

## Potenciales aplicaciones de *Moringa oleifera*. Una revisión crítica

### *Potential applications of Moringa oleifera. A critical review*

C. Martín<sup>1</sup>, G. Martín<sup>3</sup>, A. García<sup>1</sup>, Teresa Fernández<sup>1</sup>, Ena Hernández<sup>1</sup> y Jürgen Puls<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química e Ingeniería Química, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Cuba  
Autopista Varadero km 3 ½, Matanzas, Cuba

<sup>2</sup>Institute for Wood Technology and Wood Biology, Hamburg, Germany

<sup>3</sup>Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos",  
Ministerio de Educación Superior, Cuba

E-mail: carlos.martin@umcc.cu

#### RESUMEN

*Moringa oleifera* es un árbol originario de la India al que se le atribuyen múltiples beneficios para el bienestar humano. Es de crecimiento rápido, de relativamente poca exigencia hacia el suelo y se cultiva en toda la franja intertropical. Uno de los principales usos de sus hojas y de la torta de prensado de su semilla es en la formulación de raciones para la alimentación animal. Sin embargo, prácticamente todas las partes del árbol tienen diversas aplicaciones, sobre lo cual existen testimonios que se remontan a la Antigüedad. En este trabajo se hace una revisión de la literatura disponible sobre la utilización de esta planta. Se presentan distintos campos de aplicación de *M. oleifera* a la luz del creciente interés científico que ha generado en los últimos lustros. El objetivo es presentar las evidencias aportadas por la literatura científica que confirman y explican las propiedades y aplicaciones de la moringa, las cuales se distancian de versiones sin confirmar aportadas por la literatura popular y la publicidad.

Palabras clave: alimentación, *Moringa oleifera*, tratamiento de aguas residuales

#### ABSTRACT

*Moringa oleifera* is a tree from India to which many benefits for human welfare are ascribed. It grows fast, is little demanding on the soil and is cultivated throughout the inter-tropical strip. One of the main uses of its leaves and the seed press cake is in the formulation of rations for animal feeding. However, practically all the parts of the tree have diverse applications, about which there are testimonies since ancient times. This work reviews the available literature about the utilization of this plant. Different application fields of *M. oleifera* are presented in the light of the increasing scientific interest it has generated in recent years. The objective is to show the evidence contributed by the scientific literature which confirms and explains the properties and applications of *M. oleifera*, which are far from unconfirmed versions provided by popular literature and publicity.

Key words: feeding, *Moringa oleifera*, treatment of residual waters

#### INTRODUCCIÓN

*Moringa oleifera*, árbol perteneciente a la familia *Moringaceae*, es nativo de las estribaciones meridionales del Himalaya y en la actualidad se cultiva prácticamente en todas las regiones

tropicales, subtropicales y semiáridas del mundo. Puede crecer en condiciones de escasez de agua, pero su cultivo intensivo, con irrigación y fertilización, aumenta los rendimientos de biomasa

hasta superar las 100 toneladas por hectárea (Foidl, Makkar y Becker, 2001). Se conoce por diferentes nombres vernáculos, tales como: marango, moringa, resedá, árbol de rábano, árbol de la baqueta, ángela, árbol de los espárragos, árbol de las perlas, árbol “ben”, árbol de la vida y árbol de los milagros (Fuglie, 2001). Este último nombre es una medida de la importancia de esta planta para solucionar problemas de salud que, de otra manera, podrían considerarse incurables.

Desde hace milenios, prácticamente todas las partes de *M. oleifera* han sido utilizadas por el hombre. Las hojas, las flores, los frutos y las raíces son apreciados por su valor nutritivo y pueden ser usados tanto en la alimentación humana como en la animal. Las hojas son excepcionalmente ricas en vitaminas y diferentes aminoácidos, por lo que se recomiendan para tratar problemas de malnutrición en niños (Fuglie, 2001). También se emplean como forraje, biopesticida y para la producción de biogás (Fahey, 2005). Las semillas se utilizan en la alimentación, la medicina, el tratamiento de aguas y como fertilizantes (Foidl *et al.*, 2001). La corteza del tronco es útil en la adsorción de metales pesados (Reddy, Ramana, Seshiah y Reddy, 2011), así como para la fabricación de cuerdas y alfombras (Ramachandran, Peter y Gopalakrishnan, 1980). El aceite se usa en la industria de perfumería y la de cosméticos como lubricante, en la alimentación humana y en la producción de biodiesel (Rashid, Anwar, Moser, y Knothe, 2008). Las cascarillas de las semillas sirven de materia prima para la producción de carbón activado y de intercambiadores aniónicos. La planta también se emplea como cerca viva o cortina rompevientos, mientras que la biomasa lignocelulósica del tronco y de las ramas puede ser utilizada como material de construcción y para producir pulpa celulósica y etanol (Fahey, 2005).

A pesar de su utilidad ancestral, su aplicación ha sido más bien empírica y la mayor parte de la información existente proviene de la tradición oral o de publicaciones de carácter general. Solo a finales del siglo XX este árbol empezó a recibir una atención merecida por parte de la comunidad científica. Durante las últimas dos décadas se han publicado numerosos reportes sobre la evaluación científica de los procesos de utilización de la planta, así como la identificación de principios activos y mecanismos de acción, lo que ha permitido explicar muchos de los efectos beneficiosos previamente conocidos, optimizar su explotación y proponer nuevas aplicaciones. Algunos usos aun no han

sido confirmados científicamente y requieren de investigación futura. La presente reseña está dirigida a presentar las evidencias aportadas por la literatura científica que confirman y explican las propiedades de la moringa; este trabajo no ignora lo publicado en la literatura general y popular, aunque lo toma con cautela.

### ***M. oleifera* en la alimentación animal**

Las características nutricionales de *M. oleifera* son excelentes, por lo que es usada como forraje a gran escala en varios países africanos y en Nicaragua. Presenta una alta productividad de materia verde comparada con otros pastos, como la alfalfa, y los valores más elevados se alcanzan con una densidad de siembra de un millón de plantas por hectárea (Makkar y Becker, 1996). Sus hojas y la torta de prensado de sus semillas pueden ser utilizadas en la formulación de raciones para la alimentación animal (Pérez, Sánchez, Armengol y Reyes, 2010). Las hojas se pueden emplear tanto de manera directa como después de extracción con etanol. En una investigación realizada en el Instituto de Producción Animal en los Trópicos y Subtrópicos (en Hohenheim, Alemania), se demostró que la composición de aminoácidos de las hojas de moringa es comparable con la de la soya, y se comprobó que el índice de proteína digerible de sus hojas en los intestinos (PDI) es superior al de varios suplementos proteínicos convencionales, como las tortas de coco y las semillas de algodón, maní, sésamo y girasol (Makkar y Becker, 1996).

Los altos niveles de proteína cruda y de PDI hacen de las hojas de moringa un buen suplemento proteínico para el ganado vacuno de alta productividad. Por su parte, las hojas extraídas con etanol son aun mejores ingredientes para piensos; pues, además de su alto contenido de proteínas, no contienen taninos, lectinas, inhibidores de tripsina ni factores de flatulencia, y sus niveles de saponinas y fitatos son bajos (Makkar y Becker, 1996). En Nicaragua se han obtenido buenos resultados con la utilización de mezclas de hojas de *M. oleifera* con melazas y paja de caña de azúcar (Radovich, 2011). También se han reportado pruebas del uso de hojas de esta planta en la piscicultura y en la lombricultura (Cova, García, Castro y Medina, 2007).

La torta desgrasada de moringa, por su alto contenido de proteínas, es una materia prima

de interés para la alimentación animal. En una investigación reciente se compararon seis plantas oleaginosas no tradicionales que crecen en Cuba, y *M. oleifera* resultó la de mayor contenido de proteína (68,6 % del peso seco) en la torta de prensado (Martín *et al.*, 2010). La evaluación de dicha torta como aditivo en la dieta de ganado ovino ha sido objeto de estudios recientes. En una investigación con 24 corderos, que fueron alimentados con heno *ad libitum* y cantidades controladas de harina de soya y torta de *M. oleifera* durante 45 días, se demostró que la adición de la torta resultó en una mejor fermentación ruminal y en una ganancia de peso directamente proporcional a la dosis suministrada (Ben Salema y Makkar, 2009). Adicionar esta torta, la cual tiene un mayor contenido de proteína cruda y menor contenido de fibra neutra que la harina de soya, no afectó la ingesta de heno ni su digestibilidad ni el balance de nitrógeno. Por otra parte, se demostró que las proteínas presentes en las tortas tienen efecto antibiótico (Makkar, Francis y Becker, 2007), y que las desgrasadas totalmente no contienen la mayoría de los metabolitos secundarios de las plantas, tales como: taninos, saponinas, alcaloides e inhibidores de tripsina y de amilasas (Makkar y Becker, 1997).

### ***M. oleifera* en la alimentación humana**

Prácticamente todas las partes de la planta tienen uso alimenticio. Las frutas, las hojas, las flores, las raíces y el aceite son altamente apreciados por su valor nutritivo y se utilizan para la elaboración de diferentes platos en la India, Indonesia, Filipinas, Malasia, el Caribe y en varios países africanos (Foidl *et al.*, 2001; Ghazali y Mohammed, 2011). Las hojas tiernas cocinadas se emplean en la preparación de ensaladas, sopas y salsas; también pueden ser consumidas crudas, como otras verduras. Las flores cocinadas tienen un sabor que recuerda al de algunas setas comestibles. Las vainas tiernas son muy apreciadas en la India; se preparan del mismo modo que las habichuelas y su sabor es parecido al de los espárragos. Al madurar, las vainas se tornan algo leñosas y pierden cualidades como alimentos. No obstante, las semillas pueden ser separadas de la vaina madura y utilizadas como alimento. Las semillas maduras se pueden preparar de manera similar a los guisantes; y también consumirse fritas, tostadas (como el maní), en infusiones y en salsas (Ramachandran *et al.*, 1980). En Malasia, las vainas verdes se utilizan

como ingredientes de variedades locales de curry. A partir de las raíces se preparan salsas que, por su sabor, recuerdan al rábano picante; por ello la moringa en algunos sitios se conoce como el árbol del rábano.

Las hojas de esta especie presentan un elevado contenido de vitaminas, provitaminas y minerales (Palada y Chang, 2003). Además, se ha demostrado que contienen todos los aminoácidos esenciales para la vida, incluyendo algunos como la arginina y la histidina, que se encuentran generalmente en proteínas de origen animal y que son muy importantes para el desarrollo de los infantes. Por esta razón, en la última década la FAO promovió un programa para el uso de moringa dirigido a la población infantil con altos índices de desnutrición y a las madres gestantes y lactantes (Fuglie, 2001). No obstante, debe señalarse que algunas fuentes en Internet reportan números exagerados para comparar esta planta con diferentes frutas y vegetales en cuanto al contenido de nutrientes.

El aceite de moringa es rico en ácido oleico y en tocoferoles (Anwar, Ashraf y Bhangar, 2005). Excepto por su menor contenido de ácido linoleico, dicho aceite presenta composición química y propiedades físicas que lo asemejan al de oliva. Se utiliza en el aderezo de ensaladas en Haití y otras islas del Caribe (Foidl *et al.*, 2001), sin que se hayan reportado casos de efectos adversos, alergias o toxicidad (Ghazali y Mohammed, 2011).

También puede ser empleado en el mejoramiento de la estabilidad oxidativa de otros aceites. Durante la conservación, cocción y fritura de los aceites vegetales tradicionales ocurre el deterioro de sus cualidades nutritivas debido a reacciones colaterales de degradación del ácido linoleico (Warner y Knowlton, 1997). El ácido oleico, el cual es más resistente a la oxidación que el linoleico, está contenido en grandes cantidades en el aceite de *M. oleifera* (Martín *et al.*, 2010); por eso, la adición de este a otros aceites permite obtener mezclas con propiedades mejoradas para el uso culinario sin que se afecten las propiedades nutricionales.

### **Usos medicinales de *M. oleifera***

En muchos países tropicales es difícil diferenciar entre usos alimenticios y medicinales de *M. oleifera*, ya que esta es utilizada tanto por sus cualidades nutricionales como por sus atributos médicos, los cuales son reconocidos desde hace milenios.

En la India, la medicina ayurvédica contemplaba el uso de esta planta para prevenir, mitigar o curar “más de 300 enfermedades”. Se dice que las hojas, frutos, raíces y semillas son útiles para combatir: anemia, ansiedad, asma, ataques de parálisis, bronquitis, catarro, cólera, congestión del pecho, conjuntivitis, deficiencia de esperma, déficit de leche en madres lactantes, diabetes, diarrea, disfunción eréctil, dolor en las articulaciones, dolores de cabeza, dolor de garganta, escorbuto, esguince, espinillas, falta de deseo sexual femenino, fiebre, gonorrea, hinchazón glandular, hipertensión arterial, histeria, impurezas en la sangre, infecciones cutáneas, llagas, malaria, otitis, parasitismo intestinal, picaduras venenosas, problemas de la vejiga y la próstata, soriasis, trastornos respiratorios, tos, tuberculosis, tumores abdominales, úlceras, etc. (Fuglie, 2001). Sus usos terapéuticos son practicados en varios países como Bangladesh, Egipto, Filipinas, Guatemala, India, Malasia, Myanmar, Nicaragua, Puerto Rico, Senegal, Sri Lanka, Tailandia y Venezuela, entre otros.

A pesar del profundo arraigo del uso de la moringa en multitud de remedios y tratamientos médicos en diferentes naciones, no todo está documentado en la literatura científica. El estudio de la química y la farmacología asociadas a sus atributos médicos es reciente y aun está en desarrollo. Y aunque muchos de sus beneficios terapéuticos han sido comprobados mediante rigurosas investigaciones *in vitro* e *in vivo* en modernos laboratorios, otros están pendientes de ser avalados por pruebas clínicas. A pesar de que en la red de redes se divulga la información sobre sus propiedades curativas, con frecuencia esta se basa en fundamentos empíricos sin hacer referencia a la literatura especializada. Además, una buena parte de la información procede de compañías que producen y/o distribuyen suplementos nutricionales y otros preparados de esta planta, por lo que su valor es más bien publicitario. A continuación se discuten algunas de sus propiedades curativas que sí están confirmadas en la literatura científica.

### **Justificación fitoquímica de los efectos terapéuticos**

Recientemente se ha demostrado la presencia, en *M. oleifera*, de importantes fitoquímicos responsables de sus propiedades curativas. En uno de los primeros estudios exhaustivos sobre la composición química de esta especie se reveló

que es rica en varias sustancias muy peculiares, como glucosinolatos, isotiocianatos, flavonoides, antocianinas, proantocianidinas y cinamatos (Benett *et al.*, 2003); también se incluyó la distribución de fitoquímicos en las distintas partes del árbol.

Varios de los compuestos identificados pueden considerarse nutraceuticos, ya que son útiles tanto en la nutrición como en la salud humana. Por ejemplo, el 4-(4'-O-acetil- $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo, el 4-( $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo, el isotiocianato de bencilo y el 4-( $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi)-glucosinolato de bencilo presentan actividad anticancerígena, hipotensiva y antibacteriana (Fahey, 2005). El alto contenido de vitaminas, minerales y otros fitoquímicos como vainillina, ácidos grasos omega, carotenoides, ascorbatos, tocoferoles,  $\beta$ -sitosterol, ácido octacosanoico, moringina, moringinina y fitoestrógenos también es un factor importante en los efectos terapéuticos de *M. oleifera* (Fuglie, 2001; Fahey, 2005; Singh *et al.*, 2009).

### **Actividad antimicrobiana**

El uso de *M. oleifera* para el control de diversas infecciones provocadas por microorganismos es bien conocido, y en años recientes se han generado resultados científicos que confirman su actividad antimicrobiana. Estudios *in vitro* han comprobado la actividad de diferentes partes de la planta sobre los microorganismos patógenos. La inhibición del crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* por extractos acuosos de las hojas fue demostrada por científicos guatemaltecos (Cáceres *et al.*, 1991). Por otra parte, Chuang *et al.* (2007) demostraron la actividad antifúngica de aceites esenciales de las hojas y de extractos alcohólicos de las semillas y las hojas contra dermatofitos como *Trichophyton rubrum* y *Trichophyton mentagrophytes*. Además, se logró identificar 44 componentes de los aceites esenciales de las hojas que pueden ser utilizados en el desarrollo futuro de fármacos para el tratamiento de enfermedades cutáneas típicas de las áreas tropicales.

Estudios bacteriológicos demostraron la actividad antimicrobiana de los extractos de semillas de moringa, los cuales floculan bacterias Gram positivas y Gram negativas del mismo modo que lo hacen con los coloides del agua. Su acción bacteriostática consiste en la disrupción de la membrana

celular por inhibición de enzimas esenciales (Suárez, Entenza y Doerries, 2003). El principal ingrediente responsable de dicha actividad es el 4-(4'-O-acetil- $\alpha$ -L-ranopiranosiloxi)-isotiocionato de bencilo, el cual tiene acción bactericida sobre varias especies patógenas, incluyendo aislados de *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Legionella* resistentes a antibióticos. La potencia de los isotiocianatos como antibióticos también quedó demostrada en un estudio con *Helicobacter pylori*, que es el causante de úlceras gástricas y duodenales (Fahey, 2005).

En una investigación muy reciente realizada en Kenya se demostró la actividad antimicrobiana de extractos de semillas de *M. oleifera* sobre las bacterias *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae* y *Escherichia coli*, causantes de la fiebre tifoidea, el cólera y la gastroenteritis, respectivamente (Walter, Peter y Joseph, 2011). Los autores de la presente reseña consideran que ese resultado puede tener un gran impacto, ya que se trata de agentes antimicrobianos naturales que constituyen un método barato y sostenible para el control de enfermedades y para mejorar la calidad de vida en comunidades pobres. Debe tenerse en cuenta que en muchas regiones rurales de los países subdesarrollados, debido al alto costo del cloro y otros desinfectantes, no se les practica ningún tratamiento a las aguas, lo que genera enfermedades provocadas por los microorganismos contaminantes.

### Prevención del cáncer

La actividad antitumoral de remedios preparados a partir de las hojas, flores y raíces de *M. oleifera* es reconocida en la medicina popular (Murakami *et al.*, 1998). Muchos de los efectos anticancerígenos han sido confirmados científicamente durante los últimos lustros. Recientemente se reveló que los extractos hidroalcohólicos de frutos de moringa, debido a sus efectos positivos sobre el citocromo hepático, pueden ser usados para la prevención de la carcinogénesis química. A esa conclusión se llegó luego de un riguroso estudio sobre la génesis de papilomas de la piel inducida por 7,12-dimetilbenzantraceno en ratas albinas (Bharali, Tabassum y Azad, 2003).

Los efectos de los extractos de esta planta en la prevención del cáncer se deben a la presencia de fitoquímicos que modulan la actividad de las enzimas, lo que facilita la destoxicación y garantiza la actividad antitumoral. Por ejemplo, se ha

comprobado la acción inhibidora del 4-(4'-O-acetil- $\alpha$ -L-ranopiranosiloxi)-isotiocionato de bencilo y de la niacimicina sobre los ésteres forbólicos responsables de la activación temprana de antígenos en células linfoblastoides (Guevara, Vargas y Sakurai, 1999). Además, isotiocianatos aislados de las hojas inhiben la activación del virus de Epstein-Barr, en lo que el grupo isotiociano parece ser el factor estructural decisivo (Murakami *et al.*, 1998).

### Actividad antioxidante

La acumulación de radicales libres está asociada a la patogénesis de muchas enfermedades humanas. Los antioxidantes son sustancias capaces de retardar o prevenir la formación de radicales libres, y su uso en farmacología es estudiado de forma intensiva, particularmente como tratamiento para accidentes cerebrovasculares y enfermedades neurodegenerativas, así como en la prevención del cáncer y la cardiopatía isquémica. Las plantas contienen compuestos antioxidantes –como los carotenoides, tocoferoles, ascorbatos y fenoles– que pueden atenuar el daño oxidativo; ya sea de manera indirecta, al activar las defensas celulares, o directa, al eliminar los radicales libres (Ogbunugafor *et al.*, 2011).

Las diferentes partes de *M. oleifera* contienen más de 40 compuestos con actividad antioxidante. Entre los compuestos con este potencial, ya sea por actividad de captación de radicales libres o por capacidad de formación de quelatos de iones metálicos identificados en las semillas de moringa, se encuentran compuestos fenólicos como el kaempferol y los ácidos gálico y eláxico (Singh *et al.*, 2009).

Estudios *in vitro* demostraron que los extractos de hojas, frutos y semillas de moringa, debido a sus propiedades antioxidantes, protegen las células vivas del daño oxidativo del ADN asociado con el envejecimiento, el cáncer y las enfermedades degenerativas (Singh *et al.*, 2009); también se indicó que dichos extractos inhiben la peroxidación lipídica y el *quorum sensing* bacteriano, y se propuso a *M. oleifera* como un candidato ideal para las industrias farmacéutica, nutracéutica y de alimentos funcionales. En otro estudio se reveló que la fracción extraída con acetato de etilo, la cual es rica en ácidos fenólicos y flavonoides, presenta el mayor poder antioxidante entre las fracciones extraídas con distintos disolventes (Verma, Vijayakumar, Mathela y Rao, 2009).

La actividad antioxidante de las hojas de moringa varía en dependencia de las condiciones agroclimáticas y estacionales (Iqbal y Bhanger, 2006). Las muestras de regiones frías de Pakistán presentaron mayor actividad antioxidante que las de regiones templadas de ese país, mientras que las colectadas en diciembre mostraron mayor actividad que las tomadas en junio.

Los extractos de semillas de *M. oleifera* pueden ser usados en terapias antioxidantes para disminuir la genotoxicidad del arsénico y otros metales pesados, cuyos mecanismos de acción carcinogénica están relacionados con especies reactivas de oxígeno. La acción antidota de las semillas de esta planta se demostró en experimentos con ratas de laboratorio previamente expuestas a arsénico (Gupta, Dubey, Kannan y Flora, 2007). Se comprobó que el polvo de tales semillas reduce la concentración de arsénico y protege contra las alteraciones hematológicas y el estrés oxidativo inducidos por ese metal, en lo que desempeñan un papel significativo varios fitoquímicos con poder antioxidante y quelatante. Los coagulantes naturales de la semilla de moringa, su alto contenido de aminoácidos como metionina y cisteína, y de antioxidantes como las vitaminas C y E, y  $\beta$ -caroteno son los responsables de la remediación del estrés oxidativo inducido por el arsénico (Flora y Pachauri, 2011).

#### Actividad antiinflamatoria

Debido a su alto contenido de fenoles, vitaminas, ácidos grasos omega 3, aminoácidos, glutatión, esteroides e isocianatos, los extractos de las raíces y de las semillas de *M. oleifera* contribuyen directa o indirectamente a la protección contra enfermedades inflamatorias (Ezeamuzle, Ambadederomo, Shode y Ekwebelem, 1996). Se ha comprobado el efecto protector de los extractos de semillas contra diferentes condiciones patológicas inflamatorias, incluyendo el alivio de inflamaciones bronquiales como el asma (Mehta y Agrawal, 2008).

Experimentos *in vivo* demostraron que extractos acuosos (Ndiaye *et al.*, 2002) y metanólicos (Ezeamuzie *et al.*, 1996) de raíces de moringa reducen notablemente el edema inducido por carragenina. Esa misma actividad antiinflamatoria fue observada en las fracciones solubles en agua (Cáceres *et al.*, 1991) y en etanol (Guevara, Vargas y Uy, 1996) de las semillas. En el caso del extracto acuoso de raíces, el grado de

reducción es similar al logrado con indometacina, una conocida droga antiinflamatoria de mucha potencia (Ndiaye *et al.*, 2002).

De *M. oleifera* se han aislado 36 compuestos que presentan actividad antiinflamatoria, entre ellos alcaloides, glucosinolatos e isocianatos (Ezeamuzie *et al.*, 1996; Mahajan y Mehta, 2008). Los alcaloides tienen una actividad parecida a la de la efedrina y pueden ser de utilidad en la terapia del asma, mientras que la moringina presenta actividad de relajación de los bronquiolos (Kirtikar y Basu, 1975). Los extractos de las semillas suprimen varios mediadores inflamatorios involucrados en la artritis crónica (Mahajan y Mehta, 2008). Los flavonoides de moringa incrementan la densidad ósea, lo que permite prevenir la osteoporosis (Nijveldt *et al.*, 2001).

#### Actividad hipoglucemiante y antihipertensiva

En la medicina tradicional india, *M. oleifera* es usada para el tratamiento de la diabetes y la hipertensión arterial. El anecdotario popular en naciones africanas también reporta varios casos de cura milagrosa de diabetes e hipertensión usando remedios preparados a partir de esta planta. La incipiente investigación científica al respecto ya ha obtenido evidencias convincentes de muchos de esos casos, aunque la confirmación de otros requiere mayores pesquisajes. En años recientes, en diferentes países se han realizado investigaciones encaminadas a evaluar el potencial hipoglucemiante, antidiabético e hipotensivo de la moringa usando ensayos bioclínicos, farmacológicos y bioquímicos. En la India se investigaron 30 plantas medicinales, a las que los sistemas de medicina Ayurveda, Unani y Siddha les atribuían actividad hipoglucemiante (Kar, Choudhary y Bandyopadhyay, 2003); el estudio confirmó que 24 de ellas provocaban una disminución en la concentración de glucosa en la sangre de ratas albinas, y una de las especies con mayor efecto hipoglucemiante resultó ser *M. oleifera*.

Las hojas de moringa presentan actividad hipoglucemiante e hipotensiva, entre otras varias actividades biológicas (Murakami *et al.*, 1998; Iqbal y Bhanger, 2006). Se han obtenido evidencias sobre su potencial para aliviar disfunciones del sistema endocrino, como trastornos de la tiroides (Tahiliani y Kar, 2000) y de la secreción de insulina (Jaiswal *et al.*, 2009).

Varios fitoquímicos contenidos en las hojas y los frutos de *M. oleifera* han revelado su potencial

para el control de la diabetes y de la hipertensión arterial. Francis, Jayaprakasam, Olson, y Nair (2004) lograron aislar y purificar a partir de frutos de esta planta ocho compuestos biológicamente activos, de los cuales un tiocarbamato, dos carbamatos y un fenilglucósido estimularon la secreción de insulina en células pancreáticas  $\beta$  de ratas (Francis *et al.*, 2004). Por otra parte, en un estudio realizado por científicos pakistaníes se demostró que la responsabilidad por la actividad antihipertensiva de la moringa recae en glucósidos de tiocarbamato y de isotiocianato, así como en el  $\beta$ -sitosterol y el p-hidroxibenzoato de metilo (Faizi *et al.*, 1998). Ese resultado coincide con un reporte previo que reveló la actividad antihipertensiva de los glucósidos de tiocarbamato aislados de *M. oleifera* (Jansakul, Wun-Noi, Croft y Byrne, 1997).

El alto contenido de vitaminas en la moringa es esencial en su uso para la terapia de la diabetes. La vitamina D es fundamental para el funcionamiento correcto del páncreas y la secreción de insulina. La presencia de  $\beta$ -caroteno reduce el riesgo de ceguera en diabéticos. La vitamina B-12 es útil en el tratamiento de la neuropatía diabética y la vitamina C previene la acumulación de sorbitol y la glicosilación de las proteínas, dos factores muy importantes en el desarrollo de complicaciones diabéticas como las cataratas.

### Efectos adversos

El amplio consumo humano de *M. oleifera* como parte de la dieta y de remedios terapéuticos durante siglos, sin que se reporten casos de alergias y toxicidad, podría parecer un aval suficiente de su inocuidad. Sin embargo, el conocimiento acumulado no bastaría si no estuviese respaldado por evidencias científicas.

Pruebas orales de toxicidad crónica y aguda en ratas de laboratorio demostraron que la semilla de moringa no ejerce ningún efecto tóxico, y más bien provoca un incremento de peso (Jahn, 1988). Sí se ha detectado toxicidad sobre protozoos y bacterias, la cual es de utilidad terapéutica y no representa ninguna desventaja (Ndabigengesere *et al.*, 1995). Afortunadamente, la mayoría de las pruebas confirman los elevados márgenes de seguridad de los extractos de semillas y otras partes de la planta, por lo que se puede afirmar que la no toxicidad de sus semillas está científicamente confirmada.

### *M. oleifera* en el tratamiento de aguas

El uso de *M. oleifera* en el tratamiento de aguas con el fin de purificarlas es una práctica antigua. En algunas fuentes de literatura popular se dice que este uso está recogido en el siguiente pasaje del Antiguo Testamento: "...no pudieron beber las aguas de Mara, porque eran amargas (...) Moisés clamó a Jehová, y Jehová le mostró un árbol; y lo echó en las aguas, y las aguas se endulzaron (Éxodo 15:22-27). Independientemente de los atributos de la moringa y del valor teológico del mencionado pasaje bíblico, los argumentos para relacionarlos carecen de fundamento científico. Del mismo modo que no existen evidencias que demuestren que: "el árbol de la vida, que produce doce cosechas al año (...) sus hojas son para la salud de las naciones..." (Apocalipsis 22:2-3) sea otra mención a la moringa en las Sagradas Escrituras. Lo que sí es cierto es que sus semillas han sido utilizadas desde hace siglos en distintas regiones de Asia y África como un coagulante natural para la clarificación de aguas turbias (Jahn, 1988; Foidl *et al.*, 2001).

### Purificación de agua potable

La efectividad de las semillas de *M. oleifera* para la remoción de materias en suspensión contenidas en aguas turbias ha sido convincentemente demostrada (Jahn, 1988; Muyibi y Evison, 1995; Ndabigengesere *et al.*, 1995). Además, se ha comprobado que la moringa no solo tiene propiedades coagulantes, sino también acción bactericida (Folkard y Sutherland, 1996), lo que avala su uso en la potabilización de agua. En una investigación realizada con aguas turbias del Nilo, en dos horas de tratamiento se logró hasta un 99,5 % de reducción de la turbidez y la eliminación de hasta el 99,99 % de las bacterias (Madsen, Schlundt y El Fadil, 1987).

Asimismo, se ha indicado que la acción coagulante es realizada por determinadas proteínas floculantes que han sido extraídas de las semillas de *M. oleifera* y caracterizadas por diferentes autores (Bhuptawat, Folkard y Chaudhari, 2007; Santos *et al.*, 2009). Se trata de proteínas catiónicas divalentes con una masa molar de 13 kDa y puntos isoeléctricos entre 10 y 11 (Ndabigengesere *et al.*, 1995). El mecanismo de coagulación está vinculado a la adsorción y neutralización de las cargas coloidales.

En opinión de los autores, el uso de las semillas de moringa para la purificación de agua es una opción económicamente atractiva para los países subdesarrollados, teniendo en cuenta el alto costo de muchos coagulantes químicos. Además, algunos de ellos –como el sulfato de aluminio (alumbre)– pueden tener efectos adversos en la salud humana (Mendoza, Fernández, Ettiene y Díaz, 2000). La aplicación de la semilla al tratamiento de aguas genera menores volúmenes de lodo, en comparación con el alumbre (Ndabigengesere *et al.*, 1995).

La dosis de extractos de semilla requerida es similar a la de alumbre que normalmente se utiliza, pero si el tratamiento se realiza con proteínas purificadas y no con el extracto total, el efecto coagulante es mucho mayor. Teniendo en cuenta además que la moringa es biodegradable, no es tóxica, no afecta el pH ni la conductividad del agua, y el lodo producido por la coagulación es inocuo y poco voluminoso, puede considerarse un sustituto viable del alumbre. Aunque la no toxicidad de las semillas está confirmada, Santos *et al.* (2009) sugieren tratar térmicamente el agua purificada para desnaturalizar la proteína lectina, que es un reconocido factor antinutricional.

Además de las investigaciones a nivel de laboratorio también se han realizado pruebas exitosas a escala piloto e industrial (Folkard, Sutherland y Grant, 1992). Sin embargo, no ha sido posible generalizar la aplicación debido a la fuerte competencia de los coagulantes comerciales. Por otra parte, el estricto control sanitario existente en muchos países restringe el uso de nuevos productos en el agua potable. Por eso, un primer paso en la generalización de los resultados podría ser la aplicación de extractos de semilla de *M. oleifera* en el tratamiento de aguas residuales (Bhuptawat *et al.*, 2007).

### Tratamiento de aguas residuales

Existen experiencias sobre la aplicación de *M. oleifera* en el tratamiento de aguas residuales procedentes de diferentes fuentes. Su uso se ha reportado en el tratamiento de albañales (Bhuptawat *et al.*, 2007) y de efluentes industriales (Ndabigengesere y Narasiah, 1998; Bhatia, Othman y Ahmad, 2007; Krishna Prasad, 2009; Morales, Méndez y Tamayo, 2009).

La evaluación a escala de laboratorio de un extracto acuoso de semillas de moringa en el tratamiento de aguas albañales resultó en una disminución de la demanda química de oxígeno

(DQO) superior al 50 %. La combinación de dosis de 100 mg/L de extracto con 10 mg/L de alumbre aumentó la remoción de la DQO a 64 %. La sencillez del procedimiento y el bajo costo del extracto avalan el tratamiento para su aplicación a mayores escalas (Bhuptawat *et al.*, 2007).

En el tratamiento de efluentes de matadero con polvo de semillas de *M. oleifera* se logró una reducción de la absorbancia de 25 % para agua residual de fosa, con menor cantidad de materia orgánica suspendida, y un 82 % de reducción para agua residual de laguna, con mayor cantidad de sólidos suspendidos (Morales *et al.*, 2009). La extracción de las proteínas de las semillas con soluciones salinas y su posterior uso en vinazas de destilería resultó en una remoción de 53-64 % del color inicial (Krishna Prasad, 2009). El uso de torta desgrasada de moringa en plantas de extracción de aceite de palma permitió eliminar el 95 % de los sólidos en suspensión y disminuir la DQO en un 52,2 %. En combinación con un coagulante comercial, la remoción de sólidos superó el 99 % (Bhatia *et al.*, 2007).

*M. oleifera* también puede ser útil en el control de vectores en aguas estancadas. Recientemente se demostró que los extractos de semillas evitan la adaptación de las larvas de *Aedes aegypti* a los medios de control utilizados en la lucha antivectorial. La actividad larvicida se atribuye a la lectina hidrosoluble contenida en los extractos, la cual promueve el retardo en el crecimiento de las larvas y su mortalidad (Coelho *et al.*, 2009).

### Ablandamiento de aguas duras

La dureza del agua, que consiste en un alto contenido de sales, afecta la capacidad del jabón como agente de limpieza y provoca incrustaciones en las tuberías y en el equipamiento, lo que crea inconvenientes tanto a nivel industrial como doméstico. El proceso de remoción de los iones metálicos del agua se conoce como ablandamiento y puede ser realizado por diferentes métodos, como precipitación química, intercambio iónico y nanofiltración, entre otros. La semilla de *M. oleifera* tiene la capacidad de eliminar iones de calcio, magnesio y otros cationes divalentes (Muyibi y Evison, 1995). Esa propiedad se descubrió accidentalmente en un estudio de clarificación que reveló una reducción del 60-70 % de la dureza del agua después de coagulación y dos horas de sedimentación (Sani, 1990). Posteriormente, Muyibi y Evison (1995), en un estudio con cuatro fuentes distintas de aguas

duras, demostraron que el mecanismo de eliminación de las durezas es por adsorción de los iones solubles y su posterior precipitación, y que la eficiencia de la remoción es directamente proporcional a la dosis de moringa e independiente del pH del agua.

### Adsorción de metales pesados

Durante la última década, el uso de biosorbentes ha ganado aceptación para la adsorción de metales pesados, cuya toxicidad hacia el organismo humano es ampliamente reconocida. La creciente popularidad de los biosorbentes se debe a que las tecnologías usadas actualmente para la remoción de metales tóxicos no son efectivas ni económicas (Reddy *et al.*, 2011). Ellos pueden ser preparados a partir de residuos agrícolas y agroindustriales, los cuales presentan una alta capacidad adsorptiva debido a la presencia de grupos funcionales polares que forman complejos de coordinación con los iones metálicos en disolución. Además de su bajo costo, los biosorbentes presentan otras ventajas como su alta eficiencia, poca generación de lodos, alto nivel de regeneración y la posibilidad de recuperar el metal.

Recientemente se descubrió que tanto las semillas como la corteza de moringa pueden ser utilizadas para la adsorción de metales pesados como el cadmio, el plomo y el níquel (Reddy *et al.*, 2011). Teniendo en cuenta los altos costos de las principales técnicas utilizadas para la remoción de metales tóxicos, los autores del presente trabajo consideran que el descubrimiento de la capacidad adsorptiva de esta especie tiene gran importancia para los países subdesarrollados. Adicionalmente, la corteza de *M. oleifera* permite un alto grado de recuperación de los metales adsorbidos, llegando a la desorción del 98 % del níquel adsorbido de soluciones acuosas (Reddy *et al.*, 2011).

La efectividad del polvo de corteza de moringa para ser utilizado como biosorbente en varios ciclos de adsorción/desorción fue confirmada en un estudio cinético de la adsorción y una rigurosa caracterización físico-química, utilizando microscopía electrónica, espectroscopía infrarroja, difusión de rayos X y análisis elemental. También se demostró la efectividad del material para la remoción de plomo, aun en presencia de otros cationes metálicos, como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  (Reddy *et al.*, 2011).

### Usos no comestibles del aceite de *M. oleifera*

#### *Usos tradicionales*

El aceite representa entre el 22 y el 40 % del peso de las semillas de *M. oleifera* (Abdulkarim *et al.*, 2005) y contiene alrededor de un 70 % de ácido oleico (Martín *et al.*, 2010). Además de los usos comestibles discutidos anteriormente, su aceite –conocido comúnmente como “aceite de ben”– recibe diversos usos no comestibles, muchos de los cuales se remontan a las civilizaciones clásicas de la Antigüedad y están relacionados con sus particulares propiedades físicas y químicas.

Este aceite tiene la propiedad de absorber y retener fragancias florales, lo que lo hace muy apropiado para la industria de perfumería y la de cosméticos. En el Antiguo Egipto el aceite de moringa se usaba en la preparación de perfumes, cremas de belleza, ungüentos sagrados, protectores de la piel contra infecciones, repelente contra insectos, humectante y acondicionador de la piel y el cabello (Deon, 2006). Las civilizaciones griega, etrusca y romana también lo usaron con los mismos fines (Forbes, 1955). En la industria cosmética moderna, se utiliza en la fabricación de jabones y perfumes (Ghazali y Mohammed, 2011), como humectante y para el cuidado del cabello (Kleiman, Ashley y Brown, 2008). Durante mucho tiempo fue muy bien valorado como lubricante de relojería y maquinaria de precisión (Ramachandran *et al.*, 1980), y también se ha reportado su uso en la iluminación debido a que arde sin humo.

#### *Producción de biodiesel*

*M. oleifera*, por ser una planta de crecimiento rápido, resistente a la sequía y con un alto rendimiento de aceite, es una excelente opción para la producción sostenible de biodiesel en países con tierras áridas. En un estudio de las plantas oleaginosas con potencial para producir biodiesel en África, esta especie –con un rendimiento anual de tres toneladas de aceite por hectárea– resultó la segunda más prometedora, por encima de *Jatropha curcas* y superada solo por *Croton megalocarpus* (Kibazohi y Sangwan, 2011).

Investigaciones recientes han demostrado el potencial del aceite de moringa para la producción de biodiesel (Rashid *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2010). Las propiedades de productos de la transesterificación de dicho aceite, tales como:

densidad, viscosidad cinemática, lubricidad, estabilidad oxidativa, índice de cetano y punto de enturbiamiento, cumplen con los estándares internacionales para su uso como combustible. Recientemente se reportó la optimización de las condiciones de transesterificación alcalina del aceite de *M. oleifera* para la producción de biodiesel (Rashid *et al.*, 2011).

### Utilización de las cascarillas de las semillas y las vainas secas de *M. oleifera*

Si se industrializara la extracción del aceite de *M. oleifera* y el aprovechamiento de la torta de prensado, se generarían grandes cantidades de residuos sólidos formados por las cascarillas de la semilla y las vainas secas del fruto. Una posible aplicación de las cascarillas es en la producción de carbón activado. En investigaciones sobre la carbonización, seguida de su activación al vapor, se obtuvieron carbones con una estructura microporosa altamente desarrollada y una elevada área específica (Pollard, Thompson y McConnachie, 1995). También se ha evaluado la pirólisis al vapor en una sola etapa, lo que hace que los carbones posean una mayor capacidad adsorptiva que aquellos producidos por el método convencional de carbonización-activación en dos etapas (Warhurst, McConnachie y Pollard, 1997). En ambos casos, los carbones mostraron un comportamiento comparable al de los carbones activados comerciales, y su producción representaría ahorro de recursos en la importación. Otro posible uso de las cascarillas es en la producción de resinas de intercambio aniónico (Orlando *et al.*, 2003).

Tanto las cascarillas como las vainas secas del fruto de moringa son objeto de estudio por parte de los autores del presente trabajo. Se ha observado que su contenido de polisacáridos es relativamente alto y los glucanos representan el 28 % en las cascarillas (Martín *et al.*, 2010) y el 32 % en las vainas (Martín y Puls, inédito). El alto contenido de glucanos, comparable con el de otros biorrecursos lignocelulósicos (Martín, López, Plasencia y Hernández, 2006), incentiva el interés hacia estos materiales como posibles sustratos para la producción de etanol o de otros productos de la bioconversión de la glucosa. Para ello es necesario hidrolizar los polisacáridos para obtener azúcares fermentables. En experimentos preliminares se demostró que los glucanos presentes en las vainas (Hernández *et al.*, 2010) se hidrolizan con mayor facilidad que los de las cascarillas (Martín *et al.*,

2008), lo que se puede atribuir al mayor contenido de lignina en estas últimas. Si se tiene en cuenta, además, que la vaina representa el 64 % del peso del fruto, se resalta el considerable potencial de ese material para la producción de etanol.

### CONSIDERACIONES FINALES

El análisis crítico de la bibliografía disponible sobre la utilización de *M. oleifera* revela que, aunque todavía quedan puntos por aclarar, una parte considerable de los beneficios que se le atribuyen están confirmados científicamente. Según los autores del presente artículo, esta especie es un biorrecurso de mucho interés para su explotación en Cuba, por lo cual proponen las siguientes estrategias:

- A corto plazo: el empleo de las hojas y los frutos tiernos en la alimentación humana y animal, y en la extracción de sus principios activos para posibles usos médico-farmacéuticos.
- A largo plazo: la utilización de los frutos secos en la producción de aceite para posibles usos alimenticios y no alimenticios. Esta variante generaría tortas de prensado, vainas y cascarillas.
- De las tortas podrían extraerse proteínas para la purificación del agua y principios activos para usos médico-farmacéuticos. El resto de la torta podría dirigirse a la alimentación animal.
- Las vainas resultan de interés para la producción de etanol, aunque se requiere más investigación.
- Las cascarillas podrían emplearse en la producción de carbón activado.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al apoyo financiero de la Fundación Alexander von Humboldt (Bonn, Alemania), la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) (Berna, Suiza), la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS) (Estocolmo, Suiza), la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (OPCW) (La Haya, Países Bajos) y la Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) (Matanzas, Cuba).

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulkarim, S.M. *et al.* 2005. Some physico-chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. *Food Chem.* 93:253.
- Anwar, F.; Ashraf, M. & Bhanger, M.I. 2005. Interprovenance variation in the composition of

- Moringa oleifera* oilseeds from Pakistan. *J. Am. Oil Chemists Soc.* 82:45.
- Ben Salema, H. & Makkar, H.P.S. 2009. Defatted *Moringa oleifera* seed meal as a feed additive for sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 150:27.
- Bharali, R.; Tabassum, J. & Azad, M.R.H. 2003. Chemomodulatory effect of *Moringa oleifera* Lam, on hepatic carcinogen metabolizing enzymes, antioxidant parameters and skin papillomagenesis in mice. *Asian Pacific J. Cancer Prev.* 4:131.
- Bhatia, S.; Othman, Z. & Ahmad, A.L. 2007. Pretreatment of palm oil mill effluent using *M. oleifera* seeds as natural coagulant. *J. Hazardous Mat.* 145:120.
- Bhuptawat, H.; Folkard, G.K. & Chaudhari, S. 2007. Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating *M. oleifera* seed coagulant. *J. Hazardous Mat.* 142:477.
- Cáceres, A. *et al.* 1991. Pharmacological properties of *M. oleifera*. 1: Preliminary screening for antimicrobial activity. *J. Ethnopharmacology*. 33:213.
- Chuang, P.H. *et al.* 2007. Anti-fungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa oleifera* Lam. *Bioresource Technology*. 98:232.
- Coelho, J.S. *et al.* 2009. Effect of *M. oleifera* lectin on development and mortality of *A. aegypti* larvae. *Chemosphere*. 77:934.
- Cova, L.J.; García, D.E.; Castro, A.R. & Medina, María G. 2007. Efecto perjudicial de *Moringa oleifera* (Lam.) combinada con otros desechos agrícolas como sustratos para la lombriz roja (*Eisenia* spp.). *Interciencia*. 32:769.
- Deon, M.G. 2006. Historia de la cosmética natural. *Revista Crecimiento Interior*. 94:2.
- Ezeamuzle, I.C.; Ambadederomo; A.W.; Shode, F.O. & Ekwebelem, S.C. 1996. Anti-inflammatory effects of *M. oleifera* root extract. *Int. J. Pharmacognosy*. 34:207.
- Fahey, J 2005. *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. *J. Trees for Life*. 1:5.
- Faizi, S. *et al.* 1998. Hypotensive constituents from pods of *Moringa oleifera*. *Planta Medica*. 3:957.
- Flora, S.J.S. & Pachauri, V. 2011. *Moringa (Moringa oleifera)* seed extract and the prevention of oxidative stress. In: Nuts & seeds in health and disease prevention. Elsevier Inc. Amsterdam, The Netherlands. p. 776.
- Foidl, N.; Makkar, H.P.S. & Becker, K. 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In: The miracle tree: The multiple attributes of Moringa. (Ed. J. Lowell Fuglie). CTA Publication. Wageningen, The Netherlands. p. 45.
- Folkard, G.K. & Sutherland, J.P. 1996. *Moringa oleifera*-a tree and a litany of potential. *Agroforestry Today*. 8:5.
- Folkard, G.K.; Sutherland, J.P. & Grant, W.D. 1992. Natural coagulants at pilot scale. In: Water, environment and management. Proceedings of the 18<sup>th</sup> WEDC Conference. (Ed. J. Pickford). Loughborough University Press. Kathmandu, Nepal. p. 51.
- Forbes, R.J. 1955. Cosmetics and perfumes in antiquity. Studies in ancient technology. Vol. III. E.J. Brill Publishing. Leiden, The Netherlands. 86 p.
- Francis, J.A.; Jayaprakasam, B.; Olson, L.K. & Nair, M. 2004. Insulin secretagogues from *Moringa oleifera* with cyclooxygenase enzyme and lipid peroxidation inhibiting activities. *Helvetica Chimica Acta*. 87:317.
- Fuglie, L.J. 2001. Combating malnutrition with Moringa. In: The miracle tree: the multiple attributes of Moringa. (Ed. L.J. Fuglie). CTA Publication. Wageningen, The Netherlands. p. 117.
- Ghazali, H.M. & Mohammed, A.S. 2011. *Moringa (Moringa oleifera)* seed oil: composition, nutritional aspects, and health attributes. In: Nuts & Seeds in Health and Disease Prevention. (Eds. V.R. Preedy, R. Ross and V.B. Patel). Elsevier Inc. Amsterdam, The Netherlands. p. 787.
- Guevara, A.P.; Vargas, C. & Sakurai, H. 1999. An antitumor promoter from *Moringa oleifera* Lam. *Mutat. Res.* 440:181.
- Guevara, A.P.; Vargas, C. & Uy, M. 1996. Anti-inflammatory and antitumor activities of seed extracts of malunggay, *M. oleifera* L. (*Moringaceae*). *Philippine J. Sc.* 125:175.
- Gupta, R.; Dubey, D.K.; Kannan, G.M. & Flora, S.J.S. 2007. Concomitant administration of *Moringa oleifera* seed powder in the remediation of arsenic-induced oxidative stress in mouse. *Cell Biology International*. 31:44.
- Hernández, E. *et al.* 2010. Dilute-acid pretreatment and enzymatic saccharification of *Moringa oleifera* pods for ethanol production. Proceedings of the 11<sup>th</sup> European Workshop on Lignocellulosics and Pulp. (Ed. J.H. von Thünen) Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries. Hamburg, Germany. p. 169.
- Iqbal, S. & Bhangar, M.I. 2006. Effect of season and production location on antioxidant activity of *M. oleifera* leaves grown in Pakistan. *J. Food Comp. Analysis*. 19:544.
- Jahn, S.A.A. 1988. Using Moringa seeds as coagulants in developing countries. *J. Am. Water Works Assoc.* 80:43.
- Jaiswal, D. *et al.* 2009. Effect of *Moringa oleifera* Lam. leaves aqueous extract

- therapy on hyperglycemic rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 123:392.
- Jansakul, C.; Wun-Noi, A.; Croft, K. & Byrne, L. 1997. Pharmacological studies of thiocarbamate glycosides isolated from *Moringa oleifera*. *J. Sci. Soc. Thailand*. 23:335.
- Kar, A.; Choudhary, B.K. & Bandyopadhyay, N.G. 2003. Comparative evaluation of hypoglycaemic activity of some Indian medicinal plants in alloxan diabetic rats. *J. Ethnopharmacol.* 84:105.
- Kibazohi, O. & Sangwan, R.S. 2011. Vegetable oil production potential from *Jatropha curcas*, *Croton megalocarpus*, *Aleurites moluccana*, *Moringa oleifera* and *Pachira glabra*: Assessment of renewable energy resources for bio-energy production in Africa. *Biomass and Bioenergy*. 35:1352.
- Kirtikar, K.R. & Basu, B.D. 1975. *Moringa oleifera*. In: Indian medicinal plants. Vol. 1. (Eds. D. Dun, B. Singh and M.P. Singh). Bishen Singh Mahendrapal Singh Publishers. Dehra Dun, India. p. 676.
- Kleiman, K.; Ashley, D.A. & Brown, J.H. 2008. Comparison of two seed oils used in cosmetics, moringa and marula. *Ind. Crops Prod.* 28:361.
- Krishna Prasad, R. 2009. Color removal from distillery spent wash through coagulation using *Moringa oleifera* seeds: Use of optimum response surface methodology. *J. Hazardous Mat.* 165:804.
- Madsen, M.; Schlundt, J. & El Fadil E.O. 1987. Effect of water coagulated by seeds of *Moringa oleifera* on bacterial concentrations. *J. Trop. Med. Hygiene*. 90:101.
- Mahajan, S.G. & Mehta, A.A. 2008. Effect of *M. oleifera* Lam. seed extract on ovalbumin-induced airway inflammation in guinea pigs. *Inhalation Toxicology*. 20:897.
- Makkar, H.P.S. & Becker, K. 1996. Nutritional value and whole and ethanol antinutritional components of extracted *Moringa oleifera* leaves. *Animal Feed Science and Technology*. 63:211.
- Makkar, H.P.S. & Becker, K. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *J. Agric. Sci. Cambridge*. 128:311.
- Makkar, H.P.S.; Francis, G. & Becker, K. 2007. Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential application in livestock and aquaculture production systems. *Animal*. 1:1371.
- Martín, C.; López, Y.; Plasencia, Y. & Hernández, E. 2006. Characterisation of agricultural and agro-industrial residues as raw materials for ethanol production. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 20:443.
- Martín, C. & Puls, J. 2011. Chemical characterisation of husks and fruit residues of *J. curcas* and *M. oleifera* (inédito).
- Martín, C. et al. 2008. Evaluation of residues of biodiesel production from neem and moringa as feedstocks for bioethanol production. *Bioenergy: Challenges and Opportunities*. International Conference and Exhibition on Bioenergy. Universidade do Minho. Guimarães, Portugal.
- Martín, C. et al. 2010. Fractional characterisation of jatropha, neem, moringa, trisperma, castor and candlenut seeds as potential feedstocks for biodiesel production in Cuba. *Biomass and Bioenergy*. 34:533.
- Mehta, A. & Agrawal, B. 2008. Investigation into the mechanism of action of *Moringa oleifera* for its anti-asthmatic activity. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*. 8:24.
- Mendoza, I.; Fernández, N.; Ettiene, G. & Díaz, A. 2000. Uso de la *Moringa oleifera* como coagulante en la potabilización de las aguas. *Ciencia*. 8:235.
- Morales, F.D.; Méndez, R. & Tamayo, M. 2009. Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de *Moringa oleifera* Lam como coagulante. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10:523.
- Murakami, A. et al. 1998. Niaziminin, a thiocarbamate from the leaves of *Moringa oleifera*, holds a strict structural requirement for inhibition of tumor-promoter-induced Epstein-Barr virus activation. *Planta Medica*. 64:319.
- Muyibi, S.A. & Evison, L.M. 1995. *Moringa oleifera* seeds for softening hard water. *Water Res.* 29:1099.
- Ndabigengesere, A.; Narasiah, K.S. & Talbot, B.G. 1995. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Res.* 29:703.
- Ndiaye, M. et al. 2002. Contribution a l'étude de l'activité anti-inflammatoire de *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Dakar Med.* 47:210.
- Nijveldt, R.J. et al. 2001. Flavonoids: a review of probable mechanism of action and potential applications. *Am. J. Clinical Nutrition*. 74:418.
- Ogbunugafor, H.A. et al. 2011. Physico-chemical and antioxidant properties of *Moringa oleifera* seed oil. *Pakistan Journal of Nutrition*. 10:409.
- Orlando, U.S. et al. 2003. Chemical properties of anion-exchangers prepared from waste natural materials. *Reactive & Functional Polymers*. 55:311.
- Palada, M.C. & Chang, L.C. 2003. Suggested cultural practices for moringa. AVRDC International Cooperators' Guide. AVRDC Pub. 03-545. Shanhuah, Taiwan.
- Pérez, A.; Sánchez, Tania; Armengol, Nayda & Reyes, F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*. 33:1.

- Pollard, S.J.T.; Thompson, F.E. & McConnachie, G.L. 1995. Microporous carbons from *M. oleifera* husks for water purification in less developed countries. *Wat. Res.* 29:337.
- Radovich, T. 2011. Farm and forestry production and marketing profile for Moringa (*Moringa oleifera*). In: Specialty crops for Pacific island agroforestry. (Ed. C.R. Elevitch). Permanent Agriculture Resources (PAR). Holualoa, Hawaii.
- Ramachandran, D.; Peter, K.V. & Gopalakrishnan, P.K. 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. *Economic Botany.* 34:276.
- Rashid, U. *et al.* 2011. Application of response surface methodology for optimizing transesterification of Moringa oleifera oil: Biodiesel production. *Energy Conversion and Management.* 52:3034.
- Reddy, D.H.K.; Ramana, D.K.V.; Seshaiyah, K. & Reddy, A.V.R. 2011. Biosorption of Ni(II) from aqueous phase by *M. oleifera* bark, a low cost biosorbent. *Desalination.* 268:150.
- Rashid, U.; Anwar, F.; Moser, B.R. & Knothe, G. 2008. *Moringa oleifera* oil: a possible source of biodiesel. *Biores. Technol.* 99:8175.
- Sani, M.A. 1990. The use of Zogale seeds for water treatment. B Eng. Final year project report. Bayero University. Kano, Nigeria.
- Santos, A.F.S *et al.* . 2009. Isolation of a seed coagulant *M. oleifera* lectin. *Process. Biochem.* 44:504.
- Singh, B.N. *et al.* 2009. Oxidative DNA damage protective activity, antioxidant and anti-quorum sensing potentials of *Moringa oleifera*. *Food Chem. Toxicol.* 47:1109.
- Suárez, M.; Entenza, J.M. & Doerries, C. 2003. Expression of a plant-derived peptide harboring water-cleaning and antimicrobial activities. *Biotechnol. Bioeng.* 81:13.
- Tahiliani, P. & Kar, A. 2000. Role of *Moringa oleifera* leaf extract in the regulation of thyroid hormone status in adult male and female rats. *Pharmacological Research.* 41:319.
- Verma, A.R.; Vijayakumar, M.; Mathela, C.S. & Rao, C.V. 2009. In vitro and in vivo antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leaves. *Food Chem. Toxicol.* 47:2196.
- Walter, A.; Samuel, W.; Peter, A. & Joseph, O. 2011. Antibacterial activity of *Moringa oleifera* and *Moringa stenopetala* methanol and n-hexane seed extracts on bacteria implicated in water borne diseases. *African J. Microbiol. Res.* 5:153.
- Warhurst, A.M.; McConnachie, G.L. & Pollard, S.J.T. 1997. Characterisation and applications of activated carbon produced from *Moringa oleifera* seed husks by single-step steam pyrolysis. *Wat. Res.* 31:759.
- Warner, K. & Knowlton, S. 1997. Frying quality and oxidative stability of high-oleic corn oils. *J. Am. Oil Chemists Soc.* 74:1317.

Recibido el 15 de agosto del 2011

Aceptado el 12 de octubre del 2012