

## SUMARIO

- 
- 3 Editorial
- 
- 5-10 Evaluación de un preparado de *Coriolus versicolor* en pacientes con lesiones cervicales por papilomavirus  
Assessment of *Coriolus versicolor* in patients with cervix lesions caused by human papillomavirus  
José Silva Couto, Ligia Salgueiro
- 
- 13-20 *Helichrysum italicum*, una planta mediterránea con potencial terapéutico  
*Helichrysum italicum*, a mediterranean plant with therapeutic potential  
José Luis Ríos
- 
- 21-28 Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón): composición química y propiedades farmacológicas  
Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón): chemical constituents and pharmacological effects  
María Paola Castaño Corredor
- 
- 29-34 Nicolás Monardes (1493?-1580): el introductor de la flora medicinal americana en Europa  
Nicolás Monardes (1493?-1580): the introducer of the American medicinal flora in Europe  
Xavier Lozoya
- 
- 37-42 El Libro Blanco sobre el papel de la Fitoterapia en el tratamiento de la menopausia en España  
The White Book on the role of Phytotherapy in the treatment of menopause in Spain  
Javier Haya, Salvador Cañigüeral
- 
- 43-48 Algunas reflexiones sobre cuestiones de seguridad de los productos fitoterápicos chinos  
Some thoughts on the safety issues relating to Chinese herbal products  
Dan Bensky, Erich Stöger
- 
- 49-57 Estudio toxicológico y farmacológico de los extractos hidroalcohólicos de algunas especies de *Smilax* de Centroamérica  
Toxicological and pharmacological study of the hidroalcoholic extracts of some species of *Smilax* from Central America  
Mildred García-González, Cecilia Díaz, Róger Villalobos
- 
- 59-64 Comercialización de productos elaborados a partir de plantas aromáticas y medicinales de cultivo ecológico en Cataluña  
Marketing of products made from organically grown medicinal and aromatic plants in Catalonia  
Joan Muntané i Raich, Eva Moré i Palos
- 
- 67-74 Comunicaciones breves  
Short communications
- 
- 75-81 Hemeroteca  
Ester Risco Rodríguez
- 
- 83-84 Biblioteca
- 
- 85-87 Reseña de congresos
- 
- 89 Sociedad Española de Fitoterapia
- 
- 90 Asociación Mexicana de Fitoterapia
- 
- 91-92 Instrucciones para los autores



FIGURA 1. Coloración externa de la raíz de maca. Foto: M<sup>a</sup> Paola Castaño.

### **Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón): chemical constituents and pharmacological effects**

#### **Abstract**

Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón) is an annual herb native to the Peruvian Central Andes. It was a staple product for Incas due to its high nutritional value and medicinal uses, mainly as an aphrodisiac and to enhance sexual drive and fertility, and to increase vitality. Among the chemical constituents of maca root that have been related with the biological activity, there are fatty acids (macaene) and their corresponding amides (macamides), glucosinolates, alkaloids (lepidilines A and B, macaridine), sterols, (1R, 3S)-1-methyltetrahydro- $\beta$ -carboline-3-carboxylic acid and polyphenols. The enhancement of fertility and the improvement of the sexual performance have been confirmed as activities of maca in animal models or in humans. Additionally, today, antioxidant, cytostatic, antitumoral and antihypoglycemic properties have also been suggested for maca root. This paper reviews the main studies on maca, aimed to prove their pharmacological effects and the compounds responsible of them.

#### **Keywords**

Maca, *Lepidium peruvianum* Chacón, Brassicaceae, *Lepidium meyenii* Walp, pharmacological actions.

## **Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón): composición química y propiedades farmacológicas**

María Paola Castaño Corredor

Fundación Instituto Suramericano de Plantas Medicinales (FISPLAME). Bogotá (Colombia)

#### **Resumen**

La maca (*Lepidium peruvianum* Chacón) es una planta herbácea anual originaria de los Andes Centrales del Perú. Fue un producto valioso para los Incas no sólo por su alto valor nutricional sino por su uso medicinal, especialmente como revitalizante, afrodisiaco y potenciador de la fertilidad. Entre los constituyentes químicos de la maca que se han relacionado con su actividad, destacan: ácidos grasos (macaeno) y sus correspondientes amidas (macamidas), glucosinolatos, alcaloides (lepidilinas A y B, macaridina), esteroides, ácido (1R, 3S)-1-metil-tetrahydro- $\beta$ -carbolin-3-carboxílico y polifenoles. Entre las actividades confirmadas en animales o en humanos, cabe mencionar el aumento de la fertilidad y la mejora de la actividad sexual. Además, actualmente se le han atribuido otras actividades como citostática y antitumoral, antioxidante e antihipoglucemiante. En este artículo se hace una recopilación de los principales estudios que se han desarrollado sobre la raíz de maca para comprobar sus acciones farmacológicas y conocer los compuestos responsables de las mismas.

#### **Palabras clave**

Maca, *Lepidium peruvianum* Chacón, Brasicáceas, *Lepidium meyenii* Walp, acción farmacológica.

## Introducción

La maca (*Lepidium peruvianum* Chacón), es originaria de los Andes Centrales del Perú y se cultiva en regiones con altitudes excepcionales que comprenden desde los 3.800 a los 4.800 m, en condiciones ambientales extremas debido a las bajas temperaturas, heladas, granizadas y sequías. Perteneciente a la familia de las Brassicáceas (Crucíferas) y es considerada como la única especie del género *Lepidium* domesticada en los Andes, cuyos primeros cultivos se iniciaron hacia los 3.800 años a.C.<sup>(1)</sup>. El nombre científico *Lepidium meyenii* Walp se ha venido usando para referirse a la maca, sin embargo en 1989 la doctora Gloria Chacón encontró que no había correspondencia entre los caracteres botánicos de la especie cultivada tradicionalmente en los Andes centrales peruanos y las características de *Lepidium meyenii* Walp, razón por la cual fundamentó la necesidad del cambio del nombre científico de *Lepidium meyenii* Walp al de *Lepidium peruvianum* Chacón.

La maca es una planta herbácea anual, su raíz tuberosa es la parte comestible y varía considerablemente de planta a planta en cuanto a su tamaño y color (FIGURAS 1 Y 2). Se encuentran raíces muy grandes, de hasta 6,5 cm de diámetro mayor y 9 cm de largo, y otras muy pequeñas, de 0,6 cm de diámetro y 1 cm de largo. Por lo que se refiere al color, se conocen diversas variedades de raíz de maca: blanca, amarilla, roja y negra.

La maca fue un producto valioso para los incas no solo por su alto valor nutricional sino por su uso medicinal, siendo utilizado especialmente como revitalizante, afrodisíaco, potenciador de la actividad sexual y la fertilidad, razón por la cual esta planta se hallaba en la categoría de las mágicas dentro de los ritos que los Incas y sus descendientes realizaban. Actualmente se le han atribuido actividades como citostática y antitumoral, antioxidante y antihipoglucemiante, entre otras<sup>(1, 2)</sup>.

La labor de investigación de esta especie se inició en 1961 y su divulgación atrajo el interés de investigadores internacionales, que con ayuda del avance en la instrumentación analítica ha permitido la detección e identificación de varios compuestos químicos a los que se les atribuyen las propiedades farmacológicas. Como consecuencia de estos estudios se han incrementado los cultivos de esta especie y se han desarrollado a nivel industrial diferentes preparaciones como harina, cápsulas y tabletas, que tienen gran acogida.

## Análisis nutricional

Desde los años 1960 hasta la fecha, se han elaborado varios análisis bromatológicos de la maca y se ha comprobado su alto valor nutricional por tener presentes macro y micronutrientes en concentraciones elevadas. Debido a que los datos revisados varían bastante de estudio a estudio posiblemente por las características del material vegetal (lugar de recolección, fertilización de la tierra, color etc), se presentan en la TABLA 1 los rangos de valores presentes en la raíz de maca seca, teniendo en cuenta los estudios más recientes<sup>(3-5)</sup>.

Estos valores nos indican que el contenido nutricional de la raíz seca de maca es alto, si se compara con otras hortalizas como la zanahoria, el rábano y el nabo, entre otras. De los 18 aminoácidos encontrados en la raíz de la maca, 7 son aminoácidos esenciales y se encuentran en concentraciones superiores a los de otras raíces y tubérculos y son cercanas a las encontradas en la leche humana, leche de vaca, carne de vaca, huevo y pescado<sup>(6)</sup>.

Los minerales también son abundantes en el polvo de raíz de maca (TABLA 2) con altas concentraciones de potasio, así como de calcio y hierro.

En la maca se han encontrado vitaminas en altas concentraciones, especialmente niacina y en menor proporción tiamina, riboflavina y vitamina C.

Estos análisis dan a conocer el alto valor nutricional de la maca comparado con otros alimentos de consumo cotidiano como la patata y la zanahoria, razón por la cual es ampliamente utilizada como suplemento alimenticio.

## Actividad biológica de la maca

En medicina tradicional peruana, la maca es recomendada para el tratamiento de la anemia, la tuberculosis, el cáncer de estómago, el síndrome de fatiga crónica, la pérdida de la memoria, los desórdenes menstruales, los síntomas de la menopausia, impotencia y disfunción sexual, entre otras enfer-

Componentes	Porcentaje
Proteínas	8,87 - 11,60 %
Lípidos	1,09 - 2,20 %
Carbohidratos	54,60 - 60,00 %
Fibra	8,23 - 9,08 %
Cenizas	4,90 - 5,00 %

TABLA 1. Análisis bromatológico de la raíz seca de maca.

Componentes	mg/100g de materia seca
Hierro	16,6
Manganeso	0,8
Cobre	5,9
Zinc	3,8
Sodio	18,7
Potasio	2.050,0
Calcio	250,0

TABLA 2. Minerales presentes en la raíz de maca

medades <sup>(1)</sup>. Sin embargo, la comunidad científica internacional volcó su mirada hacia esta planta sólo a partir del año 1961, gracias a los trabajos iniciados por Chacón con su tesis de grado "Estudio fitoquímico de *Lepidium meyenii* Walpers" <sup>(7)</sup>.

#### Aumento de la fertilidad

Varios estudios tanto en animales como en humanos se han llevado a cabo para demostrar científicamente la acción de la maca sobre la fertilidad. Recientes trabajos indican que la administración de maca a ratas macho previene la reducción del peso corporal así como la disminución en los recuentos espermáticos epididimarios inducidos por la altura <sup>(8)</sup> e igualmente incrementa la espermatogénesis <sup>(2, 9, 10)</sup>. En cuanto a la acción sobre el sistema reproductivo en hembras se estudió el efecto del extracto acuoso de maca en ratas en edad de reproducción, encontrando que no hay incremento en la implantación después de la administración oral de 1 g/kg del liofilizado del extracto acuoso de maca amarilla; aunque las ratas que recibieron la maca parieron mayor número de crías que el grupo control. <sup>(11)</sup>

Adicionalmente se han realizado trabajos en otras especies de animales como carneros encontrándose que la administración de maca tiene un efecto significativo en el volumen de semen eyaculado, así como sobre la concentración espermática y la motilidad de los espermatozoides en los animales tratados. Igualmente estudios en cobayas han demostrado que la ingesta de maca produjo un mayor número de crías y menor porcentaje de mortalidad <sup>(1)</sup>.

Ensayos en humanos han mostrado tener los mismos efectos que en los animales, presentando aumento del volumen seminal y de la cantidad de esperma por eyaculación, aumento en el recuento de espermatozoides móviles y de la motilidad espermática tras la ingesta de maca durante cuatro

meses. Sin embargo, hasta el momento el mecanismo no ha sido elucidado, dado que se ha demostrado que la ingesta de maca no influye en los niveles de hormonas séricas como la luteinizante (LH), hormona foliculo estimulante (FSH), prolactina, testosterona y estradiol <sup>(1, 12, 13)</sup>.

#### Efecto sobre la actividad sexual

Dentro de la región andina, la creencia de que la maca es un producto afrodisíaco está fuertemente arraigada. Modelos en ratones y ratas han sido usados para evaluar la validez de este efecto. Se ha comprobado que la administración oral de extractos de maca mejora el funcionamiento copulatorio de ratas y ratones no experimentados sexualmente <sup>(14)</sup>. Adicionalmente se demostró que la administración oral de extracto lipídico purificado mejora la función sexual en ratas y ratones, comprobándose por el incremento en el número de introducciones completas y el número de hembras esperma-positivas en ratones normales y la disminución del periodo de latencia de erección en las ratas macho, con lo que concluyen que la maca tiene una acción afrodisíaca <sup>(15)</sup>.

En otro estudio se investigó el efecto del tratamiento oral durante 5 días de los extractos hexánico, metanólico y clorofórmico en la actividad sexual de ratas macho no experimentadas. Los investigadores encontraron que la administración oral subaguda del extracto hexánico de maca es el más eficaz en la mejora de la función sexual <sup>(16)</sup>.

Un estudio en humanos evaluó durante 12 semanas el deseo sexual de 57 varones tratados con maca. Se realizó una autoevaluación con base en preguntas acerca si el tratamiento había cambiado su deseo sexual a las 4, 8 y 12 semanas de tratamiento. Los autores refieren que hubo una mejora del deseo sexual a las 8 y 12 semanas de tratamiento y que este efecto no fue debido ni a una reducción de la depresión o ansiedad ni a un aumento de los niveles de testosterona sérica o estradiol, por lo que sugiere que la maca tiene un mecanismo diferente de incrementar el deseo sexual <sup>(1, 17)</sup>.

En búsqueda de la confirmación bioquímica sobre la correlación entre el consumo de maca y los efectos en la función sexual, se desarrolló una investigación para determinar si diferentes extractos de maca (metanólico, etanólico, hexánico y clorofórmico) tenían acción sobre receptores de andrógenos, llegando a la conclusión que la maca no actúa mediante este mecanismo <sup>(13)</sup>.

### Acciones citostática y antitumoral

Varias investigaciones han comprobado que la ingesta de vegetales de la familia de las Brassicáceas reduce el riesgo de cáncer de próstata <sup>(18)</sup> y la maca parece no ser la excepción. En el año 2005 se demostró que la maca roja reduce el peso de la próstata en ratas macho tratadas con enantato de testosterona <sup>(19)</sup> y en un trabajo reciente se determinó el efecto dosis-respuesta de un extracto acuoso de maca roja en el tamaño de la próstata comparándolo con un medicamento de uso corriente para esta patología (Finasteride). Los investigadores comprobaron una vez más que la maca roja reduce el peso de la próstata en ratas macho adultas con hiperplasia prostática benigna inducida y determinaron que dosis de 0,1 g/kg y 0,5 g/kg de peso corporal, producen una reducción en el peso de la próstata significativamente mayor que el Finasteride, sin variación de los niveles de testosterona en sangre <sup>(2, 20)</sup>.

En el año 2002 se desarrolló un estudio para determinar la actividad antioxidante de la raíz de maca mediante la valoración de su capacidad para inhibir radicales libres y proteger las células del estrés oxidativo. Se encontró que la maca contiene componentes que tienen la habilidad de inhibir el peroxinitrito, el cual es producido fisiológicamente en inflamaciones crónicas y ocasiona daño por oxidación en el DNA de las células. Igualmente se demostró que la maca contiene compuestos solubles en agua que pueden contribuir a la descomposición de radicales peróxido producidos en los estados de inflamación y de esta forma ejercer un efecto citoprotector <sup>(21)</sup>.

### Efecto energizante y antiestrés

Algunos estudios han demostrado que la maca puede reducir los efectos del estrés, incluyendo el incremento de corticosterona y los parámetros relacionados con el mismo, como el tamaño de las glándulas suprarrenales y las úlceras inducidas por estrés y suprimir la disminución de los niveles de ácidos grasos libres y glucosa en plasma. El polvo de maca ha mostrado también efecto antifatiga e incremento en la movilidad en pruebas de nado forzado en ratones <sup>(22, 23)</sup>.

La maca contiene abundantes proteínas, ácidos grasos insaturados y minerales. Se cree que su alto valor nutricional es el que contribuye a la vitalidad y combate el cansancio; sin embargo el mecanismo



FIGURA 2. Diversas variedades de maca. Foto: M<sup>a</sup> Paola Castaño.

por el cual la maca combate el estrés no ha sido dilucidado <sup>(23)</sup>.

### Acción en la pre y posmenopausia

La menopausia está relacionada con reducción de las concentraciones de las hormonas sexuales femeninas. Una de las consecuencias de esto es la reducción de la densidad mineral ósea. Se ha encontrado que la maca ayuda a regular esta deficiencia y ha sido usada para el tratamiento de los síntomas de la menopausia en mujeres.

Estudios en ratas ovariectomizadas han mostrado que la maca incrementa significativamente el contenido de calcio en el fémur <sup>(24)</sup> y que su mecanismo es diferente a la terapia de reemplazo hormonal.

Trabajos previos publicados en Perú indican que el uso de la maca en pacientes posmenopáusicas constituye un tratamiento eficaz para el manejo del cuadro clínico, disminuyendo ligeramente los niveles de lípidos y alterando levemente los niveles hormonales <sup>(1)</sup>.

### Compuestos responsables de la actividad biológica de la maca

En la última década los científicos han centrado su interés en la identificación de los compuestos activos presentes en la maca y su mecanismo de acción con el fin de corroborar las diversas actividades que se le han atribuido.

Se han planteado diferentes hipótesis en cuanto a la responsabilidad de los compuestos en su actividad biológica. Algunos investigadores plantean que se deben a su alto valor nutricional, mientras que otros lo atribuyen a otros compuestos encontrados como los ácidos grasos insaturados, glucosinolatos, alcaloides o esteroides, entre otros.

### Macaenos y macamidas

Se denominan macaenos y macamidas a ciertos ácidos grasos poliinsaturados y sus correspondientes amidas presentes en la raíz de maca. Algunos autores sugieren que este grupo de compuestos son biológicamente activos y participan en la mejora de la actividad sexual <sup>(15)</sup>. El contenido de estos compuestos varía considerablemente en diferentes muestras de maca. En maca seca, el contenido de macaenos oscila entre 0,09% y 0,45% y el de macamidas entre 0,06 % y 0,52%. Un macaeno (ácido 5-oxo-(6E, 8E)-octadienoico) (FIGURA 3) y 16 macamidas (listados en la TABLA 3) han sido encontrados hasta el momento <sup>(25, 26)</sup>.

### Glucosinolatos

Los glucosinolatos o heterósidos sulfocianogénéticos son heterósidos azufrados que se biosintetizan a partir de diversos aminoácidos, lo que da lugar a diferentes estructuras químicas. El enlace hete-

rosídico se produce en este caso entre la función reductora del azúcar y un grupo tiol (FIGURA 4).

Los glucosinolatos, presentes principalmente en la familia Brassicáceas (coliflor, brócoli, coles, coles de Bruselas, nabos y mostaza), están situados dentro de las vacuolas y cuando estas se rompen son liberados e hidrolizados rápidamente por un conjunto de enzimas que se conocen con el nombre de mirosinasas, razón por la cual los productos de maca procesados tienen menor cantidad de glucosinolatos que la raíz de maca fresca.

En la maca se han encontrado nueve glucosinolatos, la mayoría de los cuales contienen núcleos aromáticos (FIGURA 4) <sup>(23, 27, 28)</sup>. El contenido de glucosinolatos en la maca fresca es aproximadamente 100 veces mayor que el encontrado en otras especies de la familia brassicáceas como el repollo, coliflor y brócoli <sup>(29)</sup>; sin embargo hay una variación significativa en el contenido de glucosinolatos en la maca proveniente de diferentes cultivos dado que el meta-

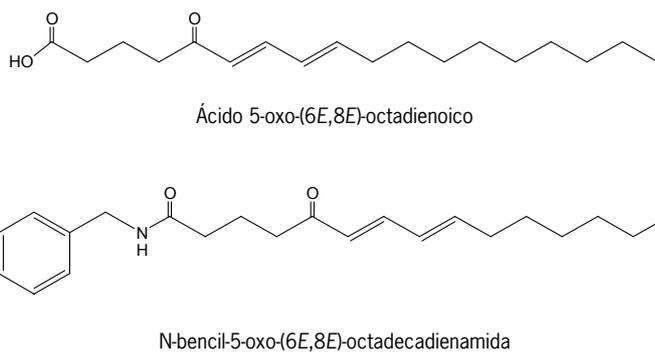


FIGURA 3. Estructura del macaeno y su correspondiente macamida.

N-Bencil-pentadecanamida	N-(3-Metoxibencil)-9Z-octadecanamida
N-Bencil-hexadecanamida	N-Bencil-(15Z)-tetracosenamida
N-(3-metoxibencil)-hexadecanamida	N-Bencil-9-oxo-(12Z)-octadecenamida
N-Bencil-heptadecanamida	N-Bencil-9-oxo-(12Z,15Z)-octadecadienamida
N-Bencil-octadecanamida	N-Bencil-(9Z,12Z)-octadecadienamida
N-Bencil-13-oxo-(9E,11E)-octadecadienamida	N-(3-Metoxibencil)-(9Z-12Z)-octadecadienamida
N-Bencil-5-oxo-(6E,8E)-octadecadienamida	N-Bencil-(9Z,12Z,15Z)-octadecatrienamida
N-Bencil-(9Z)-octadecenamida	N-(3-Metoxibencil)-(9Z,12Z,15Z)-octadecatrienamida

TABLA 3. Macamidas presentes en la maca

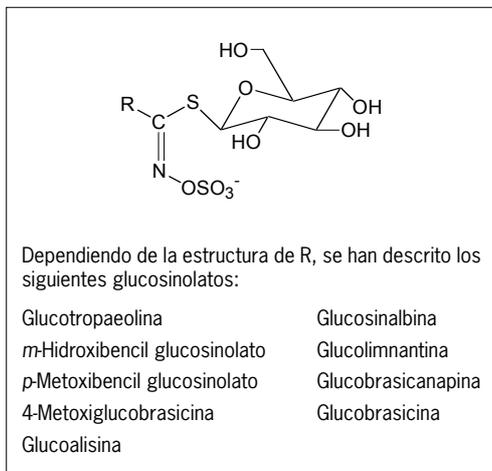


FIGURA 4. Glucosinolatos descritos en la maca.

bolismo de las plantas para formar estos compuestos se ve afectado por las condiciones climáticas y la fertilización del suelo como se ha demostrado en otros vegetales de la familia *Brassicáceas* <sup>(30)</sup>.

Si bien, estudios en otras especies de la familia *Brassicáceas* han demostrado el alto contenido de glucosinolatos y su acción anticancerígena <sup>(20-31)</sup> y antibiótica <sup>(18)</sup>, en la maca no se ha comprobado realmente si los glucosinolatos presentes tienen actividad contra un determinado tipo de células cancerosas ni la acción específica de estos compuestos <sup>(2)</sup>.

#### Alcaloides

De la raíz de maca se han aislado tres alcaloides: dos de tipo imidazólico, denominados lepidilina A y lepidilina B y un derivado de la dihidropiridina, denominado macaridina (FIGURA 5) <sup>(25, 32)</sup>.

Algunos autores han propuesto que los alcaloides presentes en la maca pueden contribuir a la actividad anticancerígena <sup>(32)</sup>, mientras que otros atribuyen a estos compuestos la actividad estimulante del sistema reproductor en ratas <sup>(7)</sup>. Hasta el momento no se ha llevado a cabo un estudio que permita establecer la acción farmacológica de los alcaloides presentes en la maca, los cuales por su naturaleza variada, pueden tener acciones diversas.

#### Esteroles

Cinco fitoesteroles han sido aislados de la maca:  $\beta$ -sitosterol, campesterol, brasicasterol, estigmasterol y ergosterol <sup>(3, 15, 22)</sup>.

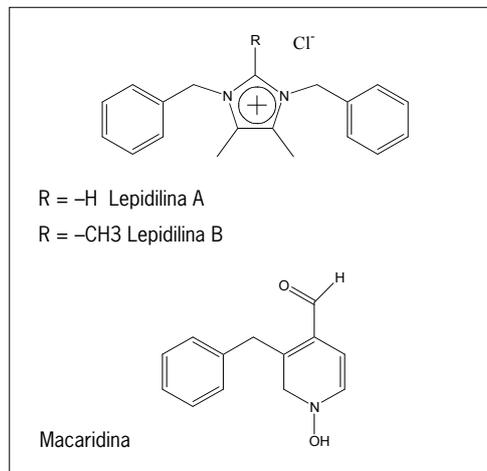


FIGURA 5. Alcaloides descritos en la raíz de maca.

Algunos autores sugieren que estos compuestos pueden contribuir a la acción sobre la fertilidad y la acción anticancerígena de la maca, sin embargo no se ha comprobado hasta el momento.

#### Otros compuestos

Otro compuesto identificado en maca es el ácido (1*R*, 3*S*)-1-metil-tetrahydro- $\beta$ -carbolin-3-carboxílico (FIGURA 6), el cual fue propuesto como inhibidor de la enzima monoaminoxidasa (MAO) y por lo tanto con propiedades neuroactivas <sup>(28)</sup>. En una investigación reciente <sup>(33)</sup> se evaluó el efecto del extracto acuoso e hidroalcohólico de la maca negra en la mejora de la memoria y el aprendizaje en ratones con alteración de la memoria inducida por escopolamina y se demostró la efectividad de estos extractos se produce mediante la inhibición de la actividad de la acetilcolinesterasa y no de la actividad de la MAO, lo que indica que el ácido (1*R*, 3*S*)-1-metil-tetrahydro- $\beta$ -carbolin-3-carboxílico no tiene actividad sobre la enzima MAO como se había propuesto inicialmente.

Los compuestos presentes en maca negra relacionados con el efecto neuroprotector no han sido identificados hasta el momento; sin embargo, se ha sugerido que el efecto de la maca negra en el aprendizaje y la memoria se puede deber a la presencia de compuestos polifenólicos como la quercetina y antocianinas presentes en la raíz <sup>(34, 35)</sup>.

En el trabajo desarrollado por Sandoval *et al.* en 2002 <sup>(21)</sup> se encontró la presencia de catequinas

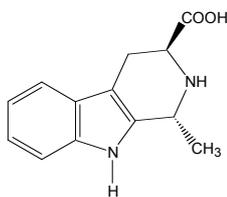


FIGURA 6. Ácido (1R, 3S)-1-metil-tetrahidro-β-carbolin-3-carboxílico.

como el galato de epigalocatequina, epigalocatequina, catequina y el galato de epicatequina, compuestos presentes en altas concentraciones en el té verde, a los que se les ha atribuido una capacidad antioxidante potente.

### Toxicidad

En un estudio realizado en ratas a las que se les administró maca en una dosis oral diez veces mayor que la dosis de consumo normal en humanos, no se encontró diferencia en el peso corporal ni de los órganos comparado con las ratas del grupo control<sup>(34)</sup>, lo que da un indicio de la baja toxicidad de este producto. En otro estudio se evaluó el efecto del extracto liofilizado de maca (administrado a ratas preñadas) en el desarrollo de los embriones preimplantacionales de ratones y se encontró que no se afecta el desarrollo normal, ni la viabilidad de los embriones, sino que por el contrario, puede favorecer el desarrollo de los mismos<sup>(36)</sup>.

Aunque estos resultados en unión a su consumo tradicional, son un indicio de que la maca no es tóxica en las concentraciones de consumo normal, es necesario realizar otras investigaciones que conduzcan a determinar la toxicidad en humanos, principalmente en niños y adolescentes y la dosis adecuada de administración para obtener la acción farmacológica esperada.

### Conclusiones

En la última década se ha incrementado considerablemente el estudio de la maca, sin embargo todavía queda mucho trabajo por realizar en cuanto a estudios clínicos, químicos y farmacológicos para determinar la composición de esta raíz, su actividad biológica, los mecanismos de acción y la seguridad y los riesgos de su consumo.

Si bien se han realizado estudios de la acción de diferentes extractos de maca encontrándose mayor actividad biológica en unos que en otros, como el

caso del extracto metanólico como antioxidante<sup>(29)</sup>, el extracto acuoso e hidroalcohólico de la maca negra en el mejoramiento de la memoria<sup>(33)</sup>, el extracto hexanoico en el mejoramiento de la actividad sexual<sup>(16)</sup> entre otros; se requieren mayores esfuerzos para identificar los compuestos presentes en estos extractos y así determinar si es la acción de algunos compuestos presentes o la sinergia de varios compuestos presente responsable de las diferentes actividades biológicas.

Dado que existe evidencia de la variación en la composición química y por ende en la actividad biológica entre la maca de diferentes colores y cultivos<sup>(37)</sup>, es de gran importancia enfocar los esfuerzos en cuantificar estas variaciones y de esta forma generar información que permita estandarizar la calidad de los productos realizados a partir de esta raíz que tanta demanda está teniendo en el mercado internacional.

### Dirección de contacto

María Paola Castaño Corredor  
Calle 65 N° 11-47 ofc 402  
Bogotá (Colombia)  
e-mail: pcastano@fisplame.org

### Referencias bibliográficas

1. Obregón LE, Rentería I. M, Rentería EP. Maca. Planta de los Incas, maravilla de la ciencia. Lima: Instituto de Fitoterapia Americano; 2006.
2. Gasco M, Villegas L, Yucra S, Rubio J, Gonzales GF. Dose-response effect of Red Maca (*Lepidium meyenii*) on benign prostatic hyperplasia induced by testosterone enanthate. *Phytomedicine* 2007; 14: 460-464.
3. Dini A, Migliuolo G, Rastrelli L, Saturnine P, Schettino O. Chemical Composition of *Lepidium meyenii*. *Food Chemistry*. 1994, 49: 347-349.4. Yu LJ, Jin WW. Study on nutritional components and the anti-fatigue effects of dry powder of maca (*Lepidium meyenii*). *Food Science* 2004; 25: 164-166.
5. Valentová K, Buckiová D, Křen V, Pěkníková J, Ulrichová J, Simánek V. The in vitro biological activity of *Lepidium meyenii* extracts. *Cell Biology and Toxicology* 2006; 22: 91-99.
6. Monteghirfo GM. Caracterización bioquímica de las proteínas de las raíces de tres ecotipos de maca (*Lepidium peruvianum* G. Chacón) procedentes de Junin. Tesis para optar al título Profesional de Biólogo con mención en genética. Escuela Académico profesional de Ciencias Biológicas. 2006.
7. Chacón G. Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón) Planta milenaria del Perú, con propiedades altamente nutricional y medicinal. 1ª edición. Lima; 2001.
8. Gonzales GF, Gasco M, Córdova A, Cheng A, Rubio J, Villegas L. Effect of *Lepidium meyenii* (maca) on spermatogenesis in male rats acutely exposed to high altitude (4340 m). *Journal of Endocrinology* 2004; 180: 87-95.



9. Chung F, Rubio J, Gonzales C, Gasco M, Gonzales GF. Dose-response effects of *Lepidium meyenii* (Maca) aqueous extract on testicular function and weight of different organs in adult rats. *Journal of Ethnopharmacology* 2005; 98: 143-147.
10. Rubio J, Riqueros M. I, Gasco M, Yucra S, Miranda S, Gonzales GF. *Lepidium meyenii* (Maca) reversed the lead acetate induced – Damage on reproductive function in male rats. *Food and Chemical Toxicology* 2006; 44: 1114-1122.
11. Ruiz-Luna AC, Salazar S, Aspajo NJ, Rubio J, Gasco M, Gonzales FG. *Lepidium meyenii* (Maca) increases litter size in normal adult female mice. *Reproductive Biology and Endocrinology* 2005; 3:16.
12. Gonzales C, Rubio J, Gasco M, Nieto J, Yucra S, Gonzales GF. Effect of short-term and long treatments with three ecotypes of *Lepidium meyenii* (MACA) on spermatogenesis in rats. *Journal of Ethnopharmacology* 2006; 103: 448-454.
13. Bogani P, Simonini F, Iriti M, Rossoni M, Faoro F, Poletti A, Visioli F. *Lepidium meyenii* (Maca) does not exert direct androgenic activities. *Journal of Ethnopharmacology* 2006; 104: 415-417.
14. Cicero A. F. G, Bandieri E, Arletti R. *Lepidium meyenii* Walp. Improves sexual behavior in male rats independently from its action on spontaneous locomotor activity. *Journal of Ethnopharmacology* 2001; 75: 225-229.
15. Zheng BL, He K, Kim CH, Rogers L, Shao Y, Huang Z. Y. Effect of lipidic extract from *Lepidium meyenii* on sexual behavior in mice and rats. *Urology* 2000; 55: 598-602.
16. Cicero AFG, Piacente S, Plaza A, Sala E, Arletti R, Pizza C. Hexanic maca extract improves rat sexual performance more effectively than methanolic and chloroformic Maca extracts. *Andrologia* 2002, 34: 177-179.
17. Gonzales GF, Cordova A, Vega K, Cheng A, Villena A, Castillo S. Effect of *Lepidium meyenii* (maca) on sexual desire and its absent relationship with serum testosterone levels in adult healthy men. *Andrologia* 2002; 34: 367-372.
18. Claus J. A scent of therapy: pharmacological implications of natural products containing redox-active sulfur atoms. *Natural Products Reports* 2006, 23: 851-863.
19. Gonzales GF, Miranda S, Nieto J, Fernández G, Yucra S, Rubio J, Yí P, Gasco. Red maca (*Lepidium meyenii*) reduced prostate size in rats. *Reproductive Biology and Endocrinology* 2005; 3:5.
20. Nastruzzi C, Cortesi R, Esposito E, Menegatti E, Leoni O, lori R, Palmieri S. In Vitro Cytotoxic Activity of Some Glucosinolate-Derived Products Generated by Myrosinase Hydrolysis. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 1996; 44: 1014-1021.
21. Sandoval M, Okuhama NN, Angeles FM, Melchor VV, Condezo LA, Lao J, Millar M. Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). *Food Chemistry* 2002; 79: 207-213.
22. Lopez-Fando A, Gómez-Serranillos MP, Lock IO, Upamayt U, Carretero ME. *Lepidium peruvianum* Chacón restores homeostasis impaired by restraint stress. *Phytotherapy Research* 2004; 18: 471-474.
23. Wang Y, Wang Y, McNeil B, Harvey LM. Maca: An Andean crop with multi-pharmacological functions. *Food Research International* 2007; 40: 783-792.
24. Zhang YZ, Yu LJ, Ao MZ, Jin WW. Effect of ethanol extract of *Lepidium meyenii* walp. On osteoporosis in ovariectomized rat. *Journal of Ethnopharmacology* 2006; 105: 274-279.
25. Muhammad I, Zhao J, Dumbar DC, Khan IA. Constituents of *Lepidium meyenii* "maca". *Phytochemistry* 2002; 59: 105-110.
26. Zhao J, Muhammad I, Dunbar DCh, Mustafa J, Khan IA. New Alkamides from Maca (*Lepidium meyenii*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2005; 53: 690-693
27. Dini I, Tenore G. C, Dini A. Glucosinolates from Maca (*Lepidium meyenii*). *Biochemical Systematics and Ecology* 2002; 30: 1087-1090.
28. Piacente S, Carbone V, Plaza A, Zampelli A, Pizza C. Investigation of the tuber constituents of maca (*Lepidium meyenii* walp). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2000; 50: 5621-5625.
29. Li G, Ammermann U, Quirós C. F. Glucosinolate contents in maca (*Lepidium peruvianum* chacón) seeds, sprouts, mature plants and several derived commercial products. *Economic Botany* 2001; 55: 255-262.
30. Ciska E, Martyniak-Przybyszewska B, Kozłowska H. Content of glucosinolates in cruciferous vegetables grown at the same site for two under different climatic conditions. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 2000; 48: 2862-2867.
31. Nastruzzi C, Cortesi R, Esposito E, Menegatti E, Leoni O, Lori R, Palmieri S. In Vitro Antiproliferative Activity of Isothiocyanates and Nitriles Generated by Myrosinase-Mediated Hydrolysis of Glucosinolates from Seeds of Cruciferous Vegetables. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 2000; 48: 3572-3575.
32. Cui B, Zheng B, He. K, Zheng QY. Imidazole alkaloids from *Lepidium meyenii*. *Journal of Natural Products* 2003; 66: 1101-1103.
33. Rubio J, Dang H, Gong M, Liu X, Chen S, Gonzales GF. Aqueous and hydroalcoholic extracts of Black Maca (*Lepidium meyenii*) improve scopolamine-induced memory impairment in mice. *Food and Chemical toxicology* 2007; 45: 1882-1890.
34. Valerio I, Gonzales GF. Toxicological Aspects of the south American Herbs Cat's Claw (*Uncaria tomentosa*) and maca (*Lepidium meyenii*) A critical synopsis. *Toxicological Reviews* 2005; 24: 11-35.
35. Lee K, Dabrowski K, Sandoval M, Miller MJS. Activity-guided fractionation of phytochemicals of maca meal, their antioxidant activities and effects on growth, feed utilization, and survival in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Aquaculture* 2005; 244: 293-301.
36. D'Arrigo G, Benavides V, Pino J. Evaluación preliminar del efecto de *Lepidium meyenii* Walp en el desarrollo embrionario de ratón. *Rev Peru Biol* 2004; 11: 103-106.
37. Rubio J, Caldas M, Dávila S, Gasco M, Gonzales GF. Effect of three different cultivars of *Lepidium meyenii* (Maca) on Learning and depression in ovariectomized mice. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 2006, 6:23.