



## ARTÍCULO DE REVISIÓN

### Estudio de la Maca (*Lepidium meyenii* Walp.), cultivo andino con propiedades terapéuticas

Study of Maca (*Lepidium meyenii* Walp.), Andean crop with therapeutic properties

**Gabriel Sifuentes-Penagos, Susan León-Vásquez, Luz María Paucar-Menacho\***

*Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa Av. Universitaria s/n, Urb. Bellamar, Chimbote, Perú*

Recibido 04 marzo 2015. Aceptado 05 abril 2015.

#### Resumen

La maca es un producto originario de los Andes Centrales del Perú, resistente a granizadas, heladas y sequías prolongadas. Se cultiva desde la época incaica en altitudes comprendidas entre los 3800 a 4500 m.s.n.m. Esta planta herbácea, presenta no sólo un alto valor nutricional sino también es valorada por su papel medicinal. Entre los componentes químicos de este cultivo andino que se han relacionado con sus acciones terapéuticas como el aumento de la fertilidad, niveles de energía, acción antioxidante, mejora del deseo sexual y la tasa de crecimiento, destacan: los glucosinolatos, esteroides, ácidos grasos (macaeno) y sus respectivas amidas (macamidas), alcaloides (lepidilinas A y B, macaridina) y polifenoles. El objetivo de este trabajo fue, recopilar las diferentes investigaciones que se han llevado a cabo sobre las propiedades terapéuticas de la maca y los compuestos responsables de las mismas.

**Palabras clave:** *Lepidium meyenii*, acción terapéutica, antioxidante, glucosinolatos, macamidas.

#### Abstract

The maca is a native product of the Central Andes of Peru, it is resistant to hail, to frost and to prolonged droughts. It is cultivated from the Inca period in altitudes between 3800 - 4500 meters above sea level. This herbaceous plant, has not only a high nutritional value, but it is also valued for its medicinal role. Among the chemical components of this andean crop that have been related with therapeutic actions the increasing fertility and the energy levels, the antioxidant actions, the improving sexual desire and the growth rate. There are glucosinolates, sterols, fatty acids (macaene) and their corresponding amides (macamides), alkaloids (lepidilines A and B, macaridine) and polyphenols. This article presents a compilation of the researches that has been performed on the therapeutic properties of maca and its compounds responsible of them.

**Keywords:** *Lepidium meyenii*, therapeutic actions, antioxidant, glucosinolates, macamides.

#### 1. Introducción

La familia de las Crucíferas, presenta 350 géneros y más de 2500 especies repartidas en todo el mundo, entre ellas, la más conocida es 'la maca'. La flora peruana tiene 22, considerando al género *Lepidium* con 13 especies, conservadas en el Herbario del Museo de Historia Nacional Javier Prado, Lima, incluyendo las especies *Lepidium Peruvianum* Chacón oriunda de los Andes Centrales del Perú en la Provincia de Pasco del Departamento de Pasco donde es el único lugar que se cultiva por su clima frío, seco y lluvioso.

La especie *Lepidium meyenii* Walp sin nombre vernacular se encuentra en diferentes países de América, inclusive en el Perú (Chacón, 1997). La maca es consumida desde hace muchos años por sus propiedades especiales (nutritivas y energizantes), (Dini *et al.*, 1994; Quirós y Aliaga, 1997), pues brinda la vitalidad y la fuerza necesaria para realizar sus actividades diarias. En los últimos años se ha tratado a la maca con un valor agregado y muchas personas en el mundo están optando por su consumo ya que es un tónico y un potente revitalizador

\* Autor para correspondencia  
E-mail: [luzpaucar@uns.edu.pe](mailto:luzpaucar@uns.edu.pe) (L.M. Paucar-Menacho)

(Hermann y Bernet, 2009). La maca ha sido utilizada por años en la medicina tradicional para tratar problemas de fertilidad, menopausia y síntomas de reumatismo, si bien es cierto, no hay datos científicos que lo comprueben, la mayoría de investigaciones se han realizado en función de sus propiedades como potenciador sexual (Wang *et al.*, 2007; Cicero *et al.*, 2001; Gonzales *et al.*, 2001; Zheng *et al.*, 2000). Aunque no se ha demostrado en humanos, se han realizado muchas pruebas alentadoras en roedores, a los cuales se les suministró un tratamiento con maca, en donde se determinó un aumento de fertilidad y en la espermatogénesis (Ruiz-Luna *et al.*, 2005; Gonzales *et al.*, 2006).

Un estudio realizado en humanos por Milasius *et al.* (2008), ha demostrado un efecto positivo en la capacidad física y el efecto inmune.

Principalmente este artículo se centra en los componentes químicos de la maca, como mejoradores del rendimiento sexual, la capacidad antioxidante, propiedades antiinflamatorias, y con la capacidad de brindar la energía suficiente para realizar algunas de nuestras actividades. Todas estas propiedades han sido demostradas a través de experimentaciones. Aquí también presentamos propiedades que han sido relacionadas a la maca, como la capacidad de mejorar la fertilidad y los síntomas de la menopausia, esto es atribuido por algunos compuestos presentes en ella que podrían ser la solución a estos problemas, aunque no han sido demostradas experimentalmente se quiere lograr en un futuro que las próximas investigaciones se centren en estas propiedades y demostrar si la maca puede mejorar la calidad de vida de algunas personas.

## 2. Composición de la maca

Las partes comestibles de la planta han sido utilizadas desde hace 2000 años como alimento básico de los pueblos y en los últimos años se ha difundido las propiedades que le dan realce a su valor

nutricional. La composición de la raíz de maca (*Lepidium meyenii* Walp) en polvo deshidratado se puede observar en la tabla 1, donde los carbohidratos están compuestos 23,4% de sacarosa, 1,55% de glucosa, 4,56% de oligosacáridos y 30,4% de polisacáridos (Dini *et al.*, 1994; Valentová *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2007).

**Tabla 1**

Análisis bromatológico de la raíz seca de maca

| Componentes   | Contenido (%) |
|---------------|---------------|
| 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   |

Fuente: Castaño-Corredor (2008).

En la raíz de maca existen 18 o 19 aminoácidos, resaltando que 7 de ellos son esenciales y su contenido es más alta que en las papas y zanahorias. El contenido de ácidos grasos insaturados, como linoleico y oleico es de 52,7% a 60,3% de ácidos grasos totales (Dini *et al.*, 1994; Wang *et al.*, 2007). Los minerales encontrados por 100 g de materia seca de maca destacan: calcio 247 mg, fósforo 183 mg y hierro 14,7 mg (García *et al.*, 2009).

## 3. Compuestos activos presentes en la maca responsables de la actividad biológica

Algunos investigadores atribuyen que las raíces de maca contienen varios metabolitos secundarios de interés, incluyendo los macaenos y macamidas, glucosinolatos, alcaloides, ésteres de ácidos grasos y fitoesteroles (Wang *et al.*, 2007; Piacente *et al.*, 2002; Dini *et al.*, 2002).

### 3.1. Macaenos y macamidas

Los macaenos y macamidas pertenecen al grupo de metabolitos secundarios presentes en la raíz de maca. Éstos son ácidos grasos poliinsaturados novedosos ya que se les considera como marcadores químicos

porque no han sido encontrados en otra especie de *Lepidium* e importantes para suplementos dietéticos (Hermann y Bernet, 2009; McCollom *et al.*, 2005; Zhao *et al.*, 2005; Ganzera *et al.*, 2002; Muhammad *et al.*, 2002). Se ha planteado que estos dos compuestos macaenos y macamidas son el grupo biológicamente activos de la maca que participan en la mejora del rendimiento sexual (Zheng *et al.*, 2000).

Estudios realizados por Ganzera *et al.* (2002) informa que la composición porcentual de macaeno en una muestra de maca seca varía ente 0,09% hasta 0,45%, y macamidas de 0,06% a 0,52%.

Muhammad *et al.* (2002) encontró el derivado 1,2-dihidro-N-hidroxipiridina, llamado macaridina, junto con las alcaloides benciladas (macamidas). La macaridina se encuentra en los vegetales de raíz, es un alcaloide de los tubérculos del *Lepidium meyenii*.

### 3.2. Glucosinolatos

Los glucosinolatos o heterósidos sulfocianogénicos son los metabolitos secundarios más importantes en la maca (Jones, 2006) y son considerados en gran parte responsables del sabor picante de maca, donde se han aislado nueve tipos de éstos metabolitos de los cuales glucotropaeolin es el más abundante, aunque la mayoría son de tipo aromáticos (Flores *et al.*, 2003; Dini *et al.*, 2002; Li *et al.*, 2001). Los científicos han centrado su interés en los glucosinolatos y sus productos derivados, debido a sus actividades biológicas, en particular propiedades anticancerígenas y capacidad para combatir patógenos (Fahey *et al.*, 2001).

Estudios realizados por Li *et al.* (2001) informa que la composición porcentual de glucosinolatos en maca fresca es alrededor de 1 %, que a comparación de cultivos de crucíferas (col, coliflor y brócoli) es, aproximadamente, 100 veces mayor; pero este contenido varía decrecientemente en hipocótilos (parte de la planta que germina de una semilla) de frescos a secos.

Se ha comprobado que el contenido de glucosinolatos se encuentra en menor contenido en las raíces de maca seca y productos procesados, en comparación al tejido y semilla fresca; debido que los glucosinolatos se pueden hidrolizar en presencia de la enzima mirosinasa cuando las células se dañan (Li *et al.*, 2001; Piacente *et al.*, 2002). Otros estudios realizados vincularon la pérdida del contenido de glucosinolatos por la mirosinasa con la pérdida y la disponibilidad de agua, la estructura de la enzima y los factores que condicionaron su actividad. Las mirosinasas están altamente glicosilados con carbohidratos que representa hasta un 20% de su masa molecular (Halkier y Gershenzon, 2006).

Yábar *et al.* (2011) realizaron un estudio sobre el contenido de glucosinolatos analizándose mediante cromatografía líquida de alta resolución y la actividad de la mirosinasa evaluándose en ecotipos amarillo, rojo y negro de la maca durante su pre-cosecha, cosecha y durante el secado después de la cosecha. Para ello identificaron en la cosecha seis glucosinolatos; posteriormente evaluó la concentración para los tres ecotipos aumentando de forma gradual y significativamente durante los 90 días antes de la cosecha y durante los 15-30 días de secado después de la cosecha; esto fue seguido por una importante disminución de la concentración de glucosinolatos durante el periodo de 30-45 días del secado post-cosecha debido a la fluctuaciones de la temperatura atribuyéndose una ruptura celular que se correlacionó con una acción de mirosinasa.

### 3.3. Alcaloides

Los alcaloides forman parte principalmente en la naturaleza del reino vegetal en hojas, semillas, raíces y frutos; pero también se ha encontrado este compuesto en ciertos animales. Dentro de este grupo se han encontrado alrededor de 60 tipos diferentes de alcaloides de acuerdo con sus estructuras básicas. Estudios realizados han aislado tres tipos de alcaloides provenientes de las raíces de maca, de los

cuales: dos alcaloides imidazólicos (A y B) lepidiline (Boaling *et al.*, 2003) y un derivado bencilado de 1,2-dihidro-N-hidroxi-piridina, llamado macaridina (Muhammad *et al.*, 2002).

Muhammad *et al.* (2002) identificaron los constituyentes en los tubérculos de *Lepidium meyenii*, experimento que determinó el derivado bencilado de 1,2-dihidro-N-hidroxi-piridina, llamado macaridina, junto con las alcaloides benciladas (macamidias), N-bencil-5-oxo-6E, 8E-octadecadienamida y N-benzylhexadecanamida, así como el ácido cetooácido y macaeno (5-oxo-6E, 8E-ácido octadecadienoico); mediante la metodología de análisis de espectroscopia de NMR y los compuestos aislados se visualizaron bajo UV.

Los alcaloides no son hormonas ni proteínas, éstos son sustancias nitrogenadas complejas, principios activos de vegetales, gozan de propiedades básicas. Los alcaloides de la maca se combinan con los ácidos dando lugar a la formación de sales de alcaloides, éstos son cristalizables y solubles en el agua. Los alcaloides ejercen acción fisiológica sobre el organismo humano y animal, actúan en muy pequeñas cantidades, provocando efectos notables.

Gracias al estudio de la acción estimulante del extracto alcaloideo de la maca sobre el cerebro y el aparato reproductor femenino y masculino, se puede deducir de acuerdo a éstos análisis que ha habido una acción en la glándula pituitaria, encargada del aumento de peso y aceleración del impulso de la maduración sexual. Los hallazgos histológicos en ratas demuestran una clara y marcada estimulación de la maduración de los folículos en las hembras y en los machos se aprecia un aumento en la cantidad de espermatozoides, en los tubos seminíferos y aumentos de mitosis y espermatogonia. Su efecto sobre animales de laboratorio se ha mostrado positivo como alimentos y como fármaco con efecto benigno sobre la sangre y sistema reproductivo, confirmando así científicamente

la creencia de la población andina de su bondad medicinal en toda la etapa de desarrollo humano y animal (Chacón, 1997). Algunos autores han propuesto que los alcaloides presentes en la maca pueden contribuir a la actividad anticancerígena (Boaling *et al.*, 2003). Hasta el momento no se ha llevado a cabo un estudio que permite establecer la acción farmacológica de los alcaloides presentes en la maca, los cuales por una naturaleza variada, pueden tener acciones diversas.

### 3.4. Esteroles

Zheng *et al.* (2000) y Dini *et al.* (1994) aislaron fitosteroles de maca, que son compuestos bioactivos presente en gran parte de los alimentos vegetales por lo que se han informado más de 200 tipos diferentes, entre ellos  $\beta$ -sitosterol, campesterol y estigmasterol como lo más abundantes. Se han planteado beneficios de los esteroides en maca no sólo como reductor de colesterol en plasma, sino para: prevenir problemas menopáusicos, mejorar las posibilidades de fertilidad, propiedades antiinflamatorias y antioxidantes (Lagarda *et al.*, 2006).

## 4. Actividades biológicas de la maca

### 4.1. Acción antioxidante

Los antioxidantes ayudan a neutralizar los radicales libres (causantes del cáncer, enfermedades cardiovasculares y la diabetes) presentes en la sangre, actuando como captadores de oxígeno y no mostrando efectos secundarios tóxicos (Lemus-Moncada *et al.*, 2012). La raíz de maca contiene alto componente de valor nutricional, como la proteína (10-18%), hidratos de carbono (59-76%), así como un elevado número de aminoácidos libres y contenidos considerable de minerales (Dini *et al.*, 1994).

Zhaa *et al.* (2014) realizaron un estudio sobre la actividad antioxidante de los polisacáridos de maca (*Lepidium meyenii*). Para ello, primero separaron los polisacáridos solubles en agua del extracto acuoso de maca, a éste se trató con las

enzimas amilasa y glucoamilasa eliminando efectivamente almidón en polisacáridos de maca, luego de la hidrólisis enzimática los polisacáridos brutos fueron desproteinizados mediante el método de Sevag en donde cuatro polisacáridos *Lepidium meyenii* (LMP) se obtuvieron gracias a diferentes concentración de etanol en el proceso de precipitación del polisacárido, de esta manera todos los LMP fueron compuestos de ramnosa, arabinosa, glucosa y galactosa; por consiguiente la pureza del polisacárido se midieron utilizando el método de fenol-ácido sulfúrico, determinaron el contenido de proteína en LMP por el método de Bradford y llevaron a cabo la espectroscopía FT-IR de polisacáridos en espectrómetro de Fourier Transform Infrared en el rango de 500-4000  $\text{cm}^{-1}$ ; de esta manera observó que sus pruebas revelaron que la actividad antioxidante LMP a una concentración final de etanol de 60% mostró buena capacidad de captación de radicales libres hidroxilo y radical superóxido en 2,0 mg / ml, la velocidad de eliminación fue del 52,9% y 85,8%, respectivamente; cabe resaltar que los radicales superóxido, radicales hidroxilo y actividad captadora de DPPH (2,2-difenil -1-picrylhydrazyl) de las muestras se midieron de acuerdo con el método de Yao *et al.* (2012) y por tanto, sus resultados mostraron que los polisacáridos de maca tenían una alta actividad antioxidante y podrían explorarse como la fuente de compuestos bioactivos. Anteriormente, Sandoval *et al.* (2002) también habían comprobado la actividad antioxidante de la maca evaluándola por su capacidad para inhibir los radicales libres y compararon con otra fuente de antioxidante natural como el té verde. Para su investigación, adicionaron el extracto de maca (0,3 – 1 mg / ml) a peroxinitrito (300  $\mu\text{m}$ ) disminuyendo la concentración de peroxinitrito en un 15 – 41% respectivamente, esto indica que la Maca contiene fitoquímicos con la capacidad de apagar el peroxinitrito, producida fisiológicamente

en la inflamación crónica (Beckman y Koppenol, 1996). Después, investigaron la actividad antioxidante mediante la medición de su capacidad para secuestrar los radicales DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) y peroxilo, obteniendo el valor  $\text{IC}_{50}$  para la inhibición de DPPH de 0,61 mg / ml y para el peroxilo de 0,43 mg / ml correspondientemente, demostrándose que la Maca tiene compuestos solubles en agua que contribuyen a descomponer peroxilos producidos durante los estados inflamatorios (Dean *et al.*, 1993). Cabe resaltar que el paso clave en una peroxidación lipídica es la formación de radicales peroxilo (Halliwell y Gutteridge, 1987); por lo tanto, el consumo de Maca puede permitirse efectos citoprotectores. Luego, determinaron la capacidad de captación de radicales hidroxilo, cuyos resultados indicaron que la maca (1 – 3 mg / ml) de protección desoxirribosa proporcionó frente a los radicales hidroxilo en el orden 57 - 74%; el metabolismo mitocondrial representa una fuente importante de ROS intracelular, tales como el superóxido, los radicales hidroxilo (Koufen y Stark, 2000). La concentración de catequinas en Maca fue menor que en el té verde (2,5 mg/g versus 145 mg/g). En conjunto, todos estos resultados indican que la maca tiene la capacidad de eliminar los radicales libres.

#### 4.2. Mejora de la fertilidad

Maca es una planta que tiene una gran fama en sus raíces de poseer propiedades que mejoren la fertilidad. Hace algunos años se centró un interés en demostrar estos efectos en humanos y ratas (Eddouks *et al.*, 2005; Gonzales *et al.*, 2002) cuyos resultados comprobaron que este alimento contiene compuestos con funciones similares al de la testosterona sobre las actividades biológicas. Gracias a estudios de Gonzales *et al.* (2001) se obtuvo el primer informe que evidenció en ratas macho el beneficio de la maca para mejorar la espermatogénesis.

Gonzales *et al.* (2001) realizaron un estudio en hombres sanos (24 – 44 años de edad). Para ello suministraron a 6 hombres casados una dosis de *Lepidium meyenii* (maca) de 1500 mg / día y a 3 hombres solteros 3000 mg / día, durante 4 meses; posteriormente el análisis seminal se realizó de acuerdo con las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS); encontrando una diferencia significativa en el volumen seminal, aumentando de 2,23 ml a 2,91 ml; el recuento de espermatozoides por eyaculación de  $140,95 \times 106 / \text{ml}$  a  $259,29 \times 106 / \text{ml}$ , mientras que el recuento de espermatozoides móviles de  $87,72 \times 106 / \text{ml}$  a  $183,16 \times 106 / \text{ml}$  respectivamente.

Bogani *et al.* (2006) quiso comprobar la capacidad de la maca como estimulante de la espermatogénesis y la actividad sexual, pero los resultados excluyen un efecto directo a los extractos de maca en los genes regulados por andrógenos por lo que concluyeron que la maca no pudo activar los receptores de andrógenos humanos. Sin embargo, se informó sobre un metabolito de los glucosinolatos aromáticos como un receptor de andrógenos por su capacidad específica antagonista; por lo que existe la posibilidad que el beneficio de la maca sea gracias a la relación entre glucosinolatos y receptor de andrógenos (Le *et al.*, 2003).

Otras investigaciones han postulado los beneficios de maca en la fertilidad y deseo sexual gracias a la regulación de la secreción de la hormona. No obstante, estudios indicaron que la administración de extractos de maca mejora el rendimiento sexual, sin cambiar los niveles séricos de hormonas reproductivas, como la hormona luteinizante, la hormona foliculo estimulante, prolactina, testosterona y estradiol (Gonzales *et al.*, 2005; Gonzales *et al.*, 2002)

Hoy en día, todas estas conclusiones no demuestran certeramente este efecto de la maca. A pesar que existen resultados que relaciona el deseo sexual, la fertilidad y la espermatogénesis con el consumo de maca, existe aún la duda por determinar cuál de

todos los componentes que posee la maca tenga la función para mejorar la fertilidad en hombres (Wang *et al.*, 2007).

### 4.3. Mejorador del deseo sexual

En los últimos años, varios investigadores se interesaron en los beneficios de los alimentos funcionales en el tratamiento de disfunción eréctil, que es la incapacidad de mantener una erección lo suficientemente firme para lograr una satisfactoria relación sexual (Ho *et al.*, 2011; Ernst *et al.*, 2011). Experimentos a doble ciego controlado con placebo, realizado a hombres mostraron una mejoría en el deseo sexual (Gonzales *et al.*, 2002; Gonzales *et al.*, 2003).

En un estudio realizado a ocho ciclistas varones, experimentados y entrenados ( $30 \pm 7$  años,  $1,77 \pm 0,06$  m y  $70,2 \pm 4,2$  kg) respectivamente; completaron 2 semanas de suplementación con una dosis de 2 000 mg / día de extracto de maca; con el fin de investigar el efecto de este suplemento en el rendimiento de resistencia y el deseo sexual; revelando la mejoría de 40 kilómetros de rendimiento contrarreloj del ciclismo y el deseo sexual en hombres ciclistas entrenados según inventario del deseo sexual SDI (Spector *et al.*, 1996; Stone *et al.*, 2009).

Gonzales *et al.* (2002) desarrollaron un estudio en 56 hombres sanos (21 – 56 años de edad). Por lo cual, se autoevaluaron subjetivamente durante 12 semanas con un tratamiento de maca; posteriormente, el resultado evidenció el aumento del deseo sexual hasta un 42,2%, que fue significativamente distinto al experimento aplicado con placebo. Esto fue confirmado por Kamohara *et al.* (2014) pues llegaron al mismo resultado al experimentar con 14 hombres.

El estudio realizado por Zheng *et al.* (2000) revelaron, por primera vez, actividad afrodisiaca de la maca, en donde se utilizaron ratones y ratas con un administración oral por 22 días, demostrándose así la mejora de la función sexual por un aumento en el número de intromisiones completas y el número de

hembras de esperma positivo en ratones normales y una disminución en la LPE en ratas macho con disfunción eréctil. Otra investigación durante 15 días con maca mediante administración oral de 15 mg / kg fue aplicada a sesenta ratas machos con experiencia sexual, donde se informó la mejora significativa de los parámetros de desempeño sexual (Cicero *et al.*, 2001). Además, la dosis administrada mejoró la función eréctil (Zheng *et al.*, 2000).

#### 4.4. Efectos en los síntomas de la menopausia

Desde tiempos antiguos se ha utilizado la maca para contrarrestar la anemia, problemas de infertilidad y desequilibrio hormonal en el organismo femenino (Hudson, 2008; Lee *et al.*, 2011). Muchos tratamientos pueden suministrar hormonas para aliviar los síntomas de la menopausia, pero expondrían a las mujeres a posibles enfermedades degenerativas como el cáncer y enfermedades cardíacas coronarias (Rossouw *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2011). Por esta razón se ha preferido la medicina natural, ya que no existen efectos adversos.

En un ensayo realizado, se determinó que los extractos etanólicos de maca, redujeron los efectos colaterales de la ovariectomía, esto se demostró en el aumento de la densidad mineral ósea de la columna lumbar de las ratas ovariectomizadas (con pérdida de calcio) (Zhang *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2011).

Los experimentos in vivo afirman que la maca tiene efectos positivos en la fertilidad debido a los fitosteroles y fitoestrogenos (Rowland *et al.*, 2003; Wang, 2007; Lee *et al.*, 2011). Los ensayos realizados para encontrar una solución a los problemas de la menopausia dan como resultado que la maca es más eficaz que un placebo (sustancia farmacológicamente inerte), pero que no se hicieron las suficientes pruebas para determinar que realmente es efectiva. (Lee *et al.*, 2011). Además los estudios no fueron estrictamente controlados y no se respetaron parámetros

importantes, por ejemplo los participantes del ensayo no recibieron de igual forma la cantidad de maca o placebo por el tiempo que se determinó, 2 meses frente a 1 mes o viceversa (Meissner *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2011). Del mismo modo, no se tuvo el debido control en los participantes, no se les preguntó sus edades, ni su masa corporal, tampoco si son dependientes del tabaco, por esta razón los resultados de las pruebas son dudosas, además de esto, se debe tener en cuenta que el tipo de maca a utilizar es muy importante, porque se tiene que respetar un resultado al momento de concluir. Hasta el momento no se ha podido dar la conclusión final ya que no se conoce ni el tipo de maca que ha sido utilizada mucho menos la dosis que se necesitaría para afirmar que la maca ayuda a contrarrestar los síntomas de la menopausia (Lee *et al.*, 2011).

#### 4.5. Mejorador de la tasa de crecimiento

Lee *et al.* (2004) llevaron a cabo un estudio para examinar el beneficio del consumo de la maca en el desempeño del crecimiento en peces, encontrando que existen ciertos componentes presentes en la harina de maca que cumplen la función de aumentar la ingesta de alimentos y mejorar el crecimiento en la trucha arco iris, especialmente en etapas tempranas de su vida.

En primer lugar, se ha demostrado que la mejora en el crecimiento puede estar relacionado con los glucosinolatos que pertenecen al grupo de fitoquímicos encontrados en la maca (Piacente *et al.*, 2002). En segundo lugar, se ha encontrado que la maca contiene isotiocianatos que podrían haber estimulado la hormona del crecimiento en los peces (Li *et al.*, 2001). En tercer lugar, se ha experimentado la presencia de esteroides con efecto estrogénicos en la maca (Moreau *et al.*, 2002) y estudios han comprobado este efecto de hormonas sexuales esteroideas del  $\beta$ -sitosterol en el pez dorado (MacLachy y Van Der Kraak, 1995), trucha arco iris (Tremblay y Van Der

Kraak, 1999) y trucha marrón (Lehtinen *et al.*, 1999), los suplementos de estrógeno ayuda al crecimiento en la perca amarilla (Malison *et al.*, 1985) y en los peces de colores la elaboración de la hormona del crecimiento (Zou *et al.*, 1997). En cuarto lugar se ha reportado que los componentes mencionados tienen actividades biológicas en la fertilización, inmunoestimulación, anabolismo, y equilibrio de hormonas (Gonzales *et al.*, 2003).

## 5. Conclusiones

En los últimos años se han realizado diversas investigaciones enfocadas principalmente en las bondades de la maca frente a algunos desordenes hormonales. En el presente trabajo se hizo una recopilación de muchas investigaciones, centrándonos especialmente en reconocer los componentes químicos de la maca que ayudan a contrarrestar estos desórdenes. Si bien es cierto las investigaciones revisadas aseguran que la maca es un buen antioxidante, un excelente energizante y mejora la tasa de crecimiento y el deseo sexual, también intervienen en el aumento de la fertilidad y en el mejoramiento de los síntomas de la menopausia, pero estos dos últimos no están comprobados científicamente, ya que no hay estudios que aseguren que existe un componente en la maca que ayude a mejorar sus síntomas. Por esta razón las futuras investigaciones deben centrar sus miradas en estudiar los componentes de la maca y demostrar que podemos darle mayor valor agregado a este producto andino.

## 6. Referencias bibliográficas

Boaling, C.; Bo, L.Z.; Kan, He.; Qun, Y.Z. 2003. Imidazole alkaloids from *Lepidium meyenii*. Journal of Natural Products 66: 1101–1103.

Beckman, J.S.; Koppenol, W.H. 1996. Nitric oxide, superoxide, and peroxynitrite: the good, the bad, and ugly. American Journal of Physiology 271: 1424–1437.

Bogani, P.; Simonini, F.; Iriti, M.; Rossoni, M.; Faoro, F.; Poletti, A.; Visioli, F. 2006. *Lepidium meyenii* (maca) does not exert direct androgenic activities. Journal of Ethnopharmacology 104: 415–417.

Castaño-Corredor, M. 2008. Maca (*Lepidium peruvianum* chacón): composición química y propiedades farmacológicas. Revista de Fitoterapia 8: 21-28.

Chacón de Popovici, G. 1997. La importancia de *Lepidium Peruvianum* Chacón (Maca) en la alimentación y salud del ser humano y animal 2000 años antes y después de cristo y en el siglo XXI. Servicios Gráficos “ROMERO”. Lima, Perú.

Cicero, A.F.; Bandieri, E.; Arletti, R. 2001. *Lepidium meyenii* Walp. improves sexual behaviour in male rats independently from its action on spontaneous locomotor activity. Journal of Ethnopharmacology 75: 225–229.

Dean, R.T.; Gieseg, S.; Davies, M.J. 1993. Reactive species and their accumulation on radical damaged proteins. Trends in Biochemical Science 18: 437–441.

Dini, A.; Migliuolo, G.; Rastrelli, L.; Saturnino, P.; Schettino, O. 1994. Chemical composition of *Lepidium meyenii*. Food Chemistry 49: 347–349.

Dini, I.; Terone, G.C.; Dini, A. 2002. Glucosinolates from maca (*Lepidium meyenii*). Biochemical Systematics and Ecology 30: 1087–1090.

Eddouks, M.; Maghrani, M.; Zeggwagh, N.A.; Michel, J.B. 2005. Study of the hypoglycaemic activity of *Lepidium sativum* L. aqueous extract in normal and diabetic rats. Journal of Ethnopharmacology 97: 391–395.

Ernst, E.; Posadzki, P.; Lee, M.S. 2011. Complementary and alternative medicine (CAM) for sexual dysfunction and erectile dysfunction in older men and women: an overview of systematic reviews. Maturitas 70: 37-41.

Fahey, J.W.; Zalcmann, A.T.; Talalay, P. 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. Phytochemistry 56: 5–51.

Flores, H.E.; Walker, T.S.; Guimaraes, R.L.; Pal Bais, H.; Vivanco, J.M. 2003. Andean root and tuber crops: Underground rainbows. Hortiscience 38: 161–167.

Ganzera, M.; Zhao, J.; Muhammad I.; Khan, I.A. 2002. Chemical profiling and standardization of *Lepidium meyenii* (maca) by reversed phase high performance liquid chromatography. Chemical and Pharmaceutical Bulletin 50: 988–991.

García R.M.; Gómez-Sánchez P.I.; Espinoza B.C.; Bravo R.F.; Ganoza M.L. 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. Lima, Perú.

Gonzales, G.F.; Córdova, A.; Gonzales, C.; Chung, A.; Villena, A.; Vega, K. 2001. *Lepidium meyenii* (Maca) improved semen parameters in adult men. Asian Journal Androl 3: 301-303.

Gonzales, G.F.; Córdova, A.; Vega, K.; Chung, A.; Villena, A.; Góñez, C. 2003. Effect of *Lepidium meyenii* (maca), a root with aphrodisiac and fertility-enhancing properties, on serum reproductive hormone levels in adult healthy men. Journal of J Endocrinol 176: 163–168.

Gonzales, G.F.; Córdova, A.; Vega, K.; Chung, A.; Villena, A.; Góñez, C.; Castillo, S. 2002. Effect of *Lepidium meyenii* (maca) on sexual desire and its absent relationship with serum testosterone levels in adult healthy men. Andrologia 34: 367-372.

Gonzales, G.F.; Miranda, S.; Nieto, J.; Fernandez, G.; Yucra, S.; Rubio, J.; Yi, P.; Gasco, M. 2005. Red Maca (*Lepidium meyenii*) reduced prostate size in rats. Reproductive Biology and Endocrinology 3: 5.

Gonzales, G.F.; Nieto, J.; Rubio, J.; Gasco, M. 2006. Effect of Black maca (*Lepidium meyenii*) on one spermatogenic cycle in rats. Andrologia 38: 166–172.

- Halkier, B.A.; Gershenzon, J. 2006. Biology and biochemistry of glucosinolates. *Annual Review of Plant Biology* 57: 303–333.
- Halliwell, B.; Gutteridge, J.M.; Aruoma, O.I. 1987. The deoxyribose method: a simple “test tube” assay for the determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. *Analytical Biochemistry* 165: 215–219.
- Hermann, M.; Bernet, T. 2009. The Transition of Maca from Neglect to Market Prominence: Lessons for Improving Use Strategies and Market Chains of Minor Crops. *Agricultural Biodiversity and Livelihoods Discussion Papers 1*. Bioersivity International, Rome, Italy.
- Ho, C.C.; Tan, H.M. 2011. Rise of herbal and traditional medicine in erectile dysfunction management. *Curr Urol Rep.* 12: 470-478.
- Hudson T. 2008. Maca: new insights on an ancient plant. *Integrative Medicine: A Clinician's Journal* 7: 54–7.
- Jones, R.B.; Faragher, J.D.; Winkler, S. 2006. A review of the influence of postharvest treatments on quality and glucosinolate content in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) heads. *Postharvest Biology and Technology* 41: 1–8.
- Kamohara, S.; Kageyama, M.; Sunayama, S.; Denpo, K. 2014. Safety and efficacy of a dietary supplement containing functional food ingredients for erectile dysfunction. *Personalized Medicine Universe* 3: 38-41.
- Koufen, P.; Stark, G. 2000. Free radical induced inactivation of creatine kinase: sites of interaction, protection, and recovery. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease* 1501: 44–50.
- Lagarda, M.J.; García-Llatas, G.; Farré R. 2006. Analysis of phytosterols in foods. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 41: 1486–1496.
- Le, H.T.; Schaldach, C.M.; Firestone, G.L.; Bjeldanes, L.F. 2003. Plant-derived 3,3-diindolylmethane is a strong androgen antagonist in human prostate cancer cells. *Journal of Biological Chemistry* 278: 21136–21145.
- Lee M.S.; Shin, B.C.; Yang E.J.; Lim, H.J.; Ernst E. 2011. Maca (*Lepidium meyenii*) for treatment of menopausal symptoms: A systematic Review. *Maturitas* 70: 227–233
- Lee. K.J.; Dabrowski, K.; Rinchar, J.; Gomez, C.; Guz, L.; Vilchez, C. 2004. Supplementation of maca (*Lepidium meyenii*) tuber meal in diets improves growth rate and survival of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) alevins and juveniles. *Aquaculture Research* 35: 215–223.
- Lehtinen, K. J., Mattsson, K., Tana, J., Engstrom, C., Lerche, O., Hemming, J. 1999. Effects of wood-related sterols on the reproduction, egg survival, and offspring of brown trout (*Salmo trutta lacustris* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 42: 40–49.
- Lemus-Mondaca, R.; Vega-Gálvez, A.; Zura-Bravo, L.; Ah-Hen, K. 2012. *Stevia rebaudiana* Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food Chemistry* 132: 1121–1132.
- Li, G.; Ammermann, U.; Quirós, C.F. 2001. Glucosinolate contents in maca (*Lepidium peruvianum* Chacón) seeds, sprouts, mature plants and several derived commercial products. *Economic Botany* 55: 255–262.
- MacLachy, D.L.; Van Der Kraak, G.J. 1995. The phytoestrogen hsitosterol alters the reproductive endocrine status of goldfish. *Toxicology and Applied Pharmacology* 134: 305–312.
- Malison, J.A.; Kayes, T.B.; Best, C.D.; Amundson, C.H. 1985. Hormonal growth promotion and evidence for a size-related difference in response to estradiol-17h in yellow perch (*Perca flavescens*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 1627–1633.
- McCollom, M.M.; Villinski, J. R.; McPhail, K.L.; Craker, L.E.; Gafner, S. 2005. Analysis of macamides in samples of Maca (*Lepidium meyenii*) by HPLC-UV-MS/MS. *Phytochemical Analysis* 16: 463–469.
- Meissner, H.O.; Mscisz, A.; Reich-Bilinska, H.; Mrozikiewicz, P.; Bobkiewicz-Kozłowska, T.; Kedzia, B.; Lowicka, A.; Barchia, I. 2006. Hormone-balancing effect of pre-gelatinized organic maca (*Lepidium peruvianum* Chacon) (iii) clinical responses of early-postmenopausal women to maca in double blind, randomized, placebo-controlled, crossover configuration, outpatient study. *International Journal of Biomedical Science* 2: 375–94.
- Milasius, K.; Dadelien, R.; Tubelis, L.; Raslanas, A. 2008. Effects of a maca booster food supplement on sportsmen's bodily adaption to physical loads. In 13th Annual Congress of the European College of Sports Sciences, 226. Estoril, Portugal.
- Moreau, R.A.; Whitaker, B.; Hicks, K.B. 2002. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: Structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. *Progress in Lipid Research* 41: 457–500.
- Muhammad, I.; Zhao, J.; Dunbar, D.C.; Khan, I.A. 2002. Constituents of *Lepidium meyenii* ‘maca’. *Phytochemistry* 59: 105–110.
- Piacente, S.; Carbone, V.; Plaza, A.; Zampelli, A.; Pizza, C. 2002. Investigation of the tuber constituents of maca (*Lepidium meyenii* Walp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 5621–5625.
- Quirós, C.F.; Aliaga, R.C.; Herman, M.; Heller, J. 1997. Andean Roots and Tubers: Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. Disponible en: [http://www.bioersivityinternational.org/uploads/tx\\_new\\_s/Andean\\_roots\\_and\\_tubers\\_472.pdf](http://www.bioersivityinternational.org/uploads/tx_new_s/Andean_roots_and_tubers_472.pdf)
- Rossouw, J.E.; Anderson, G.L.; Prentice, R.L. 2002. Risks and benefits of estrogen plus progestin in healthy postmenopausal women: principal results from the women's health initiative randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Association* 288: 321–333.
- Rowland, D.L.; Tai W.A. 2003. Review of plant-derived and herbal approaches to the treatment of sexual dysfunctions. *Journal of Sex y Marital Therapy* 29: 185–205.
- Ruiz-Luna, A.C.; Salazar, S.; Aspajo, N.J.; Rubio, J.; Gasco, M.; Gonzales, G.F. 2005. *Lepidium meyenii* (Maca) increases litter size in normal adult female mice. *Reproductive Biology and Endocrinology* 3: 3–16.
- Sandoval, M.; Okuhama, N.N.; Angeles, F.M.; Melchor, V.V.; Condezo, L.A.; Lao, J.; Miller, J.S. 2002. Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). *Food Chemistry* 79: 207–213.

- Spector, I.P.; Carey, M.P.; Steinberg, L. 1996. The sexual desire inventory: development, factor structure, and evidence of reliability. *Journal of Sex and Marital Therapy* 22: 175–190.
- Stone, M.; Ibarra, A.; Rollerc, M.; Zangaraa, A.; Stevenson, E. 2009. A pilot investigation into the effect of maca supplementation on physical activity and sexual desire in sportsmen. *Journal of Ethnopharmacology* 126: 574–576.
- Tremblay, L.; Van Der Kraak, G. 1999. Use of a series of homologous in vitro and in vivo assays to evaluate the endocrine modulating actions of h-sitosterol in rainbow trout. *Aquatic Toxicology* 43: 149–162.
- Valentová, K.; Buckiová, D.; Kren, V.; Peknicová, J.; Ulrichová, J.; Simánek, V. 2006. The in vitro biological activity of *Lepidium meyenii* extracts *Cell Biology and Toxicology* 22: 91–99
- Wang, Y.; Wang, Y.; McNeil, B.; Harvey, L.M. 2007. Maca: An andean crop with multipharmacological functions. *Food Research International* 40: 783–92.
- Yábar, E.; Pedreschi, R.; Chirinos R.; Campos, D. 2011. Glucosinolate content and myrosinase activity evolution in three maca (*Lepidium meyenii* Walp.) ecotypes during preharvest, harvest and postharvest drying. *Food Chemistry* 127: 1576–1583.
- Yao, L.; Zhao, Q.; Xiao, J.; Sun, J.; Yuan, X.; Zhao, B. 2012. Composition and antioxidant activity of the polysaccharides from cultivated *Saussurea involucrata*. *International Journal of Biological Macromolecules* 50: 849–853.
- Zhaa, S.; Zhaoa, Q.; Chena, J.; Wanga, L.; Zhanga, G.; Zhanga, H.; Zhaoa, B. 2014. Extraction, purification and antioxidant activities of the polysaccharides from maca (*Lepidium meyenii*). *Carbohydrate Polymers*, 111: 584–587.
- Zhang, Y.; Yu, L.; Ao, M.; Jin, W. 2006. Effect of ethanol extract of *Lepidium meyenii* Walp. on osteoporosis in ovariectomized rat. *Journal of Ethnopharmacol* 105: 274–279.
- Zhao, J.; Muhammad, I.; Dunbar, D.C.; Mustafa, J.; Khan, I.A. 2005. New alkaloids from maca (*Lepidium meyenii*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 5: 690–693.
- Zheng, B.L.; He, K.; Khim, C.H.; Rogers, L.; Shao, Y.; Huang, Z.Y.; Lu, Y.; Yan, S.J.; Qien, L.C.; Zheng, Q.Y. 2000. Effect of a lipidic extract from *Lepidium meyenii* on sexual behavior in mice and rats. *Urology* 55(4): 598–602
- Zheng, B.L.; He, K.; Kim C.H.; Rogers, L.; Shao, Y.; Huang, Z.Y.; Lu, Y.; Yan, S.J.; Qien, L.C.; Zheng, Q.Y. 2000. Effect of a lipidic extract from *Lepidium meyenii* on sexual behavior in mice and rats. *Urology* 55: 598–602.
- Zou, J.J.; Trudeau V.L.; Cui, Z.; Brechin, J.; Mackenzie, K.; Zhu, Z.; Houlihan, D.F.; Peter, R.E. 1997. Estradiol stimulates growth hormone production in female goldfish. *General and Comparative Endocrinology* 106: 102–112.