

Remoción de metales pesados en agua residuales utilizando las saponinas de la cabuya (*Furcraea andina*)

Jonatan Rodríguez Baquerizo Q.F.^a, Carlos Briones Galarza MS.c^b, Maria Baquerizo Cabrera MS.c^c,
Josué Rodríguez Santos MS.c^d

^{a,c}Facultad de Ciencias Químicas/Universidad de Guayaquil

^{b,d}Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas/Universidad de Guayaquil

{Jonathan.rodriquezb^a, Carlos.brionesg^b, maria.baquerizoca^c, josue.rodriquezs^d}@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Resumen— El agua, recurso principal en el desarrollo de la sociedad, ha generado nuevos métodos, recursos y técnicas en la implementación de lineamientos y normativas para su tratamiento, fundamentales para obtener un agua de buena calidad sanitaria.

La presente investigación determino y cuantifico las saponinas presentes en la hoja de la cabuya (*furcraea andina*), como posible bio-surfactante en la eliminación de metales pesados en el tratamiento de aguas residuales. Para la extracción de saponinas se utilizó dos métodos de obtención de materia vegetal a su vez se comparó y verifico los métodos con relación a su porcentaje de saponina obtenidas al final del análisis. Utilizando el método de la espuma, como método cualitativo-cuantitativo y el de doble extracción gravimétrica como método cuantitativo.

Los metales pesados afectan los ecosistemas debido a su biomagnificación, son de gran importancia económica, debido a los costos elevados en los tratamientos utilizados para la eliminación de estos del ecosistema y por los daños que ocasionan a la salud, con enfermedades tales como: retrasos en el desarrollo, varios tipos de cáncer, daños en los riñones, incluso en algunos casos la muerte.

Para cuantificar en aguas residuales el grado de contaminación y establecer el sistema de tratamiento más adecuado, se usan parámetros de normativas oficiales como Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno, estos parámetros están enfocados en reducir los contenidos de materia orgánica y nutrientes, eliminar patógenos y parásitos, estas normas no consideran índices de cantidad de metales pesados para considerar un agua aceptable, o algún método bio sustentable para su eliminación.

En la cuantificación de las saponinas como posible bio-surfactante para eliminar metales pesados en aguas residuales se obtuvo como resultados: En el método de la espuma muestra #1 1.038%, muestra #2 0.315%; y con el método doble extracción gravimétrica muestra #1 1.48%, muestra #2 0.48 %, el cual demostró que la hoja de la cabuya contiene saponinas.

Palabras claves-- Cabuya, materia vegetal, extracción, saponinas, bio-surfactante, eliminación metales pesados.

Abstract— Water, a major resource in the development of society, has generated new methods, resources and techniques in the implementation of guidelines and standards for its treatment, foundations for obtaining water of good sanitary quality.

The present investigation determined and quantified the saponins in the leaf of the hut (*furcraea andina*), as possible bio-surfactant in the elimination of heavy metals in the treatment of waste water. For the extraction of saponins we used two methods of obtaining vegetable matter in turn we compared and verified the methods relative to their percentage of saponin is obtained at the end of the analysis. Using the foam method, as a qualitative-quantitative method and double-gravimetric extraction as a quantitative method.

Heavy metals affect ecosystems due to their biomagnification, they are of great economic importance, due to the high costs in the treatments used for the elimination of these from the ecosystem and the damages that cause to health, with diseases such as delays in development, various cancers, damage to the kidneys, even in some cases death.

In order to quantify the degree of contamination in the wastewater and to establish the most appropriate treatment system, official parameters such as Chemical Demand and Oxygen Biochemistry are used, these parameters are focused on reducing the contents of organic matter and nutrients, eliminating pathogens and parasites, these standards do not consider indices of quantity of heavy metals to consider acceptable water, or some bio-sustainable method for disposal.

In the quantification of the saponins as a possible bio-surfactant to remove heavy metals in waste water were obtained as results: In the foam sample method # 1.038%, sample # 2 0.315%; and with the double extraction gravimetric method sample # 1 1.48%, sample # 2 0.48%, which demonstrated that the leaf of the cottage contains saponins.

Key words: Cabuya, vegetal matter, extraction, saponins, bio-surfactant, heavy metals removal.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el urgente deseo de preservar el medio ambiente, se debe a la tendencia actual en la forma de vida de los seres humanos, forma de vida que está impactando al medio ambiente en forma negativa, siendo necesario

tomar medidas para preservar la vida. Tratados internacionales, documentales y productos han surgido de la necesidad de velar por nuestro mundo y el buen vivir.

Teniendo como fuente principal para ser humano el uso de agua, se han implementado parámetros para la calidad del agua, la cual puede ser determinada con análisis físico, químico y biológico que si no se encuentran dentro de los parámetros, aceptados por normativas universales, puede implicar una afectación a la salud.

Existen métodos para el tratamiento de agua de uso doméstico e industrial, empleando el término de estas aguas como aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales.

Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen.

Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. [1]

En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de aguas pluviales. [1]

Para cuantificar el grado de contaminación y poder establecer el sistema de tratamiento más adecuado, se utilizan varios parámetros expresados en las normativas oficiales como Demanda Química y Bioquímica de oxígeno, estos resultados están más enfocados en reducir el contenido en materia orgánica de las aguas, reducir su contenido en nutrientes, y eliminar los patógenos y parásitos. [1]

Estos objetivos se logran por medio de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas.

No tomando en cuenta como índice para aceptación del agua la cantidad de metales pesados presentes, tampoco considera algún método bio sustentable para su eliminación.

Investigaciones científicas han demostrado las repercusiones negativas de los metales pesados en el ecosistema y la salud del ser humano cuya exposición está relacionada con problemas de salud como: retrasos en el desarrollo, varios tipos de cáncer, daños en los riñones, incluso con casos de muerte. [2]

La cabuya, planta perenne de tallo corto, típica de los Yungas y vertientes occidentales andinas, se encuentra desde América Central hasta América del Sur, es resistente a terrenos áridos, las hojas crecen desde el suelo, son grandes, lanceoladas y carnosas de color blanco-azulado o blanco-grisáceo, saliendo todas desde el centro donde se van formando hasta la separación, con espinas en su borde de casi 2 cm muy agudas y finas.

En Ecuador se cultiva la cabuya desde tiempos inmemorables y solo se aprovecha el 4% de la planta, que corresponde a la fibra y el otro 96% está compuesto por jugo y bagazo. [3]

Siendo una planta silvestre de clima templado-frío. Esta planta tiene varios usos en el campo ecuatoriano; utilizándose la fibra para elaboración de productos textiles, alimento para el ganado; Además se obtienen precursores hormonales de esteroides a partir de las hojas. [4]

La cabuya, contiene gran cantidad de pulpa y de jugo (chaguarmisque), utilizado por los aborígenes como medicina ancestral, incluso tomada licor. [4]

Se cultiva principalmente en la provincias de Imbabura, Tungurahua, Pichincha, Santo Domingo de Los Tsáchilas y Cotopaxi, entre otras zonas: Intag, Lita, Cotacachi, Atuntaqui, Picaihua, Cubijíes, Chota, Pujilí, Isinche, entre otras. [4]



Figura 1a.- Planta de Cabuya (*Furcraea andina*)
Fuente. Jose Hurtado Museo de Arqueología, Antropología, e Historia de Perú



Figura 1b. Artesanías con cabuya
Fuente. Paucar Catherine Ruiz Hugo

La especie *Furcraea Andina* o cabuya se ubica en las siguientes categorías taxonómicas.

TABLA I
Clasificación taxonómica *Furcraea andina*

División	Embriofitas Sifonogamas
Sub división	Angiospermas
Clase	Monocotiledoneas
Orden	Lilifloras
Familia	Amarilidáceas
Sub familia	Agavoidea
Genero	<i>Furcraea</i>
Especie	<i>Furcraea Andina</i>

Fuente [4]

El cultivo adecuado de cabuya se logra a partir de los parámetros siguientes:

Exigencias Agroecológicas del Cultivo

- Clima: Templados, secos.
- Temperatura: 19 – 32° C (soporta temperaturas bajas)
- Humedad: 70 – 90%
- Pluviosidad: 300 – 1600 mm anuales
- Altitud: 1300 – 2820 msnm. [5]

Requerimientos edáficos

- Textura: Arenosa, Franco arenosa, permeables, profundos, fértiles.
- Acidez: pH 5.0 – 6.5
- Tipo de suelo: Suelos de cordillera, sueltos, permeables. [5]

Siembra

- Distancia de siembra: 1.5 – 2,0 m entre plantas y de 3 a 4 m para las calles.
- Densidad de plantas: 2000 – 3000 plantas por hectárea. [5]
- Época de plantación: Al inicio del período de lluvias o con riego.

Técnicas de Cultivo

- Selección del terreno: Preferible planos, sin grandes ondulaciones o accidentes. Preparación del terreno: Limpieza, eliminar las piedras grandes.
- Trazado de la plantación: Siguiendo las curvas de nivel. Hoyado: 20 x 30 cm separando la capa más fértil de la otra tierra.
- Fertilización de fondo: Al fondo del hueco se agrega materia orgánica, residuos.
- Fertilización: Abonado cada 4 o 5 años, con estiércol de ganado vacuno o caprino descompuesto. [5]

Plagas y Enfermedades principales

- Plagas Insectiles: Cortador del tallo, Cochinilla, Barrenador del tallo
- Enfermedades Fúngicas: Mancha de la hoja, Pudrición seca del cuello, Pudrición del cuello. [5]

SAPONINAS, DESAPROVECHADO

COMPONENTE

La parte desaprovechada de la planta posee grandes características que, al ser explotadas pueden brindar un gran valor industrial a dicho cultivo. [6]

Adicionalmente la hoja de la cabuya posee saponinas, que pueden actuar como agentes tensoactivos biodegradables, reduciendo la tensión superficial. [7]

Las saponinas son componentes tenso activos naturales que pueden ser obtenidos de numerosas plantas. Una fuente natural para obtención de estas sustancias y que no está siendo utilizada es la cabuya que hasta ahora es un recurso poco explotado y muchas veces desechado.

El extracto de la hoja es una suspensión de características variables que son dependientes de la edad de la planta, la estación del año y las características del suelo. Presenta un color verde ocre y es de olor fuerte. La densidad media es cercana a los 1.02 kg/L, con un pH variable entre 4 y 5. De forma cualitativa está conformado por: agua (85 %), celulosa (6 % D-glucosa), materia orgánica y amorfa (8 % constituida por sacarosa, proteínas, nitrógeno, fósforo, calcio, potasio, saponinas y sapogeninas) y minerales (1 %). [7]

Las saponinas esteroidales se encuentran por lo general en las familias de la clase monocotiledónea, como son: Liliaceae (Agavaceae), Dioscoreaceae y Amaryllidaceae.

La extracción de saponinas a partir de diversos materiales biológicos ha sido reportada, bajo múltiples procedimientos, sin embargo dada la naturaleza en gran manera polar de estos compuestos, todos los métodos coinciden en la extracción en caliente o en frío, con agua o alcoholes de bajo peso molecular, sobre salen el uso de metanol, etanol, butanol y mezclas de diferentes proporciones de estos alcoholes y agua [3]

Las saponinas son metabolitos secundarios que pertenecen al grupo de los glicósidos, donde se incluyen a las sustancias constituidas por azúcares en forma de acetales, son solubles en agua produciendo espumabilidad cuando las soluciones son agitadas. Consisten de un núcleo lipofílico que puede presentar una estructura esteroide o triterpenoide, con una o más cadenas de carbohidratos. Al núcleo lipofílico se le denomina aglicón, por ser el grupo que está enlazado a un átomo de carbono anomérico, que es el átomo de carbono enlazado a dos oxígenos, o a un oxígeno y cualquier otro heteroátomo, como nitrógeno. [8]

La naturaleza química del aglicón definirá la clasificación de la saponina como esteroide o triterpenoide. [8]

Las saponinas tienen un amplio rango de actividades biológicas tales como su acción antimicrobiana, antiviral, anticancerígena, hipolesterolemia, hipoglucémica, antitrombótica, diurética, antiinflamatoria y molusquicida.

Las saponinas esteroidales son compuestos que poseen una estructura compleja formada por un núcleo esteroide hidrofóbico y una parte hidrofílica constituida por unidades de monosacáridos.

Estas están ampliamente distribuidas en el reino vegetal y aunque en mayor o menor medida se encuentran en una gran cantidad de plantas, son especialmente abundantes en algunas familias, entre ellas la Agavaceae. [9]

Muy comúnmente, a las saponinas esteroideas se las denomina con nombres vulgares con terminación INA. La IUPAC establece el nombre de estas a partir del núcleo básico ESPIROSTANO. [10]

El aglicón proporciona un grupo hidroxilo para la formación de un acetal, un derivado que surge de la reacción entre un grupo funcional cetona o un aldehído, y dos moléculas de alcohol, con la pérdida de una molécula de agua. Los carbohidratos que se unen al aglicón deben estar en forma de un hemiacetal

La porción esteroide de las saponinas esteroideas (también denominada sapogenina o aglicona esteroide) se origina por la ruta de la acetil Coenzima vía ácido [10]

Las saponinas esteroideas por su carácter glicosídico, son insolubles en solventes apolares. Para obtenerlas de las plantas o animales, el material seco y molido se desengrasa previamente con un solvente apolar (generalmente éter de petróleo o n-hexano). [10]

La investigación de las saponinas ha tenido su mayor desarrollo en países como China y Tailandia en donde han extraído e identificado gran cantidad y variedad de saponinas de diferentes especies de plantas y con distintos métodos de extracción. [6]

Por hidrólisis de las saponinas se obtienen las sapogeninas esteroideas, de gran interés para la industria farmacéutica por ser precursores en la síntesis de hormonas y corticoides.

En la literatura se encuentra una gran cantidad de trabajos en los que reportan la extracción de saponinas. Los cuales se pueden destacar la existencia de un tronco común en las metodologías utilizadas que se puede resumir en los siguientes pasos:

Proceso de desengrase del material vegetal. - El mismo tiene como objetivo eliminar los compuestos lipídicos que posee la planta, que pueden afectar operaciones posteriores. El desengrase puede realizarse directamente al material vegetal o a extractos obtenidos de éste.

Obtención del "crudo" de saponinas. - Se realiza la extracción del material vegetal empleando solventes polares tales como metanol, etanol y n-butanol o mezclas hidroalcohólicas de cada uno de ellos. El n-butanol es muy utilizado por su especificidad para este tipo de compuestos.

Hidrólisis de las saponinas. - Generalmente se realiza por vía química utilizando un ácido mineral como catalizador y su finalidad es liberar las sapogeninas.

Extracción de las sapogeninas liberadas en el proceso de hidrólisis: En este proceso se utilizan solventes de mediana polaridad como acetato de etilo y cloroformo.

La hidrólisis de las saponinas y la extracción de las sapogeninas se realizan para obtener las sapogeninas que se encuentran en forma de glicósidos y proceder a su caracterización como información previa en la elucidación estructural de las saponinas.

En el aislamiento y purificación de estos compuestos los métodos cromatográficos juegan un papel decisivo.

Investigaciones reportan el uso de la cromatografía de capa delgada preparativa (CCDP) y cromatografía de columna (CC). Entre los adsorbentes más utilizados en estas técnicas se encuentran la alúmina, silicagel de diferentes granulometrías y más recientemente sephadex LH-20.

La cromatografía gaseosa (CG) y más recientemente la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). [11]

El análisis por cromatografía rara vez tiene por objetivo determinar la composición total de la muestra, sino más bien revelar la presencia o determinar un compuesto para el que se ha elegido un detector característico. Para el análisis de saponinas, la HPLC es la técnica más poderosa y más frecuentemente utilizada, debido a que con esta se pueden separar eficazmente compuestos no volátiles y altamente polares. [8]

La cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) se utiliza para la determinación de aglicones y de saponinas. Las separaciones se realizan generalmente sobre columnas de sílica gel (fase normal) y octilsilano (C8) u octadecilsilano (C18) (fase reversa), teniendo una clara preferencia las columnas C18, con diámetros de partícula de 5 a 10 mm siendo una de las principales formas de detección para HPLC que presenta ciertas ventajas en comparación con otros detectores [8]

El problema principal que se presenta en esta técnica es la detección, ya que la carencia de grupos cromóforos en la mayoría de las saponinas dificulta su detección mediante luz ultravioleta. Sólo muy pocas saponinas muestran una absorción máxima en el rango UV; por ejemplo, las cucurbitacinas, que pueden ser detectadas a 254 nm. [8]

En algunos trabajos encontrados en la literatura aparece el uso combinado de estas técnicas, especialmente en el caso de las saponinas, que por ser altamente polares y solubles en agua su purificación es una tarea difícil. [12]

Teniendo en cuenta que los efectos principales de las saponinas son reducción de la tensión superficial, formación de espuma persistente, emulsificación de grasas y aceites.

Las saponinas esteroideas se pueden reconocer fácilmente en análisis fitoquímico preliminares mediante ensayos de espuma y hemólisis de glóbulos rojos.

METALES PESADOS

Los metales pesados afectan el funcionamiento de los ecosistemas debido a su biomagnificación, a su vez, son de gran importancia económica, debido a los costos elevados en los tratamientos utilizados para la eliminación de estos del medio ambiente y por los daños que ocasionan a la salud. [13]

Como constituyentes importantes de muchas aguas podemos encontrar un número importante de metales pesados, aunque su cuantificación sea a niveles de traza. Cualquier catión que tenga un peso atómico superior a 23 (que corresponde al peso atómico del sodio) se considera un metal pesado; así, las aguas residuales contienen gran número de metales pesados diferentes. Entre ellos se puede destacar níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio, entre otros. [14]

Las fuentes habituales de aguas residuales que contienen grandes cantidades de metales como el cromo, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc proceden, principalmente, de limpieza de metales, recubrimientos, curados, refinado de fosfato y bauxita, generación de cloro, fabricación de baterías y teñidos. Los efectos que provocan sobre el medio ambiente son los siguientes: mortalidad de los peces, envenenamiento de ganado, mortalidad de plancton, acumulaciones en el sedimento de peces y moluscos. [14]

Los surfactantes son sustancias en solución que pueden “cambiar la naturaleza hidrofílica de un sistema a hidrofóbica”, es decir, “eliminar la afinidad de alguno de los elementos que tenemos con respecto al agua”, lo que serviría para separar los metales pesados que se han diluido en las aguas. Esto hace posible separar todas las partículas, incluso las de tamaños tan diminutos que no son visibles. [15]

La remoción de metales pesados en agua puede llevarse a cabo por diversos métodos como la precipitación, adsorción sobre carbón activado, extracción con solventes, ultrafiltración, osmosis inversa e intercambio iónico, por adsorción sobre hojas de plantas, así como por aglomeración

La aglomeración esférica (AE) es una técnica que consta de cuatro etapas:

A) La precipitación de metales pesados en medio acuoso mediante la adición de un agente de precipitación, normalmente NaOH o Ca(OH)_2 , bajo un intervalo establecido mínimo y máximo de magnitudes de pH, para lograr la precipitación completa del metal y hasta alcanzar un tamaño de partícula coloidal [16]

B) La adición de un agente hidrofobizante, que constituye una sustancia de superficie activa como el ácido oleico ($\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$), oleato de sodio ($\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2\text{Na}$), o largas cadenas de alcoholes alifáticos, cuyo papel consiste en cambiar la afinidad hidrofílica del sistema coloidal hacia una naturaleza hidrofóbica. [16]

C) La humectación de las partículas hidrofóbicas suspendidas en medio acuoso a través de un líquido colector, normalmente n-heptano (C_7H_{16}) [16]

D) El crecimiento de los núcleos cristalinos por aglomeración, todo ello bajo estricto control de parámetros fisicoquímicos como la temperatura, la magnitud de pH, la velocidad de agitación y el tamaño de partícula. [16]

El elevado costo de los agentes hidrofobizantes industriales mencionados anteriormente, utilizados en la

segunda etapa de AE, así como las altas concentraciones de sodio residual al final del proceso de remoción de metales pesados, proponen, en este proyecto investigativo, a sustituir las sustancias tensoactivos industriales por agentes de superficie activa de origen natural, que constituyen extractos de material, principalmente agaváceas ricas en saponinas [16]

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal (hojas) de cabuya (*Furcraea andina*) fue recolectado en la sierra ecuatoriana específicamente en las inmediaciones del páramo ecuatoriano, en las afueras de la ciudad de Ambato perteneciente a la provincia de Tungurahua.

EXTRACCIÓN

Una vez recolectada las hojas de cabuya se realizó un lavado posterior, se procedió a dos métodos de extracción de la materia orgánica.

Primer método se cortó en pequeños pedazos las hojas, se secaron en una estufa a 40 °C hasta obtener un peso constante, una vez seco el material vegetal se efectuó a la molienda hasta polvo fino. Este polvo se maceró en una mezcla de metanol y agua a temperatura ambiente se hicieron extracciones por triplicado y los tiempos de extracción fueron de 24 horas teniendo la relación de solvente-polvo fueron 14ml/g siendo las relaciones volumétricas para el sistema de solvente utilizados de metanol-agua 35/65.

Segundo método se procedió a triturar la hoja de cabuya hasta obtener un jugo color verde con olor característico, se maceró en una solución hidroalcohólica (metanol-agua) teniendo como tiempo de maceración 24 horas, una relación de solvente/jugo 16ml/g con una solución hidroalcohólica metanol-agua 40/60

EVAPORACION DE SOLVENTES

Terminado el tiempo de maceración se procedió a filtrar usando papel filtro como medio, terminado el filtrado para la eliminación del alcohol se efectuó una evaporación al vacío en un rota evaporador, seguido de un baño maría para una eliminación completa del metanol. [17]

Los extractos secos de saponinas libres de solvente se diluyeron agregando suficientes cantidades de agua destilada (100 ml) que disolvieran a temperatura ambiente las muestras secas adheridas a los recipientes de vidrio.

DESENGRASE

Para evitar la presencia de contenidos lipídicos que pudieron ser extraídos junto con las saponinas se desarrolló un proceso de desengrase. Se tomó una alícuota de 25 ml del extracto diluido y en un embudo de separación de 100 ml se procedió a desengrasar con n-

hexano (escogido por sus características de solvente apolar) en proporción 1:1. [6]

La mezcla se agitó por 20 segundos, para una posterior purga de los gases formados, esta operación se repitió en tres ocasiones. Terminada la agitación se dejó la mezcla en reposo 2 horas permitiendo la separación de los compuestos en tres fases: lipídica, n-hexano en exceso, y extractos de saponinas libres de grasas. Las dos primeras fases nombradas anteriormente son desechadas. [6]

PRUEBA DE LA ESPUMA

Colocar $0,50 \pm 0,02$ ml del extracto purificado en un tubo de ensayo, Añadir $5,0 \text{ cm}^3$ de agua destilada y taponar el tubo. Poner en marcha el cronómetro y sacudir fuertemente el tubo durante 30 segundos.

Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos, luego sacudirlo otra vez durante 30 segundos.

Dar al tubo una última sacudida fuerte, dejar el tubo en reposo durante 5 minutos, luego medir la altura de espuma con aproximación al 0,1 cm.

Esta prueba fue realizada con la finalidad de determinar la presencia de saponinas. [18]

DOBLE EXTRACCIÓN GRAVIMÉTRICA

Método descrito por Harborne

Se mezcló un peso medido (5 g) de la muestra purificada 50 ml de una solución de etanol al 20% en un matraz.

La mezcla se calentó con agitación periódica en baño de agua durante 90 minutos a 55°C .

Se filtró después a través de papel de filtro (nº 42). El residuo se extrajo con 50 ml de etanol al 20% y los dos extractos se vertieron juntos y el extracto combinado se redujo a aproximadamente 40 ml a 90°C y se transfirió a un embudo de separación en el que se añadieron 40 ml de éter di etílico y se agitó vigorosamente.

La extracción por extracción se realizó repetidamente hasta que la capa acuosa adquirió un color claro. Se extrajeron las saponinas con 60 ml de butanol.

Los extractos combinados se lavaron con solución acuosa de cloruro sódico al 5% (NaCl) y se evaporaron a sequedad en un plato de evaporación previamente pesado.

Se secó a 60°C en el horno y se volvió a pesar después de enfriar en un desecador.

El proceso se repitió tres veces más para obtener un promedio.

CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS

La cuantificación de saponinas se desarrolló dos métodos:

Método de la espuma, es cual es un método para determinar la presencia y a partir de la cantidad de espuma formada se cuantifica, pero es un ensayo preliminar.

Método doble extracción gravimétrica, se lo empleo para determinar de una manera más exacta la cantidad de saponinas que contiene la hoja de cabuya

CÁLCULOS

El contenido de saponinas, expresado en porcentaje, se calcula aplicando las siguientes ecuaciones:

Método de la Espuma

$$= \frac{(0.646 * h) - 0.104}{m * 10}$$

Ps = contenido de saponinas, porcentaje en masa

h = altura de espuma, en cm

m = masa de la muestra, en g.

Método doble extracción gravimétrica

$$P (\%) = \frac{2 - 1}{e\ me a} \frac{100}{1}$$

W₁ = peso de plato de evaporación

W₂ = peso del plato de evaporado + muestra

RESULTADOS

El estudio está basado en determinar la presencia y el porcentaje de saponinas presentes en la hoja de la cabuya utilizando como métodos método de la espuma, para verificar presencia de saponinas y método de doble extracción gravimétrica para su cuantificación

MÉTODO DE LA ESPUMA

En la tabla II se presenta los resultados de los ensayos realizados por triplicado al extracto crudo de saponina, donde la formación de espuma demuestra un resultado preliminar positivo para la presencia de saponinas.

TABLA II

Resultados del método espuma

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO	ALTURA ESPUMA mm	MUESTRA 1	ALTURA ESPUMA mm	MUESTRA 2
Saponina	8.1 cm	1.025 %	2.5 cm	0.302 %
	8.3 cm	1.051 %	2.7 cm	0.328 %
	8.2 cm	1.038 %	2.6 cm	0.315 %
\bar{X}_m		1.038 %		0.315 %

MÉTODO DOBLE EXTRACCIÓN GRAVIMÉTRICA

Método que confirma la presencia de saponinas en la hoja de la cabuya, los ensayos indicaron que existe en la muestra #1 1.525 % y en la muestra # 2 0.454%, en peso de materia orgánica

TABLA III

ENSAYO	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Saponina	1.553 %	0.452 %
	1.438 %	0.468 %
	1.525 %	0.443 %
X_m	1.525 %	0.454 %

Resultados valores método doble extracción gravimétrica
Fuente: Elaboración propia

En la figura 2, se aprecia un incremento en porcentaje de saponinas de las muestras analizadas por el método de doble extracción gravimétrica, lo cual indica que el método es más sensible en relación a la detección de saponinas.



Figura 2. Comparación de métodos
Fuente: Elaboración propia

DISCUSION / RECOMENDACIONES

Se puede concluir a partir de los análisis realizados que la cabuya (*Furcraea andina*) siendo un cultivo andino - ecuatoriano que por décadas ha sido considerado solamente como fuente textil, posee características nada explotadas, conteniendo en su composición química saponinas.

El uso de métodos de secado en la obtención de materia vegetal demostró mejores resultados que el método de triturado. Para la obtención de saponinas.

Empleando técnicas de extracciones adecuadas se puede obtener gran cantidad de saponinas, las cuales se las puede emplear como agente biosurfactante o materia surfactante de origen vegetal, la cual puede emplearse en una de las etapas de remoción de metales pesados.

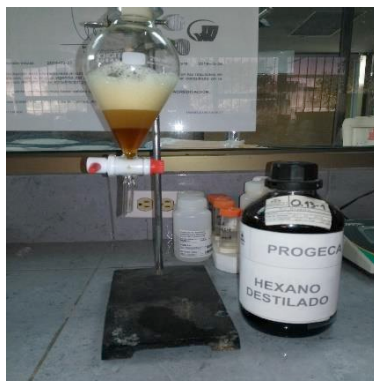
REFERENCIAS

- [1] A. Marsilli, «Tierramor,» 12 Diciembre 2005. <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>.
- [2] J. E. Baldeón Cajo, «ESTUDIO DE RETENCION DE METALES PESADOS EN AGUAS SINTÉTICAS (PREPARADAS EN EL LABORATORIO) UTILIZANDO COMO LECHO FILTRANTE LA FIBRA DE CABUYA FURCRAEA ANDINA COMO ALTERNATIVA DE BIORREMEDIACIÓN,» Riobamba, 2013.
- [3] R. Hernandez, E. Lugo, L. Diaz y S. Villanueva, «Universidad de Guadalajara,» 21 Junio 2005. <http://www.redalyc.org/pdf/730/73000311.pdf>.
- [4] F. M. Jurado Arturo y C. M. Checa Gordillo, «Repositorio Digital Universidad tecnica del norte,» 01 Julio 2014. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2658>. [Último acceso: 01 Agosto 2016].
- [5] S. E. Jurado López y X. S. Sarzosa Pazmiño, «ESTUDIO DE LA CADENA AGROINDUSTRIAL DE LA CABUYA EN LA PRODUCCIÓN DE MIEL Y LICOR DE CABUYA,» Quito, 2009.
- [6] j. I. Perez Ochoa y I. a. Quitian Mendez, «Universidad industrial de santander,» 20 Mayo 2009. <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6493/2/130407.pdf>.
- [7] W. A. Lozano Rivas, «Uso del extracto de fique (*Furcraea* sp.) como coadyuvante de coagulación en tratamiento de lixiviados,» *Revista internacional de contaminación ambiental*, pp. 219-227, 2012.
- [8] N. Contreras y A. Garcia, «Academia.com,» 29 Enero 2010. https://www.academia.edu/8522936/TESIS_EXTRACCI%C3%93N_CUANTIFICACI%C3%93N_Y_AISLAMIENTO_DE_SAPONINAS. [Último acceso: 14 Agosto 2016].
- [9] A. Cervantes Dueñas, «Presencia de saponinas en *Agave* spp.,» *Revista electrónica de Biología, Universidad Autónoma de Zacatecas*, pp. 2-3, 2016.
- [10] A. Martínez Martínez, «SAPONINAS ESTEROIDES,» Medellín, 2001.
- [11] J. O. Guerra de León, «Las saponinas y sapogeninas esteroidales,» 10 Diciembre 2007. <http://www.monografias.com/trabajos55/saponinas-sapogeninas/saponinas-sapogeninas2.shtml>. [Último acceso: 14 Agosto 2016].
- [12] A. H. Salazar Toaquiza, «ESTUDIO FITOQUÍMICO DEL EXTRACTO ETANÓLICO *Desmodium adscendens* (Hierba del infante) Y ELABORACIÓN DE UNA TÉCNICA DE CUANTIFICACIÓN DEL METABOLITO DE MAYOR PRESENCIA,» Riobamba, 2015.
- [13] N. A. Cuizano y A. E. Navarro, «Biosorción de los metales pesados por algas marinas: posible solución a la contaminación en concentraciones bajas,» 16 06 2008. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2662606.pdf>.
- [14] E. Simon, Grupo de Físicoquímica de Procesos Industriales y Universidad Complutense de Madrid, «Madrid el agua,» 05 Febreo 2008. <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/02/02/83698>.
- [15] d. I. c. y. t. Agencia Iberoamericana para la difusión ,

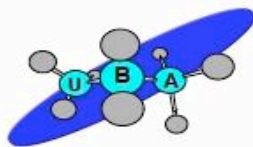
«Agencia Iberoamericana para la difucion de la ciencia y tecnologia.» 06 Marzo 2013.
<http://www.dicyt.com/noticias/extractos-vegetales-ayudan-a-descontaminar-aguas-con-metales-pesados>.

- [16] F. Alcazar medina, J. Proal-Nájera , T. Gallardo-Velázquez, I. Chàirez Hernandez y C. Antileo-Hernandez, «Aplicación de extractos de lechugilla en la remocion de cobre en los modelos de agua por aglomeracion esferica,» Revista Mexicana de Ingenieria Quimica, Mexico, 2013.
- [17] G. A. Arcos Perez y A. E. VÍvar Robles, «EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LAS SAPONINAS EXTRAÍDAS DE Agave americana COMO AGENTES PRECIPITANTES Y COADYUVANTES,» Quito, 2015.
- [18] Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, «DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAPONINAS POR MEDIO DEL MÉTODO ESPUMOSO (MÉTODO DE RUTINA),» Quito, 1988.

ANEXO A

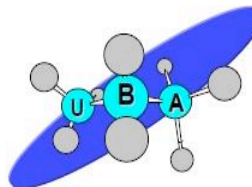


ANEXO B



**Analytical
Laboratories**
Testing & Consulting

WWW.UBA-LAB.COM



**Analytical
Laboratories**
Testing & Consulting

WWW.UBA-LAB.COM

**INFORME DE RESULTADOS
IDR 16073-2016**

Fecha: 02 de Diciembre del 2016

DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	Jonathan Rodríguez Baquerizo					
Dirección	Rosendo Avilés Y Av. Quito					
Teléfono	09-81351832					
Contacto	Q.F. Stuard Montoya V.					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extracto vegetal	Cantidad	Aprox. 40 mL			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Frasco plástico estéril	Fecha de recepción	18 de Noviembre del 2016			
Toma de muestra	Realizado por Cliente	Fecha toma de muestra	N.A.			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	24.5	Humedad (%)	60.5			
Fecha de Inicio de Análisis	28 de Noviembre del 2016					
Fecha de Finalización del análisis	28 de Noviembre del 2016					
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Limite de detección
Muestra # 1 Extracto Vegetal	UBA-16073-1	Saponinas	Harbome Phytochemical Method 1973	1.52	%	-
Observaciones:						
1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.						
2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.						
3. Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica.						

Nelson Montoya V. M. Sc.
Gerente General & Técnico
R.P. 1215

FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1

CONTROL DE CALIDAD

ALIMENTOS FARMACEUTICOS AMBIENTALES COSMETICOS

Av. Carlos L. Plaza Dañín, Cda. La FAE, Mz 20 Solar 12 (frente al primer bloque de la Asociación)
FBX: 2288-578, 601-7746 Cel.: 0992737500 / 0984780671
e.mail: nmontoya@uba-lab.com
nmontoya@mail.com
Guayaquil-ECUADOR

**INFORME DE RESULTADOS
IDR 16074-2016**

Fecha: 02 de Diciembre del 2016

DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	Jonathan Rodríguez Baquerizo					
Dirección	Rosendo Avilés Y Av. Quito					
Teléfono	09-81351832					
Contacto	Q.F. Stuard Montoya V.					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extracto vegetal	Cantidad	Aprox. 40 mL			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Frasco plástico estéril	Fecha de recepción	18 de Noviembre del 2016			
Toma de muestra	Realizado por Cliente	Fecha toma de muestra	N.A.			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	24.5	Humedad (%)	60.5			
Fecha de Inicio de Análisis	28 de Noviembre del 2016					
Fecha de Finalización del análisis	28 de Noviembre del 2016					
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Limite de detección
Muestra # 2 Extracto Vegetal	UBA-16074-1	Saponinas	Harbome Phytochemical Method 1973	0.45	%	-
Observaciones:						
1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.						
2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.						
3. Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica.						