



## **Distribución de metales en el acíbar de hojas de zábila (*Aloe vera* (L.) Burm.f.)**

**Oswaldo Saavedra y Carlos E. Rondón**

Laboratorio de Espectroscopia Molecular, Departamento de Química,  
Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida 5101-Venezuela

(\*) [saavedra@ula.ve](mailto:saavedra@ula.ve)

**Recibido:** 11/04/2008

**Revisado:** 12/05/2008

**Aceptado:** 23/05/2008

---

### **Resumen:**

Se investigó la distribución de Na, Ca, Mg, K, Cu, Zn, Mn y Fe en el acíbar de hojas de zábila por espectrometría de absorción atómica en llama (FAAS) y Cr por espectrometría de absorción atómica electrotrémica (ETAAS). Las plantas fueron cultivadas en la ciudad de Coro, estado Falcón. Las muestras de acíbar se recolectaron en hojas internas, medias y externas de la roseta de la planta. La exactitud del método se evaluó utilizando material certificado NIST 1572. La precisión fue, en promedio, de 1.39%. La metodología empleada fue precisa exacta y libre de interferencias.

**Palabras clave:** Elementos en *Aloe vera* (L.) Burm. f.; metales en zábila

### **Abstract**

This work presents the distribution of Na, Ca, Mg, K, Cu, Zn, Mn and Fe in *Aloe vera* leaves exudate by flame atomic absorption spectrometry (FAAS) and Cr by electrothermal atomic absorption spectrometry (ETAAS). The plants were cultivated in the city of Coro, Falcón state. The samples were collected from internal, medium and external leaves. The accuracy of the method was evaluated using a certified reference material NBS 1572. The average precision was 1.39%. The applied method was accurate, precise and free from interferences.

**Key words:** Elements in *Aloe vera* (L.) Burm.f.; metals in *Aloe vera*

### **Introducción**

La investigación trata sobre la distribución de metales en acíbar de zábila (*Aloe vera* (L.) Burm.f.). La técnica analítica empleada para la determinación de los metales presentes en el acíbar de zábila es la espectrometría de absorción atómica, debido a su sensibilidad, selectividad y límite de detección<sup>1</sup>. Específicamente se investiga sobre aquellos metales que se encuentran en esta planta y que cumplen alguna función en los seres vivos, bien sea para preservar la salud, recuperarla o facilitar el desarrollo óptimo del organismo.

En este sentido, la investigación se orienta a la cuantificación de macroelementos como: sodio, potasio, calcio y magnesio, y de microelementos, a saber: cobre, zinc, hierro, cromo y manganeso. Estos últimos se conocen también como micronutrientes, elementos trazas u oligoelementos, en virtud de encontrarse en el organismo en proporciones iguales o menores a 0.01% del peso total del cuerpo, siendo su presencia indispensable para el

correcto funcionamiento de los procesos fisiológicos que mantienen la salud y energía en los seres vivos<sup>2</sup>.

Estos oligoelementos en el organismo están relacionados con enzimas que actúan como biocatalizadores, además, cumplen funciones estructurales y metabólicas, estimulan o inhiben la función hormonal, regulan las respuestas fisiológicas, la velocidad y la calidad de la transmisión nerviosa y la excreción de desechos, entre otros procesos biológicos. Actúan como biocatalizadores que permiten la transformación química de sustratos, a partir de los cuales se producen los diferentes componentes necesarios para los procesos vitales.

Por otra parte, la zábila, desde tiempos remotos, se ha venido utilizando como una planta medicinal, lo que ha llamado la atención de la etnofarmacología urbana moderna. Sus productos principales son el gel y el acíbar, los cuales se han empleado en el tratamiento de diversas afecciones, con resultados satisfactorios<sup>3</sup>.

## Parte experimental

### Equipos y accesorios

A continuación se detallan los equipos requeridos en la ejecución de los procesos realizados y sus especificaciones.

- Equipo de absorción atómica con atomización en llama Perkin Elmer, modelo 3100, acoplado con una computadora personal dtk Tech-1632 con software Gem Desktop, Gem/3.
- Espectrofotómetro de absorción atómica con atomización electrotérmica Perkin Elmer®, modelo 4100ZL, con corrector de fondo de efecto Zeeman longitudinal, acoplado a computadora personal Epson EL-486UC, con software PE-4100ZL, versión PC 3.7 (Gem desktop, Gem/3).
- Automuestreador Perkin Elmer®, modelo AS/71.
- Tubo de grafito para calentamiento transversal, recubiertos pirolíticamente y con plataforma de L'vov.
- Liofilizador, marca LyovaC GT 2. Leybold –Heraeus.
- Lámparas de cátodo hueco monoelemental de: Na, K, Ca, Cu, Mg, Zn, Fe, Mn y Cr.
- Material de vidrio de uso común en el laboratorio, lavado antes de su uso con agua y detergente, enjuagado con ácido nítrico al 5% v/v y con agua desionizada.

### Reactivos

Los reactivos utilizados fueron todos de grado analítico (tabla 1). El agua empleada para preparar las soluciones fue desmineralizada y desionizada (Milipore) con una conductividad de  $18 \text{ M } \Omega\text{-cm}^{-1}$ .

### Preparación de soluciones y parámetros instrumentales

Se prepararon soluciones estándar de: calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre, zinc, manganeso, hierro y cromo; así como también se identificaron los parámetros instrumentales de estos elementos<sup>4</sup>.

### Muestreo

Las muestras de *Aloe vera* (L.) Burm. f. se recolectaron en la ciudad de Santa Ana de Coro, municipio Miranda del estado Falcón. Se obtuvo muestra de acíbar de hojas internas, intermedias y externas de la roseta de las plantas, con la finalidad de conocer la distribución de metales en las hojas de la planta; en este sentido, se tomaron 15 hojas por planta, esto es, 5 de la parte interna, 5 de la intermedia y 5 de la externa. La muestra la conformaron 12 plantas de *Aloe vera*.

### Procesamiento de las muestras

Las muestras de acíbar obtenidas de las hojas del *Aloe vera* (L.) Burm. f., se sometieron a liofilización; para ello, se colocaron en un congelador por 24 horas, luego se les agregó nitrógeno líquido y se colocaron en el liofilizador por 24 horas más. Posteriormente, las muestras fueron colocadas en un desecador.

Tabla 1. Reactivos empleados en la investigación

Nombre	Pureza/densidad	Marca
Magnesio (virutas)	99.5%	Merck
Nitrato de magnesio	99 %	
Nitrato de estroncio	99 %	
Nitrato de zirconio	99.9 %	
Cloruro de potasio	99.5%	
Cobre (metálico)	99.9%	
Zinc (metálico)	99.9%	
Manganeso (metálico)	99 %	
Hierro (metálico)	99.5%	
Carbonato de calcio	99 %	Riedel De Häen
Cromato de potasio	99.5 %	
Ácido clorhídrico	37% / 1.19g/mL	
Ácido nítrico	65% / 1.40 g/mL	
Peróxido de hidrógeno	35% / 1.13 g/mL	
Nitrato de paladio	99 %	Sigma-Aldrich
Cloruro de sodio	99.5%	Analar
Nitrato de estroncio	100%	Ucb
Cloruro de cesio	99.9%	Sigma

Tabla 2. Parámetros para la digestión de las muestras.

Parámetros	Valor
Volumen de HNO <sub>3</sub>	4 mL
Volumen de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	8 mL
Tiempo de digestión	1 hora
Temperatura de calentamiento	70 °C
Masa de muestra	0.25 g
Volumen final de dilución	25 mL

Tabla 3. Condiciones instrumentales utilizadas en la determinación de Cr por ETAAS.

Etapa	Temperatura (°C)	Rampa (s)	Duración (s)	Flujo de Argón (mL/min)
Secado	110	1	20	250
Secado	130	5	30	250
Pirólisis	1500	10	20	250
Atomización	2400	0	5 (Leer)	0
Limpieza	2600	1	2	250
Enfriamiento	20	3	5	250

Fuente: Programa espectrofotómetro de absorción atómica. Perkin Elmer 4100ZL

### Esquema de digestión

La tabla 2 recoge los parámetros obtenidos del proceso de optimización de la digestión ácida del acíbar de zábila, después de su liofilización.

### Condiciones instrumentales para la determinación de cromo por ETAAS

La determinación de cromo en muestras del acíbar de zábila mediante ETAAS se realizó a través del programa de horno de grafito, en las condiciones instrumentales que se muestran en la tabla 3.

## Resultados y discusión

### Validación de la metodología

La validación de la metodología empleada para determinar la distribución de los metales se realizó mediante estudios de recuperación y material de referencia certificado.

### Estudio de interferencias

Con el objeto de conocer la existencia o no de interferencias por parte de la matriz en la determinación de metales en acíbar de zábila, se realizaron curvas adición de estándar y de calibración sencilla con patrones acuosos con concentraciones comprendidas entre 0.1 - 0.4 mg/L para el sodio y de 10 - 100 µg/L para el cromo.

### Adición estándar de sodio

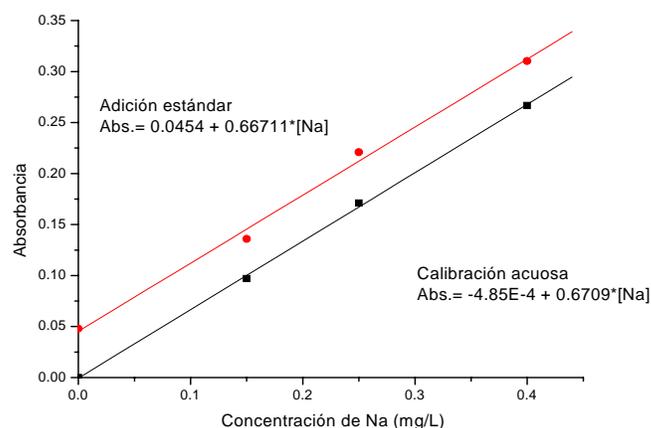


Figura 1. Curva de calibración acuosa (■) y de adición estándar (●) para sodio.

Para determinar si hay o no diferencias estadísticamente significativas entre las pendientes de la curva de calibración acuosa (mCCA) y la de adición de estándar (mCAE) del sodio, se procedió a realizar un análisis estadístico empleando el estadígrafo t-Student<sup>5</sup>.

Al comparar estadísticamente los valores de las pendientes de la curva de calibración acuosa con la curva de adición de estándar obtenidos para el elemento sodio, se observa

Tabla 4. Prueba de significación mCCA y mCAE para el sodio

m (CCA)	m (CAE)	t-Student calculada	t-Student crítica
0.6709	0.66711	0.75	2.45

que no existen diferencias significativas entre las pendientes, ya que la *t*-Student calculada es menor que la *t*-Student crítica, con 6 grados de libertad y a un nivel de confianza del 95%; lo que pone en evidencia que no existe interferencia causada por la matriz en la determinación de sodio por espectrometría de absorción atómica en llama (FAAS). Por lo tanto, es posible emplear una curva de calibración con patrones acuosos para la determinación del sodio en la muestra vegetal.

#### Adición de estándar del cromo

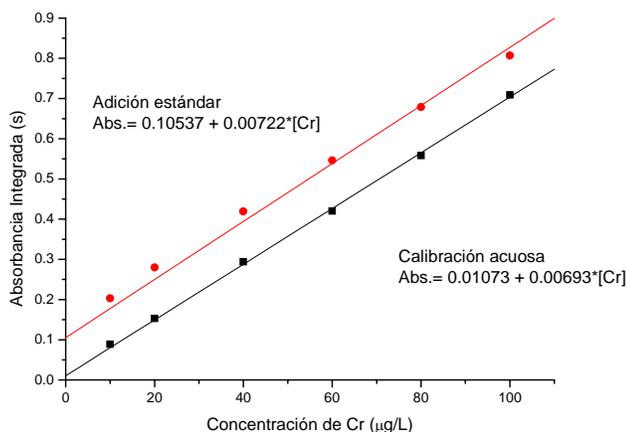


Figura 2. Curva de calibración acuosa (■) y de adición estándar (●) para cromo.

Para determinar si hay o no diferencias estadísticamente significativas entre las pendientes de la curva de calibración acuosa (mCCA) y la de adición estándar (mCAE) del cromo, se procedió a realizar un análisis estadístico empleando el estadígrafo *t*-Student.

Al comparar estadísticamente los valores de las pendientes de la curva de calibración acuosa con la curva de adición estándar obtenidos para el elemento cromo, se observa que no existen diferencias significativas entre las pendientes, ya que la *t*-Student calculada es menor que la *t*-Student crítica, con 12 grados de libertad y a un nivel de confianza

del 95%; lo que pone en evidencia que no existe interferencia causada por la matriz en la determinación de cromo por espectrometría de absorción atómica con atomización electrotérmica (ETAAS). En consecuencia, es posible utilizar una curva de calibración con patrones acuosos para la determinación del cromo en la muestra del acíbar de zábila.

Los resultados obtenidos tanto para el sodio como para el cromo con respecto al uso de patrones acuosos y la no existencia de interferencia de matriz, guardan concordancia con los reportados en investigaciones similares<sup>6,7,8</sup>, en las que se señala no haberse encontrado diferencias estadísticamente significativas entre la pendiente de la curva de calibración obtenida con patrones acuosos y la obtenida con patrones de calibración en medio ácido, así como se refiere, también, no haberse encontrado efecto de matriz.

#### Estudio de recuperación

Se realizó estudio de recuperación al sodio y al cromo, con la finalidad de detectar alguna posible pérdida o contaminación de estos analitos con la metodología empleada. Los resultados encontrados para el sodio se ubicaron en un valor promedio de  $99.77 \pm 2.00$  % de recuperación, lo cual pone en evidencia la exactitud de la metodología empleada en la determinación del sodio por FAAS. Para el caso del cromo, se obtuvo un valor promedio de  $97.02 \pm 4.65$ %, lo que indica la exactitud del método utilizado en la determinación de cromo por ETAAS.

#### Características analíticas del método

Las características analíticas encontradas para la determinación de Na, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn por FAAS; así como en la determinación de cromo por ETAAS, en acíbar de zábila, se presentan en tablas a continuación. En ellas se puede observar la ecuación de la curva de calibración ajustada, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), la pendiente (*m*), el límite de detección (LOD), el límite de cuantificación (LOQ), el límite superior

Tabla 5. Prueba de significación mCCA y mCAE para el cromo

M (CCA)	m (CAE)	t-Student calculada	t-Student crítica
0.00693	0.00722	2.02	2.18

(LOL), el intervalo lineal (LOQ-LOL), la desviación estándar relativa (RSD), la concentración característica ( $c_0$ ) en el caso de FAAS o la masa característica ( $m_0$ ) para el caso de ETAAS.

La ecuación que rige la variación de la respuesta instrumental (absorbancia) en función de la concentración del elemento que se determina, es:  $A = mC + b$ ; donde A

representa la absorbancia, graficada en el eje “y”; C representa la concentración del elemento que se determina, graficada en el eje “x”, que en esta investigación se simboliza con dos corchetes ([ ]) y el centro lleva el símbolo químico del elemento de interés; m la pendiente de la recta, la que también señala la sensibilidad del método; y b representa el corte de la recta con el eje “y”.

Tabla 6. Características analíticas del Na

Características	Valor obtenido
Ecuación de la recta	Abs.= $-4.85E-4 + 0.6709*[Na]$
Coefficiente de determinación	0.9997
Sensibilidad (m)	$0.6709 \text{ (mg/L)}^{-1}$
Límite de detección (LOD)	0.004 mg/L
Límite de cuantificación (LOQ)	0.01 mg/L
Intervalo de trabajo (LOQ – LOL)	0.01-0.4 mg/L
Concentración característica ( $c_0$ )	0.0058 mg/L
Desviación estándar relativa (RSD)	0.25%

Tabla 7. Características analíticas del K

Características	Valor obtenido
Ecuación de la recta	Abs.= $1.63E-04 + 8.01E-04*[K]$
Coefficiente de determinación	0.9999
Sensibilidad (m)	$8.01E-04 \text{ (mg/L)}^{-1}$
Límite de detección (LOD)	0.0048 mg/L
Límite de cuantificación (LOQ)	0.016 mg/L
Intervalo de trabajo (LOQ – LOL)	0.016- 400 mg/L
Concentración característica ( $c_0$ )	5.4591 mg/L
Desviación estándar relativa (RSD)	0.30%

Tabla 8. Características analíticas del Ca

Características	Valor obtenido
Ecuación de la recta	Abs.= $0.0045 + 0.0375*[Ca]$
Coefficiente de determinación	0.9993
Sensibilidad (m)	$0.0375 \text{ (mg/L)}^{-1}$
Límite de detección (LOD)	0.056mg/L
Límite de cuantificación (LOQ)	0.19 mg/L
Intervalo de trabajo (LOQ – LOL)	0.19 - 2 mg/L
Concentración característica ( $c_0$ )	0.1027 mg/L
Desviación estándar relativa (RSD)	0.76%

Tabla 9. Características analíticas del Mg

Características	Valor obtenido
Ecuación de la recta	Abs.= $0.01529 + 0.73757*[Mg]$
Coefficiente de determinación	0.9993
Sensibilidad (m)	$0.73757 \text{ (mg/L)}^{-1}$
Límite de detección (LOD)	0.0078 mg/L
Límite de cuantificación (LOQ)	0.026 mg/L
Intervalo de trabajo (LOQ – LOL)	0.026-0.5 mg/L
Concentración característica ( $c_0$ )	0.0024 mg/L
Desviación estándar relativa (RSD)	0.44%

Tabla 10. Características analíticas del Cu

<b>Características</b>	<b>Valor obtenido</b>
Ecuación de la recta	Abs. = $0.00443 + 0.09203 * [\text{Cu}]$
Coefficiente de determinación	0.9991
Sensibilidad (m)	$0.09203 \text{ (mg/L)}^{-1}$
Límite de detección (LOD)	0.021 mg/L
Límite de cuantificación (LOQ)	0.07 mg/L
Intervalo de trabajo (LOQ – LOL)	0.07- 4 mg/L
Concentración característica ( $c_0$ )	0.0406 mg/L
Desviación estándar relativa (RSD)	0.71%

Tabla 11. Características analíticas del Zn

<b>Características</b>	<b>Valor obtenido</b>
Ecuación de la recta	Abs. = $-5.00\text{E-}04 + 0.305 * [\text{Zn}]$
Coefficiente de determinación	0.9996
Sensibilidad (m)	$0.305 \text{ (mg/L)}^{-1}$
Límite de detección (LOD)	0.0046 mg/L
Límite de cuantificación (LOQ)	0.015 mg/L
Intervalo de trabajo (LOQ – LOL)	0.015-0.2
Concentración característica ( $c_0$ )	0.0144 mg/L
Desviación estándar relativa (RSD)	0.79%

Tabla 12. Características analíticas del Fe

<b>Características</b>	<b>Valor obtenido</b>
Ecuación de la recta	Abs. = $1.67\text{E-}04 + 0.035 * [\text{Fe}]$
Coefficiente de determinación	0.9998
Sensibilidad (m)	$0.035 \text{ (mg/L)}^{-1}$
Límite de detección (LOD)	0.048 mg/L
Límite de cuantificación (LOQ)	0.17 mg/L
Intervalo de trabajo (LOQ – LOL)	0.17-2 mg/L
Concentración característica ( $c_0$ )	0.0885 mg/L
Desviación estándar relativa (RSD)	0.71%

Tabla 13. Características analíticas del Mn

<b>Características</b>	<b>Valor obtenido</b>
Ecuación de la recta	Abs. = $-0.00383 + 0.11327 * [\text{Mn}]$
Coefficiente de determinación	0.9989
Sensibilidad (m)	$0.11327 \text{ (mg/L)}^{-1}$
Límite de detección (LOD)	0.04 mg/L
Límite de cuantificación (LOQ)	0.12 mg/L
Intervalo de trabajo (LOQ – LOL)	0.12-2 mg/L
Concentración característica ( $c_0$ )	0.0328 mg/L
Desviación estándar relativa (RSD)	1.88%

Tabla 14. Características analíticas del Cr

<b>Características</b>	<b>Valor obtenido</b>
Ecuación de la recta	Abs. = $0.01073 + 0.00693 * [\text{Cr}]$
Coefficiente de determinación	0.9997
Sensibilidad (m)	$0.00693 \text{ (}\mu\text{g/L)}^{-1}$
Límite de detección (LOD)	0.24 $\mu\text{g/L}$
Límite de cuantificación (LOQ)	0.86 $\mu\text{g/L}$
Intervalo de trabajo (LOQ – LOL)	0.86-100 $\mu\text{g/L}$
Masa característica ( $m_0$ )	5.760 pg
Desviación estándar relativa (RSD)	0.82%

El límite de detección se define como 3 veces la desviación estándar del blanco dividido entre la pendiente de la curva de calibración obtenida del análisis de regresión lineal. El límite de cuantificación como 10 veces la desviación estándar del blanco entre la pendiente. El límite superior del intervalo lineal o de trabajo (LOL), es el valor de concentración correspondiente a la concentración a la cual la curva de calibración se aleja de la linealidad. La concentración característica se refiere a la concentración requerida para producir 0.0044 unidades de absorbancia para el caso de FAAS o la masa característica como la masa requerida para producir 0.0044 unidades de absorbancia para el caso de ETAAS. Y, finalmente, la desviación estándar relativa definida como la desviación estándar dividida por la media, ésta se expresa en porcentaje y está relacionada con la precisión del método empleado.

#### Exactitud y precisión del método de digestión

La exactitud y precisión del método de digestión aplicado para la determinación de Na, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn por FAAS y de Cr por ETAAS en el acíbar de zábila, fue evaluado a través de muestras certificadas NBS –SRM 1572: hojas cítricas<sup>9</sup>. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos.

Al comparar estadísticamente los valores de concentración obtenidos para cada uno de los elementos con los valores certificados, se observa que no existen diferencias significativas entre estos valores, ya que en todos los casos la t-Student calculada es menor que la t-Student crítica, con 2 grados de libertad y a un nivel de confianza del 95%; lo que pone en evidencia la exactitud del método aplicado. Con relación a la precisión, el promedio de la desviación estándar relativa (RSD) fue de 1.39%, no superando en

todos los casos el 5% la RSD, lo que certifica la precisión del método empleado.

#### Distribución de los elementos en las hojas de zábila

La cantidad de metales determinados en el acíbar de zábila se presenta en la tabla siguiente. Las hojas de la roseta de la planta *Aloe vera* fueron clasificadas en hoja interna (HI), hoja intermedia (HM) y hoja externa (HE). Además, se presenta la media ( $\bar{x}$ ) de cada elemento, la desviación estándar ( $\bar{s}$ ), la t-Student obtenida, la t-Student crítica, y la significación estadística al 95% de confianza.

En estos resultados se observa que, en general, las hojas internas y externas presentaron un contenido de metal mayor que las hojas intermedias para los metales: K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn; mientras que las hojas intermedias, presentaron mayor contenido de Na y Cr que las hojas internas y externas. Las hojas internas y externas presentaron diferencias estadísticamente significativas en Ca, K y Fe; en Ca a favor de la hoja externa, mientras que en K y Fe a favor de la hoja interna. La hoja intermedia presentó un contenido de Na y Cr mayores que las hojas interna y externa, siendo estadísticamente significativo.

En síntesis, las plantas de zabilas presentaron una distribución heterogénea de metales entre sus hojas, siendo estadísticamente significativa esta diferencia a un nivel de confianza del 95%; es decir, que las hojas internas, intermedias y externas de la planta tienen un contenido diferente de los elementos: Na, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe y Cr, lo que trae como consecuencia que el análisis de muestras de acíbar de las hojas de esta planta debe realizarse mediante muestras compuestas, esto es, tomando acíbar de las tres hojas de la roseta de la planta y no sólo de una de ellas.

Tabla 15. Exactitud y precisión del método

Elementos	Concentración		Exactitud		Precisión (%)
	Valores obtenidos ( $\bar{x} \pm s$ )	Valores certificados ( $\bar{x} \pm s$ )	t-Student calculada	t-Student crítica	
Na (%)	149.00 ± 7.21	160 ± 20	0.89	4.3	4.8
K (%)	1.760 ± 0.003	1.82 ± 0.06	1.68	4.3	0.19
Ca (%)	3.19 ± 0.03	3.15 ± 0.10	2.96	4.3	0.89
Mg (%)	0.550 ± 0.002	0.58 ± 0.03	1.68	4.3	0.36
Cu (µg/g)	18.38 ± 0.03	16.5 ± 1.0	3.26	4.3	0.14
Zn (µg/g)	31.12 ± 0.15	29 ± 2	1.87	4.3	0.47
Fe (µg/g)	89.92 ± 1.12	90 ± 10	1.51	4.3	1.25
Mn (µg/g)	19.97 ± 0.62	23 ± 2	2.50	4.3	3.11
Cr (µg/g)	1.05 ± 0.01	0.8 ± 0.2	2.19	4.3	1.33

Tabla 16. Distribución de metales en acíbar de zábila.

Metales	Muestras	$\bar{x} \pm s$	t-Student calculada	t-Student crítica	Significación 95%
Na(%p/p)	Hoja I	0.1730 ± 0.0001	HI-HM: 11.61	2.78	Sí
	Hoja M	0.1750 ± 0.0002	HI-HE: 3.09	2.78	Sí
	Hoja E	0.1730 ± 0.0002	HE-HM: 6.73	2.78	Sí
K(%p/p)	Hoja I	0.450 ± 0.008	HI-HM: 10.07	2.78	Sí
	Hoja M	0.372 ± 0.011	HI-HE: 8.09	2.78	Sí
	Hoja E	0.393 ± 0.009	HE-HM: 2.66	2.78	No
Mg(%p/p)	Hoja I	0.017 ± 0.001	HI-HM: 5.27	2.78	Sí
	Hoja M	0.013 ± 0.001	HI-HE: 2.76	2.78	No
	Hoja E	0.156 ± 0.001	HE-HM: 3.12	2.78	Sí
Ca(%p/p)	Hoja I	0.058 ± 0.001	HI-HM: 3.47	2.78	Sí
	Hoja M	0.055 ± 0.001	HI-HE: 12.75	2.78	Sí
	Hoja E	0.070 ± 0.001	HE-HM: 16.52	2.78	Sí
Cu (µg/g)	Hoja I	10.429 ± 0.025	HI-HM: 41.53	2.78	Sí
	Hoja M	9.298 ± 0.040	HI-HE: 1.00	2.78	No
	Hoja E	10.6 ± 0.2	HE-HM: 9.83	2.78	Sí
Zn (µg/g)	Hoja I	12.259 ± 0.788	HI-HM: 6.93	2.78	Sí
	Hoja M	8.630 ± 0.449	HI-HE: 2.72	2.78	No
	Hoja E	10.114 ± 0.115	HE-HM: 2.13	2.78	No
Fe (µg/g)	Hoja I	83.388 ± 2.242	HI-HM: 10.84	2.78	Sí
	Hoja M	67.689 ± 1.121	HI-HE: 5.27	2.78	Sí
	Hoja E	74.791 ± 1.713	HE-HM: 6.00	2.78	Sí
Mn (µg/g)	Hoja I	10.15 ± 0.04	HI-HM: 5.63	2.78	Sí
	Hoja M	6.784 ± 1.036	HI-HE: 0.29	2.78	No
	Hoja E	9.876 ± 1.636	HE-HM: 2.76	2.78	No
Cr (µg/g)	Hoja I	33.044 ± 0.000	HI-HM: 118	3.78	Sí
	Hoja M	36.549 ± 0.000	HI-HE: 5.68	2.78	Sí
	Hoja E	26.926 ± 0.140	HE-HM: 112	2.78	Sí

Se puede acotar, que los resultados encontrados en este estudio aportan información sobre la distribución de algunos minerales en el acíbar de las hojas de la roseta de zábila, que complementa la información existente para los casos en los cuales no existe información sino sólo de carácter cualitativo.

Asimismo, contribuyen a establecer los niveles regulares de elementos esenciales en esta planta de amplio uso en la medicina popular. Y, además, puede contribuir con el aporte de los requerimientos/día de estos elementos al organismo<sup>10</sup>.

Debe señalarse, que en la revisión documental y empírica realizada no se reportan valores de los metales investigados en acíbar de zábila; los valores reportados están referidos a pasta de zábila<sup>11</sup>, extractos obtenidos de la planta<sup>12</sup> y del gel o cristal<sup>13</sup>.

No obstante, la planta ha sido objeto de estudios en los que se ha determinado la presencia de metales; entre estos estudios se pueden mencionar los siguientes:

Wang *et al.*<sup>14</sup>, determinaron el contenido de calcio, selenio y germanio en *Aloe arborescens* Miller, siendo el contenido de estos minerales en la planta: calcio 10527.77 mg/g; selenio 88.34 mg/g y germanio 70.82 mg/g.

Xiao *et al.*<sup>15</sup>, realizaron una investigación para determinar el contenido de elementos minerales en *Aloe vera*, encontrando en la planta presencia de sodio, magnesio, cobre, zinc, hierro, manganeso y fósforo.

García y col.<sup>16</sup>, determinaron la composición nutricional en *Aloe vera* cultivada en suelo calcáreo y ambiente árido, los valores promedio y desviaciones estándar encontradas fueron los siguientes: potasio 22.39 g/kg ± 6.03; calcio

45.42 g/kg  $\pm$  5.55; magnesio 11.33 g/kg  $\pm$  1.69; fósforo 1.68 g/kg  $\pm$  0.34; nitrógeno 8.13 g/kg  $\pm$  1.34.

Bezáková *et al.*<sup>17</sup>, analizaron extractos de *Aloe vera* para identificar la presencia de elementos trazas, encontrando que el extracto de *Aloe* contiene manganeso, hierro, cobre y zinc.

Se puede señalar que los resultados reportados en este estudio, y en los antes citados, aportan datos sobre el contenido mineral en acíbar de zábila, que complementan los existentes y, a su vez, incorpora información en los casos en los cuales no existe sino sólo de carácter cualitativo. Por otra parte, permite establecer los niveles de los elementos en esta planta.

### Conclusiones

De los resultados obtenidos en la presente investigación, sobre la distribución de las concentraciones de Na, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn y Cr en muestras de acíbar de zábila, se derivan las siguientes conclusiones:

La digestión de acíbar de zábila se puede realizar utilizando una masa de muestra de 0,25 g, una relación de 1:2 de ácido nítrico y peróxido de hidrógeno, un tiempo de digestión de 1 hora, un volumen final de dilución de 25 mL.

No se encontró efecto de matriz entre la curva de calibración con patrones acuosos y la curva de calibración con adición de estándar para Na y Cr. Los estudios de recuperación para estos elementos fueron satisfactorios, ubicándose en  $99,77 \pm 2,00\%$  para el sodio y  $97,02 \pm 4,65\%$  para el cromo.

No se encontró diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza entre los valores certificados (NBS:hojas cítricas 1572) de los metales objeto de estudio y los valores encontrados con la metodología aplicada. Los métodos utilizados para la determinación de los elementos antes mencionados son exactos, precisos y libres de interferencias.

El análisis de muestras de acíbar de las hojas de zábila debe realizarse mediante muestras compuestas, esto es, tomando acíbar de las tres hojas de la roseta de la planta y no sólo de una de ellas; esto debido a la discrepancias encontradas en cuanto al contenido de metales en las hojas internas, externas e intermedias.

Finalmente, las concentraciones de los macro y micro elementos encontrados en el acíbar de zábila constituyen una fuente que puede contribuir con el aporte de los requerimientos diarios de estos elementos al organismo

### Referencias

1. Skoog, D. A.; Holler, F. J. y Nieman, T. A. Principios de análisis instrumental. 5ta. Edición. Madrid, España. McGraw Hill. (2001).
2. Los Oligoelementos Micronutrientes o Elementos Traza. Disponible: <http://www.bioteconoquimica.com/olig.htm>. (Marzo de 2008).
3. Grindlay, D. y Reynolds, T. The Aloe vera phenomenon: A review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel. **Journal of Ethnopharmacology**, **16**, 117-151 (1986).
4. Perkin Elmer. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Connecticut, USA. Autor. (1982).
5. Miller, J.C y Miller, J.N. Statistics for analytical chemistry. 3<sup>ra</sup> edición. Londres, Inglaterra: Ellis Horwood PTR Prentice Hall. (1993).
6. Jiménez R. Procedimiento analítico para la determinación de metales en tejido de peces (*Micropogonias furneri*) por espectroscopia atómica. **Nueva Revista Cubana de Química**, **XII**, 1: 32-41 (2000).
7. Cañas, I. Estudio sistemático de los métodos de digestión de tejido biológico para la determinación de elementos biogénicos por espectroscopia de absorción atómica. Trabajo Especial de Grado. Universidad de los Andes. (2003).
8. Burguera, J. L.; Burguera, M. P; Carrero, P.; Rivas, C.; Galignani, M.; Brunetto, M.R. Determination of iron and zinc in adipose tissue by on-line microwave-assisted mineralization and flow-injection graphite furnace atomic absorption spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, **308**: 349-356 (1995).
9. Nacional Bureau of Standards. Certificate of analysis. Standard reference material 1572. Washington, USA. (1982).
10. Belitz, H. D. y Grosch, W. Química de los alimentos. Zaragoza, España. Acribia. (1988).
11. Madrid, J. Separación de aloína en pasta de zábila. Trabajo de ascenso. Instituto Universitario de Tecnología Alonso Gómeo. Coro, Venezuela. (1996).
12. Bouchey, G.D. y Gjerstad, G. Chemical studies of Aloe vera juices. **Quarterly Journal of Crude Drug Research**, **9(4)**:1445-1453 (1969).
13. Abchi, M.; Torres, M.; Andrade, E. y Grassi, C.. Elaboración de una forma farmacéutica de uso tópico a base de gel de Aloe vera. Tesis de grado. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. (2001)
14. Wang, X.; Yang, D. y Zhang, A. Nutrient composition and nutritional value of *Aloe arborescens* Miller. **Huaxue Fenxi Jiliang**, **9 (2)**, 16-17 (2001).

15. Xiao, M; Zhao, R. y Liu, B. Study on composition of mineral element in Aloe and its application. **Shipin Yu Fajiao Gongye**, **28 (5)**, 74-75 (2002).
16. García, J. L.; Valdez, R. D; Murillo, B.; Beltrán, A.; Ruiz, F. H; Orona, I; Flores, A.; Troyo, E. Preliminary compositional nutrient diagnosis norms in *Aloe vera* L. grown on calcareous soil in an arid environment. **Environmental and Experimental Botany**, **58(1-3)**: 244-252 (2005).
17. Bezáková, L.; Oblozinský, M.; Sýkorová, M.; Paulíkova, I. y Košťálová, D. Antilipoxygenase activity and the trace elements content of *Aloe vera* in relation to the therapeutical effect. **Ces. Slov. Farm.**, **54(1)**: 43-46 (2005).