caracterización de la Oleorresina del Orégano (*Origanum vulgare*),” *Trabajo de grado*, UTP, Per, CO, 2009. Disponible en <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1839/6650282S159.pdf;jsessionid=6D5F9E1B4F8D929FCB6718F5C7B6144C?sequence=1>
- [16] M. Flores-Álvarez, F. Vergara-Balderas y J. Guerrero-Beltrán, “Efecto del tipo de almacenamiento y tipo de procedimiento en los antioxidantes del nopal,” *TSIA*, vol. 5, no. 2, pp. 84–96, 2011. Recuperado de [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5\(2\)-Flores-Alvarez-et-al-2011.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5(2)-Flores-Alvarez-et-al-2011.pdf)
- [17] K. Mathias, “Estabilidad de Pigmentos Naturales, Polifenoles y Capacidad Antioxidante del Jugo de Murta (*Ugni molinae* Turcz),” *Tesis de Maestría*, ZAL, CLUACH, 2014. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/egm444e/doc/egm444e.pdf>
- [18] A. Muñoz, F. Ramos, C. Alvarado y B. Castañeda, “Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios,” *Rev Soc Quím Perú*, vol. 73, no. 3, pp. 142–149, 2007. Disponible en <http://sqperu.org.pe/>
- [19] M. A. Puertas-Mejía, Y. Rios-Yepes y B. Rojano, “Determinación de antocianinas mediante extracción asistida por radiación de microondas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de alto consumo en Antioquia-Colombia,” *Rev Cubana Plant Med*, vol. 18, n. 2, pp. 288–297, 2013. Disponible en <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=41089>
- [20] E. Manrique, “Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis,” *Ecosistemas*, vol. 12, no. 1, pp. 1–11, 2003. Disponible en <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/250>

Yair García Pacheco. Universidad del Atlántico (Colombia). <https://orcid.org/0000-0003-0974-5650>

Lourdes Isabel Meriño Stand. Universidad del Atlántico (Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-8142-319X>

Nuris Morales Pinto. Universidad del Atlántico (Colombia). <https://orcid.org/0000-0001-7627-521X>

Josefa Palacio. Universidad del Atlántico (Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-7120-3687>

Anggie Angarita S. Universidad del Atlántico (Colombia). <https://orcid.org/0000-0003-0703-1144>

Daniela Vargas-Barrios. Universidad del Atlántico (Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-1219-6560>