



Vol 16. N° 2  
Abril - Junio 2016

ISSN: 1317-2255 (IMPRESO)  
Depósito Legal: pp 20002FA828  
ISSN: 2477-9636 (ELECTRÓNICO)  
Dep. legal ppi 201502ZU4642

# Multiciencias

R M C<sub>s</sub>

N<sub>F</sub> LUZ

Universidad del Zulia  
Revista Arbitrada Multidisciplinaria



LUZ Punto Fijo

Núcleo LUZ-Punto Fijo  
Programa de Investigación y Postgrado  
Falcón-Venezuela

## **Determinación de aloína en poblaciones de *Aloe vera* L. (= *Aloe barbadensis* M.) del occidente de Venezuela**

**Tamara Molero<sup>1</sup>, Gretty Ettiene<sup>2</sup> y Maribel Viloría<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Humanidades y Educación. Universidad del Zulia. Venezuela

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Venezuela

[tamimol@hotmail.com](mailto:tamimol@hotmail.com); [gettiene@fa.luz.edu.ve](mailto:gettiene@fa.luz.edu.ve) ; [mari.viloría@gmail.com](mailto:mari.viloría@gmail.com)

### **Resumen**

Las propiedades medicinales del *Aloe vera* se deben a la presencia de metabolitos secundarios, como la aloína. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de aloína en poblaciones de *Aloe vera* del occidente de Venezuela. Se recolectaron plantas de Tamare, los Mayales y los Puertos de Altagracia del estado Zulia y de Caramón, Adaure, Cumarebo y Carazao del estado Falcón. La determinación se realizó empleando Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en fase reversa con detección ultra violeta (UV) y la extracción con etanol asistida con ultrasonido. Las plantas de los Puertos de Altagracia, presentaron mayor contenido y producción de aloína (44,37 %) (3,03g.100g<sup>-1</sup>), siendo estos valores estadísticamente significativos ( $p < 0,01$ ). Los valores de aloína de las plantas de Caramón (42,36%) (1,23 g.100g<sup>-1</sup>), Cumarebo (40,05%) (1,23 g.100g<sup>-1</sup>), Adaure (36,17%) (1,47 g.100g<sup>-1</sup>) y Carazao (30,84%) (1,01 g.100g<sup>-1</sup>), fueron altos en comparación con los reportados en otros países. El contenido de aloína de estas plantas resultan atractivos para programas de mejoramiento genético y para fines comerciales.

**Palabras clave:** Producción de aloína, *Aloe*, Venezuela

## Aloin's Determination in Populations of Aloe Vera L. (=Aloe barbadensis M.) In the Western Venezuela

### Abstract

The medicinal properties of *Aloe vera* are due to the presence of secondary metabolites, such as aloin. The objective of this study was to determine the production of aloin in *Aloe vera* in the western Venezuela. Plants were collected from Tamare, Mayales and Puertos de Altigracia of Zulia state and Caramon, Adaure, Cumarebo and Carazao of Falcon state. The determination of aloin is carried out by using High performance liquid chromatography (HPLC) in reverse phase with UV detection and ultrasonic extraction with ethanol. The results indicated that plants from the Puertos de Altigracia, are presented higher concentration and production of aloin (44.37 %) (3.03g.100g<sup>-1</sup>); these values being statistically significant ( $p < 0,01$ ). The values found in plants of Caramon (42.36%) (1.23 g.100g<sup>-1</sup>), Cumarebo (40.05%) (1.23g.100g<sup>-1</sup>), Adaure (36.17%) (1.47g.100g<sup>-1</sup>) and Carazao (30.84%) (1.01g.100g<sup>-1</sup>), were also high in comparison with data from other countries. The content of aloin found in this plants are attractive for genetic improvement and commercial purposes.

**Key words:** aloin's production; Aloe; Venezuela

### Introducción

Diferentes especies del género *Aloe* se han utilizado durante tiempos inmemorables en el área médica para el tratamiento del estreñimiento, quemaduras, infecciones y dermatitis debido a que, tanto en las hojas como en el acíbar de la planta, se encuentran compuestos químicos derivados de los procesos metabólicos primarios y secundarios que tienen propiedades medicinales. El principal compuesto químico producido por *Aloe vera* L. es la aloína, el cual es considerado como el principio activo de la planta, de la cual deriva el nombre del género *Aloe* y ha sido empleado como un marcador taxonómico para las especies de este género [31].

La aloína (10-C-β-glucopiranosido de Aloe-emodin-antrona) es un metabolito considerado como un C-heterósido (o también llamado glicósido antraquinónico) producto de la combinación de una antraquinona simple (genina) con un azúcar (glucosa). La aloína se extrae de fuentes naturales como una mezcla de dos diastereoisómeros, llamados aloína-A (también conocida como barbaloina) y aloína-B (o isobarbaloina) [4].

La principal función de la aloína en las plantas es servir como defensa para alejar a posibles depredadores por su olor y sabor desagradable. También parece intervenir en el proceso de control de la evapotranspiración en condiciones de elevada insolación y sequía [33]

Existen más de 200 especies del género *Aloe*, pero solo tres de ellas son comercialmente importantes por su producción de compuestos químicos: *Aloe ferox*

M., *Aloe perryi* B. y *Aloe vera* L., conocida, ésta última como la sábila. En orden creciente, *Aloe ferox* contiene menor cantidad de aloína en un rango que va de 4,5 a 9%; seguidamente, *Aloe perryi* con 5,5 a 10% y finalmente, *Aloe vera* con un contenido de aloína de 20 a 24%, por lo cual es la más cultivada en Venezuela y el mundo (Lugo *et al.*, 2005). Sin embargo, la concentración de aloína en los tejidos de la planta puede variar según la época de recolección y edad de las hojas [11], así como también por las condiciones agroclimáticas de la zona [28] y por la estructura genética de la planta [35].

La cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) se ha empleado frecuentemente para medir la concentración de aloína en el polvo del gel o en el acíbar. Estos métodos permiten la separación simultánea de varios tipos de aloína. Independiente del tipo de estudio y objetivo de la investigación, se debe considerar que la concentración de estos compuestos es mucho mayor en el acíbar que en el gel [2]. En este sentido, Park *et al.* (1998) [24] aislaron 13 compuestos fenólicos de *A. vera* y *A. arborescens* por HPLC en fase reversa. De igual manera, Wan *et al.* (2010), publicaron una técnica para separar rápidamente los metabolitos isoaloeresina D y aloína a partir del extracto seco y crudo (gel) de *A. vera*. Se logró una pureza del 98,6% para isoaloeresina D y 99,5%, para aloína.

Diferentes estudios han permitido detectar varios tipos de antraquinonas de *A. vera* en muestras secas [37]; [26] o en productos procesados como alimentos, bebidas, cosméticos y medicamentos a través de HPLC

[41]; [5]; [14]. De igual manera, se han probado distintas modalidades de cromatografía para la detección de estos compuestos en el género *Aloe*, como es el caso de [17], quienes determinaron aloenina, barbaloina e isobarbaloina en *A. vera* y *A. arborescens* por cromatografía electrocinética micelar (MEKC) y Verma *et al* (2005) [39], los cuales propusieron la cromatografía en contracorriente de alta velocidad (HSCCC), electroforesis capilar de zona y cromatografía de capa fina de alto rendimiento (HPTLC).

Antes de la separación cromatográfica, se requiere la extracción del contenido de aloína de las muestras de sábila. En este sentido, los métodos de extracción con solventes orgánicos constituyen los procedimientos más empleados para la extracción de aloína. Con el fin de disminuir el volumen de solventes y aumentar la eficiencia de extracción en matrices complejas, como la sábila, se ha incorporado la energía ultrasónica, la cual, acelera los procesos osmóticos y de difusión de las sustancias desde las matrices sólidas a las fases líquidas de extracción [36]. Los solventes comúnmente empleados para la extracción de metabolitos secundarios como aloína son acetona, metanol y etanol [24]; [10].

A pesar de la utilidad del *A. vera* para la industria farmacéutica, cosmetológica y alimenticia basado en las propiedades que tienen sus metabolitos secundarios (MS), en Venezuela son muy escasos los estudios sobre su identificación y cuantificación en plantaciones silvestres o comerciales y las pocas investigaciones realizadas sólo reportan la cantidad de aloína producida en cultivos comerciales del estado Falcón [20], [19]. Hasta la fecha no existe ningún otro registro a nivel nacional que informe acerca de la producción de aloína en otras zonas del país y menos aún comparaciones entre ellas, por lo que se hace necesario determinar el contenido de aloína en diferentes plantaciones del país. Por ello, en este trabajo se determinó la producción de aloína en poblaciones de *Aloe vera* L. del occidente del Venezuela.

## Metodología

### 1. Obtención del material

Se recolectaron diez plantas completas de la especie *A. vera* en siete poblaciones de dos estados de Venezuela ubicados en el occidente del país. En el estado Zulia se seleccionaron plantas de las poblaciones Tamaré (10°51'34"N 71°45'44"W), los Mayales (10°54'56"N 71°49'38"W) y Puertos de Altigracia (10°40'14"N 71°31'36"W), mientras que en el estado Falcón, las plantas se seleccionaron de las poblaciones de Caramón (11°03'13"N 69°45'07"W), Adaure (11°52'22"N 69°59'18"W), Cumarebo (11°29'16"N 69°21'08"W) y Carazao (11°14'26"N 70°06'08"W). La recolección se

realizó entre los meses de enero a marzo del año 2014. En ambas zonas se eligieron plantas con buen vigor y estado sanitario, que tuviesen un mínimo de 15 hojas y una altura entre 35 a 40 cm. Estas plantas fueron llevadas al vivero de la Facultad de Humanidades de la Universidad del Zulia, estado Zulia, Venezuela, donde fueron sembradas en bolsas plásticas de 1 kg que contenían arena y abono orgánico en iguales proporciones previamente desinfectado, con el objeto de lograr la propagación vegetativa.

### 2. Determinación de la producción de materia fresca, seca, concentración y producción de aloína

Cada una de las plantas sembradas fue clonada y se tomaron tres hijuelos de cada una para un total de 30 plantas por cada población. Cuando estos hijuelos se convirtieron en plantas con 10 meses de edad, se procedió a la determinación de la masa fresca, masa seca, concentración y producción de aloína.

Para la determinación de la masa fresca, las plantas se limpiaron, retirando todos los materiales secos o marchitos y se pesaron en una balanza comercial (marca Caston). Seguidamente, toda la planta fue homogeneizada en una licuadora (marca Halminton) y el contenido fue almacenado en bolsas herméticas en un congelador. De esta manera se midió la cantidad de antraquinonas producidas tanto en el gel como en el acíbar. El material fue llevado a liofilización (Labconco Lyph-Lock 6), durante 72 horas hasta lograr su completa deshidratación y la obtención del polvo o extracto de la planta. Este extracto fue pesado para obtener el valor del masa seca y se empleó para la determinación del contenido de aloína.

### 3. Extracción de aloína

La extracción de aloína de las muestras de sábila se realizó empleando extracción con solventes orgánicos asistida con ultrasonido según la metodología de Park *et al.*, 1998. Para ello se tomó 0,5 g del material liofilizado, se agregó 15 mL de etanol (MERCK) y se llevó al ultrasonido (Elma LC 130 H) por 1 hora a 65°C, luego la suspensión se centrifugó (Sorvall GLC-2) por 10 min a una velocidad de 60 rpm. El sobrenadante se filtró y se concentró hasta un volumen de 2 mL, bajo flujo de N<sub>2</sub>, de la cual se tomó una alícuota de 20 µL para el análisis por HPLC.

### 4. Separación cromatográfica de aloína

La separación cromatográfica de aloína en las muestras de sábila se realizó en un cromatógrafo líquido de alta resolución (SHIMADZU modelo 10A), equipa-

do con un detector UV (SPD-10A), operado a 293 nm. Como fase móvil se empleó metanol/agua (50:50% v/v) a un flujo de 1,0 mL.min<sup>-1</sup> y como fase estacionaria una columna ZORBAX SB-C<sub>18</sub> (250 mm x 4,60 mm x µm de octadesilsilano). En la etapa de optimización, se evaluaron diferentes proporciones de metanol en agua (70:30%v/v, 35:65%v/v, 60:40%v/v y 50:50%v/v).

Inicialmente, se preparó por pesada una solución stock de aloína en etanol, a partir de un estándar puro (SIGMA 97% de pureza) a una concentración de 1377,4 mg L<sup>-1</sup>. A partir de esta solución se prepararon por dilución soluciones de aloína para construir la curva de calibración de aloína (10-10mgL<sup>-1</sup>), a partir de la cual se determinaron las concentraciones de aloína de las muestras de sábila.

Se realizó un estudio de precisión del método en términos de repetibilidad y reproducibilidad. Para ello se realizaron cinco inyecciones consecutivas de soluciones de aloína a dos niveles de concentración (25 y 50 mg·L<sup>-1</sup>), el mismo día (repetibilidad) y en días diferentes (reproducibilidad), la precisión se expresó como desviación estándar relativa (RSD) de las áreas y los tiempos de retención de aloína.

Para obtener el valor de la producción de aloína por planta se aplicó la siguiente fórmula: producción de aloína = concentración de aloína x masa seca/100.

## 5. Diseño experimental

Los resultados obtenidos se evaluaron aplicando las técnicas de la estadística inferencial mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de medias de Tukey empleando el paquete estadístico SPSS versión 20 bajo ambiente Windows.

## Resultados y Discusión

### 1.- Optimización de la técnica

Pese a que todos los procedimientos cromatográficos para separar los componentes de una muestras tienden a ser complementarios y a auxiliarse unos a otros, la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), se destaca por ser un método sensible, específico, selectivo y reproducible, que se adapta fácilmente a las determinaciones cuantitativas, con tiempos de análisis cortos, idóneo para la separación de especies no volátiles, de alto peso molecular, orgánicos e inorgánicos, iónicos o covalentes y, sobre todo, se aplica a sustancias que son de primordial interés en la industria. Por lo tanto, se le considera como una alternativa útil para el estudio y cuantificación de las antraquinonas presentes en las plantas del género *Aloe* [38].

La extracción de aloína con solventes orgánicos asistida por ultrasonido ha sido reportada por otros autores tales como Sánchez y Santa, (2009) [32] y Henwimol *et al.*, (2006) [13] demostrando ser mucho más simple, rápida y eficaz que otros métodos convencionales (soxhlet, reflujo y maceración) para extraer los compuestos orgánicos de los vegetales.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la optimización del flujo de corrida para las diferentes proporciones de metanol/agua.

Tabla 1: Optimización de separación de patrón de aloína

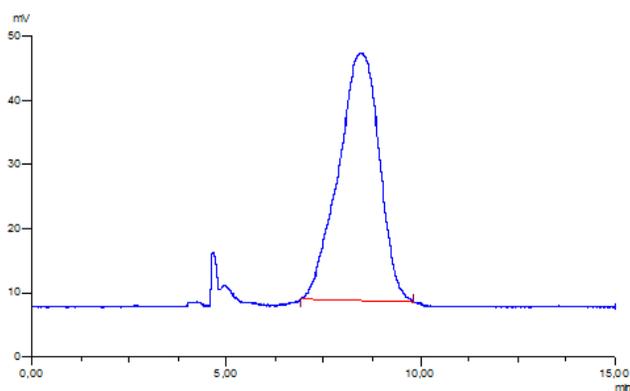
Fase móvil: metanol/agua (%v/v)	Flujo mL.min <sup>-1</sup>	Tiempo de retención (tR min)
35:65	0,700	Sin señal
35:65	1	Sin señal
50:50	0,700	≈ 30
50:50	1	≈ 30
60:40	0,700	≈ 13
60:40	1	≈ 13
70:30	0,700	≈ 8
70:30	1	≈ 8

Fuente: Propia

Se realizaron modificaciones a la composición inicial de la fase móvil con la finalidad de obtener la selectividad adecuada. Con las tres primeras fases móviles evaluadas, no se obtuvo una separación óptima. Con la proporción de metanol/agua 50:50% v/v, a pesar de tener un tiempo de retención mayor (≈ 30 min) con respecto a las restantes fases móviles, se observaron picos simétricos (pico gaussiano) de mejor resolución en el tiempo correspondiente a la aloína, ya con las otras fases móviles, el pico que correspondía a la aloína se solapaba con picos desconocidos.

Este mismo método fue utilizado por Zonta *et al.* (1995)[41], sin embargo, Himesd *et al.* [14] (2011) y Wan *et al.* (2010) [40] emplearon como fase móvil metanol-ácido acético, sin encontrarse alguna diferencia en la corrida cromatográfica.

En la Figura 1 se muestra un cromatograma típico de la separación de un estándar de aloína por HPLC en fase reversa empleando como fase móvil metanol/agua (50:50% v/v).



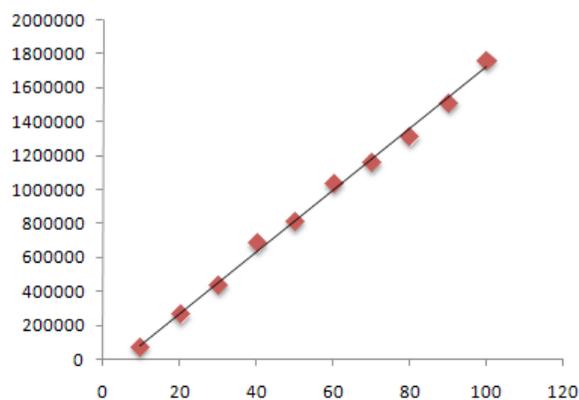
**Figura 1.** Cromatograma típico de la separación de un estándar de aloína por HPLC en fase reversa y metanol/agua 50:50% v/v como fase móvil.

**Fuente:** Propia

Los valores de desviación estándar relativa (RSD) de los tiempos de retención variaron entre 1,31 y 2,40% para la repetibilidad y entre 2,72 y 4,75% para la reproducibilidad. Asimismo, los valores de RSD para las áreas de pico variaron entre 5,71 y 6,26% para la repetibilidad y entre 5,44 y 6,48% para la reproducibilidad.

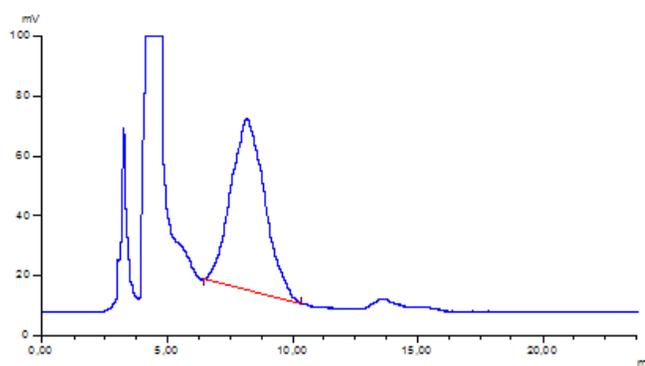
Se presenta en la Figura 2 la curva de calibración de aloína, mostrando un alto coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,9967, para  $n=4$  y una expresión de la línea recta:  $y=18105x-91958$ , indicando una alta correlación lineal, lo que permitió cuantificar adecuadamente el contenido de aloína en las plantas de sábila.

Una vez establecidas las condiciones de separación con estándares puros se procedió a la determinación de aloína en las plantas de sábila. En la Figura 3 se muestra un cromatograma de la separación de aloína en un extracto etanólico, de una planta de sábila de la localidad de los Puertos de Altigracia, las cuales fueron las que presentaron mayores valores de concentración y producción de aloína.



**Figura 2.** Curva de calibración de aloína.

**Fuente:** Propia



**Figura 3.** Cromatograma HPLC en fase reversa del extracto etanólico de una muestra de Aloe vera de la localidad de los Puertos de Altigracia.

**Fuente:** Propia

## 2.- Determinación de aloína

En la Tabla 2 se muestran los resultados del análisis de varianza para la producción de masa fresca y seca, concentración y cantidad de aloína en plantas *Aloe vera* en las siete localidades en estudio.

**Tabla 2.** Producción de masa fresca y seca, concentración y producción de aloína en las plantas *Aloe vera* L. de diferentes localidades.

Localidad	Masa fresca (g)	Masa seca (g)	Concentración de aloína (%)	Producción de aloína (Masa seca x concentración-g)
Cumarebo	190,56 <sup>c</sup>	3,02 <sup>c</sup>	40,05 <sup>abc</sup>	1,23 <sup>bc</sup>
Carazao	193,45 <sup>c</sup>	3,41 <sup>c</sup>	30,84 <sup>cd</sup>	1,01 <sup>c</sup>
Adaure	204,90 <sup>c</sup>	4,01 <sup>c</sup>	36,17 <sup>bc</sup>	1,47 <sup>bc</sup>
Tamare	252,11 <sup>b</sup>	5,22 <sup>b</sup>	20,19 <sup>de</sup>	1,04 <sup>c</sup>
Caramón	252,93 <sup>b</sup>	4,03 <sup>c</sup>	42,36 <sup>a</sup>	1,73 <sup>b</sup>
Mayales	276,56 <sup>b</sup>	7,20 <sup>a</sup>	14,06 <sup>e</sup>	1,00 <sup>c</sup>
Puertos de Altigracia	368,42 <sup>a</sup>	6,85 <sup>a</sup>	44,97 <sup>a</sup>	3,03 <sup>a</sup>

Valores con distintas letras en cada característica indican diferencias significativas según prueba de Tukey ( $p<0,01$ ).

**Fuente:** Propia

El análisis estadístico de varianza para la masa fresca, mostró la formación de tres grupos, en la cual el primero de ellos (a) está integrado por las plantas de la localidad de los Puertos de Altigracia (368,42 g) que fueron las que presentaron mayores valores y en último lugar las plantas del grupo c correspondiente a la poblaciones de Cumarebo (190,56g), Carazao (193,45 g) y Adaure (204,90 g), que produjeron menor cantidad de materia fresca (Tabla 2).

En cuanto a producción de masa seca, se aprecia que, al igual que para masa fresca, existen tres grupos, donde el primero (a) está integrado por las plantas de las localidades de Los Puertos de Altigracia (6,85g) y los Mayales (7,20g); posteriormente, se observa el segundo grupo (b) integrado por las plantas de la localidad de Tamare (5,22 g) y por último el tercer grupo (c) integrado por las plantas provenientes de las localidades de Cumarebo (3,02 g), Carazao (3,41 g), Adaure (4,01g) y Caramón (4,03) (Tabla 2). Los resultados permiten indicar que las plantas provenientes de la localidad de los Mayales son las que poseen mayor promedio de masa seca, mientras que las plantas provenientes de Cumarebo son las que poseen el menor valor.

Como puede notarse, las plantas de los Puertos de Altigracia son las que poseen mayor valor de masa fresca, sin embargo, no son las plantas que poseen el mayor valor de masa seca, sino las plantas de la localidad de los Mayales (municipio Guajira). [23] indican que cuando las plantas de sábila crecen a plena luz solar, producen mayor cantidad de masa seca total que los cultivados bajo sombra parcial o completamente sombreado. Por el contrario, las plantas que se desarrollan bajo luz solar parcial o completamente sombreado, aumentan el número y longitud de las hojas, pero la masa seca se reduce en más del 50%. Esta afirmación se ajusta a las condiciones de las localidades antes nombradas, debido a que en los Puertos de Altigracia se encuentra parcialmente sombreadas por otros arbustos y árboles de mayor tamaño como las de los géneros *Poponax*, *Capparis*, *Prosopis*, *Platymiscium*, *Pithecolobium*, entre otras [6]; [8], las cuales se ubican en los alrededores y dentro de plantaciones de sábila, por lo que pudieran retener mayor cantidad de agua y por lo tanto presentar mayor masa fresca. En el caso de los Mayales, las plantas se encuentran expuestas a plena luz solar y la vegetación es baja y abierta caracterizada por cujíes, cactáceas columnares y tunas [6]; [8]. Esto explicaría la mayor cantidad de masa seca que acumulan estas plantas. La misma situación se aplica a las plantas de la localidad de Tamare.

Para los valores de concentración de aloína, los resultados estadísticos definieron cinco grupos, en el cual el primer grupo (a), son las que presenta mayor concentración de aloína, integrado por las plantas de la localidad de Los Puertos de Altigracia (44,37 %), seguido

de las plantas provenientes de Caramón (42,36%) y de Cumarebo (40,05%). El último grupo (e) está formado por las plantas de la localidad de los Mayales (14,06%) que poseen la menor concentración de aloína (Tabla 2).

En la Tabla 2 también se aprecia el análisis de varianza para la producción de aloína en las plantas de *A. vera* en las diferentes localidades en estudio. Este análisis señala que las plantas que produjeron la mayor cantidad de aloína fueron las provenientes de la localidad de los Puertos de Altigracia (3,03 g/100g) y la menor cantidad correspondió a las plantas provenientes de la localidad de los Mayales (1 g/100g).

De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 2 se puede afirmar que no existe una relación directa entre el peso de la planta y la cantidad de aloína producida, ya que las plantas de la localidad de los Puertos de Altigracia presentaron el mayor valor de masa fresca (368,42g) y concentración de aloína (44,97%), en las plantas procedentes de Cumarebo ocurrió todo lo contrario, es decir, presentaron el menor valor de masa fresca (190,56g) pero una concentración alta de aloína (40,05%).

Se han realizado numerosos estudios para conocer las causas que favorecen la producción de antraquinonas en *A. vera*. [15] indica que el estrés ambiental de las zonas áridas producido por las altas temperaturas, la elevada radiación solar y la escasez de humedad induce a la producción de estos compuestos fenólicos. De igual manera, Martínez *et al.* (2013) [21] afirmaron que la calidad de los nutrientes y el pH del suelo, la intensidad de luz UV, el fotoperíodo y presencia de patógenos en el acíbar puede afectar la producción de antraquinonas. Por su lado, Fuentes *et al.* (2006) [9] y Hazrati *et al.* (2012) [12] demostraron que la baja disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos áridos, afecta la obtención de estas sustancias. Finalmente, Sing *et al.* (2009) [35] y Jayakrishna *et al.* (2011) [16] indican que la propiedad de las plantas de sábila de producir sus metabolitos secundarios (MS) está determinada por su genoma, lo que hace que una planta pueda producir mayor cantidad y variedad de productos que otra.

En consecuencia, para analizar los resultados de este estudio, conviene considerar tres factores que son de importancia: las características climáticas de las zonas en estudio, los suelos de cada región y la estructura genética de las plantas.

Para abarcar el primer y segundo aspecto, se considerará los trabajos de Ewel y Madrid (1976) [6] y Silva (2010) [34], donde se describen las características ecológicas y climáticas de cada una de las localidades de muestreo, el primer autor basado en la vegetación representativa y el segundo basado en las temperaturas y las precipitaciones anuales. De esta manera, las poblaciones de Adaure y Carazao corresponden a un monte espinoso tropical con clima cálido y seco, debido a que presenta

suelos desérticos y erosionados que se extienden desde el nivel de mar hasta 200m. Las temperaturas medias anuales son superiores a 24°C y con precipitaciones que oscilan entre 250 y 500 mm anuales, con nueve meses secos y tres de estación lluviosa. Juegan un importante papel los vientos alisios que cruzan estas localidades de manera directa, desecando la humedad del ambiente.

Las condiciones climáticas de las poblaciones de los Puertos de Altigracia, Los Mayales, Tamare y Cumarebo corresponden a bosque muy seco tropical con clima cálido y seco, caracterizado por presentar una temperatura media anual entre 23°C y 29°C, humedad relativa promedio del 79% y una precipitación anual entre 500 y 1000 mm. Las lluvias se presentan entre los meses de julio hasta noviembre. Finalmente el clima de la localidad de Caramón es clasificado como un bosque seco premontano, con precipitaciones anuales entre 550 a 1100 mm año y una temperatura media entre 18 y 24°C. Las áreas de éste clima incluyen pequeñas montañas con elevaciones entre 500 a 1500 m.s.n.m. y la estación seca se presenta en los seis primeros meses de año.

Los suelos en las zonas áridas y semiáridas, típicamente, presentan un contenido bajo de materia orgánica, sin embargo, el contenido de agua es un factor dominante en la regulación de las actividades biológicas y consecuentemente en el contenido de materia orgánica en estas regiones, lo cual influye sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo. En este trabajo se pudo observar que las plantas con mayor contenido de aloína provienen de zonas donde las precipitaciones son mayores (entre 500 a 1100 mm/año) en comparación con las otras zonas. La humedad relativa y la pluviosidad que caracteriza a las zonas de Caramón, Cumarebo y los Puertos de Altigracia, favorecen un mayor desarrollo de la vegetación, lo que se traduce en la acumulación de material orgánica en el suelo [1] y con ello, mayor disponibilidad de nutrientes. Molero *et al.* (2013) [22] y Rodríguez *et al.* (2009) [29,] indicaron que estos suelos poseen un mayor porcentaje de materia orgánica (20 a 35%) con respecto a otras regiones áridas y semiáridas del país y este hecho hace que haya mayor retención de agua y mejore la cantidad y calidad de nutrientes que se encuentran disponibles para las plantas. Estudios han demostrado que cuando los suelos donde se siembra la sábila se fertilizan con nitrógeno, se logra aumentar la cantidad de aloína producida en la planta [12]. Por lo tanto, es posible que la mayor concentración y producción de aloína en las plantas de estas zonas, se deba a una mayor acumulación de nutrientes orgánicos en estos suelos.

La producción de aloína de las plantas provenientes de las localidades de Adaure (36,17%) y Carazao (30,84%) también son significativas, pese a que sus suelos son pobres en nitrógeno, carbono y materia orgánica,

pero poseen mayor concentración de hierro, manganeso y zinc en comparación a otros suelos áridos. Estos suelos son relativamente alcalinos y no tienen problemas de salinización con sodio y cloro [1].

En el caso de las plantas provenientes de los Mayales y Tamare, Cuencas (1995) [3] comenta que estos suelos presentan una reacción ligeramente ácida (pH = 4,6 - 6,6) y poseen problemas de acumulación de sales solubles que limitan la producción de cultivos no tolerantes. Más del 90% de los suelos presentan bajo contenido de materia orgánica y su fertilidad se sitúa en las categorías baja y media. Como puede observarse, las características de estos suelos son contrarias a las encontradas en las localidades antes mencionadas, lo que podría limitar la producción de MS en estas plantas. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Franco-Salazar *et al.* (2014) [7] y Rahami-Dehgolan *et al.* (2012) [27] quienes indicaron que el contenido de aloína en *A. vera* disminuye a medida que aumenta la concentración salina de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> en el suelo.

Otro factor que podría estar influyendo en la producción de aloína, es la propia constitución genética de la planta. Como se ha visto, el clima y el suelo de cada zona muestreada presentan sus particularidades a las cuales tienen que adaptarse las plantas. Sepúlveda-Jiménez *et al.* (2003) [33] indican que los cambios en genes específicos que participan en la síntesis de las enzimas involucradas en la producción de los MS, donde se incluye la aloína, pudieron llevarse a efecto en función al proceso de adaptación de las plantas a su medio. Algunos estudios han evidenciado modificaciones en los genes que participan en la síntesis de MS implicados en la respuesta sistémica de la planta ante heridas y ataques de patógenos [30].

La concentración de aloína reportada para las plantaciones de sábila venezolanas oscilan entre 30 al 40%, llegando a ser más alta de acuerdo a la época del año [19]. Maldonado (2000) determinó el contenido de aloína en plantaciones de *Aloe* de los municipios Sucre y Colina del estado Falcón que corresponden a las poblaciones de Caramón y Cumarebo respectivamente, y encontró que las concentraciones de aloína en el acíbar oscilaron entre 16,68 y 47,43%, siendo en los meses de abril y julio donde se observaron los mayores valores. Las concentraciones encontradas en las plantas de las localidades de los Puertos de Altigracia, Caramón y Cumarebo con 44,97%, 42,36% y 40,05%, respectivamente, coinciden con estos datos.

Se han publicado variadas concentraciones de aloína para los aloes de diferentes países y regiones del mundo, como es el caso de plantaciones de las islas del Caribe tales como Curazao, Aruba y Barbados, en las cuales la concentración varía entre 18% a 25% y en plantas procedentes de la Isla de Socotra (Yemen-Afri-

ca) con valores que van entre 7,5% a 10% [25], siendo estas concentraciones inferiores a los aloes venezolanos.

Pese a que los estándares internacionales, como los establecidos por ASC (Aloe Science Council) y la Unión Europea (CEE Directiva del Consejo 88/388) ha fijado un límite máximo para la concentración de aloína permitidos en alimentos y bebidas de 0,1 mg / kg [18], la selección de estas plantas con altas concentraciones de aloína, resulta atractivo tanto para programas de mejoramiento genético, como para ser utilizadas comercialmente, cuando su uso es para la industria manufacturera de cosméticos y fármacos.

## Conclusiones

La determinación de aloína en plantas de Aloe vera provenientes del occidente de Venezuela se realizó a través de HPLC en fase reversa con detección UV y la extracción con etanol asistida con ultrasonido, demostrando ser simple, rápida y eficaz. Como fase móvil se utilizó metanol/agua 50:50% v/v. Las plantas de los Puertos de Altagracia fueron las que presentaron mayor cantidad de masa fresca (368,42 g) y seca (6,85g); este último renglón lo comparte con las plantas de los Mayales (7,20g). Para los valores de concentración de aloína, las plantas de la localidad de Los Puertos de Altagracia (44,37 %), seguido de las plantas provenientes de Caramón (42,36%) y de Cumarebo (40,05%) fueron las que presentaron mayores datos. Las plantas que produjeron mayor cantidad de aloína fueron las provenientes de la localidad de los Puertos de Altagracia (3,03 g/100g) y la menor cantidad correspondió a las plantas provenientes de la localidad de los Mayales (1 g/100g). De estos resultados se puede deducir que no existe una relación directa entre el peso de la planta y la cantidad de aloína producida. Es posible que la mayor concentración y producción de aloína se deba a las altas precipitaciones, a la cantidad de materia orgánica del suelo y a la propia constitución genética de las plantas. Estos resultados resultan atractivos para programas de mejoramiento genético y para fines comerciales.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ) por el financiamiento de esta investigación a través del proyecto CC-0622-10 y al Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad del Zulia.

## Referencias

- [1] ACOSTA, Y; PAOLINI, J; FLORES, S; EL ZAUAHRE, Maziad; REYES, N; GARCÍA, H (2008). Fraccionamiento de metales y materia orgánica en un suelo de la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias 8 (Extraordinario)*: 39 – 47.
- [2] BOZZI, A; PERRIN, S; AUSTIN, F; ARCE, F (2007). Quality and authenticity of commercial *Aloe vera* gel powders. *Food Chemistry 103*: 22–30.
- [3] CUENCAS, L (1995). Fertilidad de los suelos de la Planicie de Maracaibo. *Fonaiap Divulga 49*. Disponible en [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/FonaiapDivulga/fd49/suelos.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd49/suelos.htm). [Consultado: 12/03/2010]
- [4] DAGNE, E; BISRAT, D; VILJOEN, A; VAN WYK, B-E (2000). Chemistry of *Aloe* Species. *Curr Organic Chem 4*: 1055-1078.
- [5] ELISOHLY, M; GUL, W; MURPHY, T (2004). Analysis of the anthraquinones aloe-emodin and aloin by gas chromatography/mass spectrometry. *International Immunopharmacology 4*:1739–1744.
- [6] EWEL, J; MADRID, A (1976). Zonas de vida en Venezuela. Memorias explicativas sobre el mapa ecológico. MAC. Caracas. 264p.
- [7] FRANCO Salazar, V; VÉLIZ, J; VALERIO, R (2014). Algunos parámetros fisiológicos de *Aloe vera* (L.) Burm. f. (sábila) en Guayacán, península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *Saber 26*(1): 18-24.
- [8] FUENMAYOR, W (2005). Atlas del estado Zulia. Síntesis Socio-histórico, cultural y geográfico. Editorial Splanos C.A. Quinta edición. Pág. 138-150.
- [9] FUENTES, A; VÉLIZ, J; IMERY, J (2006). Efecto de la deficiencia de macronutrientes en el desarrollo vegetativo de *Aloe vera*. *Interciencia 31*(2): 116-122.
- [10] GARCÍA Salas, P; MORALES Soto, A; SEGURA Carretero, A; FERNÁNDEZ Gutiérrez, A (2010). Phenolic-Compound- Extraction systems for fruit and vegetables samples. *Molecules. 15*:8813-8826.
- [11] GUTTERMAN, Y; CHAUSER Volfson, E (2000). The distribution of the phenolic metabolites barbaloin, aloeresin and aloenin as a peripheral defense strategy in the succulent leaf parts of *Aloe arborescens*. *Biochemical Systematics and Ecology 28*: 825-838.
- [12] HAZRATI, S; ZEINOLABEDIN, T; TAHMASEBI, Z; BABA, A (2012). Enhancing yield and aloin concentration of *Aloe vera* plants by simultaneous application of N and benzyladenine. *Journal of Medicinal Plants Research 6* (10):1834-1841.
- [13] HENWIMOL, S; PASAVANT, A; SHOTIPRUK, A (2006). A ultrasonic-assisted extraction on anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia*. *Ultrasonics Sonochemistry 13*: 543-548.

- [14] HIMESD, S; SARVESH, S; KAUSHELENDRA, M; NEELESH, C (2011). Qualitative and quantitative profile of aloin isolated from *Aloe vera*. International Research Journal of Pharmacy 2 (9): 121-122.
- [15] IMERY, J (2007). Inestabilidad cariológica durante la formación de células madres del polen en *Aloe vera* (Aloaceae). Rev. Biol. Trop 55 (3-4): 805-813.
- [16] JAYAKRISHNA, C; KARTHIK, C; BARATHI, S; KAMALANATHAN, D; INDRA, A (2011). *In vitro* propagation of *Aloe barbadensis* Miller, a miracle herb. Research in Plant Biology 1: 22-26.
- [17] KUZUYA, H; TAMAI, I; BEPPU, H; SHIMPO, K; CHIHIRA, T (2001). Determination of aloenin, barbaloin and isobarbaloin in *Aloe* species by micellar electrokinetic Chromatography. Journal of Chromatography B 752: 91-97.
- [18] LOZANO, A; MUVDI, C; MEJÍA, L (2011). Estabilización del gel de *Aloe barbadensis* Miller y disminución de su concentración por adsorción en columna con carbón activado. Revista ION 24: 61-67.
- [19] LUGO, Z; TUA, D; NAVEDA, M (2005). El cultivo de la zábila en Venezuela y costos de producción para acíbar. Revista Digital CENIAP HOY 9. Disponible en: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/lugo\_z/arti/lugo\_z.htm. [Consultado: 09/02/2012].
- [20] MALDONADO, C (2000). Análisis parcial del control de calidad en acíbar y pasta de zábila (*Aloe barbadensis* Miller). Croizatia 1 (1): 57-65.
- [21] MARTÍNEZ, D; GUILLÉN, F; PÉREZ Aguilar, H; CASTILLO, S; SERRANO, M; ZAPATA, P; VALERO, D (2013). Is it possible to increase the aloin content of *Aloe vera* by the use of ultraviolet light?. Agric Food Chemistry 61 (9): 2165-2170.
- [22] MOLERO T. y M. VILORIA. 2013. Producción de gel y acíbar en plantaciones de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) en el occidente de Venezuela. Bioagro 25 (1): 71-76.
- [23] PÁEZ A; GEBRE, M; GONZALEZ, M; TSCHAPLINSKI, T (2000). Growth, soluble carbohydrates, and aloin concentration of *Aloe vera* plants exposed to three irradiance levels. Environment Experimental Botanical 44 (2):133-139.
- [24] PARK, M; PARK, J; YOUNG, N; GAUN, Y; SEOK, Y; GYUN, J; HO, K; KI, S (1998). Analysis of 13 Phenolic Compounds in *Aloe* species by High Performance Liquid Chromatography. Phytochemical Analysis 9: 186-191.
- [25] PORTES, F; NAVARRO, J (1986). Obtención a nivel piloto de jugo y concentrado de sábila. Evaluación de estos productos. Tesis para optar par el título de Licenciado en Química. Universidad Autónoma de Santo Domingo. 169p.
- [26] PRATO, M; ÁVILA, R; DONQUIS, C; MEDINA, E; REYES, R (2008). Antraquinonas en *Aloe vera barbadensis* de zonas semiáridas de Falcón, Venezuela, como inhibidores de la corrosión. Multiciencias 8(2): 148 - 154.
- [27] RAHAMI Dehgolan, R; SARVESTANI, Z; REZAZADEH, S; DOLATABADIAN, A (2012). Morphological and physiological characters of *Aloe vera* subjected to saline water irrigation. Journal Herbs Spices Medicinal Plants. 18(3):222-230.
- [28] ROBERT, M; REYES, J; LOYOLA, V (1990). Biosíntesis y bioconversión de metabolitos secundarios por células cultivadas in vitro. Cultivo de tejidos en la Agricultura. México. Pág. 211- 225.
- [29] RODRÍGUEZ, N; FLORENTINO, A; TORRES, D; YENDIS, H; ZAMORA, F (2009). Selección de indicadores de calidad de suelo en tres tipos de uso de la tierra en la planicie de Coro estado Falcón. Revista Facultad Agronomía (LUZ) 26: 340-361.
- [30] RYAN, C (2000). The systemin signaling pathway: differential activation of plant defensive genes. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Protein Structure and Molecular Enzymology 1477(1-2): 112-121
- [31] SACCU, D; BOGONI, P; PROCIDA, G (2001). *Aloe* exudate: characterization by reversed phase HPLC and headspace GC-MS. Journal of Agricultural and Food Chemistry 49: 4526-4530
- [32] SÁNCHEZ, V; SANTA, J (2009). Estudio de antraquinonas presentes en extractos de mucílagos y hojas de *Aloe vera* de plantas cultivadas en la región cafetalera. Trabajo de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. 60p.
- [33] SEPÚLVEDA Jiménes, F; PORTA Ducoing, H; ROCHA Sosa, M (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. Revista Mexicana de Fitopatología 21: 355-363.
- [34] SILVA, G (2010). Tipos y subtipos climáticos de Venezuela. Trabajo de ascenso. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Departamento de Geografía Física. 69 pp.
- [35] SING, M; RATHORE, M; PANWAR, D; RATHORE, J; DAGLA, H; SHEKHAWAT, N (2009). Micropropagation of Selected Genotype of *Aloe vera* L.—An Ancient Plant for Modern Industry. Journal of Sustainable Forestry 28: 935-950.
- [36] TADEO, J; SÁNCHEZ Brunete, C; ALBERO, B; GARCÍA Valcárcel, A (2010). Application of ultrasound-assisted extraction to the determination of contaminants in food and soil samples. Review Journal Chromatography A 1217:2415-2440.
- [37] TIAN, K; ZHANG, H; CHENA, X; HUA, Z (2006). Determination of five anthraquinones in medicinal plants by capillary zone electrophoresis with -cyclodextrin addition. Journal of Chromatography A 1123: 134-137.
- [38] TOLEDO, F (2001). Informe sobre la utilización de Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC) en el estudio de los Polisacáridos Mucilaginosos de *Aloe vera* (AVMP). Informe técnico. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. España. 17p.

- [39] VERMA, S; SINGH, N; SINHA, A (2005). Determination and locational variations in the quantity of hydroxyanthraquinones and their glycosides in rhizomes of *Rheum emodi* using high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography* 1097: 59 – 65.
- [40] WAN, Jin Zhi; XIN XIA, C; CHUN MEI, Q; XIANG CHENG, L (2010). Isolation and Purification of Isoaloesin D and Aloin from *Aloe vera* by High-speed Counter-current Chromatography. *Chinese Herbal Medicines* 2: 148-152.
- [41] ZONTA, F; BOGONI, P; MASOTTI, P; MICALI, G (1995). High-performance liquid chromatographic profiles of aloe constituents and determination of aloin in beverages, with reference to the EEC regulation for flavouring substances. *Journal of Chromatography A* 718: 99-106.



UNIVERSIDAD  
DEL ZULIA

---

# Multiciencias

Vol 16, N° 2

*Edición por el Fondo Editorial Serbiluz.*

*Publicada en junio de 2016.*

*Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

[www.luz.edu.ve](http://www.luz.edu.ve)

[www.serbi.luz.edu.ve](http://www.serbi.luz.edu.ve)

[produccioncientifica.luz.edu.ve](http://produccioncientifica.luz.edu.ve)