



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN EL  
ACEITE ESENCIAL DE *MORINGA OLEIFERA* MEDIANTE  
CROMATOGRFÍA DE GASES

FIGUEROA GONZA JEAN CARLOS  
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN  
EL ACEITE ESENCIAL DE *MORINGA OLEIFERA* MEDIANTE  
CROMATOGRFÍA DE GASES

FIGUEROA GONZA JEAN CARLOS  
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EXAMEN COMPLEXIVO

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN EL ACEITE  
ESENCIAL DE *MORINGA OLEIFERA* MEDIANTE CROMATOGRAFÍA DE GASES

FIGUEROA GONZA JEAN CARLOS  
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

VALVERDE DURAN SERGIO ANDRES

MACHALA, 15 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA  
15 de febrero de 2022

# Identificación y cuantificación de ácidos grasos en el aceite esencial de Moringa oleifera mediante cromatografía de gases

*por* Jean Carlos Figueroa Gonza

---

**Fecha de entrega:** 02-feb-2022 09:57p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1753866429

**Nombre del archivo:** DOCUMENTO\_PARA\_REVISI\_N\_Figueroa\_Jean.pdf (284.62K)

**Total de palabras:** 2853

**Total de caracteres:** 15009

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, FIGUEROA GONZA JEAN CARLOS, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Identificación y cuantificación de ácidos grasos en el aceite esencial de *Moringa oleifera* mediante cromatografía de gases, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 15 de febrero de 2022

  
FIGUEROA GONZA JEAN CARLOS  
0704479088

## **Identificación y cuantificación de ácidos grasos en el aceite esencial de *Moringa oleifera* mediante cromatografía de gases**

### **RESUMEN**

La *Moringa oleifera* es una planta que se ha vuelto muy conocida en la actualidad, debido a sus diversos efectos terapéuticos y su alto valor nutricional, los cuales han sido atribuidos a su composición fitoquímica. Entre dichos compuestos destacan los ácidos grasos, mismos que se encuentran presentes en mayor cantidad en sus semillas y por ello se extraen sus aceites esenciales. Por consiguiente, estos aceites requieren ser estudiados por métodos analíticos, siendo así la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas una de las técnicas habitualmente utilizadas para el análisis de los ácidos grasos. Por tal razón, en el presente trabajo, se lleva a cabo una revisión bibliográfica en base a la aplicación de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas para la determinación de ácidos grasos en el aceite esencial de semillas de *Moringa oleifera*. Se ha recopilado información importante y actualizada de bases de datos como: Scielo, ScienceDirect, Pubmed, ResearchGate, Scholar Google y Redalyc. En donde, según la literatura revisada se pudo evidenciar que la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas posee algunas ventajas en comparación con otros métodos, además, se ha demostrado su alta confiabilidad gracias al proceso de validación, en el cual cumple con los criterios de aceptación. También se observó que es posible identificar y cuantificar ácidos grasos saturados, los cuales resultan de interés. Por lo tanto, según la literatura este método se encuentra apto para ser replicado en futuros estudios relacionados con la determinación de ácidos grasos en aceites esenciales.

**Palabras clave:** *Moringa oleifera*, ácidos grasos, cromatografía de gases, aceite esencial

## ABSTRACT

*Moringa oleifera* is a plant that has become very well known nowadays, due to its diverse therapeutic effects and its high nutritional value, which have been attributed to its phytochemical composition. Among these compounds, the fatty acids stand out, which are present in greater quantities in its seeds and for this reason its essential oils are extracted. Consequently, these oils require to be studied by analytical methods, being gas chromatography coupled to mass spectrometry one of the techniques commonly used for the analysis of fatty acids. For this reason, in the present work, a literature review is carried out based on the application of gas chromatography coupled to mass spectrometry for the determination of fatty acids in the essential oil of *Moringa oleifera* seeds. Important and updated information has been collected from databases such as: Scielo, ScienceDirect, Pubmed, ResearchGate, Scholar Google and Redalyc. According to the literature reviewed, it could be evidenced that gas chromatography coupled to mass spectrometry has some advantages compared to other methods, in addition, its high reliability has been demonstrated thanks to the validation process, in which it complies with the acceptance criteria. It was also observed that it is possible to identify and quantify saturated fatty acids, which are of interest. Therefore, according to the literature, this method is suitable to be replicated in future studies related to the determination of fatty acids in essential oils.

**Keywords:** *Moringa oleifera*, fatty acids, gas chromatography, essential oil

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	4
<b>2. OBJETIVO</b>	5
2.1. Objetivo General	5
<b>3. DESARROLLO</b>	5
3.1. <i>Moringa oleifera</i>	5
3.2. Propiedades terapéuticas de la <i>M. oleifera</i>	6
3.3. Valor nutricional de la <i>M. oleifera</i>	6
3.4. Contenido de ácidos grasos del aceite de semillas de <i>M. oleifera</i>	7
3.5. Técnicas de análisis instrumental para el estudio fitoquímico de ácidos grasos	7
<b>4. METODOLOGÍA</b>	8
<b>5. CASO PRÁCTICO</b>	8
5.1. Contexto o situación del problema	8
5.2. Pregunta a resolver	8
5.3. Solución al problema planteado	9
<b>6. CONCLUSIÓN</b>	11
<b>7. REFERENCIAS</b>	12

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

<b>Figura 1.</b> Árbol de <i>Moringa oleifera</i>	5
<b>Tabla 1.</b> Parámetros a tener en cuenta en la validación del método de GC-MS	10



## 1. INTRODUCCIÓN

La *Moringa oleifera* es una planta que pertenece a la familia *Moringaceae*, uno de los ejemplares del género *Moringa*.<sup>1</sup> Se caracteriza por sus hojas de color verdoso y se puede encontrar comunmente en zonas de clima tropical, por su alta tolerancia a temperaturas altas.<sup>2</sup> Esta se ha vuelto muy popular debido a que posee varias propiedades terapéuticas, como; estimulante, antiespasmódica, expectorante, diurética, entre otras.<sup>3</sup>

Se han hallado algunos fitocomponentes interesantes en la *Moringa oleifera*, tales como; taninos, flavonoides, esteroides, terpenoides, saponinas, antraquinonas, alcaloides, etc.<sup>4</sup>

Adicionalmente, se ha observado un alto porcentaje de ácidos grasos en los aceites de las semillas de *Moringa oleifera*, entre los cuales destacan el ácido oléico y el ácido palmítico, por este motivo resulta de importancia desde el punto de vista científico, puesto que existe evidencia de que estos ácidos grasos son capaces de ejercer efectos antiinflamatorios y antineoplásicos.<sup>5,6,7</sup>

De tal manera que, para el estudio de esta planta, las técnicas o métodos analíticos pueden ser herramientas de gran utilidad. Dichas técnicas han tenido su evolución con el transcurso del tiempo, iniciando con el análisis organoléptico, hasta los tiempos de hoy, en donde ya se aplican técnicas más sofisticadas como el análisis cromatográfico, la espectroscopía, entre otras.<sup>8</sup>

La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) es utilizada básicamente para separar, identificar y cuantificar los componentes inmersos en una mezcla, por lo cual es mayoritariamente utilizada en el campo de investigación, en el desarrollo y control de calidad de los medicamentos. En este caso, nos permitiría cuantificar los ácidos grasos existentes en el aceite de las semillas de *Moringa oleifera*, teniendo en cuenta además que; por su naturaleza, ciertos componentes de los aceites suelen ser volátiles, y por ello la cromatografía de gases es el método que más se recomienda emplear para su análisis.<sup>9,10,11</sup>

Debido a su composición química y propiedades, la *Moringa oleifera* ha generado un gran interés dentro del estudio fitoquímico, por su potencial uso a nivel nutricional y terapéutico para ciertas enfermedades.

Por ello, en este trabajo se pretende llevar a cabo una revisión bibliográfica en base a la determinación de ácidos grasos en el aceite de semillas de *Moringa oleifera* mediante la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

## 2. OBJETIVO

### 2.1. Objetivo General

Determinar la presencia de ácidos grasos en el aceite de *Moringa oleifera* mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) para su identificación y cuantificación.

## 3. DESARROLLO

### 3.1. *Moringa oleifera*

La moringa es una planta muy conocida desde tiempos remotos, proveniente de la cordillera del Himalaya, pertenece a la familia *Moringaceae* y es una especie del género *Moringa*. Es fácil de reconocer por sus características hojas verdes y pinnadas, y dado su alto valor nutritivo es utilizada en su totalidad para el consumo, es decir, desde sus raíces hasta las hojas.<sup>1,12,13</sup>

Adicionalmente, se conoce que esta planta tolera bastante bien climas tropicales, presentando pocos problemas para su desarrollo, sin embargo, factores como climas excesivamente cálidos, el suelo, uso de fertilizantes, podrían causar una diferencia en cuanto al contenido nutritivo de la moringa.<sup>4</sup>

**Figura 1.** Árbol de *Moringa oleifera*



**Fuente:** <sup>14</sup>

### **3.2. Propiedades terapéuticas de la *M. oleifera***

En un estudio experimental en ratones con diabetes inducida, se observó que la actividad hipoglucemiante de un extracto acuoso de *M. oleifera* en comparación con la metformina era muy parecida.<sup>15</sup>

Su capacidad antioxidante también ha sido evaluada en un extracto metanólico obtenido a partir de las hojas de la planta mediante el ensayo de DPPH y ABTS, por lo cual indican que las hojas de *M. oleifera* serían una buena fuente de antioxidantes.<sup>16</sup>

Los extractos etanólicos a partir de las hojas y semillas de *M. oleifera* han mostrado que poseen propiedades antiinflamatorias al inhibir la producción de óxido nítrico, el cual es un factor importante dentro del proceso inflamatorio.<sup>17</sup>

Se ha evidenciado además que, los extractos en diferentes solventes a partir de las flores, hojas y semillas de *M. oleifera* son capaces de inhibir el crecimiento de bacterias gram positivas y gram negativas.<sup>18</sup>

En extractos de hojas de *M. oleifera* también se ha podido observar actividad antihipertensiva, debido a que esta es capaz de inhibir la enzima convertidora de angiotensina (ECA) y la producción de óxido nítrico (NO) en ratones con hipertensión inducida, lo cual contribuye satisfactoriamente en la disminución de la presión arterial.<sup>19</sup> Además, teniendo en cuenta que el aceite que se obtiene de las semillas de *M. oleifera* es rico en ácidos grasos monoinsaturados y saturados, este tendría propiedades terapéuticas que ayudarían a evitar la acumulación de grasas en las arterias (causante de la enfermedad aterosclerótica) y brindaría protección ante la resistencia a la insulina, siendo estos dos factores de riesgo dentro de las enfermedades cardiovasculares, de modo que reduciría la mortalidad.<sup>20,21</sup>

De esta forma, la *M. oleifera* ha sido reconocida por ejercer varios efectos terapéuticos, como antiséptico, antioxidante, antiinflamatorio, analgésico, hipoglucemiante, antihipertensivo, antidiarreico, antibiótico, etc. Dichas propiedades se ven relacionadas directamente con la variedad de fitocompuestos que posee la moringa. Entre estos se pueden encontrar; taninos, flavonoides, esteroides, terpenoides, saponinas, antraquinonas, alcaloides y glucosinolatos.<sup>1,22</sup>

### **3.3. Valor nutricional de la *M. oleifera***

Dado que la moringa es una planta que se ha visto incorporada en la dieta del ser humano por su amplia cantidad de nutrientes, se ha realizado un estudio en el cual se observa que esta contiene valores considerables de proteínas, hidratos de carbono, grasas y fibra. Además, también existe la presencia de vitaminas, tales como: vitamina A, vitamina B1,

vitamina B2, vitamina B3, vitamina B5, vitamina B6, vitamina B9, vitamina C y vitamina E. En cuanto al contenido de minerales, se encuentra el hierro, calcio, magnesio, manganeso, fósforo, potasio, sodio y zinc. Y, en lo que corresponde al contenido de aminoácidos, posee aminoácidos esenciales como la treonina, valina, metionina, leucina, isoleucina, valina, fenilalanina, histidina, lisina y arginina.<sup>23,24</sup>

Dado que varias de las partes que componen el árbol de *M. oleifera* poseen un importante valor nutricional este es utilizado tanto para el consumo como la comercialización.<sup>4</sup>

### **3.4. Contenido de ácidos grasos del aceite de semillas de *M. oleifera***

Una de las partes que destaca por su contenido de ácidos grasos en la *M. oleifera* son sin duda alguna las semillas, dado que se ha evidenciado en estudios que su aceite contiene ácidos grasos insaturados (UFA), ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y ácidos grasos saturados (STA), como por ejemplo; ácido oleico, linoleico, palmítico, araquídico, esteárico, ácido behénico, palmitoleico, ácido linolénico, etc.<sup>25-27</sup>

En Ecuador, provincia de Santa Elena, se ha llevado a cabo un estudio en el cual se muestra el contenido de ácidos grasos que poseen los aceites de *M. oleifera*, de tres lugares diferentes. Estos muestran promedios alrededor del 20% para ácidos grasos saturados, 78% para ácidos grasos monoinsaturados, en donde el ácido oleico es el que predomina con un aproximado de 74% del total de ácidos grasos. También se encuentran ácidos grasos poliinsaturados con un valor de 0.80% del total de ácidos grasos.<sup>28</sup>

De este modo, se ha evidenciado que el aceite de *Moringa oleifera* contiene un porcentaje de ácido oleico comparable al del aceite de oliva, siendo así considerado muy similar en cuanto a su calidad y aporte nutricional, por ello podría ser un buen reemplazo para incluir en la dieta.<sup>27,29</sup>

### **3.5. Técnicas de análisis instrumental para el estudio fitoquímico de ácidos grasos**

#### *Cromatografía de gases (GC)*

La técnica analítica conocida como cromatografía de gases se encarga de separar y analizar una mezcla en la cual están inmersos algunos componentes, como es el caso de los aceites esenciales, hidrocarburos y disolventes. Por lo tanto, en el estudio fitoquímico esta se utiliza principalmente para el análisis de ácidos grasos, alcoholes, aldehídos, etc.<sup>8,11</sup> Su fundamento se basa en que la muestra a estudiar se disuelve con ayuda de un solvente y posteriormente ésta se evapora para poder aislar los compuestos. Se utilizan dos fases, una conocida como “estacionaria” y otra “móvil”, es decir, el líquido sería la fase estacionaria mientras que el gas sería la fase móvil.<sup>30,31</sup>

Por otro lado, esta técnica se compone de varios elementos, tales como: sistema de inyección de muestra, gas portador, columna de separación, horno o cámara termostática, detector y un sistema amplificador y registrador de datos.<sup>31</sup>

La GC es muy utilizada en estudios para la determinación de ácidos grasos en plantas de las cuales se extraen comúnmente aceites.<sup>32</sup>

#### *Espectrometría de masas (MS)*

Es una técnica frecuentemente utilizada para identificar y cuantificar compuestos, de tal manera que se pueda llegar a conocer su estructura y propiedades químicas de las moléculas.<sup>30</sup> Su fundamento se basa en la separación de especies cargadas de iones en la fase gaseosa, después los iones son trasladados hacia el analizador de masas en donde son clasificados de acuerdo a la relación masa-carga. Posteriormente, los iones son reconocidos por un detector de iones y luego este se encarga de producir señales eléctricas que se convierten finalmente en los espectros de masas.<sup>33</sup>

### **4. METODOLOGÍA**

El presente trabajo es de carácter descriptivo no experimental, del tipo revisión bibliográfica, para lo cual se ha recopilado información de interés correspondiente al tema en cuestión. Se ha tomado en cuenta información de varias bases de datos como; Scielo, ScienceDirect, Pubmed, ResearchGate, Scholar Google y Redalyc. En donde, para la búsqueda se ha hecho uso de términos como: “*Moringa*”, “*Moringa oleifera*”, “ácidos grasos”, “fatty acids”, “ácido oleico”, “ácido palmítico”, “oleic acid”, “palmitic acid”, “cromatografía de gases”, “gas chromatography”.

### **5. CASO PRÁCTICO**

#### **5.1. Contexto o situación del problema**

El aceite obtenido de las semillas de *Moringa oleifera* es rico en ácidos grasos saturados tales como, palmítico, esteárico, araquídico, behénico y lignocérico, estos compuestos contribuyen a una de las varias actividades terapéuticas de dicha especie. Se desea verificar, después de un año de conservación a 25 °C, si dichos compuestos aún están presentes y cuantificar la cantidad de ácido palmítico.

#### **5.2. Pregunta a resolver**

En base a la revisión de artículos científicos y otra literatura disponible ¿Qué método cromatográfico instrumental usted seleccionaría para cumplimentar lo antes señalado? Argumente su selección teniendo en cuenta las características estructurales de los ácidos grasos. Considere el fundamento, características y ventajas del método instrumental.

### 5.3. Solución al problema planteado

Antes que nada, debemos tener en cuenta que, dentro de las técnicas cromatográficas para la determinación de ácidos grasos en aceites, las más utilizadas son; la cromatografía de gases (GC) y la cromatografía líquida (LC), de las cuales surgen variantes al ser acopladas a un espectrómetro de masas, como ocurre en ambas técnicas, o a un detector de ionización de llama, pero sólo en el caso de la GC.<sup>34,35</sup>

En la variante de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS) se presentan ciertas desventajas, por ejemplo; esta requiere usar una cantidad considerable de solvente y además no es tan selectiva. Mientras que la GC-MS muestra algunas ventajas frente al anterior método, dado que posee una base de datos más amplia, es eficiente y mucho más selectiva.<sup>35</sup>

Además, la GC es considerada como una técnica mucho más precisa para el análisis de ácidos grasos y también se ha determinado que posee una alta reproducibilidad, lo cual permite que el método sirva de referencia y en consecuencia sea replicado en otro estudio.<sup>36</sup>

En cuanto a las desventajas de la GC-MS, la primordial es que los ácidos grasos, previo al análisis, deben ser derivatizados a ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMES), que a diferencia de la LC-MS, esta no necesita realizar este proceso, siendo esa justamente una ventaja de dicho método. Sin embargo, esto sólo sería algo que consumiría un poco más de tiempo durante la preparación de la muestra, lo cual se podría ver compensado con la rapidez del análisis en la GC.<sup>37</sup>

Por otro lado, otra ventaja que tendría la GC-MS en comparación con la LC-MS, es que es una técnica sencilla, con mejor sensibilidad y robustez, además de que tiene un menor costo.<sup>38</sup>

En vista de que la GC-MS posee algunas ventajas y además es uno de los métodos más utilizados en el estudio de ácidos grasos, entre estos los saturados o insaturados, es idóneo seleccionar este método para analizar el aceite de las semillas de *Moringa oleifera*, dado que, se requiere especialmente detectar la presencia de ácidos grasos saturados y además conocer la cantidad de ácido palmítico que hay en él.<sup>39</sup> Por otra parte, este tipo de ácidos grasos ya han sido detectados con éxito mediante GC-MS, como se evidencia en el estudio realizado por Ferrer & colaboradores.<sup>40</sup>

Por consiguiente, es necesario conocer que el método de GC-MS tiene un procedimiento el cual empieza con la extracción de los ácidos grasos a partir de la matriz de la muestra,

luego continúa con la derivatización de los ácidos grasos y finalmente se lleva a cabo el análisis.<sup>35</sup>

La derivatización de los ácidos grasos es un proceso necesario, dado que esto permite aumentar su volatilidad, con lo cual aumenta también el nivel de sensibilidad de detección.<sup>41</sup>

**Tabla 1.** Parámetros a tener en cuenta en la validación del método de GC-MS

Compuesto	RT (min)	R2	LOD (µg/mL)	LOQ (µg/mL)	Fuente bibliográfica
Ácido palmítico (C16:0)	33.36	0.9995	7.44	22.54	42
	7.85	0.8217	27.20	90.68	43
	11.09	-	-	-	44
	18.34	-	-	-	45
Ácido esteárico (C18:0)	40.32	0.9993	9.87	29.90	42
	11.46	0.9747	7.39	24.62	43
	12.08	-	-	-	44
	19.74	-	-	-	45
Ácido araquídico (C20:0)	46.78	0.9987	6.24	18.90	42
	15.31	0.9469	7.31	24.35	43
	13.20	-	-	-	44
	21.16	-	-	-	45
Ácido behénico (C22:0)	52.76	0.9978	7.34	22.03	42
	14.88	-	-	-	44
	23.15	-	-	-	45
Ácido lignocérico (C24:0)	58.30	0.9973	3.10	9.30	42
	16.56	-	-	-	44
	25.69	-	-	-	45
<b>Fuente:</b> <sup>42-45</sup>					

**RT:** tiempo de retención; **R2:** coeficiente de regresión; **LOD:** límite de detección; **LOQ:** límite de cuantificación

En lo que respecta a la validación del método analítico, este debe cumplir con algunos parámetros, como: precisión, exactitud, linealidad, sensibilidad y especificidad. Esto permite que el método sea altamente confiable tanto en el proceso como en los resultados, de forma que se eviten los errores y las posibles pérdidas económicas.<sup>46</sup>

En la tabla 1 se puede observar algunos de los parámetros que se evalúan en el proceso de validación del método analítico de GC-MS. En donde, Mihai & colaboradores<sup>42</sup> mencionan en su estudio que los límites de detección y de cuantificación, precisión, exactitud y robustez se encuentran dentro de los criterios de aceptabilidad según organismos reguladores internacionales, por lo tanto el método GC-MS es confiable para llevar a cabo el análisis de FAMEs en aceites.

Por otro lado, Yuenyong & colaboradores<sup>43</sup> señalan que el método de GC-MS permitió una excelente separación de los FAMEs y cuantificación de los ácidos grasos. Además, obtuvieron tiempos de retención cortos, especialmente en el caso del ácido palmítico y el ácido esteárico, en comparación con lo que reportan el resto de estudios.

En el estudio de Gué & colaboradores<sup>44</sup> se realizó satisfactoriamente la identificación de los ácidos grasos empleando GC-MS, donde se compararon los tiempos de retención con los de referencia y las bibliotecas de espectros de masas de Wiley y NIST.

Por último, Marrero & colaboradores<sup>45</sup> también identificaron ácidos grasos en su estudio, pero hicieron uso de otro detector, el de ionización de llama (FID), y además utilizaron hidrógeno como gas portador, a diferencia de los tres estudios anteriormente mencionados, en los cuales utilizan helio. Por lo que también es posible identificar los ácidos grasos saturados con este método.

Por tal razón, la GC-MS es el método seleccionado, por ser uno de los más utilizados, además de la evidencia que lo respalda, en donde ha demostrado su utilidad para identificar y cuantificar los ácidos grasos presentes en aceites, siendo en este caso la *M. oleifera* la especie de interés, la cual también ya ha sido estudiada por dicho método.

## 6. CONCLUSIÓN

La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas constituye uno de los métodos analíticos más ampliamente utilizados en el campo científico, dado que ha permitido identificar, aislar y cuantificar componentes de interés. Un ejemplo de ello son los ácidos grasos presentes en los aceites de *M. oleifera*, los cuales han captado bastante la atención de la comunidad en los últimos años, por los efectos beneficiosos en la salud que se han podido evidenciar en los estudios. De manera que, se ha comprobado mediante



la revisión de investigaciones, que efectivamente ha sido posible determinar la composición de ácidos grasos aplicando la técnica instrumental de GC-MS, y además es un método que ha cumplido con su proceso de validación, por lo tanto está dentro de los criterios de aceptación, lo cual vuelve confiable su aplicación en futuros estudios experimentales.

## 7. REFERENCIAS

- (1) Velázquez Zavala, M.; Peón Escalante, I. E.; Zepeda Bautista, R.; Jiménez Arellanes, M. A. Moringa (*Moringa Oleifera Lam.*): Usos Potenciales En La Agricultura, Industria Y Medicina. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* **2016**, 22 (2), 95–116. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.07.018>.
- (2) Asensi, G. D.; Durango Villadiego, A. M.; Berruezo, G. R. *Moringa Oleifera*: Revisión Sobre Aplicaciones Y Usos En Alimentos. *Arch. Latinoam. Nutr.* **2017**, 67 (2), 12.
- (3) Dixit, S.; Tripathi, A.; Kumar, P. MEDICINAL PROPERTIES OF *Moringa Oleifera*: A REVIEW. *International Journal of Education and Science Research* **2016**, 3 (2), 173–185.
- (4) Gopalakrishnan, L.; Doriyaa, K.; Kumar, D. S. *Moringa Oleifera*: A Review on Nutritive Importance and Its Medicinal Application. *Food Science and Human Wellness* **2016**, 5 (2), 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.001>.
- (5) Santamarina, A. B.; Pisani, L. P.; Baker, E. J.; Marat, A. D.; Valenzuela, C. A.; Miles, E. A.; Calder, P. C. Anti-Inflammatory Effects of Oleic Acid and the Anthocyanin Keracyanin Alone and in Combination: Effects on Monocyte and Macrophage Responses and the NF- $\kappa$ B Pathway. *Food Funct.* **2021**, 12 (17), 7909–7922. <https://doi.org/10.1039/d1fo01304a>.
- (6) González Minero, F. J. Un Estudio Transversal de *Moringa Oleifera Lam.* (*Moringaceae*). *Dominguezia* **2018**, 34 (1), 5–25.
- (7) Piegari, M.; Soria, E. A.; Eynard, A. R.; Valentich, M. A. Delay of Lung Adenocarcinoma (LAC-1) Development in Mice by Dietary Oleic Acid. *Nutrition and Cancer* **2017**, 69 (7), 1069–1074. <https://doi.org/10.1080/01635581.2017.1359319>.
- (8) Fitzgerald, M.; Heinrich, M.; Booker, A. Medicinal Plant Analysis: A Historical and Regional Discussion of Emergent Complex Techniques. *Front. Pharmacol.* **2019**, 10 (1480), 1480. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01480>.

- (9) Gavali, J. B.; Pradhan, N.; Waghmare, N. CURRENT TRENDS IN ANALYTICAL METHODS OF MEDICINAL PLANT DRUGS. *International Ayurveda Publications* **2016**, *1* (3), 101–107.
- (10) Masood, S.; Shafi, N.; Amin, S.; Arshad, H.; Ahmed, N.; Khattak, R. Analytical Techniques and Herbal Medicinal Plants: A Review of Past and Present Techniques. *Journal Advances of Nutrition Science and Technology* **2021**, *1* (2), 90–102. <https://doi.org/10.15228/anst.2021.v01.i02.p05>.
- (11) Al-Rubaye, A. F.; Hameed, I. H.; Kadhim, M. J. A Review: Uses of Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) Technique for Analysis of Bioactive Natural Compounds of Some Plants. *Int. J. Toxicol. Pharmacol. Res.* **2017**, *9* (1), 81–85. <https://doi.org/10.25258/ijtpr.v9i01.9042>.
- (12) Mora, J. S.; Gacharná, N. EL ÁRBOL MILAGROSO: La *Moringa Oleifera*. *Biodiversidad Colombia* **2015**, 50–57.
- (13) Doménech Asensi, G.; Durango Villadiego, A. M.; Ros Berruezo, G. *Moringa oleifera*: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. *ALAN* **2017**, *67* (2), 86–97.
- (14) Sánchez, M. Propiedades y usos de la *Moringa oleifera* <https://www.jardineriaon.com> (accessed 2022 -01 -24).
- (15) Vargas Tineo, O. W.; Segura Muñoz, D. M.; Becerra Gutiérrez, L. K.; Amado Tineo, J. P.; Silva Díaz, H. Efecto Hipoglicemiante de *Moringa Oleifera* (moringa) Comparado Con *Smallanthus Sonchifolius* (yacón) En *Rattus Norvegicus* Con Diabetes Mellitus Inducida. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica* **2020**, *37* (3), 478–484. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2020.373.5275>.
- (16) Fitriana, W. D.; Ersam, T.; Shimizu, K.; Fatmawati, S. Antioxidant Activity of *Moringa Oleifera* Extracts. *Indones. J. Chem.* **2018**, *16* (3), 297. <https://doi.org/10.22146/ijc.21145>.
- (17) Xu, Y. B.; Chen, G. L.; Guo, M. Q. Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of the Crude Extracts of *Moringa Oleifera* from Kenya and Their Correlations with Flavonoids. *Antioxidants (Basel)* **2019**, *8* (8). <https://doi.org/10.3390/antiox8080296>.
- (18) Khan, R. U.; Khan, A.; Naz, S.; Ullah, Q.; Laudadio, V.; Tufarelli, V.; Ragni, M. Potential Applications of *Moringa Oleifera* in Poultry Health and Production as Alternative to Antibiotics: A Review. *Antibiotics* **2021**, *10* (12), 1540. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10121540>.

- (19) Acuram, L. K.; Chichioco Hernandez, C. L. Anti-Hypertensive Effect of *Moringa Oleifera* Lam. *Cogent Biology* **2019**, *5* (1). <https://doi.org/10.1080/23312025.2019.1596526>.
- (20) Perdomo, L.; Beneit, N.; Otero, Y. F.; Escribano, Ó.; Díaz Castroverde, S.; Gómez Hernández, A.; Benito, M. Protective Role of Oleic Acid against Cardiovascular Insulin Resistance and in the Early and Late Cellular Atherosclerotic Process. *Cardiovasc. Diabetol.* **2015**, *14* (1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12933-015-0237-9>.
- (21) Schwingshackl, L.; Hoffmann, G. Monounsaturated Fatty Acids, Olive Oil and Health Status: A Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies. *Lipids Health Dis.* **2014**, *13* (1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-13-154>.
- (22) Abd Rani, N. Z.; Husain, K.; Kumolosasi, E. Moringa Genus: A Review of Phytochemistry and Pharmacology. *Front. Pharmacol.* **2018**, *0*. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00108>.
- (23) Khalid Abbas, R.; Elsharbasy, F. S.; Fadlelmula, A. A. Nutritional Values of *Moringa Oleifera*, Total Protein, Amino Acid, Vitamins, Minerals, Carbohydrates, Total Fat and Crude Fiber, under the Semi-Arid Conditions of Sudan. *J. Microb. Biochem. Technol.* **2018**, *10* (2), 56–58. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000396>.
- (24) Saini, R. K.; Sivanesan, I.; Keum, Y.-S. Phytochemicals of *Moringa Oleifera*: A Review of Their Nutritional, Therapeutic and Industrial Significance. *3 Biotech* **2016**, *6* (2), 203. <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0526-3>.
- (25) Idris, A.; Nour, A.; Ishag, O.; Ali, M.; Erwa, I.; Nour, A. Physicochemical Properties and Fatty Acids Composition of Sudanese *Moringa Oleifera* Seed Oil. *J. Turk. Chem. Soc. Sect. Chem.* **2020**, *7* (3), 911–920. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.771260>.
- (26) Leone, A.; Spada, A.; Battezzati, A.; Schiraldi, A.; Aristil, J.; Bertoli, S. *Moringa Oleifera* Seeds and Oil: Characteristics and Uses for Human Health. *Int. J. Mol. Sci.* **2016**, *17* (12). <https://doi.org/10.3390/ijms17122141>.
- (27) Gómez Mitjans, D.; Pita Bravo, V.; Zumalacárregui de Cárdenas, B. Caracterización de Aceites de Las Semillas de *Moringa Oleifera* a Partir de La Extracción Por Diferentes Métodos. *Rev. Colomb. Biotecnol.* **2016**, *18* (2), 106. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.54324>.
- (28) Ayerza, R. Seed Characteristics, Oil Content and Fatty Acid Composition of

- Moringa (*Moringa Oleifera Lam.*) Seeds from Three Arid Land Locations in Ecuador. *Ind. Crops Prod.* **2019**, *140* (15), 111575. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111575>.
- (29) Nadeem, M.; Imran, M. Promising Features of *Moringa Oleifera* Oil: Recent Updates and Perspectives. *Lipids Health Dis.* **2016**, *15* (1), 212. <https://doi.org/10.1186/s12944-016-0379-0>.
- (30) Banu, K. S.; Cathrine, L. General Techniques Involved in Phytochemical Analysis. *International Journal of Advanced Research in Chemical Science* **2015**, *2* (4), 25–32.
- (31) Kaur, G.; Sharma, S. Gas Chromatography: A Brief Review. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMPUTING SCIENCE* **2018**, *5* (7), 125–131.
- (32) Al Farga, A.; Noman, A.; Qasim, A. S.; AL Bukhaiti, W. Q. Gas Chromatography: Principles, Advantages and Applications in Food Analysis. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* **2017**, *6* (1), 123–128.
- (33) Urban, P. L. Quantitative Mass Spectrometry: An Overview. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* **2016**, *374* (2079). <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0382>.
- (34) Hanif, M. A.; Nisar, S.; Khan, G. S.; Mushtaq, Z.; Zubair, M. Essential Oils. *Essential Oil Research* **2019**, 3–17. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8_1).
- (35) Hsuan Chiu, H.; Hua Kuo, C. Gas Chromatography Mass Spectrometry Based Analytical Strategies for Fatty Acid Analysis in Biological Samples. *J. Food Drug Anal.* **2020**, *28* (1), 60–73. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2019.10.003>.
- (36) Fisk, H. L.; West, A. L.; Childs, C. E.; Burdge, G. C.; Calder, P. C. The Use of Gas Chromatography to Analyze Compositional Changes of Fatty Acids in Rat Liver Tissue during Pregnancy. *J. Vis. Exp.* **2014**, No. 85. <https://doi.org/10.3791/51445>.
- (37) Wu, Z.; Zhang, Q.; Li, N.; Pu, Y.; Wang, B.; Zhang, T. Comparison of Critical Methods Developed for Fatty Acid Analysis: A Review. *Journal of Separation Science* **2016**, *40* (1), 288–298. <https://doi.org/10.1002/jssc.201600707>.
- (38) Tiên Do, T. K.; Minaglou, F. H.; Antoniotti, S.; Fernandez, X. Authenticity of Essential Oils. *Trends Analyt. Chem.* **2015**, *66*, 146–157. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2014.10.007>.
- (39) Dołowy, M.; Pyka, A. Chromatographic Methods in the Separation of Long-Chain Mono- and Polyunsaturated Fatty Acids. *J. Chem. Chem. Eng.* **2015**, 2015.

<https://doi.org/10.1155/2015/120830>.

- (40) Ferrer, C.; Zumalacárregui de Cárdenas, B.; Mazorra, M. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL ACEITE DE SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA. *Revista Centro Azúcar* **2020**, *47* (4), 1–11.
- (41) Topolewska, A.; Czarnowska, K.; Halinski, Ł.; Stepnowski, P. Evaluation of Four Derivatization Methods for the Analysis of Fatty Acids from Green Leafy Vegetables by Gas Chromatography. *Journal of Chromatography B* **2015**, *990*, 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2015.03.020>.
- (42) Mihai, A. L.; Negoită, M.; Belc, N. Evaluation of Fatty Acid Profile of Oils/fats by GC-MS through Two Quantification Approaches. *Rom. Biotechnol. Lett.* **2019**, *24* (6), 973–985. <https://doi.org/10.25083/rbl/24.6/973.985>.
- (43) Yuenyong, J.; Pokkanta, P.; Phuangsaichai, N.; Kittiwachana, S.; Mahatheeranont, S.; Sookwong, P. GC-MS and HPLC-DAD Analysis of Fatty Acid Profile and Functional Phytochemicals in Fifty Cold-Pressed Plant Oils in Thailand. *Heliyon* **2021**, *7* (2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06304>.
- (44) Gué, L. A.; Bamba, S.; Kabran, G. R.; Kré, N. R.; Boa, D.; Kourouma, A. T.; Mamyrbékova-Békro, J. A.; Békro, Y.-A. Determination of the Chemical Composition and Physicochemical Parameters of Seeds Oil of *Moringa Oleifera* Lam. (*Moringaceae*) of Côte d'Ivoire. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* **2017**, 17–25.
- (45) Marrero, D.; Murillo, R. V.; González, V. L.; Gutiérrez, J. Composición de ácidos Grasos Del Aceite de Las Semillas de *Moringa Oleifera* Que Crece En La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* **2014**, *19* (2), 197–204.
- (46) García, C. M.; Fernández, M.; Sanz, Y.; Castiñeira, M.; Martínez, V.; Nogueira, A. Validación Y Aplicación de Un Método de Cromatografía Gaseosa Para Determinar ácidos Grasos En Diferentes Matrices de Aceite de Hígado de Tiburón. *Rev Mex Cienc Farm* **2016**, *47* (3), 48–59.