



# Ecología, etnobotánica y etnofarmacología del argán (*Argania spinosa*)

[Ecology, ethnobotany and ethnopharmacology of Argan tree (*Argania spinosa*)]

José Antonio LÓPEZ SÁEZ<sup>1</sup> y Francisca ALBA SÁNCHEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>G.I. Arqueobiología, Instituto de Historia, CCHS, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Calle Albasanz 26-28, 28037 Madrid, España.

<sup>2</sup>Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus de Fuente Nueva, Avda. Severo Ochoa s/n, 18001 Granada, España.

## Abstract

*Argania spinosa* is an endemic woody species distributed in south-western Morocco where it has played a key role, from an ethnobotanical point of view, in the local economy of Berber people. The argan oil is extracted using traditional methods from its fruits with a very interesting ethnographic technique. In this paper a bibliographical review was done regarding the ecology, ethnobotany and ethnopharmacology of Argan tree, as well as metabolites involved in their properties.

**Keywords:** *Argania spinosa*; Argan oil; Ecology; Ethnobotany; Ethnopharmacology; Morocco.

## Resumen

*Argania spinosa* es una especie leñosa endémica del suroeste de Marruecos que ha jugado un papel fundamental, desde un punto de vista etnobotánico, en la economía local de los pueblos bereberes. El aceite de argán se extrae de manera artesanal de los frutos de esta planta siguiendo un modelo etnográfico de gran interés. En el presente trabajo se sintetizan, mediante una profunda revisión bibliográfica, los conocimientos referidos a la ecología, etnobotánica y etnofarmacología del argán y se detallan los metabolitos implicados en sus propiedades.

**Palabras Clave:** *Argania spinosa*; Aceite de argán; Ecología; Etnobotánica; Etnofarmacología; Marruecos.

**Recibido | Received:** July 5, 2009.

**Aceptado en Versión Corregida | Accepted in Corrected Version:** September 9, 2009.

**Publicado en Línea | Published Online:** September 30, 2009

**Declaración de intereses | Competing Interests:** Los autores no tienen ningún conflicto de interés declarado.

**Financiación | Funding:** HAR2008-06477-C03-03/HIST y HAR2008-09120/HIST (Plan Nacional de I + D + i, España), y ERC-230561 (European Commission)

**Citación | Citation:** José Antonio López Sáez, Francisca Alba Sánchez. 2009. Ecología, etnobotánica y etnofarmacología del argán (*Argania spinosa*). Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat (1): 323 – 341. {EPub September 30, 2009}.

\*Contactos | Contacts: [joseantonio.lopez@cchs.csic.es](mailto:joseantonio.lopez@cchs.csic.es)



## INTRODUCCIÓN

*Argania spinosa* (L.) Skeels, familia Sapotaceae (sinon. *Argania sideroxylon* Roem. & Schult., *Elearandron argan* Retz., *Sideroxylon spinosum* L.), es un árbol espinoso y perenne de pequeña talla (5-7 m); hojas fasciculadas o solitarias (2-5 cm x 0,5 cm), alternas, enteras, glabras, oblongas a lanceoladas; flores verdosas a blanquecinas en glomérulos axilares o sésiles, hermafroditas, protoginas, de tipo 5, cinco sépalos pilosos, gamopétalas de corola glabra con el tubo más corto que los lóbulos, cinco estambres soldados a la corola provistos de estaminodios, ovario peloso con placentación basi-ventral y estilo exerto; el fruto es una baya carnosa (1,5-3 x 1,5-2 cm) con alto grado de variabilidad morfológica, verde-amarillenta, oval a subglobosa, que consta de 1-3 semillas con endosperma carnoso y abundante, soldadas a tegumentos esclerificados en forma de falsa drupa; el pericarpo del fruto consta de tres capas: exocarpo (piel), mesocarpo (pulpa exterior carnosa provista de canales laticíferos), y endocarpo (nuez ovada y dura que encierra la albúmina carnosa o endospermo con aceite) (Castroviejo, 1997; Nerd et al., 1998; Bani-Aameur et al., 1999; Bani-Aameur, 2000, 2002, 2004; Bani-Aameur y Ferradous, 2001) (Fig. 1).

Conocida con nombres vernáculos como arga, argán, argania o erguén, es una especie con una extraordinaria tradición etnobotánica entre los pueblos bereberes del suroeste de Marruecos (Morton y Voss, 1987; Boukhobza y Pichon, 1988; Bellakhdar, 1997; Charrouf y Guillaume, 1999; Ahansal et al., 2008), ya que a partir de sus semillas “nueces de argán” se elabora un aceite con múltiples aplicaciones culinarias y cosméticas, al que incluso se le atribuyen ciertas propiedades afrodisíacas (Maurin, 1992).

Tiene un papel fundamental en la cadena alimenticia bereber (Al-Menaie et al., 2008), y sus formaciones constituyen un sistema agroforestal único, un paisaje cultural, un símbolo étnico y socioeconómico de gran valor (Bencheekroun y Buttoud, 1989; De Ponteves et al., 1990).

Etimológicamente, la palabra “argán” procede del vocablo bereber *arjân*, derivado de *rajnah*, que significa ‘estar encerrado’, por su carácter endémico del suroeste marroquí (Khallouki et al., 2005). Su primer nombre genérico *Sideroxylon* (“madera hierro”) hace mención a la dureza de su madera, apreciada en ebanistería y marquetería.

**Figura 1.** Detalle de las flores y frutos del argán.



El área de distribución del argán en Marruecos constituye actualmente una “Reserva de la Biosfera” de la UNESCO, en la cual están implicadas diversas ONGs con el objetivo no sólo de conservar sus poblaciones, mediante programas de reforestación, sino también contribuir al desarrollo de las comunidades bereberes locales y evitar el avance del desierto (Charrouf et al., 2002).

Se conocen algunas síntesis sobre la biogeografía y fitoquímica de esta especie (Nouaim et al., 1991; Charrouf y Guillaume, 1999, 2002a, 2002b; Msanda et al., 2005), pero ninguna específica que aúne ambos aspectos y muchos otros dentro de la extensa bibliografía disponible. Bajo esta perspectiva, este trabajo postula una revisión bibliográfica sobre la importancia ecológica y etnobotánica del argán en Marruecos en aras de su conservación y gestión, dentro de diversos proyectos de investigación etnográficos y paleoecológicos en desarrollo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En la elaboración de este trabajo se ha efectuado una exhaustiva revisión bibliográfica sobre la ecología, etnofarmacología y fitoquímica de *Argania spinosa*.

Para ello, se han consultado las siguientes bases de datos bibliográficas internacionales: Current Contents, Chemical Abstracts, REDALYC, Dialnet, Index Copernicus International, Scopus, MEDLINE, Science Direct, CAP International, LATINDEX, Biological Abstracts, Open Science Directory y Web of Science.

## RESULTADOS

### Ecología y filogenia

Endémica del suroeste de Marruecos (Ayad, 1989; Msanda et al., 2005), monoespecífica del género *Argania* y único representante de la familia tropical Sapotaceae en el norte de África (Pennington, 1991). Se trata de una reliquia del Terciario que se desarrolla bajo un clima árido y muy térmico de la región Mediterránea Occidental, con requerimientos ecológicos muy diferentes del resto de especies que componen el género *Sideroxylon* (Emberger, 1939) desde el que fue transferida.

Quézel y Barbero (1993) han hipotetizado que la expansión del argán se produjo en el área durante el Mioceno-Plioceno. De hecho, en Cerdeña (Italia) se han documentado macrorrestos fósiles del Mioceno inferior atribuidos a *Arganioxylon sardum*, taxón muy similar al argán (Biondi, 1981). Esta evidencia puede ser el elemento que demuestra el origen pre-Cuaternario de *Argania spinosa* y su antigua distribución fuera de la zona tropical.

Estudios citogenéticos apoyan esta hipótesis, demostrando que el número cromosómico en el argán es de  $x = 10$ , el más bajo determinado hasta ahora en Sapotaceae y que es consistente con su especializada ecología (Majourhat et al., 2007b, 2008); mientras que en otros géneros de la tribu Sideroxyloae, a la que pertenece, es de  $x = 11$ , y en el resto de Sapotaceae es  $x = 12$  ó  $13$  ó  $14$  (Johnson, 1991).

Como en el caso de la dispoloidía descendente que se da en *Argania spinosa* (reducción meroaneuploide), la disminución en el número de cromosomas parentales puede producirse en plantas adaptadas a ambientes más rigurosos que las especies ancestrales y éste puede ser el caso del argán (Majourhat et al., 2007b).

Desde un punto de vista filogenético, el gran problema en Sapotaceae (orden Ericales) es la enorme variabilidad morfológica existente en sus especies, de las mayores entre las familias de Angiospermas, lo que da lugar a que las relaciones intergenéricas no estén bien entendidas (Anderberg et al., 2002).

Sapotaceae incluye tradicionalmente cinco tribus, 53 géneros y unas 1250 especies, cuya mayor diversidad se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales de Asia y Sudamérica (Pennington, 1991; Govaerts et al., 2001). Las cinco tribus propuestas por Pennington (1991) -Chrysophylleae, Isonandreae, Mimosopeae, Omphalocarpeae y

Sideroxyloae- se basan en caracteres morfológicos que exhiben resultados muy contradictorios; lo cual llevó al autor a circunscribir ciertos géneros en un sentido amplio. Éste es el caso de *Sideroxylon*, que agrupa 76 especies difíciles de ser consideradas como un solo género por carecer de aparentes sinapomorfías (Swenson y Anderberg, 2005).

Diversas hipótesis filogenéticas, basadas en la secuenciación del cpADN del gen *ndhF* del plástido, han sido formuladas (Anderberg y Swenson, 2003), aunque éstas tienen el problema de no considerar los caracteres morfológicos en la diagnosis de géneros y tribus. Cuando ambos datos se han tenido en cuenta (Swenson y Anderberg, 2005), su análisis no apoya la circunscripción tribal de Pennington (1991) excepto precisamente para Sideroxyloae, tribu que incluye los géneros *Sideroxylon*, el africano *Argania* y el pacífico *Nesoluma*, siempre y cuando estos dos últimos se consideren parte del primero.

El género *Argania* se caracteriza por sus semillas fusionadas, pero ésta es una autapomorfía que no merece su reconocimiento como género monotípico (Anderberg y Swenson, 2003). En resumen, el análisis conjunto de caracteres morfológicos y moleculares implica que la clasificación supragenérica en Sapotaceae debe ser revisada; particularmente en Sideroxyloae, donde *Sideroxylon* necesita un estudio filogenético profundo para determinar si un concepto genérico más estrecho puede ser aplicable e incluir *Argania* y *Nesoluma* (Swenson y Anderberg, 2005).

El hábitat del argán se encuentra en las zonas subsaharianas de Marruecos, donde es capaz de vivir 150-250 años (Ehrig, 1974). Está perfectamente adaptada a climas xéricos (precipitaciones 100-400 mm) y elevadas temperaturas (ca. 50°C). Se distribuye por cinco provincias marroquíes en ecosistemas áridos y semiáridos de influencia atlántica entre los 29° y 32° de latitud norte (Travis et al., 2002; Msanda et al., 2005), siendo las más importantes Agadir, Essaouira, Taroudant y Tiznit (Charrouf y Guillaume, 2007). Subespontánea aparece en el Sahara, entre Djbel Ouarkiz y la Hamada de Tindouf (Argelia), en microhábitats húmedos donde encuentra las compensaciones hídricas necesarias (Baumer y Zeraña, 1999), así como en ciertos puntos del Levante español en Alicante (Rivera y Ruiz, 1987; Crespo et al., 2007).

Su área de distribución es esencialmente el suroeste de Marruecos, extendiéndose desde la región de Essaouira (desembocadura del Oued Tensift),

como localidad más septentrional al borde del Océano Atlántico, hasta la del Oued Poum en su límite sur. Hacia el interior, las poblaciones más extensas se encuentran en el Oued Souss en la vertiente meridional del Alto Atlas, y las septentrionales y meridionales del Anti Atlas alcanzando los 1300-1500 m (Msanda, 1993; Msanda et al., 2005) (Fig. 2), donde crece en variados hábitats y densidades en los pisos infra y termomediterráneo inferior árido a semiárido con fuerte influencia oceánica (Emberger, 1925, 1939; El-Aboudi et al., 1992; Quézel et al., 1995; Msanda et al., 2005). En algunos puertos de montaña, como Tizi n'Test, puede superar los 2000 m. Estas poblaciones ocupan un área de 820 mil ha, lo que representa el 7% de la cubierta forestal de todo el país.

Colonias aisladas se encuentran en el noreste de Marruecos (35°N, 3°W) a 400 y 700 km de la masa principal: en Oujda en la vertiente norte de los Montes de Béni-Snassen cerca de la costa mediterránea (800 ha), en la llanura de Bou-Areg (Kariet Akermane) en el Rif oriental, y en los valles altos de Oued Grou cerca de Rabat (50 ha) (Emberger, 1924, 1925; Maire, 1939; El-Aboudi et al., 1992; Travis et al., 2002; Reda Tazi et al., 2003; Msanda et al., 2005).

Estas poblaciones aisladas de la masa principal han sido consideradas relictas de una distribución mucho más amplia del argán en el pasado (Boudy, 1950; Tregubov, 1963; Benabid, 1985). Sin embargo, un estudio sobre el polimorfismo de cpADN en la especie cuestiona esta hipótesis, dado que ninguna de estas poblaciones tiene un haplotipo único, por lo que posiblemente responden a una dispersión reciente por el hombre (El Mousadik y Petit, 1996b). En ellas se produce una reducción de la riqueza alélica, siendo enormemente divergentes, lo que claramente indicaría que el flujo genético entre ellas es nulo o muy bajo (Petit et al., 1998).

El comportamiento ecofisiológico del argán relativo al agua es aún poco conocido, a pesar de existir algunas publicaciones al respecto (Peltier et al., 1990, 1992). Manifiestamente, *Argania spinosa* dispone de mecanismos que limitan o ralentizan la pérdida de hojas: alcanzar los niveles más profundos del suelo durante la estación seca, existencia de reservorios de agua en tronco y ramas, y cierre diurno de estomas.

Además, el argán ha desarrollado la capacidad de capturar la humedad atmosférica proveniente de la corriente de las Canarias, de utilizarla e incorporarla

al suelo en las condiciones más favorables para albergar así una reserva hídrica alternativa y regular. El bosque de argán es considerado un subtipo más seco de los bosques nublosos de zonas costeras o insulares de regiones tropicales o subtropicales (Msanda et al., 2005).

Finalmente, señalar que el argán no tiene ninguna exigencia concreta respecto a la naturaleza físico-química del sustrato, siendo capaz de vivir en suelos muy variados: regosoles, litosoles, vertisoles, calcicoles, ferrasoles, etc. (El-Aboudi et al., 1992; Msanda, 1993).

### Ecofisiología y ensayos de propagación

Diversos ensayos de multiplicación vegetativa convencional han sido probados para acelerar la producción en masa de árboles seleccionados así como para conservar la especie. Muchos de éstos han demostrado su ineficacia debido a la dificultad innata de enraizamiento en el argán (Mokhtari y Zakri, 1998), o la heterogeneidad de sus semillas derivada de una reproducción fundamentalmente alógama (Msanda, 1993).

La propagación del argán es complicada, ya sea por semillas o esquejes, pues implica ciertas particularidades fisiológicas relacionadas con la inhibición tegumentaria (Nouaim, 1991; Berka y Harfouche, 2001; Nouaim et al., 2002; Miloudi y Belkhodja, 2009). Tanto la germinación como las primeras etapas de desarrollo seminal son periodos críticos en el establecimiento de esta especie, y los escasos ensayos de producción de semillas en vivero son muy heterogéneos en su éxito pues la capacidad de emergencia apenas excede el 18% (Alouani y Bani-Aameur, 1999, 2004). Los frutos del argán aparecen a los 9-16 meses (Bani-Aameur, 2000, 2002). Este largo periodo de maduración tras la antesis se considera también un obstáculo severo para una producción frutífera organizada (Nerd et al., 1998), aunque sea una característica adaptativa propia de ambientes mediterráneos (Msanda et al., 2005).

La germinación del argán requiere temperaturas nocturnas superiores a 21°C (Zahidi y Bani-Aameur, 1997). Un mes de almacenamiento en frío, escarificación de la semilla, remojo previo en agua a diversas temperaturas, medio de cultivo a base de turba y humus, aplicación de fungicidas, control del pH, y pretratamiento con ácido giberélico o nitrato potásico parecen reducir la dormancia e incrementar la tasa de germinación por encima del 90%,

dependiendo del genotipo materno (Bani-Aameur y Alouani, 1999; Nouaim et al., 2002; Alouani y Bani-Aameur, 2004; Al-Menaie et al., 2007, 2008; Miloudi y Belkhodja, 2009).

Estos tratamientos son efectivos induciendo la actividad metabólica requerida en el embrión para iniciar el proceso de germinación. No obstante, se ha demostrado que la viabilidad y la dormancia de las semillas son factores limitantes en la propagación del argán (Alouani y Bani-Aameur, 2004; Al-Menaie et al., 2007), ya que las características físicas de las semillas desafían cualquier método de tratamiento seminal y técnica, siendo un 30% de dormancia la norma más que la excepción (Al-Menaie et al., 2008).

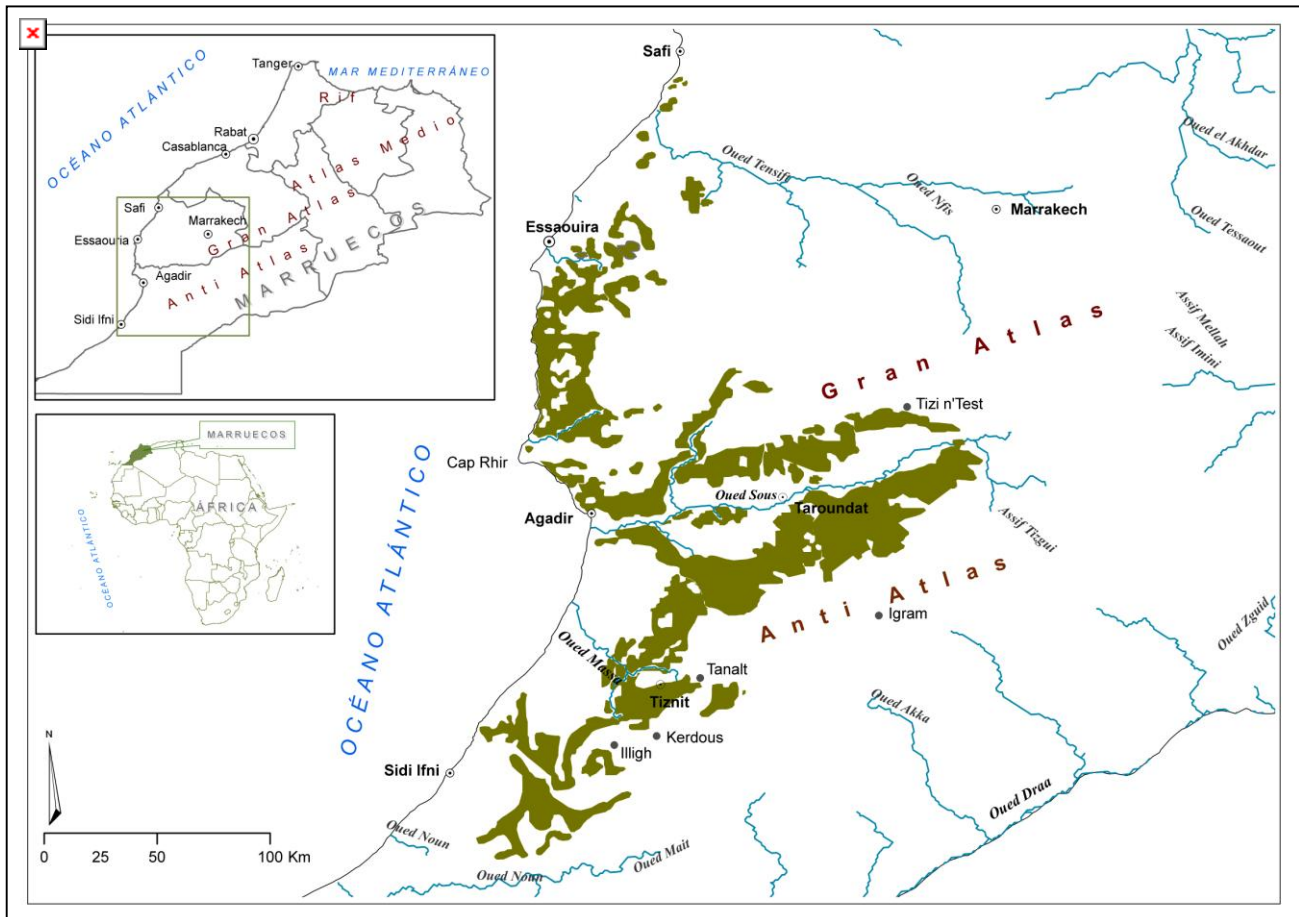
En este sentido, técnicas de cultivo en condiciones *in vitro* parecen ser las que albergan mayor potencial en la micropropagación de la especie, minimizando la influencia del medioambiente y facilitando el

enraizamiento (Bousselmame et al., 2001; Nouaim et al., 2002; Majourhat et al., 2007a).

### Etnobotánica del aceite de argán

Tradicionalmente, el argán ha sido utilizado para elaborar un aceite, extraído de las semillas, extensivamente empleado con fines alimenticios por las poblaciones bereberes del suroeste de Marruecos, aunque éste también se recomienda con fines medicinales y cosméticos (Morton y Voss, 1987; Boukhobza y Pichon, 1988; Maurin, 1992; Bellakhdar, 1997; Charrouf y Guillaume, 1999, 2008). La alta calidad de dicho aceite hace que éste suponga una contribución muy significativa en ácidos grasos a la dieta bereber, especialmente en el valle del Souss (El Mousadik y Petit, 1996a). Cerca de 4 mil toneladas de aceite de argán son producidas anualmente en Marruecos (Marfil *et al.*, 2008).

**Figura 2.** Distribución de la masa principal de *Argania spinosa* en Marruecos (modificada de Msanda et al., 2005).





El aceite de argán es elaborado exclusivamente por las mujeres de la comunidad mediante un proceso artesanal de gran valor etnográfico (Morton y Voss, 1987; Charrouf y Guillaume, 1999, 2002a, 2008). Los frutos son recolectados entre mayo y agosto y secados al sol durante varios días. Luego, utilizando piedras, extraen la pulpa de la dura cáscara de las semillas de argán, conocidas como “nuez de argán”.

La pulpa es comestible para el ganado doméstico, al cual le aporta un alto contenido proteico; mientras que las cáscaras secas pueden utilizarse como combustible. Las nueces peladas del argán son posteriormente machacadas con las mismas piedras y se tuestan levemente en ollas de barro hasta que adquieren un color marrón. Toda vez secas se procede a su molienda, obteniéndose una masa aceitosa a la que se incorporan regularmente cantidades de agua hasta obtener una pasta o torta suave que se amasa constantemente para ir separando el aceite, que es finalmente embotellado. Si el aceite de argán se prepara correctamente, sobre todo si el agua añadida es de alta calidad, puede conservarse durante varios meses; en caso contrario, incluso si se añade sal para su preservación, su consumo ha de ser rápido. Se calcula que para obtener un litro de aceite se necesitan unos 34 kg de frutos secos.

Las propiedades organolépticas de este aceite son muy apreciadas por su sabor a avellana. Las comunidades bereberes lo toman en tostadas durante el desayuno, lo usan para cocinar o en ensaladas (Charrouf y Guillaume, 1999). Mezclado con almendras y miel también se consume en forma de una pasta altamente energética llamada *amlou*.

Su elevado contenido en ácidos grasos insaturados y su rica fragancia y aroma le dotan de un gran valor dietético y culinario (Farines et al., 1984a; Morton y Voss, 1987; Prendergast y Walker, 1992). De hecho, el aceite de argán puede ser un sustituto ideal de los aceites de oliva o algodón en frituras con un alto contenido en grasas por su estabilidad incluso a altas temperaturas (Yagmur et al., 2001). La pasta prensada, de la que se extrae el aceite, puede ser reciclada como alimento para el ganado, ya que su composición a base de glúcidos, proteínas y saponinas aporta un alto valor energético en su dieta (Rojas et al., 2005).

Sus propiedades bactericidas y fungicidas permiten que el aceite de argán sea utilizado como cosmético, tradicionalmente en forma de loción en tratamientos dermatológicos. Especialmente indicado para tratar todo tipo de pápulas, particularmente

secreciones sebáceas y pústulas de la varicela; proporciona una hidratación intensa regenerando pieles deshidratadas y previniendo la aparición de arrugas; ayuda a proteger la piel frente a la radiación solar y aumenta la resistencia del cabello y uñas (Boukhobza y Pichon, 1988; Charrouf y Guillaume, 1999; Moukal, 2004).

Otras aplicaciones etnomedicinales del aceite de argán incluyen su uso tópico en reumatología para tratar problemas de las articulaciones; u oral como colerético, hepatoprotectivo, contra la hipercolesterolemia y la arteriosclerosis, y en obstetricia para prevenir abortos (Bellakhdar, 1997; Charrouf y Guillaume, 1999; Charrouf, 2002; Moukal, 2004). La crema *amlou* se considera un potente afrodisíaco.

El método de extracción del aceite de argán es complejo en sí mismo, y tiene influencia en su composición físico-química, valor nutricional y propiedades organolépticas (Hilali et al., 2005).

Además del método tradicional antes expuesto (presión manual), actualmente también se extrae aceite virgen de argán por medios semi-industriales mediante presión mecánica en frío (Charrouf et al., 1997; Charrouf y Guillaume, 1999, 2008). Marfil et al. (2008) han demostrado que este último método incrementa la calidad del aceite frente al tradicional, preservando su composición química, su aroma y su valor nutricional, reduciendo la presencia de metales tóxicos (Cu, Fe, Cr, Mn) que incentivan la oxidación lipídica, especialmente de los ácidos grasos insaturados.

De acuerdo a Hilali et al. (2005), el aceite de argán de mayor calidad es aquél que se obtiene de semillas frescas, por lo que las regulaciones normativas también deberían incluir el tiempo y condiciones de almacenamiento de éstas. El aceite de argán también puede extraerse con solventes volátiles lipofílicos, pero sus propiedades organolépticas no son satisfactorias (Charrouf, 1984). Para preparados cosméticos, un aceite de argán enriquecido puede obtenerse mediante destilación a baja presión y 270°C del procedente de presión, siendo la fracción insaponificable tres veces más alta que en el extraído por presión (Charrouf y Guillaume, 1999).

### Composición del aceite de argán

Los triglicéridos constituyen hasta el 99% del aceite de argán, entre los cuales dominan los ácidos grasos insaturados (80-90%) frente a los saturados. Entre los primeros, los más abundantes son los ácidos

oleico (*ca.* 42-55%) y linoleico (*ca.* 30-38%) con trazas de gadoleico, gondoico, linolénico y palmitoleico; mientras que entre los segundos son el palmítico (*ca.* 12-16%) y el esteárico (*ca.* 4-6%) y trazas de mirístico, behénico y araquídico (Huyghebaert y Hendricks, 1974; Charrouf, 1984; Farines et al., 1984a; Maurin, 1992; Maurin et al., 1992; Chimi et al., 1994; Nerd et al., 1994; Yagmur et al., 1999, 2001; Charrouf y Guillaume, 2002a, 2008; Khallouki et al., 2003; Rahmani, 2005; Hilali et al., 2005). El alto grado de insaturación contribuye a su elevada calidad desde un punto de vista nutricional (Huyghebaert y Hendricks, 1974; Nerd et al., 1994).

Los triglicéridos más abundantes incluyen tres residuos de ácido oleico (O,O,O; 12.8%); dos de oleico y uno de linoleico (O,O,L; 19.5%); dos linoleicos y un oleico (O,L,L; 13.6%); uno de palmítico, oleico y linoleico (P,O,L; 13.6%); o, finalmente, uno de palmítico y dos oleicos (P,O,O; 11.5%) (Charrouf, 1984; Farines et al., 1984a; Maurin, 1992; Maurin et al., 1992; Rahmani, 2005). El linoleico se distribuye simétricamente en las posiciones 1 y 3, aunque su esterificación en la 2 es más alta que en las externas 1 y 3 como ocurre en otros aceites vegetales. El ácido oleico se distribuye en las tres posiciones con preferencia en la interna 2, luego en 1 y en 3. La distribución del ácido esteárico es asimétrica con preferencia por la 3, como el araquídico, mientras que el palmítico esterifica preferentemente en 1 (Maurin et al., 1992).

Las variaciones observadas en la composición de ácidos grasos en el aceite de argán se atribuyen a diversos factores: genotipo y condiciones ambientales (Huyghebaert y Hendricks, 1974; Nerd et al., 1994). Se ha documentado que la tasa de ácido palmítico y linoleico aumenta con la altitud, mientras que la de oleico lo hace con la pluviosidad (Maurin et al., 1992; Rahmani, 2005).

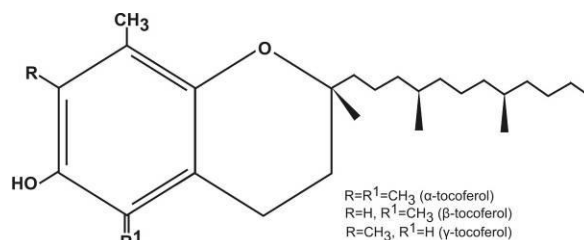
La fracción insaponificable constituye *ca.* 0.8% del aceite (Morton y Voss, 1987; Maurin, 1992). Contiene carotenoides y xantofilas (42%), tocoferoles (8%), esteroides (29%), alcoholes triterpénicos (20%), polifenoles (1%), trazas de metales y derivados de la actividad lipolítica como mono- y diglicéridos y ácidos grasos libres (Farines et al., 1984a; Yagmur et al., 1999; Charrouf y Guillaume, 2002a, 2002b; Khallouki et al., 2005; Rojas et al., 2005).

La coloración rojiza del aceite se debe a la presencia de carotenoides, tetraterpenos altamente insaturados representados básicamente por las

xantofilas (Rahmani, 2005). El aceite es pobre en provitamina A y su contenido en *trans*- $\beta$ -caroteno es insignificante, aunque ninguno de ellos pudo ser aislado (Collier y Lemaire, 1974).

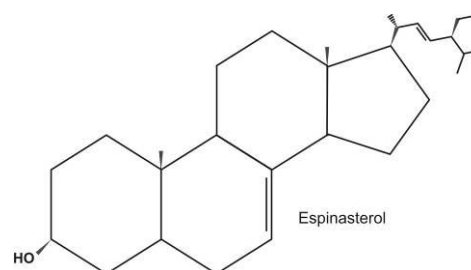
El aceite de argán contiene más del doble (600-900 mg/kg) de tocoferoles que el del olivo (300 mg/kg), habiéndose identificado  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E),  $\beta$ -,  $\delta$ - y  $\gamma$ -tocoferol (Fig. 3), siendo este último el mayoritario con 81-92% (Charrouf, 1984; Khallouki et al., 2003; Hilali et al., 2005; Rahmani, 2005; Charrouf y Guillaume, 2007).

**Figura 3.** Tocoferoles mayoritarios de *Argania spinosa*

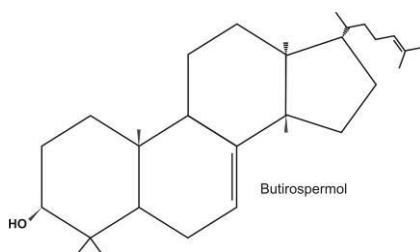


Cuatro fitoesteroides han sido aislados del aceite de argán en cantidades notables (>3 mg/100 g aceite) (Farines et al., 1981, 1984b; Charrouf y Guillaume, 2002a, 2002b; Khallouki et al., 2003; Hilali et al., 2005): eschottenol (24*S*- $\Delta^7$ -estigmasterol; 44-49%), espinasterol (estigmasta-7,22(*E*)-dien-3 $\beta$ -ol; 34-44%) (Fig. 4), estigmasta-8,22-dien-3-ol (3.2-5.7%), y estigmasta-7,24-28-dien-3-ol ( $\Delta^7$ -avenasterol; 4-7%). El aceite virgen de argán no contiene  $\Delta^5$ -esteroides, sólo trazas de campesterol, y su presencia permite detectar mezclas fraudulentas con otros aceites alimentarios (Hilali et al., 2005; Rahmani, 2005).

**Figura 4.** Fitoesterol aislado del aceite de argán.



Farines et al. (1981, 1984b) aislaron varios alcoholes triterpénicos como  $\beta$ -amirina (27.3%), butirospermol (18.1%) (Fig. 5), lupeol (7.1%), tirucallol (27.9%) y 24-metilenocicloartanol (4.5%); y los metilesteroides citrostadienol (3.9%) y cicloeucatenol (<5%). El aceite de argán contiene, al igual que el de oliva, grandes cantidades del isoprenoide escualeno (Chimi et al., 1988; Khallouki et al., 2003, 2005).

**Figura 5.** Alcohol triterpénico del aceite de argán.

Entre los polifenoles, Chimi et al. (1988), utilizando hexano en la extracción, identificaron ácido cafeico y oleuropeína en aceites de la región de Agadir; mientras que Khallouki et al. (2003), en otros de Essaouira con un método de extracción impreciso, aislaron vainillina, tirosol y los ácidos vanílico, siríngico, 3,4-dihydroxybenzoico, *p*-hydroxybenzoico y ferúlico-4-*O*-glicósido. En un trabajo posterior, Rojas et al. (2005) identificaron hasta 16 fenoles en pasta prensada, 6 en un aceite alimentario y 7 en uno cosmético. Éstos fueron: catecol y tirosol en las tres muestras; alcohol vanílico, ácido vanílico, epicatequina, catequina y 4-hidroxy-3-metoxifenil alcohol en la pasta y el aceite cosmético; resorcinol y 4-hidroxybenzil alcohol en pasta y aceite culinario; vainillina, ácidos *p*-hydroxybenzoico, siríngico, protocatequico y 4-hidroxyfenil acético, 3,4-dihydroxybenzil alcohol, metil-3,4-dihydroxy benzoato e hidroxytirosol sólo en la pasta; y 3-piridinol y 6-metil-3-hidroxy piridina en el alimentario. Sorprendentemente, ninguno de los fenoles reportados por Chimi et al. (1988) fue identificado en este último estudio, lo cual podría ser atribuido a un distinto origen geográfico de los aceites y a la técnica de extracción utilizada. De hecho, en fecha reciente, Charrouf y Guillaume (2007) han estudiado de nuevo la composición fenólica de pasta y aceite de argán, identificando todos los fenoles citados por los anteriores autores (Fig. 6).

**Figura 6.** El ácido cafeico es uno de los fenoles más abundantes en el aceite de argán.

Resulta interesante señalar que el contenido total en fenoles en la pasta prensada es muy superior a la de los aceites, lo cual puede contribuir a la calidad nutricional de este subproducto utilizado en alimentación animal, así como impulsar su uso en el desarrollo de nuevas aplicaciones en productos cosméticos y nutracéuticos (Rojas et al., 2005).

En trabajos recientes, diversos autores han reiterado la importancia de la procedencia geográfica y el método de extracción en la composición del aceite de argán (Hilali et al., 2005; Rojas et al., 2005). De hecho, en el año 2003, el Ministerio de Industria, Comercio, Energía y Minas de Marruecos implementó una normativa (08.5.090) para definir las especificaciones de calidad del aceite virgen de argán y su clasificación en distintas categorías, incluyendo límites precisos sobre la presencia de ciertos metales. Ésta implica también que los únicos tratamientos autorizados para la obtención del aceite son torrefacción, presión, decantación, centrifugación y filtración. Los valores fijados por dicha norma son: densidad (20°C) 0.906-0.919, índice de saponificación 189-191.1, índice de yodo 91-110 e índice de refracción (20°C) 1.463-1.472. Ajustándose a las especificaciones de calidad prescritas por esta norma, el aceite de argán puede ser clasificado en cuatro categorías: virgen extra, virgen fino, virgen y virgen *lampante*. El grado de acidez aumenta según el aceite pierde calidad, siendo  $\leq 0.8$  en el virgen extra y  $> 2.5$  en el *lampante* (Charrouf y Guillaume, 2008).

El aceite virgen de argán está compuesto básicamente de ácidos grasos insaturados con isomería geométrica *cis*, que no provocan ningún problema de digestión o asimilación por el organismo. La presencia de ácidos grasos *trans* es sinónimo de aceites refinados fraudulentos. Por esta razón, en la citada norma el contenido en ácidos grasos *trans* se limita al 0.05%. La distribución de cada ácido graso, en las tres posiciones de los triglicéridos del aceite, es estereoespecífica en cada especie, pudiéndose detectar adulteraciones de éste. La norma limita la presencia de ácido palmítico en posición interna al 0.5%. De igual manera, un nivel de campesterol inferior al 0.4% es sinónimo de la pureza del aceite de argán (Hilali et al., 2007).

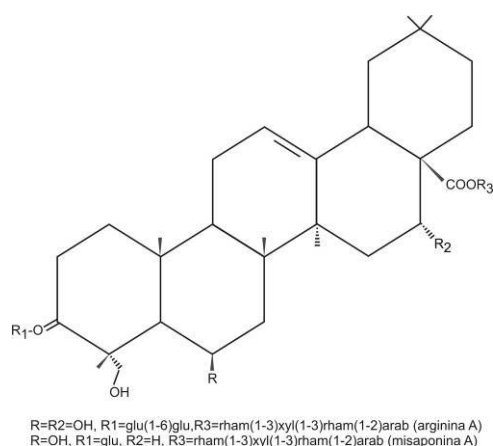
El árbol del argán es una fuente de saponinas, compuestos relacionados con la resistencia a hongos, por lo que se ha sugerido que son éstos los responsables de la actividad fungicida del aceite y la torta de argán (Charrouf y Guillaume, 2002a). Dadas las múltiples actividades biológicas atribuidas a las



saponinas (Hostettmann y Marston, 1995), la investigación relacionada con estos metabolitos están siendo estimulada en los últimos tiempos.

Las primeras siete saponinas identificadas en las semillas del argán (Charrouf et al., 1992) fueron arganina A, B, C, D, E y F más misaponina A. Todas ellas son saponósidos bidesmosídicos con hasta 5 ó 6 residuos de azúcar, cuyas agliconas se identificaron como los ácidos protobásico y 16- $\alpha$ -OH-protobásico (Fig. 7). Posteriormente, Oulad-Ali et al. (1996) citan tres nuevas saponinas bidesmosídicas en el tronco, denominadas como arganina G, H y J, con una aglicona (bayogenina) diferente de las A-F.

**Figura 7.** Ejemplos de tipos estructurales de saponinas en *Argania spinosa*.

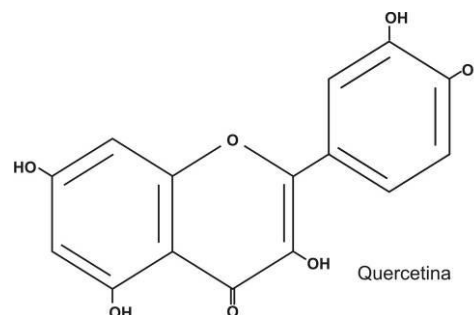


Un nuevo estudio de las saponinas de la pulpa (Alaoui et al., 2001) identificó dos compuestos derivados ya conocidos (misaponina A y D) más arganina K, esta última muy semejante a las de las semillas y cuya aglicona es el ácido 16- $\alpha$ -OH-protobásico. Dichos autores (Alaoui et al., 2002), de la cubierta protectora de la semilla, identifican las ya conocidas misaponina A y D de la pulpa, más dos nuevas saponinas con el mismo patrón de glicosilación: una unidad de diglucosa en la posición C3 de la aglicona y otra pentaglicosídica en C28, siendo sus agliconas ácido protobásico y 16- $\alpha$ -OH-protobásico. En fechas recientes, El Fakhar et al. (2007) han identificado cinco nuevas saponinas triterpénicas en la corteza del argán, denominadas respectivamente como arganina L, O, P, Q y R, muy semejantes a las G, H y J pues su aglicona es la bayogenina.

### Otros metabolitos secundarios

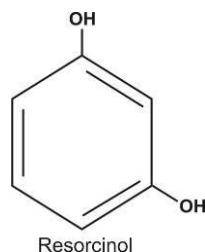
En las hojas, tallos y espinas del argán, los polifenoles pertenecen a la familia de los flavonoides (17%) y los taninos derivados de la catequina (14%). Entre los primeros están quercetina (Fig. 8), miricetina, y sus glucósidos (quercetrina, miricetrina, hiperósido y miricetrina-3-*O*-galactósido) (Tahrouch et al., 2000; El Kabouss et al., 2001; Charrouf y Guillaume, 2007). De la pulpa del fruto del argán se han aislado e identificado también algunos polifenoles: (+)-catequina, (-)-epicatequina, rutina, ácidos gálico, protocatéquico y *p*-hidroxibenzoico, isorhoifolina, procianidina, quercetina, hesperidina, hiperósido, isoquercetina, quercetina-*O*-pentosa, naringenina-7-*O*-glucósido, luteolina, rhamnetina-*O*-rutinósido y naringenina (Chernane et al., 1999; Charrouf y Guillaume, 2007; Charrouf et al., 1999, 2007).

**Figura 8.** Quercetina, uno de los flavonoides mayoritarios en las hojas y tallos del argán.



Los compuestos volátiles del aceite esencial de las hojas del argán son numerosos, siendo lo más abundantes los sesquiterpenos oxigenados. Los identificados a mayor concentración fueron: 14-metilideno-2,6,10-trimetil hexadeceno, (*Z*)- y (*E*)-2,6,10-trimetil hexadeca-1,3-dieno, 1,10-di-epi-cubenol, viridiflorol,  $\alpha$ -cadinol,  $\tau$ -cadinol y 1-epi-cubenol. Dentro de los sesquiterpenos hidrocarbonados, que constituyen una apreciable parte del aceite esencial, los más reseñables son germacreno-B,  $\delta$ -cadineno y selina-3,7(11)-dieno. Sólo dos monoterpenos han sido identificados, canfor y acetato de bornilo (Tahrouch et al., 1998; El Kabouss et al., 2002). En la pulpa del argán también se han identificado seis compuestos volátiles: (*Z*)- y (*E*)-but-2-enol, *n*-octano, ácido 3-metil butírico, decano y resorcinol; mientras que en las semillas sólo 14-metilideno-2,6,10-trimetil hexadeceno (Tahrouch et al., 1998). A diferencia de las hojas, donde el más abundante era este último compuesto (51.2%), la pulpa resultó rica en resorcinol (73.5%) (Fig. 9).

**Figura 9.** El resorcinol es el compuesto volátil más abundante en la pulpa del fruto del argán.



La fracción terpénica mayoritaria de las hojas de argán ha sido también estudiada por Chahboun (1993), identificando mono y diterpenos hidroxilados tales como eriotrodiol, lupeol,  $\alpha$ - y  $\beta$ -amirina y taraxasterol. Los mismos fueron identificados en la fracción de la pulpa, junto a betulina y betulinaldehído (Charrouf et al., 1990, 1991). Del látex del fruto Fellat-Zarrouk et al. (1987) aislaron *cis*- y *trans*-poliisopreno.

### Actividad biológica y etnofarmacología

La alta concentración de antioxidantes (tocoferoles, carotenoides, polifenoles) contribuye a la preservación de la calidad del aceite de argán, evitando su oxidación, y a su valor dietético (Farines et al., 1984a; Chimi et al., 1988; Rahmani, 1989; Maurin, 1992; Khallouki et al., 2003).

El ácido linoleico, unos de los ácidos grasos esenciales más abundantes en el aceite de argán, es el precursor de los ácidos grasos insaturados de la serie *omega-6* (araquidónico) e indirectamente de prostaglandinas y leucotrienos de las series 1 y 2; compuestos que juegan un papel notable en el sistema nervioso, equilibrio cardiovascular, inmunidad, curación de heridas y reacciones alérgicas e inflamatorias (Cherki et al., 2006). El ácido linoleico tiene también un papel destacado en la permeabilidad celular y su carencia implica envejecimiento de la piel, sequedad y pérdida de elasticidad con la aparición de arrugas (Rahmani, 2005). Hay que señalar que el aceite de argán no contiene ácidos *omega-3*, salvo bajo la forma  $\alpha$ -linoleico en trazas, cuyo papel frente a la arteriosclerosis está demostrado. Una dieta equilibrada debe ponderar el consumo de ácidos *omega-6/omega-3*, cuya relación debe estar cercana a 4 sin superar nunca 10. Una alimentación a base de aceite de argán debe ser complementada con ácidos grasos *omega-3* procedentes de otros aceites vegetales o de pescado (Rahmani, 2005; Benzaria et al., 2006).

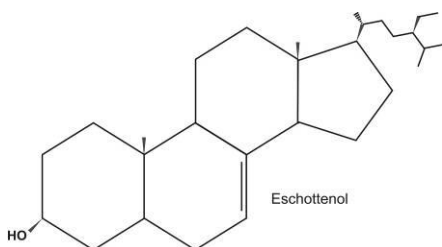
Las propiedades antihipertensivas han sido demostradas en roedores y humanos, restaurando la presión sanguínea normal e induciendo hipocolesterolemia e hipolipidemia (Berrada et al., 2000; Berrougui et al., 2003, 2004; Drissi et al., 2004). Se sospecha que los tocoferoles, junto a los ácidos grasos insaturados, son responsables de tales actividades biológicas, albergando posibilidades en el tratamiento de problemas cardiovasculares (Berrada et al., 2000; Berrougui et al., 2003; Drissi et al., 2004) y diabetes (Samane et al., 2006; Bnouham et al., 2008).

Su alto contenido en ácido oleico, vitamina E,  $\gamma$ -tocoferol, escualeno y polifenoles explica el efecto antioxidante del aceite de argán y sus grandes propiedades para prevenir el cáncer (Charrouf y Guillaume, 1999; Khallouki et al., 2003; Drissi et al., 2004; Cherki et al., 2006; Samane et al., 2006; Seidemann, 2007). En efecto, Drissi et al. (2006) y Bennani et al. (2007) han comprobado el efecto antiproliferativo de los tocoferoles, polifenoles y esteroides del aceite de argán frente al cáncer humano de próstata. Recientemente, Berrougui et al. (2006, 2007) han demostrado que los extractos fenólicos del aceite y el pericarpo de argán inhiben, en humanos, la oxidación de lipoproteínas de baja densidad y mejoran el flujo de colesterol desde macrófagos THP-1. Estos resultados clínicos permiten sostener el gran valor dietético del aceite de argán para prevenir problemas cardiovasculares como la arteriosclerosis (Cherki et al., 2003, 2005, 2006; Charrouf y Guillaume, 2007).

El fitoesterol eschottenol (Fig. 10) ha mostrado actividad anticarcinógena (Morton y Voss, 1987; Maurin, 1992; Khallouki et al., 2003), pues alberga propiedades inhibitorias del desarrollo celular del carcinoma nasofaríngeo (Arisawa et al., 1985). También se ha sugerido que el escualeno tiene actividad protectora frente al cáncer de piel (Newmark, 1997) y el espinasterol actividad antitumoral (Villaseñor y Domingo, 2000). En general, los  $\Delta^7$ -esteroides, como los que dominan en el aceite de argán, actúan como inhibidores de la 5- $\alpha$ -reductasa, enzima que permite la conversión de los andrógenos, hormonas sexuales masculinas como la testosterona, en dihidrotestosterona. Este último metabolito es particularmente activo en el desarrollo y progresión de la hipertrofia benigna de la próstata (Brawley, 2003). Diversos laboratorios farmacéuticos han desarrollado  $\Delta^7$ -esteroides, naturales o sintéticos, en medicamentos que inhiben la 5- $\alpha$ -reductasa, así

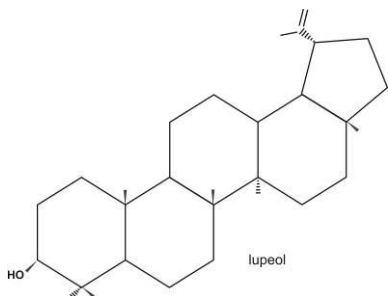
como en otros que se utilizan en cosmética para tratar el acné juvenil y la seborrea (Rahmani, 2005). Los metilesteroles cicloeucaatenol y citrostadienol no parecen tener ninguna actividad biológica específica y son probablemente productos intermediarios de biosíntesis de los esteroides y los alcoholes triterpénicos (Khallouki et al., 2005).

**Figura 10.** Eschottenol, un fitoesterol del argán con propiedades anticancerígenas.



Las propiedades antioxidantes del aceite de argán han permitido una gran repercusión en el campo de la industria cosmética y dermatológica (Charrouf y Guillaume, 1999; Stussi et al., 2005; Imprezzabile, 2008). En los últimos años, se ha demostrado que la mayor parte de la actividad antioxidante de este aceite se debe a sus polifenoles, que protegen la piel frente a los rayos UVA y tienen propiedades antiacné (Charrouf y Guillaume, 2007). Los polifenoles son también abundantes en las hojas del argán, como los compuestos volátiles, y a ellos podría deberse la actividad antimicrobiana demostrada de las hojas (El Kabouss, 2002). Investigaciones recientes (Geetha y Varalakshmi, 2001; Patocka, 2003) sostienen que el lupeol tiene propiedades antiinflamatorias (Fig. 11). El mecanismo de acción de este triterpeno no ha sido aún elucidado pero se sabe que es diferente de antiinflamatorios no esteroídicos (Fernández et al., 2001).

**Figura 11.** Estructura del triterpeno lupeol.



En cuanto a las saponinas, diversos ensayos preliminares han demostrado la actividad moluscicida de las presentes en sus semillas frente a *Biomphalaria glabrata*, un caracol de agua dulce de

importancia médica por ser el hospedador intermediario del trematodo *Schistosoma mansoni*; y antifúngica ante *Cladosporium cucumerinum* y *Polysticus versicolor*, no mostrando actividad fungicida o larvicida ante *Candida albicans* y *Aedes aegypti* respectivamente (Charrouf, 1991; Charrouf y Guillaume, 1999).

Bencheikh (1995) y Alaoui et al. (1998a, 1998b) destacan las propiedades analgésicas y antiinflamatorias de las saponinas de argán en ensayos en roedores, aunque también inciden en su toxicidad crónica y aguda, tanto por vía oral como intraperitoneal, reduciendo los niveles de azúcar en sangre y posible patología renal. Henry et al. (2002) han evidenciado la eficacia de las saponinas de la pasta prensada en la activación de la lipólisis en adipocitos humanos. Otras actividades adicionales, como la estimulación de la biosíntesis de glutatión o la protección del ADN frente a los rayos UV-B, señala el alto valor terapéutico de las saponinas del argán y la consideración de su futura inclusión en productos cosméticos (Charrouf y Guillaume, 2002a), ya que recientemente Amzal et al. (2008) han demostrado que las saponinas del argán potencian la capacidad antioxidante de la vitamina E.

## DISCUSIÓN

A pesar de su adaptación a condiciones áridas, las poblaciones marroquíes de argán corren un serio peligro de extinción debido a la destrucción a gran escala de su hábitat por sobreexplotación y la falta de regeneración natural (Bencheikroun y Buttoud, 1989; Mellado, 1989; El Yousfi y Bencheikroun, 1992; Nouaim et al., 2002; Reda Tazi et al., 2003; Msanda et al., 2005). Ello ha conducido a la pérdida de diversidad genética de la especie y a que sus poblaciones se redujeran en apenas un siglo a las 828 ha actuales, la mitad que antaño (Monnier, 1965; Majourhat et al., 2007a). En las zonas montañosas la situación no es tan dramática como en los valles, pero en la mayor parte del área de distribución del argán las especies características de sus bosques han sido sustituidas por un tapiz de anuales (terofitización) o formaciones invadidas por especies estépicas (Msanda et al., 2005).

*Argania spinosa* es una especie con una diversidad genética (3.6 alelos/locus) más alta que la mayoría de las Angiospermas, y con diferencias interpopulacionales importantes. Estas últimas son el resultado de un rango de distribución reducido temperado-tropical, la existencia de poblaciones

disyuntas con floraciones asincrónicas, y posiblemente de una polinización entomófila que reduce el flujo genético entre poblaciones (El Mousadik y Petit, 1996a, 1996b). Aunque especie hermafrodita, es autoincompatible, desarrollando fecundación de tipo alógama y a menudo entre individuos muy separados (Msanda, 1993). A pesar de tener flores anfífilas, es decir, que potencialmente pueden ser tanto anemófilas como entomófilas, el transporte de su polen por el viento está restringido a distancias cortas, siendo la polinización entomófila la que garantiza la fecundación interpoblacional (Nerd et al., 1998). Todo ello redundaría en la necesidad de emprender políticas de conservación que reduzcan la erosión genética y eviten la desertificación en grandes áreas geográficas (Petit et al., 1998).

El argán ha sido explotado por su aceite comestible, por su leña y madera combustibles, como árbol de sombra para cultivos de cereal, pero sobre todo como alimento para el ganado doméstico (cabras y camellos), siendo la presión ganadera el principal factor de riesgo regresivo sobre sus poblaciones (El Aich et al., 2007). Algunos autores ya han advertido que la amenaza antrópica es lenta, pero continua, degradando y destruyendo importantes extensiones de ecosistemas de argán (Mellado, 1989; El Yousfi y Benchekroun, 1992). En la segunda mitad del siglo XX la densidad media de árboles de argán por hectárea se ha reducido desde los 150-200 en las llanuras de Souss y 50 en el Anti-Atlas en 1949 a menos de 30 e incluso algunos bosques apenas albergan menos de 10 por hectárea (Dupin, 1949; Nouaim et al., 1991). En particular, las formaciones de argán del noreste marroquí corren un serio peligro de desaparición en los próximos años debido al frágil equilibrio ecológico en que se encuentran y la sucinta destrucción de su hábitat (Reda Tazi et al., 2003).

En los países de la Cuenca Mediterránea, las cabras incluyen en su dieta, total o parcialmente, el ramoneo sobre diversas especies del género *Quercus* u otros árboles como el argán (Sánchez et al., 1992). Los bosques de *Argania spinosa* del suroeste de Marruecos soportan cifras de hasta 26-30% de la carga caprina del país (El Aich, 1995). Aunque éstas son un componente importante de los sistemas agroforestales tradicionales de explotación del argán, muy poca información se conoce sobre el efecto de su alimentación sobre este árbol.

Bousquet (2000) señaló la predominancia del pastoreo de los bosques de argán entre los meses de diciembre a agosto; mientras que Boscher (1992)

estimó que éstos, en forma de ramoneo de hojas como de consumo de la pulpa del fruto (vernáculamente conocida como *alig*), contribuyen al menos al 50% de las necesidades alimenticias de las cabras. No obstante, según Person (1999) existe una cierta variabilidad en la contribución del argán a la dieta caprina dependiendo de las diferentes áreas pastoreadas y diversos factores tales como el grado de accesibilidad al árbol o la disponibilidad de otros recursos alimenticios herbáceos.

El primero de estos factores depende de la morfología arbórea, ya que estructuras aplanadas o ramas flexuosas permiten un acceso más sencillo (Fig. 12). En cualquier caso, los propios pastores pueden facilitar la subida de las cabras al árbol del argán mediante escaleras o reconfigurando su morfología. Las cabras son animales muy bien adaptados para subir a los árboles de argán y de hecho este aprendizaje explica esta clase de “pastoreo aéreo” tan característico (*mouchâa*).

En referencia al segundo factor, lógicamente cuando el estrato herbáceo está ausente las cabras se ven forzadas a subir al argán y alimentarse de él. El Aich et al. (2007) inciden en la alta capacidad del pastoreo aéreo de las cabras sobre el argán, pudiendo contribuir entre un 47-84% a su dieta en forma de hojas y frutos, especialmente en los meses más secos.

**Figura 12.** Morfología del árbol del argán.



La elección del argán como especie de repoblación, en zonas desérticas, se justifica por su carácter termoxerófilo y frugalidad en cuanto a requerimientos edáficos (Boughanem, 1998), por su adaptación a ambientes hostiles e incluso a la irrigación con agua salobre (Enneking, 1998). Fue introducido en Argelia, Israel, Kuwait, Libia y recientemente en el Sureste semiárido de España para su cultivo sin mucho éxito (Peltier et al., 1990; Castroviejo, 1997; Nerd et al., 1998; Al-Menaie et al., 2008). Aunque los árboles adultos pueden vivir en condiciones de aridez extrema (< 100 mm anuales), no están fisiológicamente adaptados al

grado de salinidad asociado a ciertos sustratos (Nerd et al., 1994; Bani-Aameur y Sipple-Michmerhuizen, 2001; Bouzoubaâ y El Mousadik, 2003).

Como consecuencia del calentamiento global que está afectando a todo el planeta, numerosos estudios alertan de la alteración de la dinámica de los ecosistemas en respuesta a situaciones climáticas límites, como son el incremento de la temperatura, acusado descenso de las precipitaciones anuales y concentración de las mismas en eventos extremos. Las implicaciones de estos cambios serán particularmente significativas en áreas actualmente sometidas a un elevado grado de estrés, como es el caso de Marruecos, provocando intensificación del estrés hídrico, aceleración de los procesos de erosión, desertificación y desgaste de biodiversidad vegetal (Huntley, 2007).

Diversos trabajos ya han puesto de relieve el impacto de la sequía sobre el crecimiento (Körner et al., 2005) la supervivencia y la distribución de las especies vegetales en el ámbito mediterráneo (Peñuelas y Boada, 2003). Estas alteraciones están afectando también a las poblaciones de argán, pues el progresivo aumento del índice de la aridez que limita la disponibilidad de agua, compromete el crecimiento individual y enfatiza el grado de estrés de algunos individuos. De hecho, aquellas poblaciones silvestres de argán que viven en las estaciones más áridas (Ait Baha) exhiben el mayor grado de inestabilidad en su crecimiento frente a otras que habitan bajo condiciones más favorables, reflejando la sensibilidad de este árbol frente a la aridez (Alados y El Aich, 2008).

Detrás de sus bondades económicas y medicinales, el argán juega un papel fundamental en el mantenimiento del equilibrio ecológico en zonas áridas debido a que sus raíces crecen profundamente (Amouroux, 1978), estabilizando el suelo, aumentando la fertilidad, previniendo la erosión, reduciendo el impacto de la desertificación y preservando la biodiversidad (Karmouni, 1989; Charrouf et al., 2002; Khallouki et al., 2005). El crecimiento de las plántulas de argán depende de la micorrización, que optimiza la nutrición mineral del vegetal, aumentando la absorción de fósforo y otros iones inmóviles tales como cobre o zinc desde los niveles más profundos del suelo, enriqueciendo así los más superficiales. Estos hechos explican que la existencia de micorrizas en el sistema radicular del argán le permita no sólo vivir en zonas áridas e infértiles sino

también mejorar la fertilidad del suelo (Nouaim y Chaussod, 1994; Nouaim et al., 1994).

## CONCLUSIONES

El argán (*Argania spinosa*) es una especie con un extraordinario valor etnobotánico entre las comunidades bereberes del suroeste de Marruecos, de donde es endémica. La presión antrópica y el sobrepastoreo de cabras y camélidos, junto a la progresiva aridificación del clima, están acentuando la desaparición de sus bosques. El hecho de que esté catalogada como “especie rara” en la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (IUCN, 2001, 2003), revela que en la actualidad las poblaciones marroquíes son vulnerables (VU), lo que equivale a decir que el grado de amenaza o riesgo de extinción es muy alto (Charrouf y Guillaume, 2008).

Teniendo en cuenta que la regresión del argán puede ocasionar un proceso de desertificación acelerado, su conservación representa una línea prioritaria de gestión política e investigación (Charrouf, 1995). En particular, dado el amplio espectro de condiciones climáticas (áridas a semiáridas, zonas costeras o continentales) y edáficas en las que se distribuye, la conservación de su patrimonio genético resulta fundamental. Los criterios genéticos, además de los demográficos, deben ser considerados en las estrategias de biología de la conservación de esta especie (Petit et al., 1998). En este sentido, estudios paleoecológicos que permitan describir la historia biológica de esta especie ayudarían a comprender la dinámica temporal y espacial de sus poblaciones. El establecimiento de un modelo de idoneidad de hábitat, que nos aproximase al nicho ecológico de la especie, pondría de relieve el origen y naturaleza de las poblaciones norteñas aisladas de la masa principal cuyo carácter relicto está en entredicho.

A pesar del enorme potencial biológico del argán, y de su relevancia actual en el campo de la cosmética y la farmacología, han de seguir desarrollándose investigaciones fitoquímicas que profundicen en nuevos aspectos de la actividad biológica de sus metabolitos secundarios, particularmente sus propiedades anticancerígenas. El descubrimiento de un nuevo producto natural del argán puede contribuir a su supervivencia a largo término.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación HAR2008-06477-C03-03/HIST y HAR2008-09120/HIST (Plan Nacional de I + D + i, España), y ERC-230561 (European Commission).

## REFERENCIAS

- Ahansal L, Ben Sassi A, Martini A, Vaughan-Martini A, Walker G, Boussaid A. 2008. Biodiversity of yeasts isolated from the indigenous forest of Argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) in Morocco. *World J Microbiol Biotechnol* 24:777-782.
- Alados CL, El Aich A. 2008. Stress assessment of argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) in response to land uses across an aridity gradient: Translational asymmetry and branch fractal dimension. *J Arid Env* 72:338-349.
- Alaoui K, Belabres M, Cherrah Y, Hasar M, Charrouf Z, Amarouch H, Roquebert J. 1998a. Toxicité aiguë et chronique des saponines d'*Argania spinosa*. *Ann Pharm Fr* 56:213-219.
- Alaoui K, Charrouf Z, Dubreucq G, Maes E, Michalski JC, Soufiaoui M. 2001. Saponins from the pulp of the fruit of *Argania spinosa* (L.) Skeels (Sapotaceae), pp. 137-141. In: International Symposium of the Phytochemical Society: Lead compounds from higher plants. Lausana, Suiza.
- Alaoui K, Charrouf Z, Soufiaoui M, Carbone V, Malorni A, Pizza C, Piacente S. 2002. Triterpene saponins from the shell of *Argania spinosa* seeds. *J Agric Food Chem* 50:4600-4603.
- Alaoui K, Lagorge JF, Cherrah Y, Hassar M, Amarouch H, Roquebert J. 1998b. Activité analgésique et anti-inflammatoire des saponines d'*Argania spinosa*. *Ann Pharm Fr* 56:220-228.
- Al-Menaie HS, Bhat NR, El-Nil MA, Al-Dosery SM, Al-Shatti AA, Gamalin P, Suresh N. 2007. Seed germination of Argan (*Argania spinosa* L.). *Amer-Eurasian J Sci Res* 2(1):1-4.
- Al-Menaie HS, Bhat NR, El-Nil MA, Al-Shatti A. 2008. Nursery production techniques for Argan (*Argania spinosa* L.). *Eur J Sci Res* 23(4):639-643.
- Alouani M, Bani-Aameur F. 1999. Limitations actuelles de la production et de la transplantation des plants d'arganier, pp. 180-184. In Bani-Aameur, F. (Ed.): Colloque International sur les Ressources Végétales: L'arganier et les plantes des zones arides et semi-arides. Université d'Agadir, Agadir, Marruecos.
- Alouani M, Bani-Aameur F. 2004. Argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) seed germination under nursery conditions: Effect of cold storage, gibberellic acid and mother-tree genotype. *Ann For Sci* 61:191-194.
- Amouroux JM. 1978. Influence actuelle de la végétation sur trois substrats de la forêt d'Amine (Vallée du Sous, Maroc). Thèse de Spécialité, Université Aix-Marseille III, Francia.
- Amzal H, Alaoui K, Tok S, Errachidi A, Charof R, Cherrah Y, Benjouad A. 2008. Protective effect of saponins from *Argania spinosa* against free radical-induced oxidative haemolysis. *Fitoterapia* 79:337-344.
- Anderberg AA, Rydin C, Källersjö M. 2002. Phylogenetic relationships in the order Ericales s.l.: analyses of molecular data from five genes from the plastid and mitochondrial genomes. *Am J Bot* 89:677-687.
- Anderberg AA, Swenson U. 2003. Evolutionary lineages in Sapotaceae (Ericales): a cladistic analysis based on *ndhF* sequence data. *Int J Plant Sci* 164:763-773.
- Arisawa M, Kinghom DA, Cordell AG, Phoebe HC, Fansworth RN. 1985. Plant anticancer agents. XXXVI. Shottenol glucide from *Baccharis coridifolia* and *Ipomopsis aggregata*. *Planta Med* 6:544-545.
- Ayad A. 1989. Présentation générale de l'arganeraie, pp. 9-18. In: Formation forestière continue. Thème l'arganier. Station de Recherche Forestière, Rabat, Marruecos.
- Bani-Aameur F. 2000. Phenological phases of *Argania spinosa* (L.) Skeels flower. *For Genet* 7:333-338.
- Bani-Aameur F. 2002. *Argania spinosa* (L.) Skeels flowering phenology. *Gen Res Crop Evol* 49:11-19.
- Bani-Aameur F. 2004. Morphological diversity of argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) populations in Morocco. *For Genet* 11:311-316.
- Bani-Aameur F, Alouani M. 1999. Viabilité et dormance des semences d'arganier. *Ecol Medit* 25:75-86.
- Bani-Aameur F, Ferradous A. 2001. Fruit and stone variability in three argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) populations. *For Genet* 8:39-45.
- Bani-Aameur F, Ferradous A, Dupuis P. 1999. Typology of *Argania spinosa* (Sapotaceae) fruits and stones. *For Genet* 6:213-219.
- Bani-Aameur F, Sipple-Michmerhuizen J. 2001. Germination and seedling survival of Argan (*Argania spinosa*) under experimental saline conditions. *J Arid Env* 49:533-540.
- Baumer M, Zeraïa L. 1999. La plus continentale des stations de l'arganier en Afrique du Nord. *Rev Forest Française* 3:446-450.
- Bellakhdar J. 1997. La pharmacopée marocaine traditionnelle. Ibis Pres, Paris, Francia, 755 p.
- Benabid A. 1985. Les écosystèmes forestiers, pré-forestiers et pré-steppiques du Maroc: diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leurs aménagement. *Forêt médit* 7(1):53-64.
- Bencheikh N. 1995. Étude de la toxicité aiguë et de la toxicité chronique des saponines de l'arganier (*Argania spinosa*). Ph.D. Thesis, University of Rabat, Rabat, Marruecos.
- Benchekroun F, Buttoud G. 1989. L'arganeraie dans l'économie rurale du sud-ouest marocain. *Forêt médit* 11(2):127-136.
- Bennani H, Drissi A, Giton F, Kheuang L, Fiet J, Adlouni A. 2007. Antiproliferative effect of polyphenols and



- sterols of virgin argan oil on human prostate cancer cell lines. *Cancer Detect Prev* 31:64-69.
- Benzaria A, Meskini N, Dubois M, Croset M, Némoz G, Lagarde M, Prigent AF. 2006. Effect of dietary argan oil on fatty acid composition, proliferation, and phospholipase D activity of rat thymocytes. *Nutrition* 22:628-637.
- Berka S, Harfouche A. 2001. Effets de quelques traitements physico-chimiques et de la température sur la faculté germinative de la graine d'arganier. *Rev Forest Française* 53(2):125-130.
- Berrada Y, Settaf A, Baddouri K, Cherrah A, Hassar M. 2000. Mise en évidence expérimentale des effets antihypertenseurs et hypocholestérolémiants de l'huile d'argan, *Argania sideroxylon*. *Thérapie* 55:375-378.
- Berrougui H, Álvarez de Sotomayor M, Pérez Guerrero C, Ettaib A, Hmamouchi M, Marhuenda E. 2004. Argan (*Argania spinosa*) oil lowers blood pressure and improves endothelial dysfunction in spontaneously hypertensive rats. *Br J Nutr* 92:921-929.
- Berrougui H, Cherki M, Koumbadinga GA, Isabelle M, Douville J, Spino C, Khalil A. 2007. Antiatherogenic activity of extracts of *Argania spinosa* L. pericarp: beneficial effects on lipid peroxidation and cholesterol homeostasis. *Canad J Physiol Pharmacol* 85(9):918-927.
- Berrougui H, Cloutier M, Isabelle M, Khalil A. 2006. Phenolic-extract from argan oil (*Argania spinosa* L.) inhibits human low-density lipoprotein (LDL) oxidation and enhances cholesterol efflux from human THP-1 macrophages. *Atherosclerosis* 184:389-396.
- Berrougui H, Ettaib A, Herrera MD, Álvarez M, Bennani-Kabchi N, Hmamouchi M. 2003. Hypolipidemic and hypocholesterolemic effect of argan oil (*Argania spinosa* L.) in *Meriones shawi* rats. *J Ethnopharm* 89:15-18.
- Biondi E. 1981. *Arganioxydon sardum* n. gen., n. sp. Et *Sclerocaryoxydon chiarugii* n. gen., n. sp.: bois fossiles du Miocène de la Sardaigne (Italie). *Rev Palaeobot Palynol* 34:301-320.
- Bnouham M, Bellahcen S, Benalla W, Legssyer A, Ziyat A, Mekhfi H. 2008. Antidiabetic activity assessment of *Argania spinosa*. *J. Complement. Inter Med* 5(1):Art. no. 32.
- Boscher C. 1992. Fragilité et résilience du système agraire de l'arganeraie des Ait Baha vis-à-vis des aléas climatiques. Dissertation École Supérieure Agronomie Tropicale, Montpellier, Francia.
- Boudy P. 1950. Economie forestière Nord-Africaine. Ed. Larousse, Paris, Francia, 878 p.
- Boughanem K. 1998. Contribution à la biosystématique de l'arganier de Tindouf (*Argania spinosa* L.S.) à travers de l'étude des caractéristiques des graines et des amandes. Mémoire d'Ingénieur d'État en Agronomie, Université de Tizi Ouzou, Argelia.
- Boukhobza M, Pichon P. 1988. L'Arganier, ressource économique et médicinales pour le Maroc. *Phytothérapie* 27:21-26.
- Bouzoubaâ Z, El Mousadik A. 2003. Temperature drought and salt effect on *Argania spinosa* (L.) Skeels seed germination. *Acta Bot Gallica* 150(3):321-330.
- Bousquet V. 2000. L'élevage caprin dans le système agraire de l'arganeraie. Dissertation Institut Agronomique Méditerranéen, Montpellier, Francia.
- Bousselmame F, Kenny L, Chlyah H. 2001. Optimisation des conditions de culture pour l'enracinement *in vitro* de l'arganier (*Argania spinosa* L.). *CR Acad Sci.Paris, Sciences de la vie* 324:995-1000.
- Brawley OW. 2003. Hormonal prevention of prostate cancer. *Urologic Oncology: Seminars and original investigations* 21:67-72.
- Castroviejo S. 1997. *Argania* Roem. & Schult., pp. 6-8. In Castroviejo, S., Aedo, C., Laínz, M., Morales, R., Muñoz Garmendia, F., Nieto Feliner, G., Paiva, J. (Eds.): Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. V (Ebenaceae-Saxifragaceae). Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid, España.
- Chahboun J. 1993. La filière triterpénique dans les lipides des feuilles d'*Argania spinosa*. Ph.D. Thesis, University of Perpignan, Perpignan, Francia.
- Charrouf M. 1984. Contribution à l'étude chimique de l'huile d'*Argania spinosa* (Sapotacées). Ph.D. Thesis, University of Perpignan, Perpignan, Francia.
- Charrouf Z. 1991. Valorisation d'*Argania spinosa* (L.), Sapotaceae: Étude de la composition chimique et de l'activité biologique du tarteau et de l'extrait lipidique de la pulpe. Ph.D. Thesis, University of Rabat, Rabat, Marruecos.
- Charrouf Z. 1995. L'arganier, patrimoine marocain et mondial à sauvegarder et à protéger: mini-revue sur la composition chimique et sur les essais de valorisation. *Al Biruniya. Revue Marocaine de Pharmacognosie* 2:119-126.
- Charrouf Z, Hafidi A, El Hadrami I, Ajana H. 1999. Composition phénolique de la pulpe des fruits d'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) et relation avec leurs caractéristiques morphologiques. *Agrochimica* 43:137-150.
- Charrouf Z. 2002. Valorisation de l'arganier: Résultats et perspectives, pp. 261-270. In Collin, G., Garneau, F.X. (Eds.): 5<sup>e</sup> Colloque Produits Naturels d'origine végétale. Université du Québec, Québec, Canada.
- Charrouf Z, El Kabous A, Nouaim R, Bensouda Y, Yaméogo R. 1997. Étude de la composition chimique de l'huile d'Argan en fonction de son mode d'extraction. *Al Biruniya Reviews in Marine Pharmacology* 13:35-39.
- Charrouf Z, Fkih-Tétouani S, Rouessac F. 1990. Occurrence of erythrodiol in *Argania spinosa* (Sapotaceae). *Al*

- Biruniya. Revue Marocaine de Pharmacognosie 6:135-138.
- Charrouf Z, Fkih-Tétouan S, Charrouf M, Mouchel B. 1991. Triterpènes et stérol extraits de la pulpe d'*Argania spinosa* L. (Sapotaceae). Plantes Méd Phytothér 25(2-3):112-117.
- Charrouf Z, Guillaume D. 1999. Ethno- economical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. J Ethnopharm.67:7-14.
- Charrouf Z, Guillaume D. 2002a. Secondary metabolites from *Argania spinosa* (L.) Skeels. Phytochem Rev 1:345-354.
- Charrouf Z, Guillaume D. 2002b. Chemistry of the secondary metabolites of *Argania spinosa* (L.) Skeels. Curr Top Phytochem 5:99-102.
- Charrouf Z, Guillaume D. 2007. Phenols and polyphenols from *Argania spinosa*. Amer J Food Technol 2(7):679-683.
- Charrouf Z, Guillaume D. 2008. Argan oil: occurrence, composition and impact on human health. Eur J Lipid Sci Technol 110:632-636.
- Charrouf Z, Guillaume D, Driouch A. 2002. L'arganier, un atout pour le Maroc. Biofutur 220:54-57.
- Charrouf Z, Hafidi A, El Hadrami I, Ajana H. 1999. Composition phénolique de la pulpe des fruits d'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) et relation avec leurs caractéristiques morphologiques. Agrochimica 43:137-150.
- Charrouf Z, Hilali M, Jaúregui O, Soufiaoui M, Guillaume D. 2007. Separation and characterization of phenolic compounds in argan fruit pulp using liquid chromatography-negative electrospray ionization tandem mass spectroscopy. Food Chem 100:1398-1401.
- Charrouf Z, Wieruszeski JM, Fkih-Tetouani S, Leroy Y, Charrouf M, Fournet, B. 1992. Triterpenoids saponins from *Argania spinosa*. Phytochemistry 31:2079-2086.
- Cherki M, Berrougui H, Drissi A, Adlouni A, Khalil A. 2006. Argan oil : Which benefits on cardiovascular diseases ? Pharmacol Res 54:1-5.
- Ckerki M, Derouiche A, Drissi A, El Messal M, Bamou Y, Idrissi-Ouadghiri A, Khalil A, Adlouni A. 2005. Consumption of argan oil may have an antiatherogenic effect by improving paraoxonase activities and antioxidant status : Intervention study in healthy men. Nutr Metab Cardiovasc Dis 15:352-360.
- Cherki M, Drissi A, Derouiche A, El Messal M, Barnou Y, Idrissi-Oudghiri A, Khalil A, Adlouni A. 2003. Influence of argan oil administration on lipid peroxidation and paraoxonase activities in healthy Moroccan men. Atherosclerosis Suppl 42:282.
- Chernane H, Hafidi A, El Hadrami I, Ajana H. 1999. Phenolic derivatives from the pulp of the fruits of Argan tree (*Argania spinosa* L. Skeels) and their relationships with morphological features. Agrochimica 43:1337-1350.
- Chimi H, Cillard J, Cillard P. 1994. Autoxydation de l'huile d'argan (*Argania spinosa*) sapotacée du Maroc. Sciences des Aliments 14:117-124.
- Chimi H, Rahmani M, Cillard P. 1988. Étude de la fraction phénolique des huiles vierges d'argan du Maroc. Actes Inst Agron Vét 8:17-21.
- Collier A, Lemaire B. 1974. Carotenoids of argan oil. Cah Nutr Diet 9:300-301.
- Crespo MB, Camuñas E, Cristóbal JC. 2007. Precisiones corológicas y taxonómicas sobre la flora de Alicante. Flora Montiberica 36:52-64.
- De Ponteves E, Bourbouze A, Narjisse H. 1990. Occupation de l'espace, droit coutumier et législation forestière dans l'arganeraie marocaine. Cahiers de la Recherche Développement 26:28-43.
- Drissi A, Bennani H, Gíton F, Charrouf Z, Fiet J, Adlouni A. 2006. Tocopherols and saponins derived from *Argania spinosa* exert an antiproliferative effect on human prostate cancer. Cancer Invest 24(6):588-592.
- Drissi A, Girona J, Cherki M, Godàs G, Derouiche A, El Messal M, Saile R, Kettani A, Solà R, Masana L, Adlouni A. 2004. Evidence of hypolipemiant and antioxidant properties of argan oil derived from the argan tree (*Argania spinosa*). Clin Nutr 23:1159-1166.
- Dupin L. 1949. L'arganier survivant de la flore tertiaire, providence du Sud marocain. Élevages et Cultures 3:28-34.
- Ehrig FR. 1974. Die Arganie : Charakter, Ökologie und wirtschaftliche Bedeutung eines Tertiär Reliktes in Marroko. Petermanns Geogr Mitteilungen 118:117-125.
- El-Aboudi A, Peltier JP, Carlier G, Doche B. 1992. La carte de la végétation des Ait Baha (Anti-Atlas occidental, Maroc) et son intérêt pour l'édaphologie. Feddes Repert 103:121-126.
- El Aich A. 1995. Goat farming systems in Morocco, pp. 202-220. In El Aich, A., Landau, S., Bourbouze, A., Rubino, R., Morand-Fehr. P. (Eds.): Goat production systems in the Mediterranean. EAAP Publ. No. 71, Wageningen Press, Wageningen, Holanda.
- El Aich A, El Assouli N, Fathi A, Morand-Fehr P, Bourbouze A. 2007. Ingestive behavior of goats grazing in the Southwestern Argan (*Argania spinosa*) forest of Morocco. Small Rum Res 70:248-256.
- El Fakhar N, Charrouf Z, Coddeville B, Leroy Y., Michalski JC, Guillaume D. 2007. New triterpenoids saponins from *Argania spinosa*. J Nat Med 61(4):375-380.
- El Kabouss A. 2002. Contribution à la valorisation de l'huile d'argan, étude phytochimique et activité antimicrobienne des métabolites secondaires des feuilles de l'arganier. Ph.D. Thesis, University of Rabat, Rabat, Marruecos.
- El Kabouss A, Charrouf Z, Faid M, Garneau FX, Collin G. 2002. Chemical composition and antimicrobial

- activity of the leaf essential oil of *Argania spinosa*). *J Essent Oil Res* 14:147-149.
- El Kabouss A, Charrouf Z, Umzil S, Faid M, Lamnouar D, Miyata Y, Miyahara K. 2001. Characterization of flavonoids from Argan tree (*Argania spinosa*) leaves and study of their antimicrobial properties. *Actes Inst Agron Vét* 21:157-162.
- El Mousadik A, Petit RJ. 1996a. High level of genetic differentiation for allelic richness among populations of the argan tree [*Argania spinosa* (L.) Skeels] endemic to Morocco. *Theor Appl Genet* 92:832-839.
- El Mousadik A, Petit RJ. 1996b. Chloroplast DNA phylogeography of the argan tree of Morocco. *Mol Ecol* 5:547-555.
- El Youfsfi SM, Benchekroun F. 1992. La dégradation forestière dans le sud marocain, exemple de l'arganeraie d'Admine (Souss) entre 1969 et 1986. *Ann Rech For Maroc* 26:43-49.
- Emberger L. 1924. À propos de la distribution géographique de l'arganier. *Bull Soc Sci Nat. Phys Maroc* 4:151-153.
- Emberger L. 1925. Le domaine naturel de l'arganier. *Bull Soc Bot France* 73:770-774.
- Emberger L. 1939. Aperçu général sur la végétation du Maroc : commentaire de la carte phytogéographique du Maroc 1:1.500.000. *Veroff Geobot Inst Rübel in Zurich* 14:40-157.
- Enneking D. 1998. Argan (*Argania spinosa*). *Australian New Crops Newsletter* 10:1-2.
- Farines M, Charrouf M, Soulier J. 1981. The sterols of *Argania spinosa* seed oil. *Phytochemistry* 20(8):2038-2039.
- Farines M, Soulier J, Charrouf M, Cavé A. 1984b. Étude de l'huile des graines d'*Argania spinosa* (L.); Sapotaceae. II. Stérols, alcools, tritèrenes et méthylstérols de l'huile d'argan. *Rev Fr Corps Gras* 31:443-448.
- Farines M, Soulier J, Charrouf M, Soulier R. 1984a. Étude de l'huile des graines d'*Argania spinosa* (L.); Sapotaceae. I. La fraction glycéridique. *Rev Fr Corps Gras* 31:283-286.
- Fellat-Zarrouk K, Smoughen S, Maurin R. 1987. Étude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania spinosa*) du Maroc. *Matière grasse et latex. Actes Inst Agron Vét* 7:17-22.
- Fernández MA, de las Heras B, García MB, Sáenz MT, Villar A. 2001. New insights into the mechanism of action of the antiinflammatory triterpene lupeol. *J Pharm Pharmacol* 53:1533-1539.
- Geetha T, Varalakshmi P. 2001. Anti-inflammatory activity of lupeol and lupeol linoleate in rats. *J Ethnopharm* 76:77-80.
- Govaerts R, Frodin DG, Pennington TD. 2001. World Checklist and Bibliography of Sapotaceae. Royal Botanic Garden, Kew, Gran Bretaña, 361 p.
- Henry F, Danoux L, Charrouf Z, Pauly G. 2002. New potential active ingredient from *Argania spinosa* (L.) Skeels cakes. In: *Actes Réseau de valorisation des plantes médicinales marocaines. Plantes médicinales, Santé, Environnement au service du Développement*. Rabat, Marruecos.
- Hilali M, Charrouf Z, El Aziz A, Hachimi L, Guillaume D. 2005. Influence of origin and extraction method on Argan oil physico-chemical characteristics and composition. *J Agric Food Chem* 53:2081-2087.
- Hilali M, Charrouf Z, El Aziz A, Hachimi L, Guillaume D. 2007. Detection of Argan oil adulteration using quantitative campesterol GC-analysis. *J Amer Oil Chem Soc* 84:761-764.
- Hostettmann K, Marston A. 1995. *Saponins*. Cambridge University Press, Cambridge, Gran Bretaña, 544 p.
- Huntley B. 2007. Limitations on adaptation: Evolutionary response to climatic change? *Heredity* 98:247-248.
- Huyghebaert A, Hendricks H. 1974. Quelques aspects chimiques, physiques et technologiques de l'huile d'argan. *Oléagineux* 1:29-31.
- Imprezzabile G. 2008. Ethno-cosmesis: Argan oil in Berber cosmetic culture and possible development in modern dermatology. *J Plastic Dermatol* 4(3): 11-314.
- IUCN 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- IUCN 2003. Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels: Version 3.0. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Johnson M. 1991. Cytology, pp. 15-22. In Pennington, T.D. (Ed.): *The Genera of Sapotaceae*. Kew Publishing, Surrey, Gran Bretaña.
- Karmouni A. 1989. La forêt marocaine: Quelle place dans l'espace rural et quel avenir?, pp. 11-15. In: *La forêt marocaine. Droit, économie, écologie*. Editions Afrique Orient, Casablanca, Marruecos.
- Khallouki F, Spiegelhalter B, Bartsch H, Owen RW. 2005. Secondary metabolites of the argan tree (Morocco) may have disease prevention properties. *African J Biotechnol* 4(5):381-388.
- Khallouki F, Younos C, Soulimani R, Oster T, Charrouf Z, Spiegelhalter B, Bartsch H, Owen RW. 2003. Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects. *Eur J Cancer Prevent* 12:67-75.
- Körner C, Sarris D, Christodoulakis D. 2005. Long-term increase in climatic dryness in the East-Mediterranean as evidenced for the island of Samos. *Reg Environ Change* 5:27-36.
- Maire R. 1939. Les arganiers des Beni-Snassen. *Bot Not* 447-484.

- Majourhat K, Hafidi A, Piqueras A, Martínez-Gómez P. 2007a. Multiplicación *in vitro* de la especie oleaginosa argania [*Argania spinosa* (L.) Skeels] procedente de Marruecos. *Actas de Horticultura* 48:647-649.
- Majourhat K, Jabbar Y, Araneda L, Zeinalabedini M, Hafidi A, Martínez-Gómez P. 2007b. Karyotype characterization of *Argania spinosa* (L.) Skeels (Sapotaceae). *S African J Bot* 73:661-663.
- Majourhat K, Jabbar Y, Hafidi A, Martínez-Gómez P. 2008. Molecular characterization and genetic relationships among most common identified morphotypes of critically endangered rare Moroccan species *Argania spinosa* (Sapotaceae) using RAPD and SSR markers. *Ann For Sci* 65(8):805p1-805p6.
- Marfil R, Cabrera-Vique C, Giménez R, Bouzas PR, Martínez O, Sánchez JA. 2008. Metal content and physicochemical parameters used as quality criteria in virgin argan oil: influence of the extraction method. *J Agric Food Chem* 56:7279-7284.
- Maurin R. 1992. L'huile d'argan: *Argania spinosa* (L.) Skeels, Sapotaceae. *Rev Fr Corps Gras* 56:139-146.
- Maurin R, Fellat-Zarrouck K, Ksi, M. 1992. Positional analysis and determination of triacylglycerol structure of *Argania spinosa* seed oil. *J Am Oil Chem Soc* 69:141-145.
- Mellado M. 1989. SOS Souss: argan forest destruction in Morocco. *Oryx* 23:87-93.
- Miloudi A, Belkhouja M. 2009. The contribution to the research of the germination conditions of Argan seeds (*Argania spinosa* L. Skeels): The particular study of the water pre-soaking duration and the harvest year of seeds effects on the germination. *Eur J Sci Res* 25(3):376-383.
- Mokhtari M, Zakri B. 1998. Limites phytotechniques et physiologiques au bouturage, marcottage et greffage de l'arganier *Argania spinosa* L., pp. 124-131. In : Actes du Colloque International sur les Ressources Végétales. Université d'Agadir, Agadir. Marruecos.
- Monnier Y. 1965. Les problèmes actuels de l'arganeraie marocaine. *Rev Forest Française* 17:750-767.
- Morton FF, Voss GL. 1987. The Argan tree (*Argania sideroxylon*, Sapotaceae), a desert source of edible oil. *Econ Bot* 41:221-233.
- Moukal A. 2004. L'arganier, *Argania spinosa* (L.) Skeels, usage thérapeutique, cosmétique et alimentaire. *Phytothérapie* 2:135-141.
- Msanda F. 1993. Ecologie et cartographie des groupements végétaux d'Anzi (Anti Atlas occidental, Maroc) et contribution à l'étude de la diversité génétique de l'Arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Ph.D. Dissertation, University of Grenoble, Grenoble, Francia.
- Msanda F, El Aboudi A, Peltier JP. 2005. Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine. *Cahiers Agric* 14(4):357-364.
- Nerd A, Eteshola E, Borowy N, Mirzahi Y. 1994. Growth and oil production of argan in the Negev desert of Israel. *Ind Crops Prod* 2(2):89-95.
- Nerd A, Irijimovich V, Mizrahi Y. 1998. Phenology breeding system and fruit development of argan (*Argania spinosa*, Sapotaceae) cultivated in Israel. *Econ Bot* 52:161-167.
- Newmark HL. 1997. Squalene, olive oil and cancer risk, a review and hypothesis. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prevention* 6:1101-1103.
- Nouaim R. 1991. La biologie de l'arganier, pp. 11-15. In : Colloque International l'arganier. Recherches et perspectives. Université d'Agadir, Agadir, Marruecos.
- Nouaim R, Chaussod R. 1994. Mycorrhizal dependency of micropropagated argan tree (*Argania spinosa*): I. Growth and biomass production. *Agroforestry Syst* 27:53-65.
- Nouaim R, Chaussod R, El Aboudi A, Schnabel C, Peltier JP. 1991. L'arganier. Essai de synthèse des connaissances sur cet arbre, pp. 373-388. In Groupe d'Étude de l'Arbre (Eds.) : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi arides. John Libbey Eurotext, Paris, Francia.
- Nouaim R, Lineres M, Esvan JM, Chaussod R. 1994. Mycorrhizal dependency of micropropagated argan tree (*Argania spinosa*): II. Mineral nutrition. *Agroforestry Syst* 27:67-77.
- Nouaim R, Mangin G, Breuil MC, Chaussod R. 2002. The argan tree (*Argania spinosa*) in Morocco : propagation by seed, cutting and *in vitro* techniques. *Agroforestry Syst* 54:71-81.
- Oulad-Ali A, Kirchner V, Lobstein A, Weniger B, Anton R, Guillaume D, Charrouf Z. 1996. Structure elucidation of three triterpene glycosides from the trunk of *Argania spinosa*. *J Nat Prod* 59:193-195.
- Patocka J. 2003. Biologically active pentacyclic triterpenes and their current medicine signification. *J Appl Biomed* 1:7-12.
- Peltier JP, El Aboudi A, Carlier G, Doche B. 1992. Potentiel hydrique et conductance stomatique des feuilles d'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) en début et au cours de la saison sèche dans le Souss (Maroc occidental). *Bull Ecol* 23:5-16.
- Peltier JP, Carlier G, El Aboudi A. 1990. Evolution journalière de l'état hydrique des feuilles d'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels.) sous bioclimat aride à forte influence océanique (plaine du Souss, Maroc). *Acta Oecol* 11(5):643-668.
- Pennington TD. 1991. The Genera of Sapotaceae. Royal Botanic Garden, Kew, Gran Bretaña, 307 p.
- Peñuelas J, Boada M. 2003. A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Glob Change Biol* 9:131-140.
- Person S. 1999. L'arganier de la chèvre. Rapport de stage de l'École Supérieure d'Agronomie Tropicale, Montpellier, Francia.

- Petit RM, El Mousadik A, Pons O. 1998. Identifying populations for conservation on the basis of genetic markers. *Cons Biol* 12(4):844-855.
- Prendergast HDV, Walker CC. 1992. The argan multipurpose tree of Morocco. *The Kew Mag* 9:76-85.
- Quézel P, Barbero M. 1993. Variations climatiques au Sahara et en Afrique sèche depuis le Pliocène : enseignement de la flore et de la végétation actuelles. *Bulletine d'Écologie* 24(2-4):191-202.
- Quézel P, Barbéro M, Benabid A, Rivas-Martínez S. 1995. Les structures de végétation arborées à Acacia sur les revers méridional de l'Anti-Atlas et dans la vallée inférieure du Draa (Maroc). *Phytocoenologia* 25:279-304.
- Rahmani M. 1989. L'huile des argan : un produit alimentaire et diététique de qualité, pp. 74-81. In : Formation forestière continue. Thème l'arganier. Station de Recherche Forestière, Rabat, Marruecos.
- Rahmani M. 2005. Composition chimique de l'huile d'argane « vierge ». *Cahiers Agric* 14(5):461-465.
- Reda Tazi M, Berrichi A, Haloui B. 2003. Esquisse cartographique de l'aire de l'arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels au Maroc nord-oriental. *Bull Inst Sci Rabat sec Sciences de la vie* 25:53-55.
- Rivera D, Ruiz JB. 1987. *Argania spinosa* (L.) Skeels (Sapotaceae) subespontánea en la Península Ibérica. *Anales Jard Bot Madrid* 44(1):173.
- Rojas LB, Quideau S, Pardon P, Charrouf Z. 2005. Colorimetric evaluation of phenolic content and GC-MS characterization of phenolic composition of alimentary and cosmetic Argan oil and press cake. *J Agric Food Chem* 53:9122-9127.
- Samane S, Noël J, Charrouf Z, Amarouch H, Selim Haddad P. 2006. Insulin-sensitizing and anti-proliferative effects of *Argania spinosa* seed extracts. *eCAM* 3(3):317-327.
- Sánchez RM, Gómez AG, Peinado E, Mata C, Domenech V. 1992. Browsing of some shrub species by goats. *Terra Árida* 11:21-25.
- Seidemann J. 2007. Argan oil. *Z Phytother* 28(6):272-278.
- Stussi I, Henry F, Moser P, Danoux L, Jeanmaire C, Gillon V, Benoit I, Charrouf Z. 2005. *Argania spinosa*-how ecological farming, air trade and sustainability can drive the research for new cosmetic ingredients. *SOFW J* 131:46-58.
- Swenson U, Anderberg AA. 2005. Phylogeny, character evolution, and classification of Sapotaceae (Ericales). *Cladistics* 21:101-130.
- Tahrouch S, Andary C, Rapior S, Mondolot L, Gargadennec A, Fruchier A. 2000. Polyphenol investigation of *Argania spinosa* (Sapotaceae) endemic tree from Morocco. *Acta Bot Gallica* 147:225-232.
- Tahrouch S, Rapior S, Bessière JM, Andary C. 1998. Les substances volatiles de *Argania spinosa* (Sapotaceae). *Acta Bot Gallica* 145:259-263.
- Travis J, Lybbert J, Barrett BC, Narjisse H. 2002. Marked-based conservation and local benefits: the case of argan oil in Morocco. *Ecol Econ* 41:125-144.
- Tregubov V. 1963. Étude des groupements végétaux du Maroc Oriental. *Bull Mus Hist Nat Marseille* 23:121-194.
- Villaseñor IM, Domingo P. 2000. Anticarcinogenicity potential of spinasterol isolated from squash flowers. *Teratogen. Carcinogen Mutagen* 20:99-105.
- Yagmur A, Aserin A, Garti N, Mizrahi Y, Nerd A. 2001. Evaluation of Argan oil for deep-fat frying. *Food Sci Technol* 34: 124-130.
- Yagmur A, Aserin A, Mizrahi Y, Nerd A, Garti N. 1999. Argan oil-in-water emulsions: preparation and stabilization. *J Am Oil Chem Soc* 76:15-18.
- Zahidi A, Bani-Aameur F. 1997. Germination des amandes d'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels): effet du génotype, de la date de semis et de l'année de récolte. *Ann Rech For Maroc* 30:2-16.

