Determinación de microelementos en acíbar de hojas de zábila (*Aloe vera* (L.) Burm. f.)

Determination of microelements in exudate from leaves of zábila (Aloe vera (*L.*) *Burm. f.*)

Oswaldo R Saavedra A[1], Carlos E Rondón[1]

RESUMEN

En esta investigación se estudió la concentración de microelementos tales como cobre, zinc, manganeso y hierro en el acíbar de hojas de zábila, por espectrometría de absorción atómica en llama (FAAS); asimismo, la concentración de cromo por espectrometría de absorción atómica electrotérmica (ETAAS). Las plantas fueron cultivadas en la ciudad de Coro, estado Falcón, Venezuela. Las muestras de acíbar se recolectaron en hojas internas, medias y externas de la planta. Luego, se secaron por liofilización y se mineralizaron: 0,25 g de muestra de acíbar se sometió a digestión húmeda por 1 hora a 70 °C en una plancha de calentamiento, con 1:2 HNO_3 y H_2O_2. No se encontró efecto de matriz, ya que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre la pendiente de la curva de calibración acuosa y la obtenida por adición de estándar. El estudio de recuperación fue satisfactorio, siendo el valor promedio 97,02 ± 4,65%. La exactitud del método se evaluó utilizando material certificado de la National Bureau of Standards (NBS) 1572, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los valores de los metales contenidos en el material de referencia con los valores obtenidos con el método aplicado en esta investigación. Con relación a la precisión, el promedio de la desviación estándar relativa fue de 1,26%, lo que certifica la precisión del método empleado. Las concentraciones de metales (media poblacional ± intervalos de confianza) encontradas fueron las siguientes: Cu: 1.604 ± 0.296 µg/g, Zn: 6.381 ± 0.974 µg/g, Fe: 14.609 ± 3.161 µg/g, Mn: 5.058 ± 0.307 µg/g y Cr: 13.174 ± 3.046 µg/g. El método empleado fue exacto, preciso y libre de interferencias.

Palabras clave: Minerales, Acíbar *de Aloe vera* (L.) Burm. f., Método ETAAS, Método FAAS.

ABSTRACT

In this investigation was studied the concentration of microelements such as: Cu, Zn, Fe and Mn in *Aloe vera* (L.) Burm. f. leaves exudates by atomic absorption spectrometry (FAAS), also the Cr concentration was determined by electrothermal atomic absorption spectrometry (ETAAS). The plants were cultivated in Coro city, Falcón state, Venezuela. The exudates samples were recollected from internal external and intermediate leaves of the plant. It was digested for 1 hour in a hot plate at 70 °C 0.25g of lyophilized exudates with 1:2 nitric acidic and hydrogen peroxide. It was no found significatives statistics difference at 95% of confidence between the standard calibration curve and the aqueous calibration curve, so no matrix effect was observed. The recovery studies was satisfactory, the mean value was 97.02 ± 4.65%. It was no found significatives statistics differences at 95% of confidence between the certificated values from The National Bureau of Standards (NBS) 1572 of studied metals and the values found with the applied methodology, so the method applied was accurate. The precision of the method was 1.26%. The concentrations of these elements in the real samples were: Cu: 1,604 ± 0,296 µg/g; Zn: 6,381 ± 0,974 µg/g; Fe: 14,609 ± 3,161 µg/g; Mn: 5,058 ± 0,307 µg/g and Cr: 13,174 ± 3,046 µg/g. The method used to determine these elements was exact, precise and free from interferences.

Key words: Minerals, *Aloe vera* (L.) Burm. f. exudate, ETAAS Method, FAAS Method.

[1] Laboratorio de Espectroscopia Molecular, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, La Hechicera, Mérida 5101-A. Venezuela. Autor principal: Telf. 0274-240.1375. E-mail: saavedra@ula.ve

INTRODUCCIÓN

El *Aloe vera* (L.) Burm. f., también conocido como zábila, es una planta ampliamente utilizada por sus propiedades medicinales. Es una especie herbácea de la familia *liliaceae,* la cual crece en zonas áridas. La parte utilizada de esta planta es su hoja, de ésta se extraen dos componentes importantes: los cristales y el acíbar. Este último es un líquido viscoso de olor fuerte.

El *Aloe vera* (L.) Burm.f. está entre las plantas que se considera tienen propiedades medicinales (1). Algunas enfermedades tratadas con *Aloe vera*, con el que se ha conseguido un alivio o curación de las mismas, están: colitis, bursitis, artritis, asma, úlceras estomacales, venas varicosas, quemaduras solares, quemaduras de tercer grado causadas por rayos x, quemaduras por radiaciones atómicas (2-4).

Desde un punto de vista químico, el *Aloe vera* contiene una resina, glucósidos, ácidos orgánicos, aminoácidos, aceites esenciales, sustancias amorfas, agua y minerales. Entre los glucósidos se tiene aloína (barbaloína), la cual es el componente principal, conteniendo de 12-30 por ciento; isobarbaloína y la betabarbaloína; 0.10 – 0.20 por ciento de emodina; áloe-emodina; crisofanol; rheina; diglicósidos A y B; homonataloína. Entre los compuestos no derivados de la antraquinona se reportan aloesina y aloerresina (5-7).

Mientras que entre los minerales reportados se tienen aluminio, bario, boro, cadmio, calcio, cromo, cobre, hierro, litio, magnesio, manganeso, fósforo, potasio, sodio, zinc, germanio, bismuto, mercurio, plomo y plata (8).

En este trabajo se presenta la determinación de Cu, Zn, Mn y Fe en el acíbar de hojas de *Aloe vera* cultivada en la ciudad de Coro, mediante la técnica espectrometría de absorción atómica en llama (FAAS) y la determinación de Cr mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica por atomización electrotérmica (ETAAS), dada la importancia de estos elementos en el organismo al formar parte de enzimas y de muchos procesos bioquímicos. Considerada la zábila una planta medicinal, algunas de sus propiedades medicinales pueden estar vinculadas con el contenido de metales esenciales que posee.

En este orden de ideas, algunos elementos como vanadio, zinc, sodio, potasio, calcio, cobre, manganeso y cromo juegan un rol indirecto en el mejoramiento de la tolerancia de la glucosa y el manejo de la *diabetes mellitus* (9). Asimismo, se han identificado más de 75 compuestos en el *Aloe vera*; entre ellos vitaminas, enzimas y aminoácidos, y también sustancias con acción emoliente, cicatrizante, coagulante, otros (10). Por otra parte, en un estudio realizado en residuo del procesamiento industrial de zábila, el contenido de metales como Cd, Cr y Pb se encontró en niveles muy bajos (11).

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo

Las muestras de *Aloe vera* (L.) Burm. f. se recolectaron en la ciudad de Santa Ana de Coro, municipio Miranda del estado Falcón, en época de inflorescencia, en marzo de 2005, en plantas de tres años de edad. Se obtuvo muestra de acíbar de hojas internas, intermedias y externas de la planta. La muestra final la conformaron 12 plantas de *Aloe vera.* Las muestras de acíbar obtenidas se sometieron a liofilización y posterior digestión húmeda.

Procesamiento de las muestras

Las muestras de acíbar obtenidas de las hojas del *Aloe vera* (L) Burm. f. 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.

Esquema de digestión

Se pesaron 0,25 gramos de muestra de acíbar. Se les agregó 2 mL de ácido nítrico. La mezcla se calentó en una plancha de calentamiento durante diez minutos. Luego se dejó enfriar la solución y se le agregó más ácido nítrico y peróxido de hidrógeno y se volvió a calentar la mezcla por un tiempo igual al anterior. Posteriormente, luego de dejar enfriar la solución, se le agregó ácido nítrico y peróxido de hidrógeno y se calentó a la misma temperatura por un tiempo suficiente para obtener una solución clara. Después se dejó enfriar la solución y se diluyó a un volumen final de 25 mL.

Equipos y accesorios

Equipo de absorción atómica con atomización en llama Perkin Elmer®, modelo 3100, acoplado con una computadora personal dtk Tech-1632 con software Gem

Tabla 1
Parámetros para la digestión de las muestras

Parámetros	Valor
Masa de muestra	0.25 g
Volumen de HNO_3	4 mL
Volumen de H_2O_2	8 mL
Tiempo de digestión	1 hora
Temperatura de calentamiento	70 °C
Volumen final de dilución	25 mL

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-Heraus; plancha de calentamiento, marca Thermoline, tipo 2200; balanza electrónica, marca ER-180A. AND; estufa, marca Beckman, modelo 1270; lámparas de cátodo hueco monoelemental de: Cu, 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 a utilizar fueron todos de grado analítico (tabla 2). El agua empleada para preparar las soluciones fue desmineralizada y desionizada (Milipore) con una conductividad de 18 M Ω-cm^{-1}.

RESULTADOS

A continuación se presentan las características analíticas obtenidas para la determinación de los microelementos Cu, Zn, Mn y Fe durante su medición por FAAS, y de Cr por ETAAS (ver tablas 3, 4 y 5).

Perfiles de atomización del cromo

Se obtuvieron perfiles de atomización para cromo en muestra de acíbar de *Aloe vera* y de patrones acuosos con y sin modificador químico. Los resultados obtenidos se presentan a continuación (ver figuras).

Se observa en estas figuras que, bajo las mismas condiciones de temperaturas de pirólisis y atomización, la absorción de fondo es relativamente baja en todos los

Tabla 2
Reactivos empleados en la investigación

Nombre	Fórmula	Pureza/densidad	Marca
Nitrato de estroncio	$Sr(NO_3)_2$	100%	Ucb
Cloruro de cesio	CsCl	99.9%	Sigma
Cobre (metálico)	Cu	99.9%	Merck
Zinc (metálico)	Zn	99.9%	
Manganeso (metálico)	Mn	99 %	
Hierro (metálico)	Fe	99.5%	
Nitrato de magnesio	$Mg(NO_3)_2$	99 %	
Cromato de potasio	K_2CrO_4	99.5 %	Riedel De Häen
Ácido clorhídrico	HCl	37% / 1.19g/mL	
Ácido nítrico	HNO_3	65% / 1.40 g/mL	
Peróxido de hidrógeno	H_2O_2	35% / 1.13 g/mL	

Tabla 3
Características analíticas del Cu y Zn

Características	Cu	Zn
Ecuación de la recta	Abs.= 0.00443 + 0.09203*[Cu]	Abs.= -5.00E-04 + 0.305*[Zn]
Coeficiente de determinación	0.9991	0.9996
Sensibilidad (m)	0.09203 $(mg/L)^{-1}$	0.305 $(mg/L)^{-1}$
Límite de detección (LOD)	0.021 mg/L	0.0046 mg/L
Límite de cuantificación (LOQ)	0.07 mg/L	0.015 mg/L
Intervalo de trabajo (LOQ – LOL)	0.07- 4 mg/L	0.015-0.2
Concentración característica (c_o)	0.0406 mg/L	0.0144 mg/L
Desviación estándar relativa (RSD)	0.71%	0.79%

Tabla 4
Características analíticas del Fe y Mn

Características	Fe	Mn
Ecuación de la recta	Abs.= 1.67E-04 + 0.035*[Fe]	Abs.= -0.00383 + 0.11327*[Mn]
Coeficiente de determinación	0.9998	0.9989
Sensibilidad (m)	0.035 $(mg/L)^{-1}$	0.11327 $(mg/L)^{-1}$
Límite de detección (LOD)	0.048 mg/L	0.04 mg/L
Límite de cuantificación (LOQ)	0.17 mg/L	0.12 mg/L
Intervalo de trabajo (LOQ – LOL)	0.17-2 mg/L	0.12-2 mg/L
Concentración característica (c_o)	0.0885 mg/L	0.0328 mg/L
Desviación estándar relativa (RSD)	0.71%	1.88%

Tabla 5
Características analíticas del Cr

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

casos. Los perfiles se perciben con buena simetría, resaltando una mejor definición de los perfiles de cromo con modificador químico. Los tiempos de aparición de la señal analítica son similares para todos los casos, en ausencia o presencia de modificador químico.

La sensibilidad y la absorbancia fueron mayores en los casos en que se empleó modificador químico; por lo tanto, el efecto del modificador químico se observó en un aumento de la sensibilidad y la reproducibilidad. Estos resultados indican que la determinación de cromo por ETAAS debe realizarse utilizando modificador químico, ya que la sensibilidad en muestras y patrones es mayor. De manera que, tanto en la curva de calibración

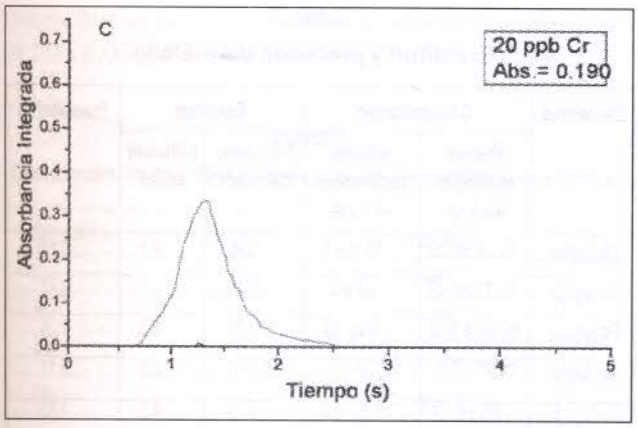

Figura 1. Perfil de atomización del cromo 20 ppb sin modificador químico.

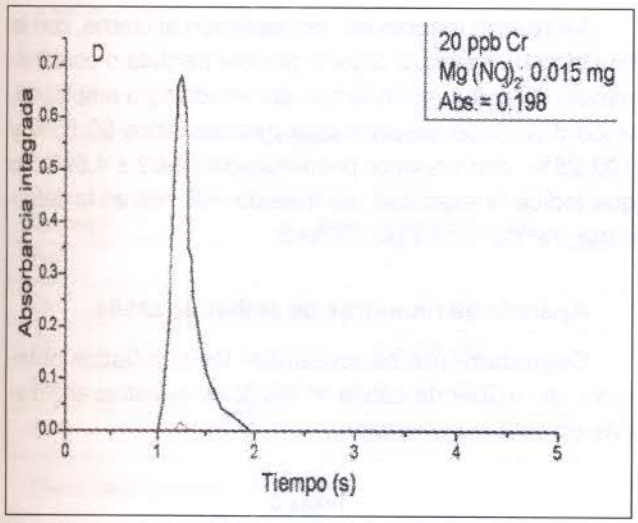

Figura 2. Perfil de atomización del cromo 20 ppb con modificador.

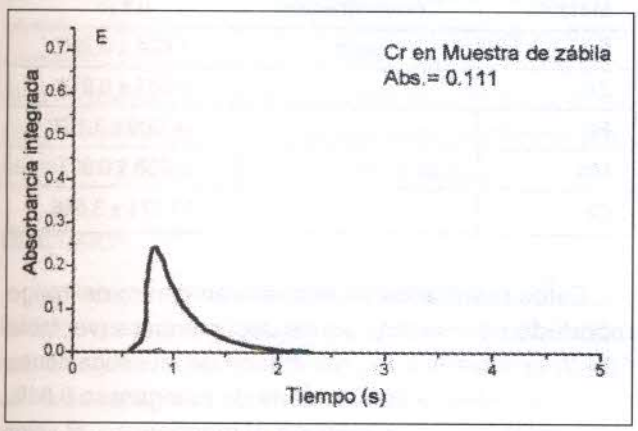

Figura 3. Perfil de atomización del cromo en muestras de zábila sin modificador químico.

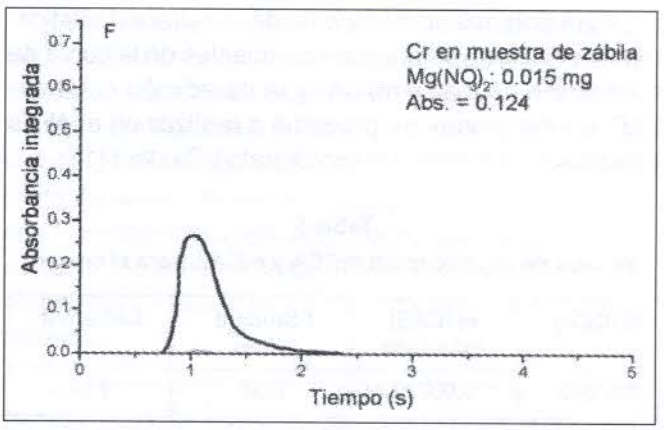

Figura 4. Perfil de atomización del cromo en muestras de zábila con modificador químico.

sencilla como en la de adición de estándar, se empleó modificador químico, que en este caso se trató de nitrato de magnesio [$Mg(NO_3)_2$].

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 de cromo.

Adición de estándar del cromo

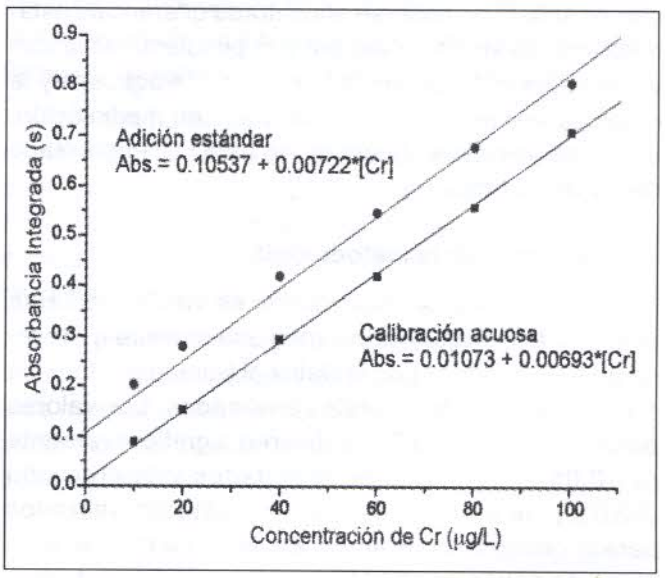

Figura 5. Curva de calibración acuosa (■) y de adición estándar (●) para cromo.

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 (12).

Tabla 6
Prueba de significación mCCA y mCAE para el cromo

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

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 consecuencia, es posible utilizar curva de calibración con patrones acuosos para la determinación de micro elementos (Fe, Cu, Mn, Cr y Zn) en muestra de acíbar de zábila.

Los resultados obtenidos 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 (13-15), 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.

Validación de la metodología

La metodología desarrollada se validó mediante estudios de exactitud empleando una muestra certificada de plantas cítricas de la National Bureau of Standars 1572 para todos los metales analizados. Los valores obtenidos (ver tabla 7) no difieren significativamente ($p< 0.05$) de los valores reportados y la precisión (RSD%) fue menor a un 5%. Los métodos utilizados para la determinación de Cu, Zn, Mn y Fe en acíbar de hojas de zábila por FAAS y de Cr por ETAAS fueron exactos, precisos y libres de interferencias.

Tabla 7
Exactitud y precisión del método

Elementos	Concentración		Exactitud		Precisión(%)
	Valores obtenidos ($x \pm s$)	Valores certificados ($x \pm s$)	t- Student calculada	t-Student crítica	
Cu (µg/g)	18.38 ±0.03	16.5 ± 1	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

Estudio de recuperación

Se realizó estudio de recuperación al cromo, con la finalidad de detectar alguna posible pérdida o contaminación de estos analitos con la metodología empleada, encontrándose valores que oscilan entre 93,35% y 102,25%, con un valor promedio de 97,02 ± 4,65%, lo que indica la exactitud del método utilizado en la determinación de cromo por ETAAS.

Análisis de muestras de acíbar de zábila

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos del acíbar de zábila en las doce muestras analizadas en esta investigación.

Tabla 8
Media poblacional (µ) e intervalos de confianza (*ic*) de los metales en acíbar de zábila

Metales	Concentración	µ ± *ic*
Cu	µg/g	1.604 ± 0.296
Zn		6.381 ± 0.974
Fe		14.609 ± 3.161
Mn		5.058 ± 0.307
Cr		13.174 ± 3.046

Estos resultados se encuentran dentro del rango reportado en investigaciones documentales (ver tabla 10). Y, en cuanto a los resultados de investigaciones empíricas, sólo se tiene reporte de manganeso 0,01% (100 µg/g) (16). Con relación al manganeso, el valor reportado en la investigación empírica (100 µg/g) es

mayor que el encontrado en la presente investigación (4.20 a 6.00 µg/g).

Tabla 9
Concentraciones de algunos microelementos en plantas

Metales	µg/g
Cu	1-25
Zn	5-75
Fe	20 o más
Mn	5 -1000
Cr [a]	0.03 -250

Fuente: Chapman y Pratt (17).
a: Martin-Prével *et al* (18).

Tabla 10
Requerimientos de algunos microelementos en el organismo humano

Metales	Requerimientos/día
Cu	1 – 2 mg
Zn	6 – 22 mg
Fe	1 – 2.8 mg
Mn	2 – 48 mg
Cr [a]	5 - 25 µg

Fuente: Belitz y Grosch (19).

De acuerdo con lo reportado en la tabla 9, aunque el contenido de microelementos en el acíbar de la zábila es suficiente para satisfacer los requerimientos de estos elementos en el organismo humano (tabla 11), los mismos no pueden ser aprovechados debido al carácter purgante y laxante de compuestos antraquinónicos presentes en el acíbar, principalmente la aloína.

DISCUSIÓN

No se encontró efecto de matriz entre la curva de calibración con patrones acuosos y la curva de calibración con adición de estándar para Cr, lo que permite utilizar la curva de calibración con patrones acuosos para determinar la concentración de los minerales en la muestra objeto de estudio.

Los estudios de recuperación para este elementos fueron satisfactorios, con un 97,02 ± 4,65% para el cromo. Además, 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. Por consiguiente, el método utilizado para la determinación de los elementos antes mencionados es exacto, preciso y libre de interferencias.

La discrepancia encontrada en el contenido de manganeso entre la investigación reportada y la presente investigación puede estar relacionada, entre otras variables, con la distinta procedencia de las plantas investigadas, las cuales difieren en condiciones de cultivo, esto es, el tipo y cantidad de fertilizante, propiedades del suelo, edad de las plantas, otras.

Debe señalarse, que en la revisión documental y de investigación empírica realizada no se reportan valores de los metales investigados en acíbar de zábila; el valor reportado para manganeso está referido a extracto obtenido de la planta (16) y en el gel (9).

CONCLUSIONES

Las concentraciones de los microelementos presentes en el acíbar de la zábila se encuentran dentro del rango reportado en investigaciones documentales y difieren de las reportadas en investigaciones empíricas.

Por otra parte, las concentraciones de los microelementos encontrados en el acíbar de zábila pueden estar relacionadas con algunas de sus propiedades medicinales. La presencia de elementos esenciales en la planta explicaría la naturaleza hipoglicémica (20) y el manejo de la diabetes mellitus (9, 21).

Se puede expresar que los resultados reportados en este estudio aportan nuevos datos sobre el contenido mineral en acíbar de zábila, que potencialmente pueden complementar la información existente y servir de base 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Grindlay D, Reynolds T. The Aloe Vera phenomenon: A review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel. J Ethnopharmacol. 1986; (16): 117-151.

(2) Claus E, Tyler V. Farmacognosia. Buenos Aires, Argentina: Ateneo; 1977.

(3) Klein A , Penneys N. *Aloe Vera*. J Am Acad Dermatol. 1988; (18): 714-720.

(4) Kemper K, Chiou V. *Aloe vera.* Disponible: http://childrenshospital.org/holistic. Consulta: julio 2008.

(5) Hunter A. *Aloe vera.* Pharm. 2006; 25 (4): 292-293.

(6) Faría G. Desarrollo del cultivo *Aloe vera* (*Aloe barbadensis millar*) como propuesta de desarrollo rural en el Municipio Mara (estado Zulia, Venezuela). Tesis doctoral. Zaragoza, España; 2002.

(7) Trease E, Evans M. Farmacognosia. 13 ed. Buenos Aires, Argentina: McGrawHill; 1991.

(8) Madrid J. Separación de aloína en pasta de zábila. Trabajo de ascenso. Coro, estado Falcón. Instituto Universitario de Tecnología Alonso Gamero; 1996.

(9) Rajendran A, Narayanan V, Gnanavel I. Study on the analysis of trace elements in *Aloe vera* and its biological importance. J Appl Sci Res. 2007; 3 (11): 1476-1478.

(10) Vega A, Ampuero N, Días L, Lemus R. El *Aloe vera* (Aloe barbadensis miller) como componente de alimentos funcionales. Rev Chil Nutr. 2005; 32 (3): 208-214.

(11) Acosta Y *et al*. Evaluación de metales pesados en tres residuos orgánicos de diferente naturaleza. Disponible: http://www.serbi.luz.edu.ve/pdf/mc/v3n1/art_07.pdf. Consulta: julio 2008.

(12) Miller J, Miller J. Statistics for analytical chemistry. 3 ed. Londres, Inglaterra: Ellis Horwood PTR Prentice Hall; 1993.

(13) Jiménez R. *et al*. Procedimiento analítico para la determinación de metales en tejido de peces (Micropogonias furneri) por espectroscopia atómica. Nueva Rev Cubana Quím. 2000; XII, (1): 32-41.

(14) Cañas I. Estudio sistemático de los métodos de digestión de tejido biológico para la determinación de elementos biogenésicos por espectroscopia de absorción atómica. Trabajo Especial de Grado. Universidad de Los Andes; 2003.

(15) Burguera J.L. *et al*. Determination of iron and zinc in adipose tissue by on-line microwave-assisted mineralization and flow-injection graphite furnace atomic absorption spectrometry. Anal Chim Acta. 1995; (308): 349-356.

(16) Bouchey G, Gjerstad G. Chemical studies of A*loe vera* juices. Q J Crude Drug Res. 1969; (9): 1445-1453.

(17) Chapman H, Pratt P. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. México: Trillas; 1973.

(18) Martin-Prével P, Gagnard J, Gautier P. Analyse Végétale dans le Contrôle de l'Alimetion des Plantes Tempérées et Tropícales. Paris, Francia: Technique et Documentation-Lavoisier; 1984.

(19) Belitz H, Grosch W. Química de los alimentos. Zaragoza, España: Acribia; 1988.

(20) Rajasekaran S, Sivagnanam K, Subramanian S. Mineral contents of *Aloe vera* leaf gel and their role on streptozotocin-induced diabetec rats. Biol Trace Elem Res. 2005; (108): 185-195.

(21) Grover J, Yadav S, Vats V. Medicinal plants of India with antidiabetic potential. J Ethnopharmacol. 2002; 81 (1): 81-100.

Recibido: 16 de abril de 2008 / Aprobado: 14 de julio de 2008