

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE LOS METALES CU, MG, FE Y NA, PRESENTES EN EL ZAPOTE (*QUARARIBEA CORDATA*), PROVENIENTES DEL VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

Jorge Enrique Castillo¹, Diana Marcela Moreno², Maira Viviana Ramírez²

¹ Magíster en Ciencias Químicas. Profesor de Análisis Instrumental y Quimiometría.

Correo electrónico: jorge.castillo01@usc.edu.co

² Estudiante, programa de Química

Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia

Recibido: 10 de junio del 2015

Aprobado: 5 de octubre del 2015

Cómo citar este artículo: J. E. Castillo, D. M. Moreno y M. V. Ramírez, "Evaluación del contenido de los metales Cu, Mg, Fe y Na, presentes en el zapote (*Quararibea cordata*), provenientes del Valle del Cauca, Colombia", pp. 37-49, vol. 12, n.º 19, abril, 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v12i19.1192>

Resumen. *Introducción:* este artículo es un producto de la investigación "Evaluación nutricional de frutas cultivadas en el Valle del Cauca, Colombia", desarrollada durante el 2014 en la Universidad Santiago de Cali. El objetivo de este trabajo fue evaluar los minerales de Fe, Na, Mg y Cu contenidos en la pulpa del zapote (*Quararibea cordata*) cultivado en el Valle del Cauca mediante el método de análisis de espectrofotometría de absorción atómica con llama. *Metodología:* la cuantificación se llevó a cabo determinando el rango lineal de trabajo, siendo este a bajas concentraciones para cada uno de los metales y cumpliéndose los test estadísticos de linealidad del sistema, tales como el test de coeficiente de correlación, el test de hipótesis para la pendiente y el intercepto, mediante una prueba de *t* de Student con una confianza del 95% (incluido el cero). *Resultados:* se obtuvo una composición de los minerales en la pulpa del zapote de $0,42 \pm 0,03$ mg Cu/100g pulpa, $3,2 \times 10^{-3} \pm 0,04$ mg Mg/100g pulpa, $0,47 \pm 0,09$ mg Fe/100g pulpa, y $0,03 \pm 0,01$ mg Na/100g pulpa. Además, se observó un bajo contenido de Mg y prevaleció el de los minerales Fe y Cu. *Conclusiones:* el método de análisis por espectroscopia de absorción atómica con llama aire-acetileno para la evaluación de los metales hierro, magnesio, cobre y sodio presentes en la pulpa del Zapote (*Quararibea cordata*), cultivado en la región del Valle del Cauca, garantiza la confiabilidad de los resultados obtenidos por este método.

Palabras clave: absorción atómica, análisis, *Quararibea cordata*, zapote.



EVALUATION OF CU, MG, FE AND NA METAL CONTENTS IN SAPODILLA PLUM (*QUARARIBEA CORDATA*) FROM VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

Abstract. *Introduction:* this article is the result of the research “Nutritional evaluation of fruits grown in Valle del Cauca, Colombia” conducted in 2014 by the University Santiago de Cali. Its purpose is to evaluate the Fe, Na, Mg and Cu minerals found in the pulp of sapodilla plum (*Quararibea cordata*) grown in Valle del Cauca. It uses flame atomic absorption spectrophotometry as the main method. *Methodology:* the quantification was performed by determining the lineal working range; concentration was low in each metal and meted the statistical tests of system linearity, like correlation coefficient and hypothesis for pending and intercepting when using a Student t-test with a confidence of 95% (including zero). *Results:* the obtained composition of minerals in the pulp of sapodilla plum was of $0,42 \pm 0,03$ mg Cu/100g pulp, $3,2 \times 10^{-3} \pm 0,04$ mg Mg/100g pulp, $0,47 \pm 0,09$ mg Fe/100g pulp, and $0,03 \pm 0,01$ mg Na/100g pulp. The report includes low content of Mg and higher amounts of Fe and Cu. *Conclusion:* the analysis method of flame air-acetylene atomic absorption spectrophotometry for evaluating iron, magnesium, copper and sodium metals found in the pulp of sapodilla plum (*Quararibea cordata*) grown in the Valle del Cauca region guarantees the reliability of these results.

Keywords: atomic absorption, analysis, *Quararibea cordata*, sapodilla plum.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DOS METAIS CU, MG, FE E NA, PRESENTES NO SAPOTI (*QUARARIBEA CORDATA*), PROVENIENTES DO VALLE DO CAUCA, COLÔMBIA

Resumo. *Introdução:* este artigo é um produto da investigação “Avaliação nutricional de frutas cultivadas no Valle do Cauca, Colômbia”, desenvolvida durante o ano 2014 na Universidade Santiago de Cali. O objetivo deste trabalho foi avaliar os minerais de Fe, Na, Mg e Cu contidos na polpa do sapoti (*Quararibea cordata*) cultivado no Valle do Cauca mediante o método de análise de espectrofotometria de absorção atômica com chama. *Metodologia:* a quantificação foi realizada determinando a faixa linear de trabalho, sendo este a baixas concentrações para cada um dos metais e cumprindo-se com os testes estatísticos de linearidade do sistema, tais como o teste de coeficiente de correlação, o teste de hipóteses para a pendente e o intercepto, mediante um teste e *t* de Student com uma confiança de 95% (incluído o zero). *Resultados:* obteve-se uma composição dos minerais na polpa do sapoti de $0,42 \pm 0,03$ mg Cu/100g polpa, $3,2 \times 10^{-3} \pm 0,04$ mg Mg/100g polpa, $0,47 \pm 0,09$ mg Fe/100g polpa, e $0,03 \pm 0,01$ mg Na/100g polpa. Além disso, observou-se um baixo conteúdo de Mg e prevaleceu o dos minerais Fe e Cu. *Conclusões:* o método de análises por espectroscopia de absorção atômica com chama aire-acetileno para a avaliação dos metais ferro, magnésio, cobre e sódio presentes na polpa do Sapoti (*Quararibea cordata*), cultivado na região do Valle do Cauca, garante a confiabilidade dos resultados obtidos por este método.

Palavras-chave: absorção atômica, análises, *Quararibea cordata*, sapoti.

1. Introducción

El mercado mundial de frutas tropicales presenta un constante crecimiento y demuestra cómo los países de la Unión Europea manifiestan una gran atracción por este tipo de mercado, en razón al estilo saludable de vida que se busca en estos países. De esta manera, se prefieren alimentos orgánicos, con un alto contenido nutricional, de excelente calidad, inocuidad e innovación que suplan la demanda de dichos mercados [1]. Dentro de las frutas tropicales que se pueden considerar como promisorias para exportación, se encuentra el zapote, especie *Quararibea cordata*, la cual es un fruto originario de la Amazonía brasileña y cultivado en países tales como Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. En Colombia, se encuentra principalmente en los valles de los ríos Cauca y Magdalena, así como en los llanos orientales. Su consumo se da principalmente en estado natural o en preparación de jugos, refrescos, mermeladas, compotas y dulces a nivel casero [2]. Aunque es un fruto ampliamente consumido, su aprovechamiento es limitado debido al desconocimiento de su potencial, así como de sus variadas aplicaciones en la industria de alimentos, los cosméticos y la agroindustria [3].

La especie *Quararibea cordata* se considera típica de la región del Valle del Cauca y es cultivada y distribuida en los diferentes mercados de la región. Es una fruta fresca, de sabor dulce, textura fibrosa y el color de la pulpa es naranja intenso [2]. La pulpa es la fracción de interés del presente trabajo, en la cual se encuentra la parte comestible de la fruta, además de su característico sabor, estableciéndose esto como ventaja para su amplio aprovechamiento al abrir la posibilidad de comercialización de diversos productos, es decir, reconoce no solo su potencial como fruta fresca, sino también como fruta procesada [4]. Al ser el enfoque principal de este trabajo la caracterización de los nutrientes minerales hierro (Fe), sodio (Na), magnesio (Mg) y cobre (Cu) por espectrofotometría de absorción atómica con llama aire-acetileno [5], presentes en la pulpa de la especie de Zapote *Quararibea cordata* cultivada en el Valle del Cauca, se brinda un nuevo estudio en esta especie propia de la región para posteriores investigaciones y aplicaciones en la industria. Lo anterior en razón a que los estudios al respecto son muy limitados, y de esta manera es posible abrir el mercado de nuevos productos a partir de frutas de la región.

2. Metodología

2.1 Equipos

En la tabla 1 se presenta la relación de equipos utilizados en el desarrollo del trabajo experimental.

Tabla 1. Equipos

Equipo	Marca	Modelo
Espectrofotómetro de absorción atómica con llama	Shimadzu	aa-6300
Mufla (550 – 600 °C)	Thermolyne	30400
Balanza analítica	Sartorius	bp 210s
Baño termostático	PrecisionScientific	66630
Plancha de calentamiento y agitación	Thomas Scientific	F15A

Fuente: elaboración propia

2.2 Reactivos

En la tabla 2 se referencian los reactivos utilizados durante el desarrollo del trabajo experimental.

Tabla 2. Reactivos usados en el desarrollo del trabajo

Reactivo	Marca
Ácido Nítrico Analítico (HNO ₃)	Panreac
Ácido Clorhídrico Analítico (HCl)	Panreac
Agua Tipo I	Milli q
Acetileno (C ₂ H ₂)	Cryogas
Cloruro de Potasio Analítico (KCl)	Merck
Óxido de Lantano (La ₂ O ₃)	Merck
Patrón de Fe 1000 ppm	Merck
Patrón de Na 1000 ppm	Merck
Patrón de Mg 1000 ppm	Merck
Patrón de Cu 1000 ppm	Merck

Fuente: elaboración propia

2.3 Diseño del experimento

En la figura 1, se muestra el diseño del experimento realizado para la cuantificación de los metales en el Zapote [6].

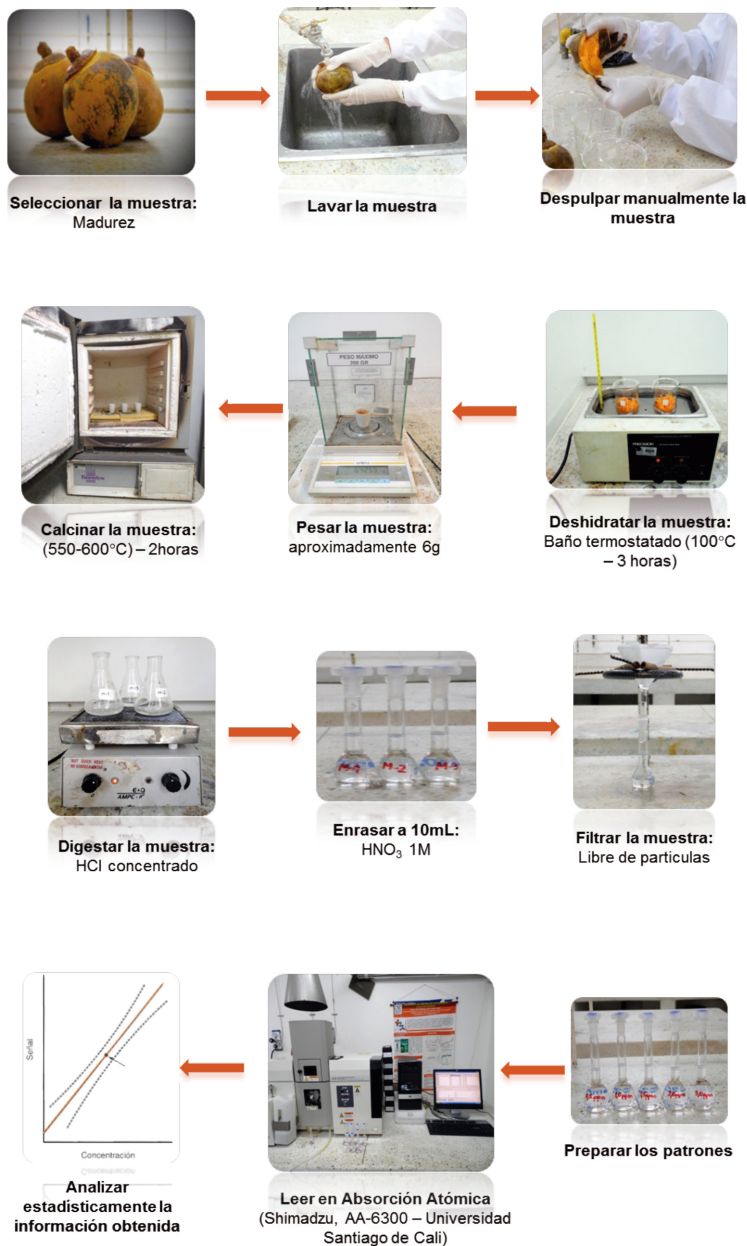


Figura 1. Diseño del experimento

Fuente: elaboración propia

2.4 Preparación de la muestra

Para la determinación de Fe, Na, Mg y Cu, las muestras se preparan de la misma manera, siendo la porción de ensayo homogénea. Como primera medida, la muestra de la pulpa del zapote se deshidrata a fin de realizar el análisis en base seca.

Luego se toma una cantidad de muestra (aproximadamente 6 g), a la que se calcula el porcentaje de humedad y se deposita en un crisol de porcelana previamente tratado ([HNO₃:HCL], [1:3]) y seco. Luego se carboniza y calcina en una mufla a una temperatura entre 550-600 °C durante un tiempo de 2 horas (este mismo tratamiento se hace

a estándares para determinar pérdidas debidas al tratamiento térmico). Una vez se obtienen las cenizas, estas se recuperan sometiéndose a una digestión en ácido clorhídrico concentrado durante 30 minutos o hasta solubilidad total. Posteriormente, la solución se deja enfriar y se transfiere cuantitativamente mediante lavados con ácido nítrico (1M a un balón aforado de 10 mL y completando a volumen). Se deja sedimentar y se realiza un filtrado y, finalmente, se realiza la lectura de las soluciones en el espectrofotómetro de absorción atómica con llama [3,4].

2.5 Preparación de los patrones

Las soluciones estándar para Fe, Na, Mg y Cu se preparan a partir de sus respectivos estándares de referencia (1000 ppm) para su posterior cuantificación, y considerando el rango lineal de trabajo. Además, a fin de evitar interferencias de ionización, se utilizó cloruro de potasio al 1% para cuantificar cobre y magnesio, y óxido de lantano al 1% para cuantificar sodio. En la cuantificación de hierro no se usó modificador.

2.6 Condiciones de medición

Se ajusta el espectrofotómetro de absorción atómica de acuerdo con las instrucciones del fabricante para la cuantificación de cada uno de los metales a evaluar, ajustando la respuesta según las longitudes de onda que aparecen en la tabla 3 para cada elemento.

Tabla 3. Longitudes de onda para el análisis de los elementos

Metal	Longitud de onda (nm)
Fe	248,33
Na	589,00
Mg	285,21
Cu	324,75

Fuente: elaboración propia a partir de datos experimentales tomados del instrumento de absorción atómica Shimadzu 6300

3. Resultados y análisis

Para la evaluación de los minerales Fe, Na, Mg y Fe presentes en la pulpa del Zapote (*Quararibea*

cordata) cultivado en el Valle del Cauca, mediante espectrofotometría de absorción atómica con llama aire-actileno, fue necesario hacer la evaluación de algunos parámetros tales como linealidad, precisión, límites de detección, cuantificación y evaluación de la exactitud a través de porcentajes de recuperación, los cuales garantizan la confiabilidad de la cuantificación por dicho método.

3.1 Linealidad

Inicialmente se determinó el rango lineal para el análisis de cada uno de los metales. En este propósito, se revisó la información presentada en el *cookbook*, la cual muestra los rangos de concentración con los que se puede trabajar y obtenerse un gráfica de comportamiento lineal. En la figura 2 se muestran las curvas obtenidas utilizando concentraciones menores y mayores a las recomendadas por el *cookbook*.

A partir de la figura 2 y a través de la observación de las líneas de calibración para cada elemento, se puede definir el rango de concentraciones en el cual se presenta un comportamiento lineal. De igual forma, a fin de corroborar esto, fue necesario realizar una prueba Q a los residuos, de manera que sea posible determinar estadísticamente el rango de concentraciones en el cual se presenta linealidad en cada uno de los elementos. En la tabla 4 se presentan los resultados encontrados en la determinación del rango lineal.

Tabla 4. Concentraciones en el rango lineal para cada elemento

Elemento	Concentración baja (ppm)	Concentración alta (ppm)
Cu	1,0	40
Mg	0,1	50
Fe	0,5	40
Na	0,1	15

Fuente: elaboración propia

A partir de las concentraciones presentadas en la tabla 4, se realizan curvas de calibración a bajas concentraciones y a medias concentraciones. En la figura 3, se presentan las líneas de calibración a bajas concentraciones para cada uno de los elementos Cu, Mg, Fe y Na.

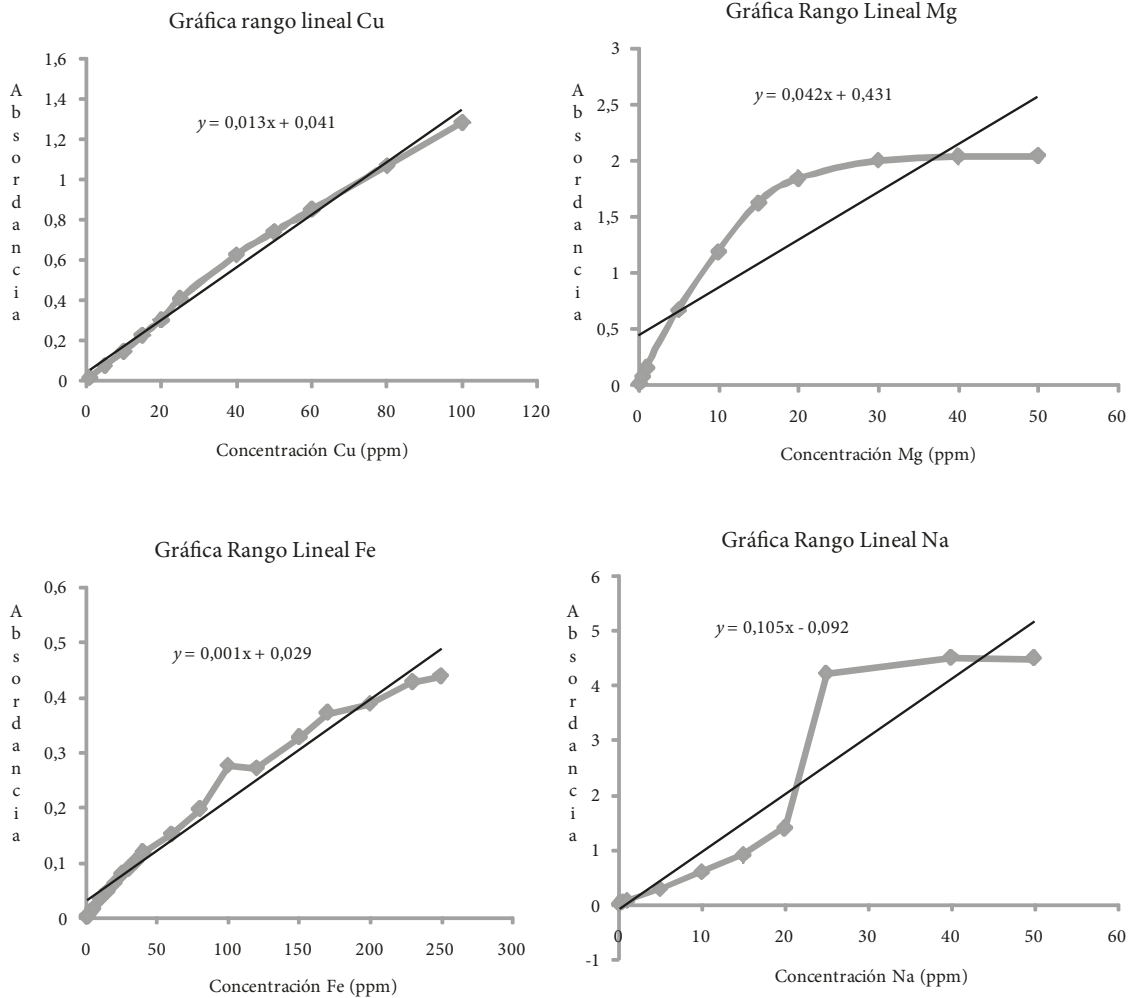


Figura 2. Evaluación de la linealidad.
 Fuente: elaboración propia

En la tabla 5, se presentan los parámetros de linealidad para cada una de las líneas de calibración de cada elemento en el rango de bajas concentraciones.

Como se observa en la tabla 5, las líneas de calibración de bajas concentraciones presentan buena linealidad, pues sus coeficientes de correlación se encuentran por encima de 0,9950, valor aceptado para análisis por espectroscopia de absorción atómica.

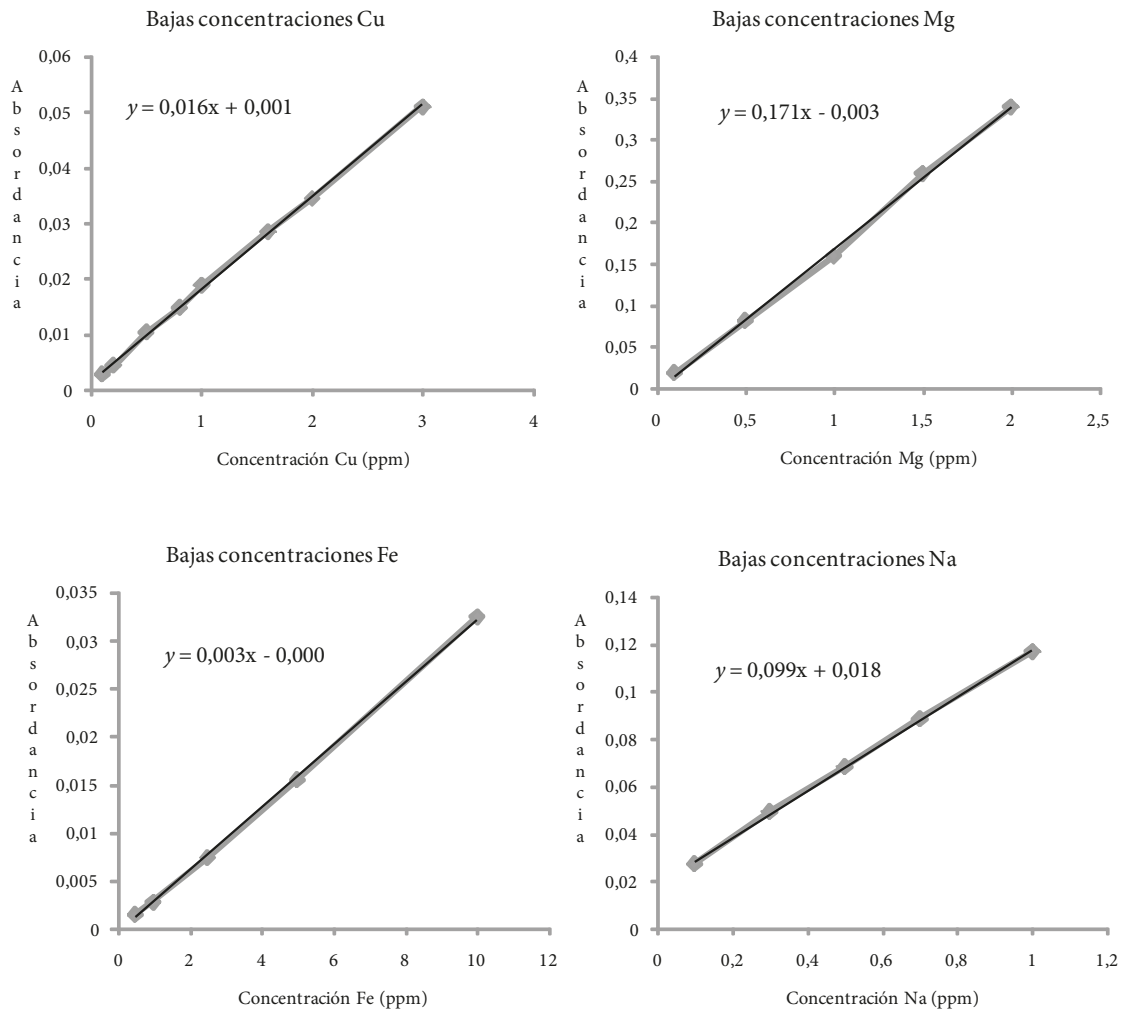
Utilizando las líneas de calibración de bajas concentraciones se calcularon los límites de detección y de cuantificación en cada uno de los elementos. En la tabla 6 se presentan los valores obtenidos para el instrumento.

Tabla 5. Parámetros de linealidad para las líneas de baja concentración

parámetro	Cu	Mg	Fe	Na
Coefficiente de correlación	0,9996	0,9991	0,9997	0,9997
Pendiente	0,016	0,171	0,003	0,099
Intercepto	0,001	0,003	0,000	0,018

Fuente: elaboración propia

En la figura 4, se presentan las líneas de calibración a concentraciones medias para cada uno de los elementos Cu, Mg, Fe y Na.

**Figura 3.** Líneas de calibración a bajas concentraciones

Fuente: elaboración propia

Tabla 6. Límites de detección y cuantificación del instrumento para cada metal

Elemento	Límite de detección (ppm)	Límite de cuantificación (ppm)
Cu	0,0030	0,0065
Mg	0,0158	0,0186
Fe	0,0007	0,0035
Na	0,0214	0,0284

Fuente: elaboración propia

Tabla 7. Parámetros de linealidad para las líneas de concentraciones medias

Parámetro	Cu	Mg	Fe	Na
Coefficiente de correlación	0,9990	0,9993	0,9991	0,9992
Pendiente	0,019	0,159	0,002	0,060
Intercepto	0,000	0,038	0,002	0,038

Fuente: elaboración propia a partir de resultados experimentales

En la tabla 7, se presentan los parámetros de linealidad para cada una de las líneas de calibración de cada elemento en el rango medio.

Como puede verse en la tabla 7, las líneas de calibración de concentraciones medias presentan buena linealidad, pues sus coeficientes de

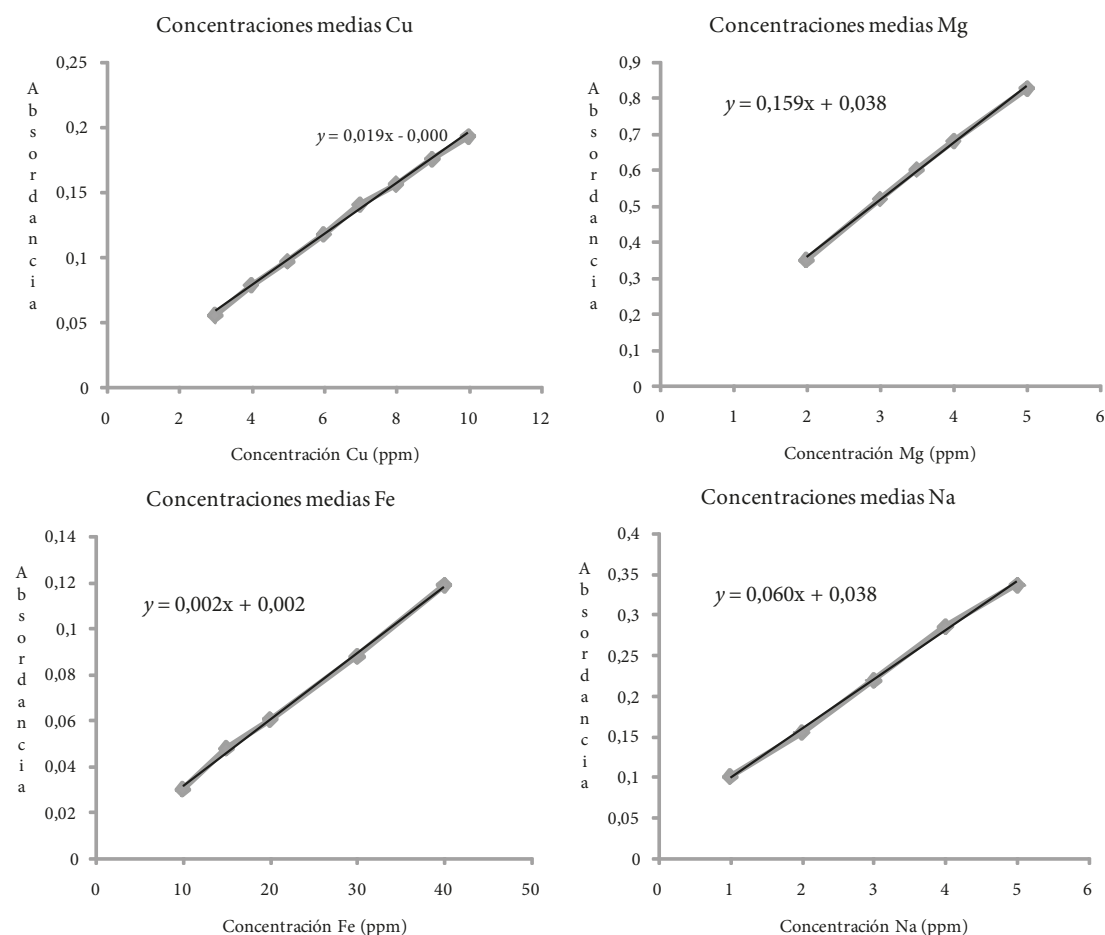


Figura 4. Líneas de calibración a concentraciones medias
Fuente: elaboración propia a partir de resultados experimentales

correlación se encuentran por encima de 0,9950, valor aceptado para análisis por espectroscopia de absorción atómica.

3.2 Precisión del instrumento

La primera evaluación consiste en medir la precisión del instrumento. Para esto se realizan diez lecturas de estándares en concentraciones bajas de cada uno de los elementos analizados. En la tabla 8, se presentan los resultados.

Como puede verse con los resultados presentados en la tabla 8, el equipo tiene una muy buena precisión ya que los valores de desviación estándar relativa (RSD) obtenidos en el análisis de cada uno de los elementos se encuentra por debajo de 2%, siendo este el valor límite para instrumentos de espectroscopia de absorción atómica.

Tabla 8. Precisión del instrumento

Lectura	Cu	Mg	Fe	Na
1	0,0287	0,1588	0,0321	0,1165
2	0,0290	0,1589	0,0318	0,1168
3	0,0277	0,1600	0,0324	0,1170
4	0,0284	0,1584	0,0320	0,1163
5	0,0287	0,1585	0,0317	0,1166
6	0,0282	0,1590	0,0322	0,1167
7	0,0283	0,1582	0,0321	0,1169
8	0,0285	0,1587	0,0324	0,1170
9	0,0288	0,1585	0,0319	0,1167
10	0,0286	0,1586	0,0320	0,1169
Promedio	0,0285	0,1588	0,0321	0,1167
Des. estándar	0,0004	0,0005	0,0002	0,0002

Fuente: elaboración propia

3.3 Precisión evaluada en la misma muestra y tiempos diferentes

En esta evaluación se parte de la misma muestra, se homogeniza y se fracciona en tres partes. Luego se realiza el análisis de cada una de las partes en tiempos diferentes y se calcula la precisión en términos de la cantidad de metal presente en 100 g de muestra. En la tabla 9, se presentan los resultados.

Tabla 9. Precisión para la misma muestra y en diferente día

Metal	W muestra (g)	Mg/100g de pulpa de zapote			
		Día 1	Día 2	Día 3	Rsd día
Fe	6,1939	0,22	0,20	0,23	7,05
	6,2079	0,23	0,21	0,24	6,74
	6,1765	0,20	0,21	0,23	7,16
	RSD Muestra	7,05	2,79	2,47	
Mg	6,2720	0,0034	0,0033	0,0032	3,03
	6,4181	0,0034	0,0034	0,0033	1,71
	6,1801	0,0035	0,0034	0,0033	2,94
	RSD Muestra	1,68	1,71	1,77	
Na	6,2716	0,07	0,06	0,07	8,66
	6,4200	0,06	0,06	0,05	10,19
	6,1793	0,05	0,07	0,05	20,38
	RSD Muestra	16,67	9,11	20,38	
Cu	6,1825	0,36	0,35	0,34	2,86
	6,0619	0,34	0,35	0,35	1,66
	6,1530	0,35	0,34	0,33	2,94
	RSD Muestra	2,86	1,66	2,94	

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla anterior, puede verse que en la mayoría de los casos la precisión evaluada a través del RSD no sobrepasa el 10%. Sin embargo, para el caso del sodio, la precisión no es tan buena, en razón a que el contenido del metal en la muestra es muy poco, y a que el sodio se ve afectado por los materiales utilizados en el análisis, ya que este puede retenerse.

3.4 Precisión evaluada en análisis de diferentes muestras

En la tabla 10, se presentan los resultados obtenidos en el análisis de precisión cuando se realiza la cuantificación de diferentes muestras.

Tabla 10. Precisión en análisis de diferentes muestras

Metal	w Muestra (g)	mg/100g de pulpa de Zapote
Fe	6,1956	0,25
	6,2063	0,22
	6,1789	0,27
	RSD Muestra	10,20
Mg	6,2856	0,0030
	6,3567	0,0037
	6,1932	0,0033
	RSD Muestra	10,54
Na	6,2785	0,06
	6,329	0,09
	6,2343	0,07
	RSD Muestra	20,83
Cu	6,2567	0,39
	6,1512	0,34
	6,1763	0,31
	RSD Muestra	11,66

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los resultados presentados en la tabla 10, puede verse como en la precisión al evaluar muestras diferentes se encuentra que el RSD está por encima del 10%, de manera que se sigue viendo que la precisión en el análisis del sodio sigue siendo deficiente, pues es mayor al 20%. Estos resultados revelan que a pesar de tener muestras provenientes del mismo lugar, se tiene variación en el contenido de los metales.

3.5 Exactitud en la cuantificación de los metales

En el proceso de cuantificación, fue necesario evaluar la exactitud en el análisis. En este propósito, se empezó evaluando la recuperación de los metales, para lo cual se prepararon soluciones de mezclas de los metales en concentraciones similares a las evaluadas durante el estudio de precisión. Estas muestras se sometieron a tratamientos similares a los que se someten las muestras para análisis (deshidratación, calcinación, digestión con ácidos y posterior lavado cuantitativo y llevado a volumen). Una vez se obtiene la muestra a partir de estándares, se realiza el análisis y se calcula la recuperación. Este procedimiento se realizó por triplicado encontrándose una recuperación del 100% para los elementos analizados.

Con el fin de hacer la cuantificación de los metales presentes en el Zapote (*Quararibea cordata*), se adquirieron muestras en diferentes galerías de la ciudad y almacenes de cadena según datos de otros estudios realizados con esta fruta [7]. Todas las muestras

proviene de fincas de los alrededores de Palmira, Valle del Cauca. En la tabla 11, se muestran los resultados de la cuantificación de los metales presentes en las muestras analizadas. Cabe anotar que, para el análisis, se tuvo en cuenta que todos los frutos presentarían estado de madurez similar; cada uno de los resultados presentados en contenido de cada metal corresponde al promedio de tres análisis.

A los resultados de los análisis del contenido de metales Cu, Mg, Fe y Na presentes en las muestras de zapote provenientes de diferentes fuentes (mercados de Cali), presentadas en la tabla 11, se les realizó un análisis de varianza en el que se encontró que, para el magnesio y el sodio, no se presentan diferencias significativas en la cantidad de metal encontrado, mientras que para el hierro y el cobre sí se encontraron diferencias significativas en el contenido. Esto se debe a que, si bien las muestras provienen de fincas ubicadas en el Valle del Cauca, en la zona de Palmira, no todas provienen de la misma finca; resultados similares a los encontrados para estudios de antioxidantes presentes en zapote [8].

Tabla 11. Cuantificación de metales

Procedencia de la Muestra	Muestra	Contenido de Cu mg/100g pulpa	Contenido de Mg mg/100g pulpa	Contenido de Fe mg/100g pulpa	Contenido de Na mg/100g pulpa
Galería Alameda	1	0,33	0,0037	0,22	0,06
	2	0,37	0,0032	0,27	0,04
	3	0,39	0,0031	0,25	0,07
Galería Siloe	1	0,31	0,0039	0,20	0,05
	2	0,37	0,0043	0,18	0,08
	3	0,32	0,0045	0,22	0,05
Éxito San Fernando	1	0,29	0,0028	0,29	0,04
	2	0,32	0,0025	0,33	0,03
	3	0,30	0,0021	0,35	0,04
La 14 Cosmocentro	1	0,38	0,0034	0,28	0,08
	2	0,39	0,0037	0,24	0,05
	3	0,42	0,0030	0,22	0,06
Jumbo Jardín Plaza	1	0,45	0,0035	0,27	0,06
	2	0,41	0,0039	0,34	0,04
	3	0,35	0,0033	0,30	0,07

Fuente: elaboración propia

4. Discusión

Se determinó el rango lineal de cada elemento analizado (Cu, 1 – 40 ppm; Mg, 0,5 – 50 ppm; Fe, 0,5 – 40 ppm; y Na, 0,1 – 15 ppm). En estos rangos se realizaron curvas de calibración de bajas concentraciones (Cu, 0,1 – 3,0 ppm; Mg, 0,1 – 2,0 ppm; Fe, 0,1 – 10,0 ppm; y Na, 0,1 – 1,0 ppm), en las cuales se llevó a cabo la cuantificación de estos elementos presentes en el zapote, encontrándose contenidos promedio de 0,36 mg Cu/100 g de Pulpa; 0,0034 mg Mg/100 g de Pulpa; 0,26 mg de Fe/100 g de Pulpa; y 0,05 mg de Na/100 g de Pulpa.

De igual forma, se realizó la precisión a diferentes niveles. Primero se evaluó el instrumento a fin de verificar que los resultados son confiables, dando una precisión en RSD para Cu de 1,28%; Mg de 0,31%; Fe de 0,72%; Na de 0,19%; siendo estos valores adecuados para la evaluación de la precisión del instrumento. En la evaluación de esta muestra analizada en diferentes días, para Cu se obtiene 2,49%; Mg de 2,56%; Fe de 7,00%; y Na de 13,08%.

La precisión calculada por tiempo presenta resultados óptimos a excepción del análisis de sodio, debido a que este método presenta por sí solo baja precisión, lo cual se refleja en los resultados de los análisis directamente en las muestras.

Al analizar diferentes muestras, se observa una precisión baja: Cu de 11,66%; Mg de 10,54; Fe de 10,20%; y Na de 20,83%. Esto se debe a que cada muestra, así provenga de la misma cosecha, presenta diferente contenido de metal, dentro de un rango de concentración. También puede verse que el sodio presenta precisión aún más baja que los otros metales.

Se han realizado varios estudios con el fin de evaluar el contenido de metales en gran variedad de frutas incluido el zapote. En particular, en esta fruta se ha encontrado una gran variedad de resultados en contenido de metales, como puede verse en el artículo “Características fisicoquímicas de dos variedades de fruto del zapote (*Matisia cordata*) comercializadas en el departamento del Cauca” [3]. Esto depende de la zona donde se ha realizado el cultivo, el tipo de fertilizantes usados, la época del año en que se cosechó y el grado de madurez de la fruta [9].

En este estudio, se utilizaron frutas provenientes de fincas de la zona del municipio de Palmira, Valle del Cauca, de manera que, a pesar de existir variación en el contenido de algunos metales, estos

se encuentran dentro de un valor que difiere apreciablemente de los valores encontrados por otros investigadores que han utilizado frutos provenientes de otros lugares. Lo anterior supone que el zapote analizado tiene unas propiedades muy particulares en contenido de metales, y las cuales son diferentes a los zapotes cultivados en otras regiones.

5. Conclusiones

El método de análisis por espectroscopia de absorción atómica con llama aire-acetileno para la evaluación de los metales hierro, magnesio, cobre y sodio presentes en la pulpa del zapote (*Quararibea cordata*) cultivado en la región del Valle del Cauca, garantiza la confiabilidad de los resultados obtenidos por este método, puesto que los parámetros evaluados cumplen con los criterios de evaluación:

- **Linealidad:** 0,5-40,0 ppm Fe, 0,1-5,0 ppm Mg, 0,1-15,0 ppm Na, 1,0-40,0 ppm Cu.
- **Precisión:** muestras iguales, días diferentes, muestras diferentes; con RSD entre 1 y 20 siendo el más alto para muestras diferentes y para el sodio.

Se cuantifican los metales de interés presentes en el Zapote encontrándose un contenido promedio de 0,36 mg Cu/100g de pulpa, 0,0034 mg Mg/100g de pulpa, 0,26 mg Fe/100g de pulpa y 0,05 mg de Na/100 mg de pulpa, siendo una fruta rica en los metales hierro y cobre, y con bajo contenido en magnesio.

A pesar de encontrarse diferencias significativas en el contenido de cobre y de hierro, se puede decir que el Zapote que se produce en el Valle del Cauca, zona de Palmira, tiene contenido bastante homogéneo en los metales analizados, en razón a que los suelos de esta zona son bastante homogéneos en contenido de minerales.

Referencias

- [1] J. K. Tufuor, J. K. Bentum, D. K. Essumang y J. E. Koranteng, “Analysis of heavy metals in citrus juice from the Abura-Asebu-Kwamankese district, Ghana”, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, vol. 3, n.º 2, pp. 397-402, 2011.
- [2] J. J. Alegría, O. L. Hoyos y J. A. Prado, “Evaluación del comportamiento de la pulpa del fruto del zapote

- (*Matisia cordata*) frente a procesos de transformación agroindustrial”, *Rev. Facultad de Ciencias Agropecuarias Unicauca*, vol. 3, n.º 1, pp. 42, 2005.
- [3] J. J. Alegría, O. L. Hoyos y J. A. Prado, “Características fisicoquímicas de dos variedades de fruto del zapote (*Matisia cordata*) comercializadas en el departamento del Cauca”, *Rev. Facultad de Ciencias Agropecuarias Unicauca*, vol. 5, n.º 2, pp. 32, 2007.
- [4] M. Soylak, A. Aydin, “Determination of some heavy metals in food and environmental samples by flame atomic absorption spectrometry after coprecipitation”, *Food and Chemical Toxicology*, vol. 49, n.º 6, pp. 1242-1248, jun. 2011.
- [5] H. Vinasco, “Documentación para la determinación de Ag, As, Cd, Cr, Pb y Hg en aguas residuales, pulpas de frutas y sulfato de aluminio por espectroscopia de absorción atómica en el laboratorio de aguas y alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira”, *Escuela de Química*, Universidad Tecnológica de Pereira, feb. 2011.
- [6] S. Benali, S. Benamara, M. Bigan y K. Madani, “Feasibility study of date (*Phoenix dactylifera* L.) fruit syrup-based natural jelly using central composite design”, *Journal of Food Science and Technology*, vol. 52, n.º 8, pp. 4975-4984, oct. 2014.
- [7] I. Cerón, M. El-Halwagi y C. Cardona, “Process synthesis for antioxidant polyphenolic compounds production from *Matisia cordata* Bonpl. (zapote) pulp”, *Journal of Food Engineering*, vol. 134, pp. 5-15, agos. 2014.
- [8] V. Carvalho, C. Damiani y E. Asquiere, “Development and antioxidant capacity of sapota pulp jelly (*Quararibea cordata* Vischer)”, *Ciencia e Agrotecnologia*, vol. 36, n.º 3, pp. 341-347, mayo 2012.
- [9] P. Álvarez-Loayza y J. Terborgh, “Fates of seedling carpets in an Amazonian floodplain forest: Intra-cohort competition or attack by enemies?”, *Journal of Ecology*, vol. 99, n.º 4, pp. 1045-1054, jul. 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01835.x>