

**POTENCIALIDAD DE LA PLANTA DE MUFUKO EN LA PRODUCCIÓN DE
ACEITE DE ALIMENTACIÓN, COSMÉTICOS, BIODIESEL Y PARA LA
REPOBLACIÓN FORESTAL DE ZONAS ÁRIDAS**

MUFUKO PLANT POTENTIALITY IN THE MANUFACTURING EDIBLE OIL
AND FAT, COSMETICS, BIODIESEL AND FOR THE REFORESTATION OF
ARID AREAS

**Albano Manuel Kanga^{1,2}; Pedro Guilherme^{1,2}; Isaú Alfredo B. Quissindo³;
Kabongo Mutobola Celestino⁴**

¹Facultad de Ingenieria de la Universidad Agostinho Neto, Angola. Email:

temba96@hotmail.com; ²Laboratorio de Catálisis, Química Fina y Energías Renovables
(LACAFINER). Email: albano.kanga@hotmail.com; ³Facultad de Ciencias Agrarias (Chianga)
de la Universidad José Eduardo dos Santos (UJES). Email: josuealf.2011@hotmail.com;

⁴Escuela Superior Politécnica de Moxico de la UJES, Angola. Email:

kabongomotobola19@gmail.com.

RESUMEN

Los cambios climáticos que se observan actualmente en el mundo y sus impactos ambientales afectan la producción de alimentos, de subproductos y de energía limpia. La investigación tuvo como objetivo, evaluar las potencialidades de la planta de mufuko (*Ourtea welwitschii*) con efecto de producción de aceite alimentación, cosméticos, biodiesel y para la repoblación forestal de zonas áridas. Para ello, se identificó en la provincia angoleña de Moxico la planta nativa de mukuko de la cual se puede extraer aceite de alimentación y usarse para fines de mitigación de problemas ambientales en

ABSTRACT

The climatic changes that are currently observed in the world and their environmental impacts affect the production of food, sub-products and clean energy. The objective of the research was to evaluate the potential of the mufuko plant (*Ourtea welwitschii*) for the purpose of feed oil production, cosmetics, biodiesel and for the reforestation of arid areas. To this end, the Mukuko native plant from which food oil can be extracted and used for environmental problems mitigation in areas with lack of rainfall was identified in the Angolan province

zonas con falta de precipitaciones. El estudio etnobotánico hecho siguiendo el criterio de Eichler y las reglas de la sistemática moderna revelaron la existencia de dos variedades de esta planta, ambas de la clase de las *Ourtea welwitschii*. El resultado del test de productividad de las semillas (4800kg/ha) y el contenido en aceite de las semillas (33%) son más elevados en relación a los de la mayoría de plantas oleaginosas referenciadas por el Oil World Annual (2013). La planta crece en regiones de clima tropical, resiste más a la sequia y se adapta bien al clima frío y puede ser utilizada para la repoblación forestal. El aceite extraído de las semillas fue caracterizado por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y presentó la siguiente composición química: 62% de ácidos grasos insaturados esenciales para alimentación humana como el ácido delta - 9 - cis - hexadecénico (palmitoleico) y el ácido 9,12 - octadecadienóico (oleico) y algunos con función terapéutica como los ácidos linolénico (octadeca-9,12,15-trienoico) e linoleico (9 - 12 octadecadienoico); Cerca del 37.5% de los ácidos son saturados (esteárico e palmítico) con propiedades cosméticas. Consecuentemente, el aceite de mufuko puede usarse en industrias de

of Mexico. The ethnobotanical study done according to Eichler's criteria and the rules of modern systematics show that there are two varieties of this plant, both of the *Ourtea welwitschii* class. The result of the seed productivity test (4800kg / ha) and the seeds oil content (33%) are higher comparing to the majority of oil plants referenced by the Oil World Annual (2013). The plant grows in regions of tropical climate, resists drought more and adapts well to cold weather and can be used for afforestation. The oil extracted from the seeds was characterized by gas chromatography coupled to mass spectrometry and presented the following chemical composition: 62% of unsaturated fatty acids essential for human consumption such as delta-9-cis-hexadecenic acid (palmitoleic) and acid 9,12 - octadecadienic (oleic) and some with therapeutic function such as linolenic (octadeca-9,12,15-trienoic) and linoleic (9-12 octadecadienoic) acids; Approximately 37.5% of the acids are saturated (stearic and palmitic) with cosmetic properties. Consequently, mufuko oil can be used in food, cosmetic, pharmaceutical and

producción de alimentos, cosméticos, fármacos y biodiesel.

Palabras clave: Aceite, mufuko, potencialidad, productividad, repoblación forestal.

biodiesel production industries.

Key words: Oil, mufuko, potentiality, productivity, reforestation.

INTRODUCCIÓN

Los cambios climáticos que se observan actualmente en varias partes del mundo causan impactos ambientales de grand relevancia sobre la productividad agrícola y en consecuencia es floja la producción de alimentos, de subproductos y de energía limpia (RUEDA y GARCÍA, 2002; CRUZ *et al.*, 2015).

En Angola, los periodos de sequia son crecientes y afectan sobretodo el sur del país, lo que contribuye a la degradación de la calidad de vida del ciudadano. Para mitigar este problema, se desarrollan proyectos cuya finalidad es identificar plantas nativas que pueden ser usadas para la producción de alimentos y para la repoblación de zonas donde las precipitaciones son escasas.

Asi se ha indentificado en las chanas y sabanas de la provincia Angoleña de Moxico la planta de mufuko de la cual no se encontraron referencias en la literatura científica. El extracto de sus semillas reveló la presencia de dos tipos de aceite. Tradicionalmente, uno de los aceites es usado como cosmético para la protección de la piel y para efectuar masajes en caso de inflamaciones, infecciones o lesiones. Usos culinários también fueron observados. La solución que se extrae de sus raíces al hervir en agua es administrada como suplemento alimenticio para mujeres embarazadas, niños con fiebre alta y con baja tasa de de hemoglobina (JAMES, 2013; SIMON, 2019). De acuerdo con el estudio etnobotânico realizado recurriendo a los criterios la teoria de Eichler (MINNITI, 1991) y de la sistemática moderna, esta planta aunque salvaje puede ser reproducida en cultivo ordinario a semejanza de otras plantas oleaginosas.

Así, el presente trabajo tiene como objetivo general evaluar las potencialidades de la planta de mufuko para uso en las industrias de alimentos, cosméticos, fármacos, síntesis de biodiesel y para la repoblación forestal de zonas áridas de Angola. Para ello fue necesario:

- Realizar el estudio etnobotánico de la planta de Mufuko;
- Clasificar la planta en el reino vegetal;
- Extraer el aceite de sus semillas;
- Determinar los parámetros físico-químicos y la composición del aceite;
- Comparar las potencialidades (impacto ambiental, social y económico local) de la planta de mufuko en relación a los de otras plantas oleaginosas usadas para los efectos señalados en este trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio etnobotánico de la planta de Mufuko se realizó en las chanas y sabanas de Luena y Luau en la Provincia de Moxico (Figura 1), en la frontera con las provincias de Lunda Sul y Cuando Cubango. A tal efecto, se ha aplicado el sistema de clasificación de Eichler y el sistema moderno que divide las plantas en vasculares y no vasculares (MINNITI, 2016).

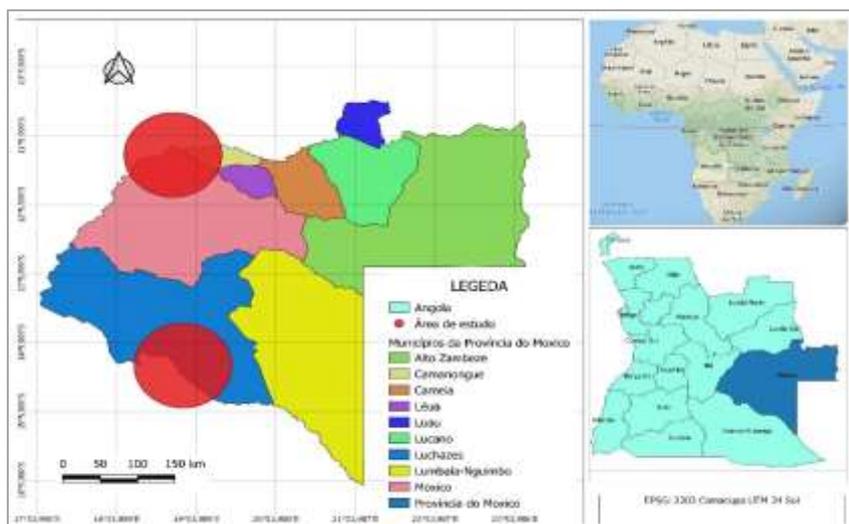


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio

La caracterización física de la planta también se realizó teniendo en cuenta el tipo de suelo, lluvia, raíces, tallo, ramas, hojas, frutos, germinación, fibra y composición líquida, cenizas y reproducción.

Metodología

La planta de Mufuko fue clasificada de acuerdo con el criterio de Eichler y las reglas de la sistemática moderna y también de estudios elaborados por varios autores en el campo de la clasificación de plantas en vasculares y no vasculares (MINNITI, 1991; JENNIFER, 20013). El estudio de productividad de las semillas se hizo extrapolando la média de producción de quince (15) muestras por hectárea .

Para la extracción se usaron procesos de extracción con solventes, "*bulkflotation*" y prensaje mecánico. La caracterización físico-química fue hecha usando las normas analíticas AOCS, ASTM e CODEX, y las normas EN1403, EN1405 y ASTM-D 6784. La determinación de la estructura y la composición química fue realizada por cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas (GC-MS) (AUSTRALIAN BIODIESEL STANDARD, 2005; SANTOS, 2007) y la parametrización fue la siguiente: columna capilar de 30 m de longitud, 0.32mm de diámetro e 0.25µm de espesor. El aparato fue estabilizado al grado de humedad de 2.1 e-6, con el campo de ionización (E.I) a 200° C, el *Trans- line* a 220° C y el *main fold* a 40° C.

En el proceso de extracción se usaron diferentes solventes (n-hexano, éter de petróleo, agua e dietil éter). A pesar de que no ocurrieron fenómenos de pre-oxidación y hidrólisis, verificados en otros procesos, la tasa de extracción de aceite por *bulk flotation* fue baja (8,9%) y sin interés industrial.

Las muestras de aceite se diluyeron en solventes como el éter de petróleo, diétil éter y n- hexano a un rácio de 1 por 100. Con una jeringa de 10 µml, se inyectaron en el GC-MS 0.1µml de las soluciones. Con el detector que monitorizaba el flujo de salida de los compuestos fragmentados a lo largo de la columna se identificaron y cuantificaron los compuestos a través de picos

observados en tiempos de retención que se pueden visualizar en cromatogramas y espectrogramas.

RESULTADOS

Botánica y sistemática

De acuerdo con el criterio de Eichler y las reglas de la sistemática moderna, la planta de mufuko pertenece a la división de las *angiospermas*, clase de las *dicotiledóneas*, género *Ourtea welwitschii*, familia de las *anacardaceae* y a la orden de las *fanerógamas*.

Su inflorescencia es de tipo *umbrela*. La planta es tetraploide, autogámica, multiplicando-se por autofecundación y por germinación de su grano. Posee un rizoma del cual pueden brotar nuevas plantas si se hace el correspondiente injerto además de tener las semillas.

Ella posee un apocarpo que es una pulpa de fibras oleaginosas con 15 % a 25 % del peso de la fruta, que contiene de 8 a 15 % de aceite y 20 % a 25 % de agua. La pulpa rodea el bulto, que es el núcleo, poco duro, conteniendo cerca de 32 a 40 % de óleo.

Exigencia climática y reproducción

La planta de mufuko crece en clima tropical y se encuentra en zonas de precipitación de 850 mm a 1300 mm y temperatura de 10°C a 32°C. Es resistente a la sequía y se adapta ampliamente al frío de los trópicos. En la época de sequía, el color verde de sus hojas se conserva bien. El tiempo de germinación en ambiente natural es de dos a tres semanas. La conservación de su semilla debe efectuarse en locales sin humedad y su secado se hace a 28°C. Esta acción preserva su vitalidad por más de un año en condiciones normales de temperatura y presión. Conservada por debajo de los 25°C, su tiempo de vida hasta la germinación, incrementa aún más. Se estimó que por hectárea, su producción alcanza los 4800 kg siendo 33% el rendimiento en aceite por hectárea.

Com base en los resultados de otros estudios (OIL WOLD ANNUAL, 2013; AGARWAL, 2017; KATES, 1972), si se compara el rendimiento en aceite de esta planta con los de las demás oleaginosas (Figura 2), se observa claramente que el aceite de mufuko tiene un mejor rendimiento en contenido de aceite que otras semillas citadas en este trabajo.

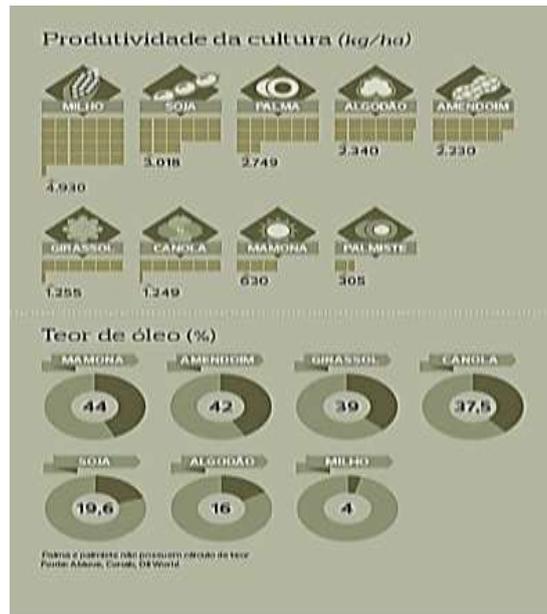


Figura 2. Rendimiento de producción de semillas oleaginosas (OIL WOLD ANNUAL, 2013)

Extracción del aceite de la semilla de mufuko

Extracção del aceite por bulflotation

La figura 3 muestra las semillas de mufuko antes y después de hervir:

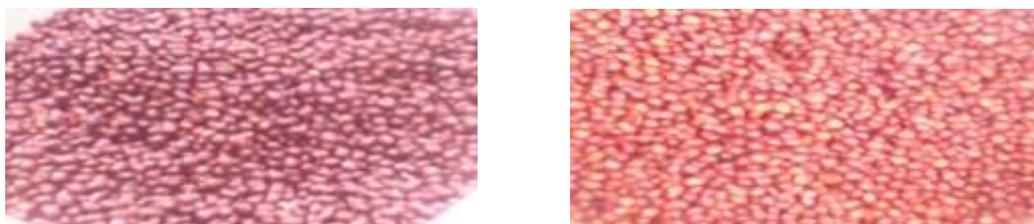


Figura 3. Semilla sin hervir (izquierda) y semilla hervida (derecha)

Tal como se observa en la figura 3, las semillas cambian de color lila hacia el color amarillo-marrón después de hervidas y preservan el aspecto brillante oleaginoso. En las figuras 4 y 5 pueden observarse las fases de aceite, grasa y emulsión.



Figura 3. Ampolla de decantación

Figura 4. Aceite e grasa

En la ampolla de decantación es posible observar que la emulsión está abajo, el aceite en el medio y la grasa arriba. La tasa de extracción de aceite de semillas frescas, nuevas y no molidas por el proceso de bulk flotation se situó en torno a los 8,9%. Esto representa un aumento del rendimiento de extracción de aceite en función del tiempo de digestión de la semilla si se compara con el rendimiento obtenido cuando se compara el contenido de aceite extraído de semillas frescas y molidas (5.3%). El proceso de molienda provoca pérdidas de aceite pues en el molino se quedan residuos difíciles de retirar. En semillas con mayor grado de maduración, el proceso de digestión durante dos días aporta un rendimiento de cerca de 13,3% lo que prácticamente duplica cuando se extiende el proceso por cuatro días (22,8%).

Extracción con solventes del aceite

Los resultados del rendimiento de la extracción con solventes de 20 muestras de semillas de mufuko tratados estadísticamente revelaron que el contenido de aceite es de cerca del 33,02% y la varianza en torno a 17,31, el alejamiento tipo es de 4,16 y el error tipo cerca de 0,95. El rendimiento medio para los procesos aplicados en las extracciones se sitúa en 94,20% con una varianza de 4,67, siendo el alejamiento tipo y el intervalo de confianza de 2,16 e 0,50 respectivamente.

Evaluación de la calidad del aceite de mufuko

La calidad de un alimento, cosmético, fármaco o biodiesel que va producirse depende exclusivamente de la calidad de la materia prima. En este sentido, el proceso de extracción del aceite de mufuko con diferentes solventes presentó varios colores e estados físicos. En la figura 6 se presentan los diferentes colores y grados de consistencia (fluidez) que resultaron de la extracción del aceite con solventes.



A **B** **C** **D** **E**

Figura 6. Los cinco diferentes colores A, B, C, D y E del aceite después del proceso extracción

El color A: aceite extraído de la semilla por el método de extracción continua usando éter de petróleo a temperatura de 60°C.

El color B: aceite extraído por el método de bulk flotation con variación de temperatura entre 75° C y 80° C.

El color C: extracto del aceite hecho por el método de bulk flotation con variación de temperatura entre 95° C y 100° C.

El color D: extracto del aceite usando n-hexano como solvente a temperatura de 68°C.

El color E: extracto del aceite usando el método de extracción continua, dietil éter como solvente a una temperatura de 80°C.

El aspecto físico del aceite es un indicativo de su calidad e influye las posteriores operaciones de refinación y síntesis de biodiesel. Otros parámetros importantes son la temperatura y el tiempo de extracción por segundo (FOLCH

et al.,1957), pueden favorecer la oxidación de los ácidos grasos y la hidrólisis del aceite.

A falta de maduración completa de la fruta, a la hora de proceder a la extracción del aceite, la gama de ácidos grasos presentes en el aceite puede estar incompleta. Así, la extracción con dietil éter por ejemplo, presentó una masa consistente, fluída, por encima de los 40°C. El aceite extraído con éter de petróleo reveló ser un líquido fluído cerca de los 35°C, tal estado de fluidez también se observó a los 32°C al ser usado n-hexano.

El proceso de bulk flotation podría superar las dificultades observadas, pués, en él, el aceite se torna fluído a los 28°C, pero el rendimiento es muy bajo y no tiene ningún interés industrial. El n-hexano reveló ser el mejor solvente a la hora de extraer el aceite de mufuko. El aspecto físico del aceite también depende del solvente utilizado y en este sentido, con n-hexano, el aspecto físico mejora bastante. En la tabla 1 se exponen los ácidos grasos y algunos compuestos no lipídicos que aparecen en los extractos.

Tabla 1. Composición química el aceite extraído con diferentes solventes: G.C-M. S, Varian - LACAFINER-FEUAN, 2017

Tempo de retençã o de ácidos gordos	Extracção com água	com	Extracção com n hexano	Extracção com éter de petróleo	Extracção com dietil éter
11.897	Acido hexadecanoico, metil éster: C ₁₇ H ₃₄ O ₂				
12.308				Fenol,2,2 -bis (1,1 - dimetil-etil):C ₁₄ H ₂₂ O	
12.148	Acido hexadecanoico,etil éster, C ₁₆ H ₃₂ O ₂	Acido hexadecanoico,etil éster, C ₁₆ H ₃₂ O ₂	Acido hexadecanoico,etil éster, C ₁₆ H ₃₂ O ₂	Acido hexadecanoico,etil éster, C ₁₆ H ₃₂ O ₂	Acido hexadecanoico,etil éster, C ₁₆ H ₃₂ O ₂
12.652				metil 3,5-tetradecadiinoate: C ₁₅ H ₂₈ O ₂	
13.164	Acido octadecanoico, metil ester (metil estearate): C ₁₉ H ₃₈ O ₂				
13.312				9-octadecenoico ácido, metil éster:C ₁₉ H ₃₆ O ₂	
13.632					Acido,9,12-octadecadienoico, metil éster:C ₁₉ H ₃₄ O ₂
13.972				Ácido ftálico4,4-dimetil pente-2-il isobutil éster:C ₁₉ H ₂₈ O ₄	
15.150				2-(2-carboxivinil) piridine,trans: C ₈ H ₇ NO ₂	
16.713				1,4-benzenediol,2,6-bis(1,1-dimetil etil)-: C ₁₄ H ₂₂ O ₂	
17.018				Acido octadecanoico,3-oxo-,metil éster: C ₁₉ H ₃₆ O ₃	
17.928	ácido hexadecanoico (ácido palmítico): C ₁₆ H ₃₂ O ₂	n-ácido hexadecanoico (ácido palmítico): C ₁₆ H ₃₂ O ₂	n-ácido hexadecanoico (ácido palmítico): C ₁₆ H ₃₂ O ₂	n-ácido hexadecanoico (ácido palmítico): C ₁₆ H ₃₂ O ₂	ácido hexadecanoico (ácido palmítico): C ₁₆ H ₃₂ O ₂
19.152	Acido nonanedioico, dibutil éster: C ₁₇ H ₃₂ O ₄				

Aún en la tabla 1 se puede verificar la influencia del solvente utilizado sobre la calidad del aceite extraído. Cada solvente, en función de su polaridad y su fuerza de elución (HARRIS, 2001), tiene la capacidad de extraer compuestos específicos además de los ácidos grasos deseables. Es observable que el éter de petróleo y el dimetil éter extraen más compuestos no lipídicos al ser estos más polares que el n-hexano. Estas sustancias químicas son nefastas para la salud humana ,sobretudo, el 2,2 -bis (1,1 – dimetil-etil fenol: C₁₄H₂₂O), el ácido heptadecanoico (C₁₇H₃₄O₂), la trans piridina (C₈H₇NO₂) y el benzenodiol (C₁₄H₂₂O₂) son cancerígenos.

Particularidad del aceite de mufuko

En la tabla 2 se presenta la composición estructural de los ácidos grasos presentes en el aceite de mufuko y la gama de temperaturas de fusión de los mismos y se hace la comparación con la de otros aceites.

Tabla 2. Estructura de los ácidos grasos y sus puntos de fusión (fuente adaptada por Santos, 2007)

<i>Estrutura de óleo/ P_f</i>	<i>Óleo de oliva</i>	<i>Óleo de jatrofa</i>	<i>Óleo de mufuko</i>	<i>Óleo de Cacau</i>	<i>Óleo de palma</i>
<i>Insaturado</i>	86.5%	68.4%	62.5%	53.9%	50.7%
<i>Saturado palmítico</i>	10.2%	19.6	33.5%	0.2%	43.7%
<i>Saturado Esteárico</i>	2.5%	6.4	3.8%	44.6%	4.5%
<i>P_f ponto de fusão</i>	≤ 0° C	24-30°C	26-35 ° C	28-36 °C	33-39 °C

En la tabla 2 se puede inferir que hay una relación entre el grado de insaturación de los ácidos y el punto de fusión de los aceites, es decir, cuanto más ácidos insaturados, más bajo será su punto de fusión. Del mismo modo, cuanto más húmedas las muestras se presentan, mayor es la facilidad de oxidación a altas temperaturas (Agrawal, A.K., 2017).

En la tabla 3 se comparan las estructuras químicas del aceite de mufuko con otros habitualmente utilizados para la confección de alimentos y cosméticos.

Tabla 3. Comparación de estructura del aceite de mufuko con la de los ácidos grasos usados para fines alimentares e cosméticos

<i>Ácido gordo</i>	<i>Óleo; mufuko</i>	<i>Óleo; soja</i>	<i>Óleo; oliva</i>	<i>Óleo; palma</i>	<i>Óleo; cacao</i>	<i>Óleo; algodón</i>	<i>Óleo; jatropha curcas</i>
<i>Palmitico: C₁₆;0</i>	33.6	11	10.2	43.7	0.1	27.3	19.2
<i>Palmitoleico: C₁₆;1n-9</i>	0.7	0.2	0.7	0.1	0.3	0.8	0.81
<i>Estearico: C₁₈;0</i>	3.8	4.2	2.5	4.5	44.6	2.0	6.4
<i>Oleico: C₁₈;1 n - 9</i>	50.1	21.8	78.1	39.8	48.1	18.3	52
<i>Oleico: C₁₈;1 n -11</i>	0.74	-	0.23	-	-	-	0.71
<i>Linoleico: C₁₈;2 n - 6</i>	10.2	53.3	7.1	10.5	4.9	50.5	12
<i>Alfa-linolénico: C₁₈;3 n - 3</i>	0.7	7.5	0.6	0.3	0.1	0.0	0.89
<i>Docosapentaenoico: C₂₂;5 n- 6</i>	0.6	-	-	-	-	-	-

En la tabla 3 se compara la composición porcentual del aceite de mufuko con los aceites de palma, cacao, jatropha curcas y oliva. Se percibe que el contenido de ácido oleico en el aceite de mufuko (50%) está muy cerca del valor encontrado por la jatropha curcas (52%) y es inferior al del ácido presente en el aceite de oliva (78%).

En la mayoría de los casos, el ácido oleico presente en la composición de los aceites usados para fines alimentarios, aparece bajo la forma de isómero cis o alfa (Luiz Simon, 2019). El contenido de ácido alfa-linoleico en el aceite de mufuko es muy similar al de los aceites de oliva y jatropha curcas y este ácido posee propiedades terapéuticas. Al igual que la planta de palma, de la planta mufuko también se extraen dos tipos de aceites.

La comparación de las propiedades físico-químicas de los aceites de la pulpa y bulbo del mufuko con la del aceite de palma se hace en la tabla 4.

La comparación de propiedades como el índice de acidez, contenido de ácidos grasos del aceite de mufuko (pulpa y bulbo) con las del aceite de palma, también se presenta en la tabla 4. Los índices del aceite de mufuko son más elevados que los del aceite de palma. Es posible verificar también que los valores de los índices de iodo, peróxido y de saponificación del aceite de

mufuko son similares a los del aceite de palma. Esto sugiere que el aceite de mufuko es muy digestivo.

Tabla 4. Comparación de las propiedades físico-químicas de los aceites de mufuko y palma

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	UNIDADE	ÓLEO POLPA	DA ÓLEO CAROÇO	DO ÓLEO; PALMA ¹
ÍNDICE DE ACIDEZ	DE mg KOH/g óleo	7,5	6,4	5
ÍNDICE DE IODO	DE mg I ₂ /100g	55 - 70	50 - 65	50 - 60
ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO	DE mg KOH/g	201 - 213	194 - 206	190 - 209
ÍNDICE DE PERÓXIDO	DE mg/kg	2,8 - 5,5	≤10	≤10
ÁCIDOS GORDOS, LIVRES	g ácido oleico/100g	6,7	5,93	2,25
DENSIDADE	g/cm ³	0,870	0,860	0,870-0,900

Porcentaje de composición química del aceite de mufuko

La composición química del aceite de mufuko fue determinada por cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas. Los cromatogramas e espectrogramas del análisis del aceite (tipo de ácido graso, estructura química, tiempo de retención, masa molar, composición porcentual y fracción másica) se presentan en la figura 7 y en tabla 5 respectivamente.

Tabla 5. Ácidos grasos, estructura química, tiempo de retención, masa molar, composición porcentual y fracción másica

Ácido gordo	Estructura química	Tiempo; retención (s)	Masa molar (g)	Composição (%)	Fracção másica (g)
Palmitico	C ₁₆ :0	17.697	256.24	33.58	86.07
Palmitoleico	C ₁₆ :1,n-9	17.850	254.22	0.71	1.84
Esteárico	C ₁₈ :0	21.485	284.27	3.77	10.71
Oleico:	C ₁₈ :1n-11	22.353	282.22	0.40	1.19
Oleico	C ₁₈ :1 n - 9	22.602	282.25	50.09	141.38
Linoleico	C ₁₈ :2n- 9,12	23.584	280.24	10.20	28.59
Alfa-linolénico	C ₁₈ :3n-9,12,15	24.468	278.20	0.65	1.86
Eicosenoico	Cis,13- C ₂₀	26.036	310.28	0.20	0.65
Docosapentaenoico	C ₂₂ :5 n- 6	26.126	330.00	0.57	1.95
Total				100.1	274.24

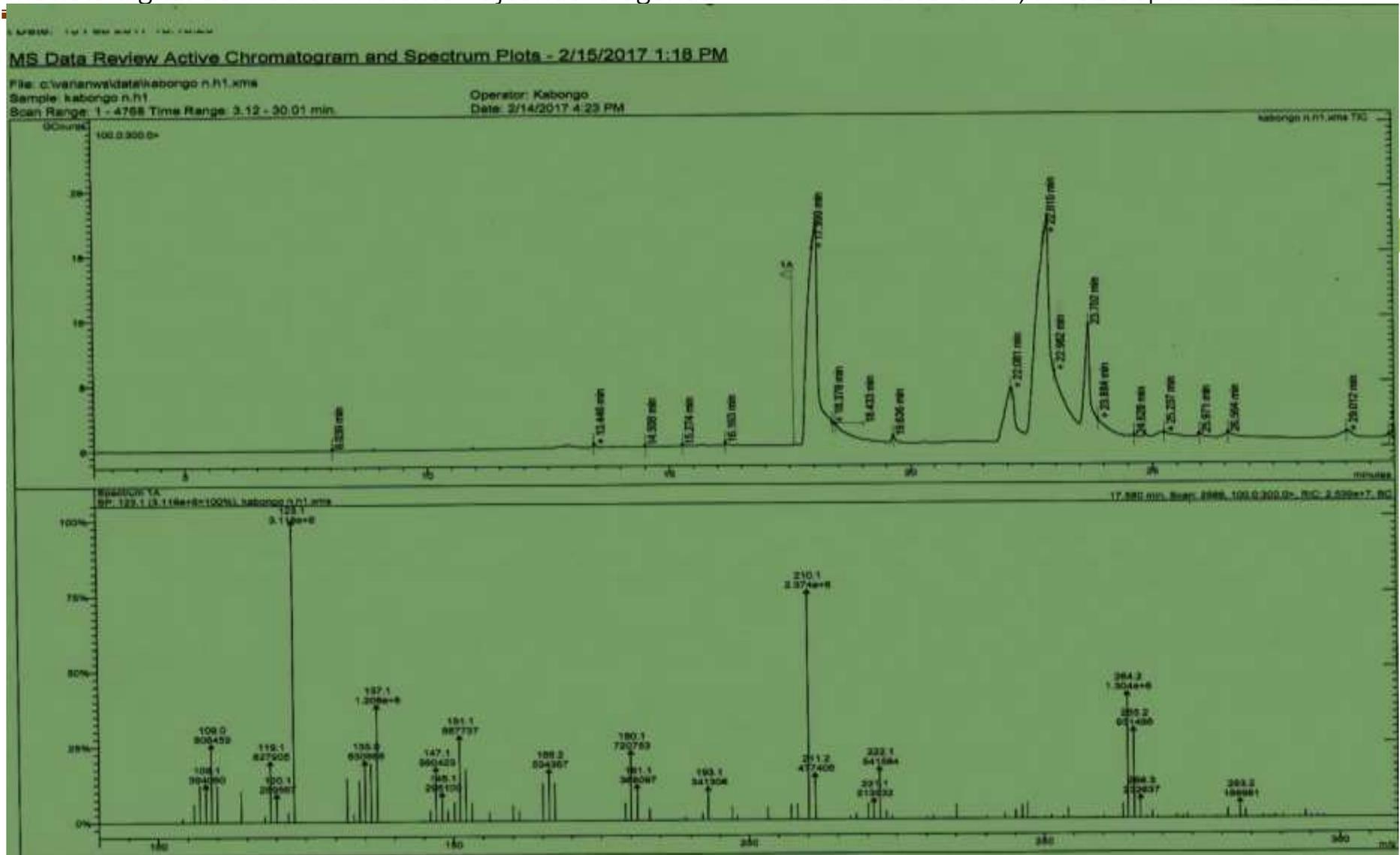


Figura 7. Cromatograma y espectrograma del aceite de mufuko

El análisis de la estructura y composición química del aceite reveló la presencia de los siguientes compuestos químicos: 62% de ácidos grasos insaturados con función de alimentación como el ácido delta – 9 – cis – hexadecénico (palmitoléico) y el ácido 9,12 – octadecadienóico (oleico), algunos ácidos con función terapéutica como el linolénico (octadeca-9,12,15-trienóico) y el ácido linoléico (9 – 12 octadecadienóico); aproximadamente 37.5% de los ácidos son saturados y poseen valor nutritivo y cosmético importante (esteárico e palmítico). La masa molar del aceite de Mufuko es de 274.24 g/mol. Este dato es importante para síntesis de biodiesel a partir de este aceite.

CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos en este trabajo se concluye lo siguiente:

- Las características reproductivas de la planta de mufuko indican que es posible el cultivo ordinario de esta planta;
- La producción por hectárea presenta mejores perspectiva de cultivo en relación al de la mayoría de las plantas oleaginosas que crecen en zonas tropicales;
- La extracción con el solvente n-hexano aporta un aceite de buena calidad;
- El aceite posee compuestos con estructura y composición que le aportan valor nutritivo, cosmético y terapéutico;
- La planta de mufuko es resistente a la sequia y se adapta ampliamente al frío de las regiones tropicales y puede servir para la repoblación forestal.

REFERENCIAS

Agarwal, A.K. 2017. Biofuel (alcohol and biodiesel) applications as fuel for internal combustion engine. Disponible en <http://www.sciencedirect.com>. Acceso a los 17.06.17.

Australian biodiesel standard 2005. Biodiesel fuel quality standard. Disponible en: <https://www.environment.gov.au/>.

Cruz, Y. Y. P., & Martínez, P. C. C. 2015. Cambio climático: bases científicas y escepticismo. *Cultura Científica y Tecnológica*, (46).

Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of biological chemistry*, 226(1), 497-509.

Harris, D. N. 2001. *Análises químicas cuantitativas*. Editorial Reverté. ISBN 842917222X. Pag.699.

James W. Editor, *advanced biofuels and bioproducts*, DCD, Old Dominion University, New York, 2013, p. 536, 601-608.

Jennifer, F. 2013. *Composição química das gorduras*. U.F de brasil 2013, p. 1-5.

Kates, M. 1972. *Techniques of lipidology: isolation, analysis and identification of lipids*, elsevier Applied Science: London, cap. 2.

Minniti, P. 1991. *Fruits*, Direzione Generale per Sviluppo de la Cooperazione - Italie, p. 105-111.

Oil World Annual. 2013. *Independent Global Market Analyses & Forecasts*. Disponible en: <https://www.oilworld.biz/>.

Rueda, V. O. M., & García, C. G. 2002. Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta ecológica*, (65), 7-23.

Santos, A. F. X. S. 2007. Metanólise de óleo de soja sobre hidratalcites de Mg e Al modificado. Dissertação de mestrado em engenharia do ambiente, U.F. Brasil.

Simon, L. 2019. Extração de óleo de soja. Escola Senai.br, disponível, Maio, p. 1-3.