

Propiedades Físico-químicas por RMN de ^1H y Constituyentes en el Aceite de *Carapa Guianensis* por ESI-MS

Elson F. da Silva^a, Ismael F. Montero^{*b,c}, Antônio A. Melo Filho^{c,d,e}, Ricardo C. Santos^d, Pedro Romulo E. Ribeiro^c, Ane Karina Porto Costa^e, Ana Cristina Gonçalves de Melo^c

^aPrograma Post-Graduação em Ciencia e Ingenieria de Materiales. Universidade Federal de Sergipe. UFS. Av. Mal. Rondon s/n, São Cristóvão, SE, Brasil.

^bPrograma Intercambio Santander: Universidad de Extremadura (España) y Universidade Federal de Roraima (Brasil).

^cPrograma Post-Graduação em Química, UFRR. Av. Cap. Ene Garcez, 2413, Bairro Aeroporto. CEP: 69310-000. Boa Vista, RR, Brasil.

^dPrograma Doctorado en Biodiversidad y Biotecnología (BIONORTE), UFRR. Boa Vista, RR, Brasil.

^eDepartamento de Química, UFRR. Boa Vista, RR, Brasil.

Article history: Received: 23 September 2014; revised: 21 October 2014; accepted: 13 November 2014. Available online: 30 December 2014.

Abstract: The andiroba belongs to the botanical family Meliaceae, found in the Amazon mainly two varieties, *Carapa guianensis* and *C. procera*. They are species with large logging utility and extracted oil has many uses, especially in lighting, such as healing use, insecticide and anti-inflammatory. In this paper the physico-chemical properties of oil of *C. guianensis* in São João da Beacon, Roraima through calculations from ^1H NMR spectrum using the computer program PROTÓLEOS properties are studied by ESI-MS technique to determine the constituents of said oil are linolenic acid (9.99%), linoleic acid (13.14%), oleic acid (47.32%), unsaturated (70.45%) fatty acid and saturated fatty acids (29.55%). The extracted oil of andiroba oil has a yield of 67.03% being the physicochemical properties of the oil as follows: 48.4 mg I_2/g of iodine; 161.67 mg KOH/g of saponification; 1.84% of acid; 1004.02 g/mol average molecular weight; 159.83 mg KOH/g of ester value; 98.87% percent of ester and 0.9166 g/cm³ for the density at 25 °C. Constituents determined by ESI-MS include: 1,1'-methyl-2,2'-dicarboxylate diantraquinona, dimethyl pirofosfatosantoninate, 2,4,6-tris-(3,5-di-butyl-4-tec-hidroxi-bencil)styrene, (2,3,7,8,12,13,17,18-octanoilporfirinate) - Mg(II).

Keywords: fatty acids; andiroba; ESI-MS, ^1H NMR

1. INTRODUCCIÓN

La andiroba, se encuentra desde América Central hasta Paraguay, pero es más predominante en la región amazónica, donde están presentes dos especies de andiroba distintas, que son *Carapa guianensis* y *C. procera*, ambas destacan por ser árboles de gran tamaño llegando a alcanzar los treinta metros de altura, pertenecientes a la familia de las *Meliaceae*, importante familia productora de buenas maderas, entre las que destacan el cedro rosa y caoba. Es considerado noble, es fácil de trabajar y muy buscada en el mercado interno y externo, presentando excelente calidad en la fabricación de muebles, piezas decorativas y como piezas internas en construcciones

navales [1].

Por tanto, la andiroba es una de las especies florales, no maderera destacada en el norte de Brasil, debido al uso de su óleo que es extraído de las semillas y tiene demanda nacional e internacional, ya que es usado en la iluminación, en la confección de jabón y velas, en la industria de cosméticos y en la medicina popular, presentando funciones cicatrizantes, antiinflamatorias e insecticidas [2].

La exploración de productos forestales no madereros, tiende a aumentar, presentándose como una alternativa para el desenvolvimiento socioeconómico de una región con bajo impacto

*Corresponding author. E-mail: ismofe04@alumnos.unex.es

ambiental. El interés mundial por los productos forestales no madereros, representan un gran potencial para el uso múltiple en las flores, evidenciando por el creciente interés por productos naturales sumándose a la preocupación con la conservación de los ecosistemas forestales [3].

El óleo de andiroba está compuesto básicamente por ácidos grasos mayoritarios como: mirístico, esteárico, oléico (GΩ-9), linoléico (GΩ-6) e linolenico (GΩ-3). Presenta color amarillo claro transparente, solidifica a temperaturas inferiores a 25 °C, tiene sabor amargo y es considerado impropio para la alimentación [4-5]. Es reconocido oficialmente por el Ministerio de Salud de Brasil como poseedor de propiedades fitoterápicas. Posee propiedades medicinales en la aplicación para combatir principalmente los síntomas de gripe, infección en la garganta e hinchazón [6]. También se le considera como un repelente natural de insectos, velas repelentes, y jabones [7].

Las áreas con mayor cantidad de andiroba en Roraima, se localizan al sur del Estado, en los municipios de São João da Baliza, Caroebe e Rorainópolis. Las muestras de semillas para este estudio fueron recolectadas en poblaciones de andiroba nativas en la época de invierno con producción de frutos en el municipio de São João da Baliza, que a su vez fue monitorizado por EMBRAPA-RR.

A pesar de la andiroba ser un árbol en la región Amazónica, y en especial en la región sur del estado de Roraima, donde su óleo presenta beneficios para la salud, todavía presenta pocas informaciones y datos en la literatura con respecto a estudios químicos. Por tanto, este trabajo, tiene como objetivo determinar las propiedades físico-químicas de los óleos de la simiente de andiroba por resonancia magnética nuclear de hidrogeno, RMN ^1H , así como realizar la caracterización de los constituyentes presentes en dicho óleo mediante la técnica espectrometría de masas en electrospray, ESI-MS, en el municipio de São João de Baliza, en Roraima.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Obtención de las muestras

Las muestras de semillas de andiroba (*C. guianensis*), identificadas por EMBRAPA-RR, fueron recolectada en período de invierno, por ser época de producción de frutos, siendo tomadas de árboles

adultos localizados al sur del estado de Roraima, en el municipio de São João da Baliza, a 313 Km de la capital Boa Vista.

El clima en la región, es clasificado como tropical lluvioso con pequeño periodo de sequía, con precipitación anual media entre 1700-2000 mm. El periodo lluvioso ocurre con mayor frecuencia de abril a agosto con precipitaciones mensuales superiores a los 100 mm. A partir del mes de septiembre ocurre una sensible reducción, con periodo característicamente seco durante los meses de noviembre a marzo, siendo la temperatura anual media de 27 °C [8].

Extracción por soxhlet

Para este proceso, es empleado un matraz de fondo redondo que contiene el solvente, un condensador, una manta calefactora y el equipo de extracción Soxhlet, cuyo interior tiene un recubrimiento que contiene la muestra. La ventaja de este método es el hecho de que la muestra y el solvente están en contacto íntimo y continuo, y a la par de eso, el solvente empleado para la extracción es el hexano, puede ser recuperado, a través de una destilación, empleando un rotavapor. En cuanto a las desventajas de este método es que requiere mucho tiempo en la extracción, pudiendo variar entre 3-8 horas dependiendo de la materia prima.

Estudio químico de las propiedades de andiroba mediante RMN de ^1H

Para realizar el análisis químico por RMN de ^1H , aproximadamente 10 mg de muestra fue solubilizada en 0.6 mL de cloroformo deuterado CDCl_3 , y a sus espectros de RMN de ^1H (400 MHz), fueron obtenidos utilizándose un espectrómetro de RMN de 11.7 Tesla.

Para los núcleos de ^1H , fueron utilizados los siguientes parámetros de trabajo: pulso; 45°, tiempo de reflexión: 1 s, tiempo de adquisición: 2.049 s; ancho de barrido: 7997.6 Hz, ancho de línea; 0.2 Hz. Fueron acumuladas 64 repeticiones para cada decaimiento inducido libre (FID) con un tiempo total de 3 min y 21 s.

Las propiedades físico químicas fueron evaluadas por medio de la técnica de RMN de ^1H , realizadas en el centro de Biotecnología da Amazonia (CBA).

El índice de yodo (IY), índice de acidez (IA), índice de saponificación (IS) y masa molecular media (MM), pueden ser medidos cuantitativamente a través de dicha técnica [5].

Perfil de los ésteres metílicos de ácidos grasos por RMN de ^1H

Para la cuantificación de los ácidos grasos del aceite de andiroba, fueron utilizadas las ecuaciones, estudiadas por:

Knothe y Kenar [9] para:

$$\text{Ácido oleico: } \omega_9 (\%) = 100 \cdot [(k/3) - 4 \cdot \omega_6 - 6 \cdot \omega_3]/2$$

Guillén y Ruiz (2003) para:

$$\text{Ácido linoleico: } \omega_6 (\%) = 100 \cdot [(g/f) - 2[b/(a+b)]]$$

$$\text{Ácido linolénico: } \omega_3 (\%) = 100 \cdot [b/(a+b)]$$

Kirb, Fofana y McCallum [10]:

$$\text{Ácidos Grasos Saturados (AGS \%)} = 100 \cdot (1 - \omega_3 - \omega_6 - \omega_9)$$

Cuanto la caracterización físico-química del IY, IS, IA y MM), se aplica las siguientes ecuaciones, apresentadas por Reda y Carneiro [16]:

$$\text{IY} = (126.91 \cdot 100 \cdot V) / \text{MM} \quad (\text{en que } V \text{ es el número de protones vinílicos})$$

$$\text{IS} = 398.42 - (\text{MM} \cdot 0.2358)$$

$$\text{IA} = 3.0597 \cdot r^2 - 6.3181 \cdot r + 3.3381$$

$$\text{MM} = 11.97 + 7.036 \cdot T + 5.983 \cdot V$$

Para realizar las ecuaciones apresentadas, se desarrolló un programa computacional, no registrado, llamado PROTÓLEOS. Este fue utilizado apenas para cálculos de las integrales del espectro de RMN de ^1H , reduciendo, por tanto, el tiempo de análisis.

Análisis de los constituyentes de andiroba mediante ESI-MS

Los análisis de espectroscopia de masas, fueron llevados a cabo en un espectrómetro de masas en electrospray. El barrido de relaciones m/z osciló entre 90 y 1000 empleando modo negativo y positivo y los parámetros empleados fueron: gas de nebulización 500 L/h a 140 °C, el gas sale por el cono a una velocidad de 50L/h y la temperatura de la fuente es de 100 °C. El voltaje de capilaridad y el voltaje del cono oscila entre $\pm 4.0 - 4.5$ kV (-4.0 kV para iones en modo negativo y 4.0 kV para iones en modo positivo). El análisis fue realizado empleando una solución de LockSpray y ácido fosfórico (0.1 % en acetonitrilo /agua 1:1). La solución simple, fue preparada en acetonitrilo por adición de 20 μL de ácido fórmico e hidróxido de amonio. Las muestras de aceite de andiroba, para ambos modos, fueron analizadas en tres solventes diferentes: hexano, etanol y metanol.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se muestran los resultados obtenidos para las propiedades físico-químicas del aceite de andiroba obtenido por hexano, comparando con resultados de la bibliografía.

Tabla 1. Caracterización físico-química del aceite de andiroba comparado con datos bibliográficos.

Aceite Vegetal	IY (mg I_2 / g)	IS (mg KOH / g)	IA (mg KOH / g)	MM (g / Mol)
Andiroba (Estudio actual)	48.41	161.67	1.84	1004.02
Pereira et al., 2008 [11] Colares/PA	Na	214.76	2.13	Na
Pereira et al., 2008 [11] Baia do Sol/PA	Na	218.62	8.12	Na
Pereira et al., 2008 [11] Ilha das Onças/PA	Na	226.29	3.18	Na
Fereira et al., 2005 [12] Mazagão/PA	70.23	190.70	6.95	Na
Costa et al., 1995[13]	56.75	148.36	1.17	Na

Na = No analizado

La cantidad de ésteres en el óleo de andiroba en hexano presentó un valor de 159.83 mg KOH/g siendo inferior al encontrado por Silva [5] con 191.97

mg KOH/g, pero el porcentaje de ésteres en la muestra da un valor elevado, ya que el contenido de triglicéridos es superior al 98 %.

Hidrógenos olefínicos/alifáticos

Para calcular la acidez, fue necesario en primer lugar calcular la relación entre hidrógenos olefínicos y alifáticos. Esa relación es un parámetro que indica el grado de insaturación y el estado de oxidación de los aceites, siendo más preciso que el índice de peróxido.

La relación hidrógenos olefínicos/alifáticos encontrada para el aceite de andiroba fue de 0.27 siendo un valor inferior al del aceite de aguacate estudiado por Feitosa [14]. Cuya razón molar obtenida fue 0.57 y ambos inferiores al óleo de limón siciliano con 0.69 en el trabajo de Reda; Carneiro (2005) [15].

Para la relación hidrógenos olefínicos/alifáticos con valor ≥ 0.66 significa que el óleo vegetal puede ser considerado apropiado para el consumo humano [15]. Luego conforme a los datos obtenidos en este estudio, el aceite de andiroba no es apropiado para tal uso, pero si podría usarse en pequeñas cantidades para uso medicinal.

Composición química del aceite de andiroba mediante RMN de ^1H

El espectro integrado del aceite de andiroba, es similar al de otros óleos vegetales y a partir de la intensidad de las señales de dicho espectro, puede ser calculada la composición de ácidos grasos insaturados y saturados.

Según Reda y Carneiro [16] el espectro de RMN de ^1H , presenta 11 señales (A-K) con intensidades significativas, estando estas señales de acuerdo con los hidrógenos de los principales componentes en los óleos, o en los triglicéridos. La atribución general de las señales en el espectro, ya fueron estudiadas previamente por algunos investigadores como Johnson y Schoolery (1962), [17] Sachi et al. (1996), [18] Miyake et al. (1998), [19] Vigli et al. (2003), Knothe y Kenar (2004) [20] y Kirby et al. (2011) [10].

Las principales señales que muestra el espectro se muestran en la Figura 1 y los respectivos desdoblamientos se recogen en la Tabla 2.

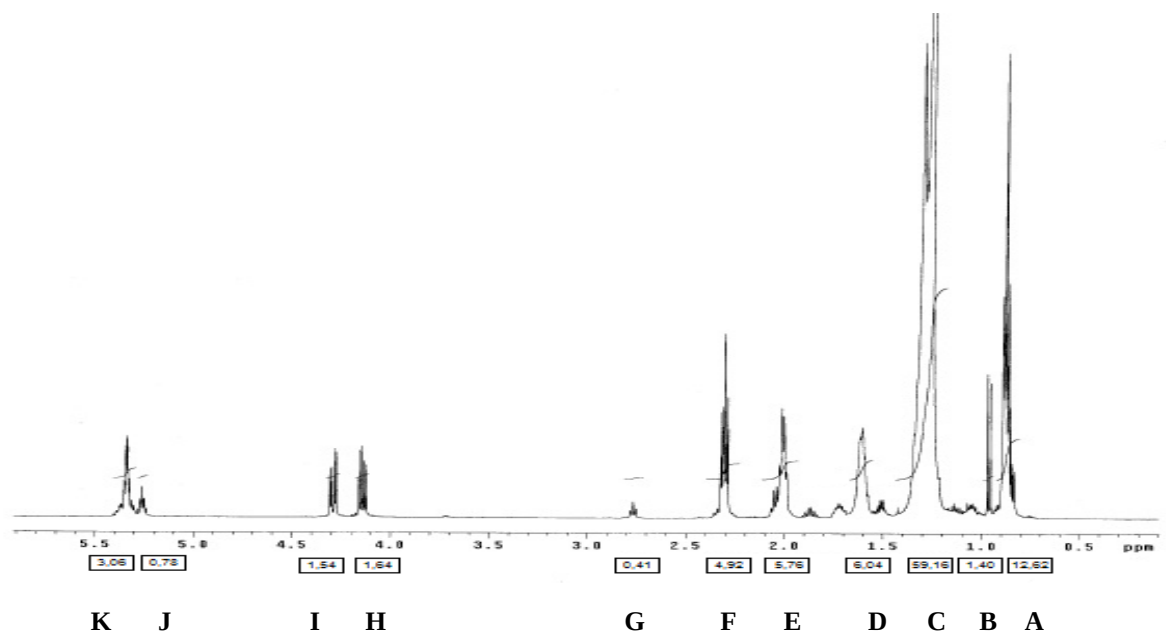


Figura 1. Espectro del aceite de andiroba obtenido en cloroformo, usando como patrón interno el TMS.

Es importante reseñar que la integral de las señales, es proporcional al número de hidrógenos presentes en cada grupo funcional [21].

En la Tabla 2, se pueden encontrar las señales características de los óleos vegetales con su respectivo protón. El espectro de andiroba se refiere al aceite no refinado [5, 20].

Como puede observarse, en la Tabla 2, los hidrógenos metílicos de los ácidos saturados, oléico, linoléico y linolenico, aparecen registrados con la señal “a” entre 0.83 y 0.93 ppm. Estas señales, referentes a estos componentes, fueron posteriormente confirmadas mediante su análisis en cromatografía gaseosa.

Tabla 2. Hidrógenos característicos de los aceites esenciales.

Señal	Desplazamiento (δ) ppm	Hidrógeno (H)	Grupo funcional
A	0.83 - 0.93	-CH ₃	Hidrógenos metílicos
B	0.93 - 1.03	-CH ₃	Hidrógenos metílicos del ácido linoléico
C	1.22 - 1.42	-(CH ₂) _n -	Hidrógenos metilénico dos ácidos grasos de triacilglicerol
D	1.52 - 1.70	-OCO-CH ₂ -CH ₂ -	Hidrógenos beta-carboxílicos
E	1.94 - 2.14	-CH ₂ -CH=CH-	Hidrógenos alílicos externos
F	2.23 - 2.36	-OCO-CH ₂ -	Hidrógenos alfa-carboxílicos
G	2.70 - 2.84	=HC-CH ₂ -CH=	Hidrógenos alílicos internos
H	4.10 - 4.25	-CH ₂ OCOR	Hidrógenos metilénicos de glicerol
I	4.25 - 4.32	-CH ₂ OCOR	Hidrógenos metilénicos de glicerol
J	5.20 - 5.26	>CHOCOR	Hidrógenos H-2 metilénicos de glicerol
K	5.26 - 5.40	-CH=CH-	Hidrógenos olefinicos

Los óleos vegetales, presentan diferentes proporciones de ácidos grasos saturados (AGS), ácido oleico (G-9), ácido linoléico (G-6) y linoléico (G-3), de manera que las señales resultantes son consecuencia de la sobreposición de protones metílicos de tripletes, formando diferentes desplazamientos químicos y presentan tamaños

distintos dependiendo de la proporción de ácidos grasos.

Las proporciones de los diferentes ácidos grasos, pueden ser determinados mediante el espectro de RMN de ¹H [10]. Recogiéndose los resultados en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición de ácidos grasos en el aceite de andiroba y comparación con otros aceites.

Ácidos grasos (%)	Andiroba (Estudio actual)	Girasol [22]	Aguacate [14]	Limón [15]
Linoléico (G-3)	9.99	0.37	Nd	10.70
Linoléico (G-6)	13.14	57.20	13.00	30.80
Oléico (G-9)	4.32	38.60	64.00	29.20
Insaturación	70.45	96.17	77.00	70.70
Saturados	29.55	3.83	23.00	29.30

Nd = no detectado

Al analizar la Tabla 3, se verifica que el ácido linoléico, fue detectado en el aceite de andiroba con hexano al 9.99%, valor próximo al aceite de limón, encontrado por Carneiro et al. [22] con un valor de 10.70%. Según Lehninger [23], este ácido no puede ser sintetizado por los mamíferos, pero sí obtenido de fuentes vegetales, que son bastante abundantes, teniendo importancia para la salud en la prevención de diabetes, ansiedad, estrés y ciertos tipos de cáncer.

Para el ácido linoleico el aceite de andiroba, presentó 13.14% y fue obtenido en una concentración próxima a la del aceite de aguacate con 13.00%. Superior al del aceite de oliva e inferior al aceite de limón, girasol y soja [14]. Al comparar los datos de este trabajo con los resultados de la literatura, el contenido de ácido linoleico presente en el aceite de limón, [15] soja y girasol [5] presentan valores

superiores al encontrado en el óleo de andiroba, siendo respectivamente de 30.80%, 56.20% y 57.20%.

La concentración de ácido oleico en el aceite de andiroba fue de 47.32%, estando dentro del intervalo de 26.40% - 84.60% de los aceites presentados en la Tabla 3. El ácido oleico es el principal ácido graso del grupo de los ácidos grasos monoinsaturados, de forma que un aceite rico en oleico ayuda a disminuir la concentración plasmática de lipoproteína de baja densidad (LDL) lo que conlleva a la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares [24].

El grado de insaturación fue del 70.45% para el aceite de andiroba, encontrándose dentro de los valores para los aceites estudiados. Según Santos [25] la presencia de ácidos grasos insaturados es la

responsable de la calidad de aceites vegetales usados en el consumo humano.

En la Tabla 4, se muestran los valores de ácidos grasos de aceites de andiroba encontrados en la bibliografía.

Tabla 4. Composición de ácidos grasos mayoritarios en el aceite de andiroba.

Ácido graso (%)	Andiroba (Estudio actual)	Oliveira, 2008 [26]	Garcia, 2006 [25]	Silva, 2005 [5]	Costa et al., 1999 [13]
GD-3	9.99	0.17	Nd	0.24	Nd
GD-6	13.14	9.60	10.30	8.30	9.08
GD-9	47.32	53.49	52.20	51.81	46.15
Insaturados	70.45	63.26	62.50	60.35	55.23
Saturados	29.55	34.69	37.30	36.45	36.41

Nd = no detectado

Se observa en la tabla 4 que el ácido linolénico fue detectado para un aceite de andiroba. Olivera [26] y Silva [5] con valores del 9.99 %, 0.17% y 0.24% respectivamente, no encontrándose en los estudios de Garcia [27] y Costa. [13]

Para el ácido linoleico fue encontrado la mayor concentración con 13.14% en el aceite de andiroba, seguido por García (2006), [27] Oliveira (2008), [26] Costa et al. (1995) [13] y Silva (2005) [28] con valores de 10.30%, 9.60%, 9.08% y 8.30%, respectivamente.

La concentración de ácido oleico en el aceite de andiroba en hexano con un valor de 47.32% presentó un valor próximo al encontrado por Costa y colaboradores [13] con 46.15%, no entanto menor que Oliveira (2008), [26] Garcia (2006) [27] y Silva (2005) [5].

El grado de insaturación para el aceite de andiroba en hexano fue superior a todos los demás

com um valor del 70.45%, seguido por Oliveira (2008), [26] Garcia (2006), [27] Silva (2005) [5] y Costa et al. (1995) [13] com valores de 63.26%, 62.50 %, 60.35% y 55.23% respectivamente.

La composición de ácidos grasos saturados del aceite de andiroba en hexano, presentó un valor inferior a los demás valores estudiados, mostrados en la Tabla 4 con un valor del 29.55%.

Determinación de la composición química de los constituyentes presentes en dicho aceite empleando la técnica ESI-MS

Mediante la técnica ESI-MS, se pudieron determinar hasta 155 constituyentes en el aceite de andiroba, empleando modo negativo y modo positivo para distintos solventes: metanol, etanol y hexano. En la Figura 3, se muestra el espectro de masas obtenido para la muestra de aceite de andiroba obtenido mediante ESI-MS.

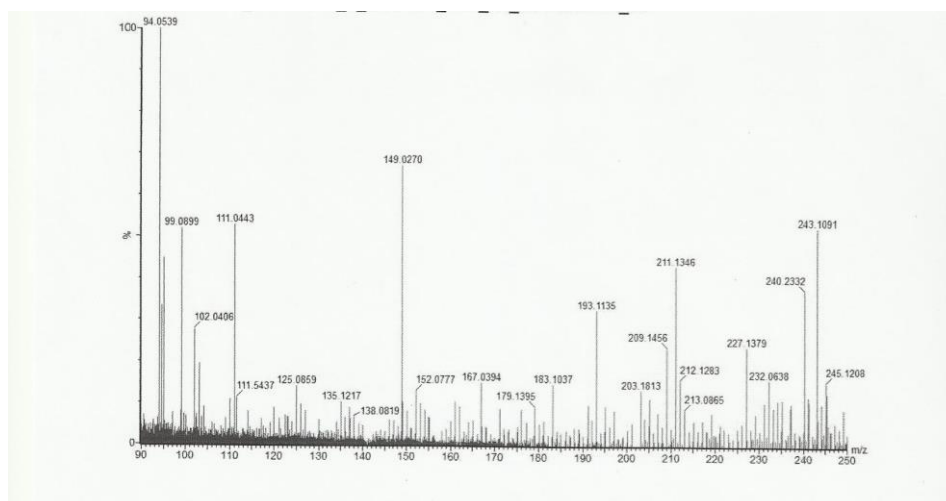


Figura 3. Espectro de andiroba obtenido mediante ESI-MS.

En la Tabla 5, se muestran los constituyentes mayoritarios determinados mediante dicha técnica, no

existiendo datos bibliográficos para poder llevar a cabo una comparativa.

Tabla 5. Constituyentes mayoritarios en el aceite de andiroba determinados mediante ESI-MS.

Masa	intensidad	Fórmula molecular	compuesto
471	100	C ₃₂ H ₁₈ O ₈	Metil 1,1'-diantraquinona-2,2'-dicarboxilato
509	100	C ₃₁ H ₄₀ O ₇	dimetil pirofosfatosantoninato
755	53	C ₅₄ H ₇₈ O ₃	2,4,6-tris-(3,5-di- <i>terc</i> -butil-4-hidroxibencil)-estireno
557	90	C ₃₆ H ₄₄ MgN ₄	(2,3,7,8,12,13,17,18-octaetilporfirinato)-magnésio (II)
439	42	C ₂₄ H ₂₂ O ₄ S ₂	Dimetil 5',6'-bis-(tiometil)-p-terfenil-2'-3'-dicarboxilato
453	33	C ₂₇ H ₂₃ N ₃ O ₂ S	p-(bencimidazol-2-il)-N,N-dibencilbencenosulfonamida

4. CONCLUSIONES

Es de destacar la importancia de la técnica de RMN de ¹H en este trabajo para el análisis de ácidos grasos, permitiendo cuantificar el total de ácidos grasos saturados en la muestra, así como los ácidos grasos insaturados en menores concentraciones desarrollando una metodología analítica no destructiva para el estudio de las propiedades físico-químicas de los aceites vegetales en comparación con las técnicas convencionales para determinar dichas propiedades en esos óleos.

Los valores de dichas propiedades estudiadas mediante RMN de ¹H, están en concordancia con los obtenidos por los métodos de análisis convencionales.

El análisis de los componentes en su aceite esencial mediante ESI-MS, abre grandes posibilidades para llevar a cabo aislamiento de dichos constituyentes y estudio de sus propiedades farmacológicas.

5. AGRADECIMIENTOS

Al Profesor Doctor Ângelo da Cunha Pinto, professor titular del Departamento de Química de la Universidad Federal de Río de Janeiro, por realizar análisis ESIMS, a EMBRAPA Roraima y al CBA, CAPES, CNPq y a UFRR/NPPGCT.

6. REFERENCIAS Y NOTAS

- [1] Gonzaga, A. L.; Madeira: uso e conservação. Brasília: IPHAN/ MONUMENTA, 2006.
- [2] Tonini, H.; Rutinéia, M.; Pereira, N. *Ciê. Flor.* **2012**, 22, 47.
- [3] Querino, R. B.; Tonini, H.; Marsaro Junior, A. L.; Teles, A. S; Costa, J. A. M.; Predação de sementes de Andiroba (*Carapa ssp.*) por *Hypsipyla ferrealis* Hampson (Lepidoptera, Pyralidae) em Roraima. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Boa Vista: EMBRAPA Roraima, 2008.
- [4] Carvalho, J. C. T.; Fitoterápicos anti-inflamatórios: Aspectos químicos, farmacológicos e aplicações terapêuticas. Ribeirão Preto: Tecmedd, 2004.
- [5] Silva, C. L. M.; Obtenção de ésteres etílicos a partir de transesterificação do óleo de andiroba com etanol. [Master's thesis.] Campinas, Brazil: Universidade Estadual de Campinas, 2005. [\[Link\]](#)
- [6] Tonini, H. Costa, P. Kaminski, P. E. *Ciê. Flor.* **2009**, 19, 1.
- [7] Pena, Jorge W. P.; Frutificação, produção e predação de sementes de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) na Amazônia Oriental Brasileira. [Master's thesis.] Belém, Brazil: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2007. [\[Link\]](#)
- [8] Fundação do Meio Ambiente Ciência e Tecnologia do Estado de Roraima, FEMACT. O Brasil do hemisfério norte: Diagnóstico científico e tecnológico para o desenvolvimento. Boa Vista: Ambitec, 1993.
- [9] Knothe, G.; Kenar, J. A. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **2004**, 106, 88. [\[CrossRef\]](#)
- [10] Kirby, C. W.; Hccallum, J. L.; Fosfana, B. *Can. J. Chem.* **2001**, 89, 1138. [\[CrossRef\]](#)
- [11] Pereira, R. A. N.; Ferreira, W. N.; Garcia, S. K.; Pereira, M. N.; Bertechini, A. G. *Ciê. Agrotec.* **2008**, 32, 573. [\[CrossRef\]](#)
- [12] Ferreira, E. S.; Lucien, V. G.; Silveira, C. S.; Estudo físico-químico do óleo fixo da semente de andiroba (*Carapa guianensis* Aub.). Abstract of the 2º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas. Óleos, gorduras e Biodiesel, Varginha, Brazil, 2005. [\[Link\]](#)
- [13] Costa, G. M.; Santos, G. R.; Villarreyes, J. A.; Estudo das variáveis operacionais no processo térmico de óleo de andiroba (*Carapa guianensis* Aub.) através do projeto fatorial de experimentos, 1995.
- [14] Feitosa, G. B.; Lenson, E.; Carneiro, E. B. B.; Carneiro, P. I. B.; *Caracterização do óleo e dos polissacarídeos do fruto de Persea americana* Mill (*abacate*). Abstract of the Encontro anual de iniciação científica, São Paulo, Brazil, 2007.
- [15] Carneiro, P. I. B.; Reda, S. Y.; Carneiro, E. B. B. *Ann. Magn. Reson.* **2005**, 4, 64.
- [16] Reda, S. Y.; Carneiro, P. I. B. Parâmetros físico-químicos do óleo de milho *in natura* e sob aquecimento calculado pelo programa PROTEUS RMN ¹H, UEPG Exact. *Earth Sci. Agr. Sci. Eng.*, **2006**, 1, 31-36.
- [17] Johson, L. F.; Shoolery, J. N. *Anal. Chem.* **1962**, 34, 1136. [\[CrossRef\]](#)
- [18] Sacchi, R.; Patumi, M.; Fontanazza, G. ; Barone, P.;

- Fiodiponti, P.; Mannina, L.; Rossi, E.; Segre, A. L., *J. Am. Oil Chem. Soc.* **1996**, 73, 747. [[CrossRef](#)]
- [19] Vigli, G.; Phcippidis, A.; Spyros, A.; Dais, P. *J. Agr. Food Chem.* **2003**, 51, 5715. [[CrossRef](#)]
- [20] Knothe, G.; Kenar, J. A. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **2004**, 106, 88. [[CrossRef](#)]
- [21] Mannina, L.; Segre, A. *Grasas Aceites* **2006**, 53, 22.
- [22] Carneiro, P. I. B.; Reda, S. Y.; Carneiro, E. B. B. *Ann. Magn. Reson.*, **2005**, 4, 64.
- [23] Lehninger, A. L. *Bioquímica*, 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.
- [24] Salgado, J. M.; Bin, C.; Comélio, A. R. Efeito do abacate (*Persea americana* Mill) variedade Hass na lipidemia de ratos hipercolesterolêmicos. Abstract of the Simpósio Latino Americano de Ciências dos Alimentos, Campinas, Brasil, 2005.
- [25] Santos, C. X.; Caracterização físico-química e análise da composição química da semente de goiaba oriunda de resíduos agroindustriais. [Master's thesis.] Itapetinga, Brazil: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011. [[Link](#)]
- [26] Oliveira, B. R.; Desenvolvimento e avaliação de nanoemulsões com óleos de *Carapa guianensis* e *Copaifera* sp. e estudo da ação repelente frente a *Aedes aegypti*. [Master's thesis.] Ribeirão Preto, Brazil: Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2008. [[Link](#)]
- [27] Garcia, J. U.; Santos, H. I.; Fialho, A. P.; Garro, F. L. T.; Antoniosi Filho, N. R.; Leles, M. I. G. *Eclét. Quím.*, **2004**, 29, 41. [[CrossRef](#)]