

## Evaluación nutricional de *Lepidium meyenii* (MACA) en ratones albinos y su descendencia

Marco Canales, José Aguilar, Ana Prada, Adolfo Marcelo, Cecilia Huamán, Luz Carbajal

Instituto de Medicina Tropical "Alexander von Humboldt" y Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima-Perú

**RESUMEN.** La Maca (*Lepidium meyenii*) es un hipocotilo peruano que crece exclusivamente entre los 3700 y 4500 msnm en los andes peruanos. Tradicionalmente se le atribuyen propiedades nutricionales, energizantes, fertilizantes, entre otras. Con la finalidad de evaluar científicamente la capacidad nutricional de la Maca, realizamos un estudio controlado en dos generaciones de ratones Swiss (padres y crías). Los padres fueron aleatoriamente asignados a uno de tres esquemas alimenticios. El alimento de cada grupo fue preparado en base a polvo de un alimento balanceado comercial (ABC), al cual se le reemplazó un 30 % (peso/peso) por Maca Cruda o Cocida según el grupo correspondiente o ABC puro en el grupo control. Así los grupos fueron: 1) Grupo Maca Cruda; 2) Grupo Maca Cocida; y 3) Grupo ABC, grupo control. Los resultados mostraron curvas de crecimiento similares y adecuadas para los tres grupos. Ninguno de los grupos mostró signos de desnutrición ni sobrepeso. Sin embargo, el grupo Maca Cocida mostró mejores curvas de crecimiento incluso que el grupo ABC, mejor observable en la segunda generación de animales, con diferencias estadísticamente significativas. El grupo control, tuvo un crecimiento superior al grupo Maca Cruda. Los ratones del grupo Maca Cocida tuvieron valores de proteínas totales y albúmina séricas superiores al de los grupos Maca Cruda y grupo control. Este estudio demuestra en un modelo científico la capacidad nutricional de la Maca.

**Palabras clave:** Maca, *Lepidium meyenii*, Brassicaceas, nutrición, desnutrición.

**SUMMARY.** Nutritional evaluation of *Lepidium meyenii* (MACA) in albino mice and their descendant. The Maca (*Lepidium meyenii*) is a Peruvian hypocotyl that grows exclusively between the 3700 and 4500 masl at the Peruvian Andes. Traditionally it is attributed nutritional, energizing, fertilizing properties among others. With the purpose of evaluate scientifically the nutritional property of Maca, we carried out a controlled study in two generations of albino Swiss mice (parents and breeding). The parents were aleatorily assigned to one of three nutritional schedules. The food of each group was prepared based on powder from a commercial balanced food (CBF) of which 30 % was replaced by raw or cooked Maca according to the corresponding group or pure CBF in the control group. The groups were this way: 1) Raw Maca Group; 2) Cooked Maca Group; and, 3) Control Group. The results showed that the curves of growth were similar and adequate for the three groups. However, the cooked Maca group showed the best curve. These data were better observable in the second generation of animals, with significant statistical difference ( $p < 0,05$ ). The CBF group had a better growth than raw Maca group. No signs of malnutrition nor overweight were observed in none of the groups. The serum values of total proteins and albumin were statistically superior for the mice group eating cooked Maca than that of the raw Maca and CBF groups. This study demonstrates, in a scientific evaluation, one of the traditionally attributed properties of Maca, the nutritional capability.

**Key words:** Maca, *Lepidium meyenii*, Brassicaceae, nutrition, malnutrition.

### INTRODUCCION

La malnutrición, principalmente proteica, es uno de los más graves problemas que afectan actualmente a la humanidad, haciéndose más notable en países sub-desarrollados o en vías de desarrollo, incluyendo al Perú (1-3).

Por ello, es de constante interés la búsqueda de productos nutricionales accesibles a la mayoría de la población general, así como a grupos con requerimientos particulares como personas seniles, gestantes o convalecientes de enfermedades debilitantes crónicas. Además, frecuentemente personas eutróficas buscan suplementar su dieta para incrementar su rendimiento físico y energético (4).

En los últimos años se está produciendo una tendencia de rápido crecimiento mundial hacia la revalorización de los cono-

cimientos sobre uso de productos naturales, principalmente plantas tradicionales, por sus posibles efectos beneficiosos medicinales o nutricionales (5). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado que casi 80 % de la población del planeta sustenta el cuidado de su salud en métodos tradicionales (6). Es así como en los últimos años se están evaluando científicamente muchos productos naturales por sus potenciales efectos nutricionales (7) y/o medicinales (8-10).

El *Lepidium meyenii*, conocido popularmente como Maca, es un hipocotilo que se cultiva casi exclusivamente en los Andes peruanos a una altura entre 3 700 a 4 500 m.s.n.m. (11-15). La Maca pertenece a la familia Brassicaceae (previamente conocidas como Cruciferaeae) (16). Tradicionalmente se atribuye a la Maca una serie de bondades, tanto nutricionales como terapéuticas, por lo que los pobladores

altoandinos la utilizan como nutriente, vigorizante, mejorador de la fecundidad, etc (17-18). Existen recopilaciones de las informaciones disponibles acerca de la Maca (13,15,19,20) y de sus componentes nutricionales, describiéndose una proporción de proteínas entre 12 al 18 %, con una alta concentración de todos los aminoácidos esenciales (7,20), un bajo nivel de grasas, principalmente constituido por ácidos grasos insaturados y una alta concentración de ácidos grasos esenciales (7), presencia de varios tipos de vitaminas (como provitamina A, B1, B2, B6, C) y minerales (como calcio, hierro, zinc, magnesio, cobre, entre otros) (7,13,19,20) en concentraciones importantes.

Tradicionalmente la Maca es utilizada en forma de producto cocido, y dado que es sabido que las diferentes formas de preparación de los alimentos antes de su consumo pueden influir en facilitar o no la biodisponibilidad de sus componentes nutricionales (21), es interesante demostrar si existe una diferencia en la capacidad nutricional de la Maca cruda comparada a la Maca cocida.

En este estudio controlado se evaluó la Maca como suplemento nutricional en la dieta de ratones en dos formas de administración: cruda y cocida, comparándola con un alimento balanceado comercial (ABC) comúnmente utilizado, evaluando su influencia sobre los patrones de crecimiento y estado nutricional en dos generaciones de animales alimentados con esta dieta suplementada. Además se tuvieron observaciones respecto a la influencia de estas dietas experimentales en la fertilidad de estos ratones, y se buscó la presencia macroscópica de malformaciones congénitas en sus crías.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el bioterio del Instituto de Medicina Tropical «Alexander von Humboldt» a cargo de los laboratorios de Inmunología y de Enfermedades Entéricas y Nutrición de la misma institución, pertenecientes a la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), en Lima, Perú.

### De los animales experimentales y grupos

Se utilizaron para este estudio ratones albinos raza Swiss provenientes del bioterio del Instituto de Investigaciones de la Altura de la UPCH. En la primera generación de animales, luego del período de lactancia (ablactancia, aproximadamente a las 2 semanas) los ratones fueron separados de sus madres y asignados a uno de tres grupos:

**Grupo MACA CRUDA:** Ratones alimentados con el ABC, al cual se le había reemplazado el 30% (peso/peso) por Maca Cruda.

**Grupo MACA COCIDA:** Ratones alimentados con el ABC, al cual se le había reemplazado el 30% (peso/peso) por Maca Cocida.

**Grupo CONTROL, ALIMENTO BALANCEADO COMERCIAL (ABC):** Ratones alimentados con una dieta habi-

tual a base de un ABC, en este caso el producto Purina®, un producto comercial para alimentación de animales de experimentación pequeños, especialmente diseñado para lograr un desarrollo equilibrado, sin llevar a desnutrición, pero tampoco a sobrepeso al animal (22).

La composición comparativa del ABC respecto a la Maca se puede apreciar en el siguiente cuadro (13,23,24):

	ABC	MACA
	g/100g	
Proteínas	18,00	13,32
Grasas	3,50	2,83
Fibra	6,00	6,25
Carbohidratos	53,60	68,40
Cenizas	4,90	3,52
Humedad	14,00	4,68

En forma previa, al inicio del estudio, se evaluó la dosis máxima en porcentaje que los ratones tolerarían de reemplazo del ABC por Maca. El concepto de tolerancia de los ratones por el alimento fue basado en la medición comparativa del peso del alimento consumido por los animales en cada grupo. Cuando el peso del alimento diario consumido por los grupos suplementados no difería en  $\pm 5\%$  del peso del alimento consumido por los grupos controles se atribuía una buena tolerancia. Si consumían menos del 5% del peso del alimento consumido por el grupo control se atribuía falta de tolerancia al alimento suplementado. El reemplazo de 100% del ABC por Maca, no fue tolerado por los ratones, notándose falta de ingesta del alimento y una alta mortalidad. Con modificaciones posteriores se logró obtener una mezcla con un reemplazo de un 30% del ABC por Maca (o sea, cada pellet estaba compuesto de 70% del ABC y 30% Maca), lo cual fue bien tolerado por los animales. Dosis mayores, de 40% y 50 % fueron parcialmente toleradas por los ratones, sin embargo, como la evaluación era específicamente del aspecto nutricional, se prefirió usar la dosis bien tolerada.

Debido al sabor que tiene la Maca distinto al del ABC, para asegurar que los animales consuman el producto en evaluación, se mezcló el ABC en forma de polvo con el polvo de Maca en cualquiera de sus dos formas. Si se producían pellets independientes se corría el riesgo que los animales consuman sólo el ABC y no los pellets de Maca. Entonces, luego de combinar ambos productos en forma de polvo, se prepararon los pellets en la misma forma que tiene el producto ABC original. De esta forma el animal necesariamente consumía la combinación completa. Los animales recibieron el alimento y el agua *ad libitum*.

Cada grupo estuvo constituido de 12 ratones, 6 machos y 6 hembras, mantenidos en jaulas independientes por grupo asignado y por sexos.

Se llevó un registro diario cuantitativo del peso individual por animal medido en gramos, así como, las primeras semanas de evaluación, se midió el consumo diario de alimento. Esta evaluación se realizó a partir de la ablactancia por 100 días en el grupo de ratones padres (primera generación) y desde el nacimiento por 40 días en el grupo de ratones crías (segunda generación).

La Maca (*Lepidium meyenii*) utilizada fue Macandina, *Naturalfa*, Química Suiza, cordialmente proporcionada para este estudio.

### **Apareamiento, fertilidad y reproducción**

Luego de los 100 días de observación se colocaron en una jaula independiente 3 hembras con un macho seleccionado al azar de cada grupo correspondiente, para inducir el apareamiento. Dado que es conocido que después de los 90 días de vida la fertilidad de los ratones empieza a declinar (22), el apareamiento se empezó tardíamente en este estudio para: i) para tener mayor tiempo de observación nutricional de los animales; y ii) evaluar la fertilidad en condiciones de mayor exigencia, para poder encontrar diferencias con el grupo control.

Luego de 7 días se separaron nuevamente los machos de las hembras y se observó el índice de fertilidad en cada grupo, que se midió como el número de animales hembras preñadas luego de cada apareamiento.

Las hembras preñadas eran separadas en una jaula propia, manteniéndose el grupo de alimentación al que pertenecían. Si al cabo de 3 semanas no habían evidencias de preñez o de partos en alguno de los animales hembras, se volvía a colocar el macho de cada grupo por 7 días adicionales y se repetía el mismo procedimiento anterior. Este procedimiento se repitió hasta por 3 veces para el grupo de hembras que lo requiriera.

Se hizo el recuento de crías nacidas de cada madre, y se mantuvo las crías con la madre todo el tiempo, manteniendo el mismo alimento que le correspondía por grupo, esto aseguró que los ratones nacidos en los grupos Maca nunca tengan contacto con el ABC puro, a diferencia de la generación de los ratones padres que durante su lactancia estuvieron en contacto con el ABC puro.

### **Del aspecto morfológico de las crías**

Todas las crías fueron examinadas minuciosamente por la presencia de algún tipo de malformación congénita ectoscópicamente demostrable.

### **Del peso de las crías**

Todas las crías fueron marcadas e independientemente pesadas desde el momento de su nacimiento hasta los primeros 40 días de vida.

### **Determinaciones bioquímicas sanguíneas de ratones padres**

Después de los 100 días la mitad de los miembros de cada

grupo (3 machos y 3 hembras de cada grupo, salvo en el caso Maca cruda machos, en los cuales fueron 5 machos y 3 hembras) se les tomó una muestra de sangre de 600  $\mu$ L a cada uno para realizar los siguientes análisis bioquímicos por técnicas convencionales: proteínas totales (reacción de Biuret) (25), albúmina (verde de bromocresol) (26), globulina y colesterol (método enzimático estearasa-oxidasa) (27), todos con reactivos Biosystem®, España. Los exámenes fueron realizados con un procesador de microvolúmenes Microlab 200 (Wiener®, Argentina).

### **Del análisis estadístico**

El tamaño muestral para los animales en cada grupo fue estimado por la técnica del muestreo aleatorio simple para un nivel de confianza del 95 %. Los datos de resultados fueron sometidos a evaluación en un paquete estadístico informatizado, el SPSS. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) para la comparación de medias entre los 3 grupos, utilizando la prueba de Scheffe para hallar las diferencias significativas entre grupos con una significancia de 0,05.

## **RESULTADOS**

### **De los animales padres y sus pesos comparativos**

No se produjo muerte de ningún animal durante el período de evaluación en ninguno de los grupos.

Todos los animales evaluados mantuvieron un peso adecuado durante todo su desarrollo independiente del grupo al que pertenecían. Ningún animal dentro de ninguno de los grupos tuvo evidencias de desnutrición ni de sobrepeso.

Los resultados mostraron que tanto machos como hembras, mantienen una tendencia similar, pero con algunas diferencias, por lo cual son analizados independientemente :

**Machos:** Como puede apreciarse en la gráfica 1, las curvas de crecimiento tuvieron tendencias variables durante el período de observación, pero al final de los 100 días ambos grupos alimentados con Maca Cruda y Cocida habían logrado el mejor desarrollo, los cuales fueron estadísticamente diferentes del grupo control alimentado con el ABC ( $p < 0,05$ ). Los valores para cada momento de observación puede apreciarse en la Tabla 1 y Gráfico 1.

**Hembras:** A diferencia de los machos, las hembras de la primera generación tuvieron curvas de crecimiento similares desde el inicio hasta los 70 días. Después ambos grupos de ratones alimentados con Maca tuvieron una tasa de crecimiento estadísticamente superior al grupo alimentado con el ABC. Ver Tabla 2 y Gráfico 2. No hubo diferencia significativa entre ambos grupos alimentados con Maca.

TABLA 1  
Pesos (gramos) comparativos de ratones padres machos alimentados con dietas experimentales (a)

Grupo	T1 10 días	T2 20 días	T3 30 días	T4 40 días	T5 50 días	T6 60 días	T7 70 días	T8 80 días	T9 90 días	T10 100 días
Maca Cruda	9,68 ±,527	11,60 ±,980	15,68 ±1,243	18,02 ±1,892	21,63 ±1,094	26,10 ±,759	28,83 ±,693	30,92 ±,285	31,98 ±,287	32,16 ±,384
Maca Cocida	9,22 ±,475	12,87 ±1,233	13,42 ±,968	15,30 ±,702	15,92 ±,534	18,43 ±,680	21,04 ±1,047	29,17 ±,797	31,56 ±,369	31,97 ±,101
ABC	8,78 ±,603	12,67 ±,757	16,43 ±1,264	21,03 ±,389	23,55 ±,455	23,88 ±,586	24,31 ±,542	26,01 ±1,253	26,14 ±1,533	26,96 ±1,282
Signifi- cancia (b), Fo	—	—	—	3	1 y 3	1 y 3	1,2 y 3	2	2 y 3	2 y 3

(a) (cifras representan la media ± Error Estándar)

(b) Análisis de Varianza con Prueba de Scheffe donde :

1 =  $p < 0,05$  para Maca Cruda vs Maca Cocida

2 =  $p < 0,05$  para Maca Cruda vs ABC

3 =  $p < 0,05$  para Maca Cocida vs ABC

TABLA 2  
Pesos (gramos) comparativos de ratones padres hembras alimentados con dietas experimentales(a)

Grupo	T1 10 días	T2 20 días	T3 30 días	T4 40 días	T5 50 días	T6 60 días	T7 70 días	T8 80 días	T9 90 días	T10 100 días
Maca Cruda	8,47 ±,640	11,32 ±,700	14,10 ±,688	14,87 ±,800	18,60 ±,963	22,45 ±,438	24,17 ±,399	23,26 ±,925	25,19 ±1,400	24,45 ±,669
Maca Cocida	9,95 ±,259	14,33 ±,318	15,37 ±,447	17,60 ±,791	18,72 ±,764	21,20 ±,587	23,43 ±,531	26,52 ±1,432	25,75 ±,900	26,94 ±1,203
ABC	9,65 ±,327	13,97 ±,650	17,58 ±,729	18,80 ±,905	19,90 ±,852	22,40 ±,671	23,12 ±,856	19,34 ±,630	20,41 ±,678	21,35 ±,618
Signifi- cancia(b) Fo	—	1	2	—	—	—	—	3	2 y 3	3

(a) (cifras representan la media ± Error Estándar)

(b) Análisis de Varianza con Prueba de Scheffe donde :

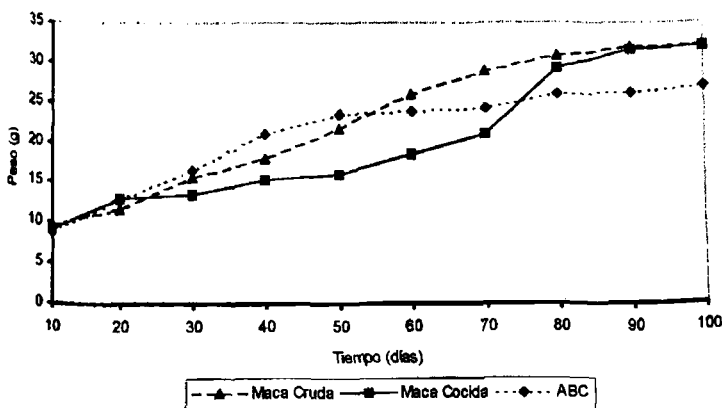
1 =  $p < 0,05$  para Maca Cruda vs Maca Cocida

2 =  $p < 0,05$  para Maca Cruda vs ABC

3 =  $p < 0,05$  para Maca Cocida vs ABC

GRAFICO 1

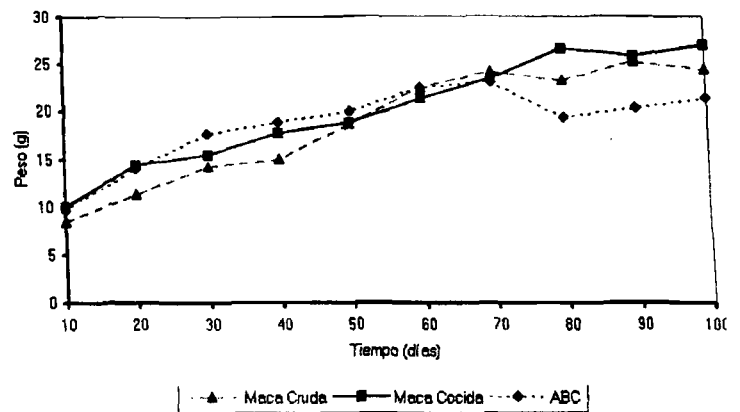
Curvas de crecimiento de ratones padres machos con dietas experimentales



(Para datos estadísticos, ver Tabla 1)

GRAFICO 2

Curvas de crecimiento de ratones padres hembras con dietas experimentales



(Para datos estadísticos, ver Tabla 2)

### De la fecundidad y reproducción

Salvo una hembra en el grupo Maca Cocida, bastó una sesión de apareamiento con el macho de su grupo para que las hembras de los grupos Maca Cruda y Maca Cocida queden preñadas (5 de 6 hembras). Para la única hembra del grupo Maca Cocida que no resultó preñada en la primera sesión de apareamiento, resultó preñada en la segunda sesión.

Mientras en el grupo control alimentado con el ABC, en la primera sesión sólo una hembra resultó preñada, en la segunda sesión resultó preñada la segunda y se requirió una tercera sesión para que resultara preñada la tercera hembra.

El número de crías fue mayor para el grupo Maca Cocida con 19 crías (6,33 crías por animal), luego el grupo Maca Cruda con 13 crías (4,33 crías por animal) y finalmente el grupo ABC con 11 crías (3,67 crías por animal).

### De las características morfológicas de las crías

Todas las crías en los tres grupos de animales nacieron en buenas condiciones con características morfológicas normales y sin ninguna evidencia externa de teratogenicidad.

### De las crías y sus pesos comparativos

Dado que las curvas de crecimiento de las crías tanto machos como hembras fue muy similar en comportamiento, éstas se analizaron conjuntamente. Al evaluar las curvas comparativas, apreciamos que existe una diferencia estadísticamente significativa favorable para el grupo Maca Cocida comparado al grupo Maca Cruda durante todos los momentos de observación ( $p < 0,05$ ). Igualmente existió una tendencia favorable al grupo Maca Cocida sobre el grupo control durante todos los puntos de observación, llegando a ser estadísticamente significativa en el día 20 de vida. El grupo ABC tuvo una tasa de crecimiento superior al grupo Maca Cruda ( $p < 0,05$ ) durante varios momentos de la observación. Ver Tabla 3 y Gráfico 3.

TABLA 3  
Pesos (gramos) comparativos de ratones crías alimentados con dietas experimentales(a)

Grupo	T1 Día 0	T2 10 días	T3 20 días	T4 30 días	T5 40 días
Maca Cruda	3,22 ± 0,086	4,22 ± 0,082	7,52 ± 0,251	13,29 ± 0,330	18,20 ± 0,500
Maca Cocida	3,58 ± 0,081	5,50 ± 0,110	10,77 ± 0,180	17,27 ± 0,310	20,70 ± 0,540
ABC	3,38 ± 0,140	5,70 ± 0,086	9,54 ± 0,440	15,74 ± 1,170	19,36 ± 1,100
Significancia (b), Fo	1	1 y 2	1,2 y 3	1 y 2	1

(a) (cifras representan la media ± Error Estándar)

(b) Análisis de Varianza con Prueba de Scheffe donde :

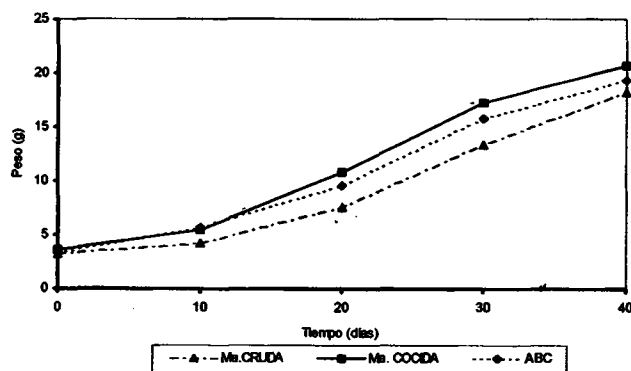
1 =  $p < 0,05$  para Maca Cruda vs Maca Cocida

2 =  $p < 0,05$  para Maca Cruda vs ABC

3 =  $p < 0,05$  para Maca Cocida vs ABC

GRAFICO 3

Curvas de crecimiento de ratones crías en dietas experimentales



(Para datos estadísticos, ver Tabla 3)

### De los resultados de las determinaciones bioquímicas sanguíneas

El grupo Maca Cocida presenta valores de proteínas totales y albúmina estadísticamente superiores tanto al grupo Maca Cruda así como al grupo control ABC. Ver Tabla 4.

Respecto a los valores de colesterol juntos machos y hembras no hubieron diferencias significativas entre grupos, sin embargo se notaron resultados diferentes entre machos y hembras. Las hembras no tuvieron ninguna diferencia entre grupos. Mientras en los machos ambos grupos suplementados con Maca tuvieron tendencia a tener menores valores séricos de colesterol, los cuales no lograron niveles de significancia estadística ( $p=0,63$ ), sin embargo, por el pequeño tamaño muestral se hace necesario continuar estas evaluaciones. Ver Tabla 4.

TABLA 4  
Valores séricos promedios de proteínas totales y albúmina en ratones alimentados con Maca Cruda, Maca Cocida o ABC(a)

Grupo	N	Prot. Totales ( mg / dL )	Albúmina ( mg / dL )	Colesterol ( mg/dL )
Maca Cruda	8	5,38 ± 0,080	2,99 ± 0,013	103,00 ± 10,156
Maca Cocida	6	5,90 ± 0,127	3,30 ± 0,152	95,83 ± 10,303
ABC	6	5,40 ± 0,124	2,93 ± 0,033	109,17 ± 15,224
Signifi- cancia(b), Fo		1 y 3	1 y 3	—

(a) (cifras representan la media ± Error Estándar)

(b) Análisis de Varianza con Prueba de Scheffe donde :

1 = p < 0,05 para Maca Cruda vs Maca Cocida

2 = p < 0,05 para Maca Cruda vs ABC

3 = p < 0,05 para Maca Conocidas vs ABC

## DISCUSION

Este trabajo es un estudio controlado para evaluar la Maca (*Lepidium meyenii*) por sus cualidades nutricionales en dos formas de administración Cruda y Cocida. Los resultados muestran que las curvas de crecimiento y ganancias de peso son favorables al grupo suplementado con Maca Cocida sobre el grupo Maca Cruda y sobre el grupo control alimentado sólo con el ABC sin suplemento de Maca.

Es importante recordar que el ABC es un producto científicamente diseñado, desarrollado en base a una combinación de proteínas animales, marinos, aceites animales y vegetales y otros suplementos (22), que proporciona una alimentación balanceada para animales experimentales pequeños como ratones, que asegura un crecimiento y desarrollo dentro de límites normales sin tendencia a la desnutrición ni al sobrepeso, por lo cual frecuentemente se lo toma como producto de comparación (Gold Standard) de cualquier dieta experimental.

Al haber reemplazado un tercio de la dieta del ABC por Maca y lograr una curva de incremento de pesos igual o inclusive superior al ABC (en el caso de la Maca Cocida), la Maca demuestra sus excelentes cualidades desde el punto de vista nutricional, en un modelo científicamente diseñado, tal como ha sido mostrado en estudios previos en animales experimentales como cuyes o borregos (28,29).

La Maca cruda, por su parte, logró una adecuada curva de crecimiento, sin embargo los valores tuvieron tendencia a ser menores que los alcanzados por la Maca cocida o el ABC.

El resultado favorable para la Maca Cocida era esperable ya que es conocido que el cocimiento de un alimento altera la biodisponibilidad de sus sustancias nutrientes, frecuentemente haciéndolas más fáciles de absorber en el aparato digestivo (30), mejorando la utilización de las proteínas de la Maca cocida y por tanto sus cualidades nutricionales.

La comparación entre los resultados de las curvas de crecimiento de padres e hijos requiere algunos comentarios

adicionales. El ratón experimental albino alimentado por generaciones en base al ABC es bastante exigente en cuanto a su dieta. En estos animales el procesamiento de alimentos y los esquemas de alimentación pueden fácilmente afectar el incremento de peso u otros parámetros fisiológicos del ratón (22). Por este motivo, ensayamos inicialmente el porcentaje del ABC que podría ser reemplazado por Maca sin afectar, la ingesta del alimento por el animal. Encontramos que un reemplazo del 30% del ABC por Maca era bien tolerada por el ratón. Reemplazos porcentuales mayores de 40 a 50% del ABC por Maca eran parcialmente tolerados, sin embargo, se afectaba la cantidad de alimento consumido diariamente, por lo cual se prefirió no usarlas. En la continuación de estos estudios se está incrementando el porcentaje de reemplazo en generaciones sucesivas de ratones.

En las curvas de crecimiento de los ratones padres alimentados con los suplementos de Maca, puede apreciarse que hay fluctuaciones de los pesos de los ratones a lo largo del período de observación, siendo inicialmente favorables para el grupo control, alimentado con el ABC, pero posteriormente los grupos alimentados con Maca logran superar al grupo control. Este comportamiento podría ser explicado por la adaptación de los animales al cambio de alimento. La primera generación de ratones (ratones padres) fueron iniciados en la dieta diferenciada recién desde el momento de la ablactancia, a los 14 días de vida, cuando ya habían oído e incluso ingerido pequeñas porciones del alimento original no suplementado que los ratones padres dejan caer hacia la base de la jaula al momento de alimentarse, por lo tanto, al tiempo de la ablactancia los ratones crías ya conocen el sabor y olor del alimento original y rechazan el cambio de dieta, lo cual afecta su crecimiento inicial. En contraste a esto la segunda generación de ratones en todo momento han reconocido el sabor de la dieta combinada y ya no tuvieron ese período de rechazo al nuevo alimento, lo cual se refleja en un comportamiento más constante en las curvas de crecimiento, como puede apreciarse en la Tabla y Gráfico 3.

Otra evidencia sólida de la capacidad nutricional de la Maca fueron los datos bioquímicos nutricionales donde los valores de proteínas totales y albúmina fueron estadísticamente superiores en el grupo suplementado con Maca Cocida. Sin embargo, se necesitan estudios con mayor tamaño muestral para confirmar esta observación. Además los niveles más bajos de colesterol encontrados en los animales machos alimentados con Maca Cruda o Cocida, sería de utilidad en el diseño de esquemas nutricionales bajos de colesterol.

No existe una clara explicación que justifique la mejor capacidad nutricional de la Maca comparativamente al ABC. Probablemente la presencia de todos los aminoácidos esenciales y no esenciales, vitaminas y minerales y quizá su adecuado balance porcentual podrían brindar alguna pauta explicativa (29). Sin embargo, aún no se ha estudiado la posibilidad de que algunos de sus componentes fitoquímicos cumpla algún rol facilitando la absorción de otros nutrientes.

Se han realizado evaluaciones de toxicidad de *Lepidium meyenii*. En el libro de Obregón (13) se menciona el trabajo no publicado de los investigadores J. Arroyo y S. Sandoval, quienes realizaron la búsqueda de la dosis letal-50 (DL50) y llegaron hasta una dosis de 15 000 mg/Kg, siguiendo la tabla modificada de Hodge y Stender, para la clasificación 1: Prácticamente no tóxico (31), sin haber encontrado ninguna mortalidad, estableciendo por lo tanto que la DL50 es mayor de 15 000 mg/kg. Otra evaluación por nuestro grupo de trabajo evaluó la citotoxicidad de *Lepidium meyenii* en cultivos celulares, encontrando que un extracto acuoso de *Lepidium meyenii* ensayado en células en cultivo RAW 264.7 y en células HT-29 tenía muy buena tolerancia en los ensayos de viabilidad utilizando colorantes vitales. Igualmente, evaluamos la DL50 llegando hasta una dosis de 16 400 mg/Kg sin encontrar ninguna mortalidad, ni ninguna evidencia de modificaciones del estado de los animales experimentales (32), lo cual nuevamente establece un DL50 mayor de 16 400 mg/kg de peso de los animales ensayados.

Algo que no ha sido previamente reportado en trabajos de evaluación de este tipo es la posibilidad de inducción de malformaciones congénitas por una dieta a base de Maca utilizada por el animal experimental durante toda su vida. En este estudio de observación de 2 generaciones de animales, en las crías no se encontró macroscópicamente ninguna evidencia de teratogenicidad tanto en el grupo control como en los grupos suplementados con Maca.

En nuestro estudio todas las animales hembras (salvo uno en el grupo Maca Cocida) lograron ser preñadas durante la primera sesión de colocación del macho, a diferencia del grupo control que requirió 3 sesiones para lograr la preñez del total de hembras. Esto concuerda con estudios previos que han mostrado que la Maca tiene efectos favorecedores de la fertilidad (29,33), así como se han encontrado efectos modificatorios sobre los órganos genitales internos tanto masculinos como femeninos (34,35), que podrían explicar este efecto favorecedor de la fertilidad.

Igualmente, estudios previos han mostrado que la suplementación con Maca ha producido un incremento en el número de crías en varios tipos de animales experimentales pequeños como ratas (34) y cuyes (28), así como en animales mayores como borregas (29). Nuestro estudio, igualmente, encontró un número de crías mayor en los grupos suplementados con Maca, siendo aún más notable en el grupo Maca Cocida.

Aunque no existe una explicación científicamente demostrada respecto a este efecto, se podrían plantear algunas hipótesis. No se ha reportado fitohormonas en la Maca, sin embargo, algunos compuestos químicos de la Maca (como glucosinolatos o esteroides) podrían indirectamente abastecer de sustratos para la síntesis de compuestos hormonales. De hecho un estudio en humanos encontró que la suplementación con Maca en un grupo de mujeres postmenopáusicas produjo una marcada disminución de los niveles séricos elevados de

LH que tenían antes del uso de Maca (36). O, por otro lado, estos compuestos podrían poseer actividades pro- o anti-estrogénicas, como ha sido descubierto para extractos de *Lepidium capitatum* (37) o afinidad por los receptores de estrógenos, como ha sido demostrado para algunos extractos de otro producto peruano, la *Uncaria tomentosa* (Uña de Gato) (38). Otras hipótesis más difíciles de sustentar (por la falta de antecedentes en la literatura) son la activación de vías metabólicas para la producción hormonal normalmente no utilizadas, como las vías metabólicas de la epiandrosterona a partir de algunos esteroides existente en las glándulas suprarrenales, o la acción sobre centros hipotalámicos reguladores de la producción hormonal sexual.

En conclusión, este estudio muestra la capacidad nutricional de la Maca, demostrado por curvas de crecimiento favorables a la Maca Cocida sobre la Maca Cruda y sobre el ABC, hallazgo que fue ratificado por los valores séricos de proteínas totales y albúmina.

## REFERENCIAS

1. FAO/OMS. Conferencia Internacional sobre Nutrición. Informe Final de la Conferencia. Roma, Diciembre 1992.
2. Morales E. Actualidades en Nutrición [Symposium]. Diagnóstico 1997;36:16-17.
3. Becerra C, Gónzales GF, Villena A, De la Cruz D, Florián A. Prevalencia de anemia en gestantes, Hospital Regional de Pucallpa, Perú. Rev Panam Salud Pública/Pan Am J Public Health 1998;3:285-291.
4. Demant TW, Rhodes EC: Effects of creatine supplementation on exercise performance. Sports Med 1999;28:49-60.
5. Farnsworth NR. Ethnopharmacology and future drug development. The North American experience. J Ethnopharm 1993;38:145-152.
6. WHO. In vitro screening of traditional medicines for anti-HIV activity: Memorandum from a WHO meeting. Bull WHO 1989;67:613-618.
7. Dini A, Migliuolo G, Rastrelli L, Saturnino P, Schettino O. Chemical composition of *Lepidium meyenii*. Food Chem 1994;49:347-349.
8. Gónzales GF, Goñez C, Villena A. Serum lipid and lipoprotein levels in postmenopausal women: Short Course Effect of Caigua. Menopause 1995;2:225-234.
9. Jang M, Cai L, Udeani GO, et al. Cancer Chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes. Science 1997;275:218-220.
10. Vaisberg AJ, Milla M, Planas MC, Córdova JL, Rosas de Agusti E, Ferreryra R, Mustiga MC, Carlin L, Hammond GB. Taspine is the cicatrizant principle in sangre de grado extracted from *Croton lechleri*. Planta Med 1989;55:140-143.
11. Matos R. La Maca: Una planta peruana en extinción. Cielo Abjerto 1994: 3-9.
12. Antúnez de Mayolo SE. La Nutrición en el Antiguo Perú. Banco Central de Reserva del Perú. Fondo Editorial. Lima, Perú. 1988.
13. Obregón L. Maca. Planta Medicinal y Nutritiva del Perú. Edit. Instituto de Fitoterapia Americano. Lima, Perú. 1998.

14. Apumayta UP, Lock O. La Maca, importante especie vegetal peruana merece un mayor estudio. Revista de Química (PUCP) 1993;VII:211-217.
15. La Maca «Il ginseng delle Ande» e altre radici e tuberi andini. Instituto Italo-Latinoamericano. Serie Scienza 10. Roma, Italia. 1998.
16. Soukup J. Vocabulario de los nombres vulgares de la Flora Peruana y Catálogo de los Géneros. Edit. Salesiana. Lima, Perú. 1986: 441 pag.
17. Solís R. Producción de Maca en la Meseta de Bombón. Imprenta Ríos. Huancayo, Perú. 1996.
18. Pacheco M. Virtudes fecundantes de la Maca. Revista Alimentaria Julio 1986.
19. Yllesca M. Estudio Químico y Fitoquímico comparativo de 3 ecotipos de *Lepidium meyenii* Walp [Maca] procedente de Carhuamayo (Junín) [Tesis de Químico Farmacéutico]. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). 1994. Lima, Perú.
20. Baquerizo G. Estudio químico-bromatológico del *Lepidium meyenii* Walp (Maca) y del *Aiphanes var Deltoidea* Burret (Shica-Shica). Tesis Bachiller Medicina UNMSM. 1968. Lima, Perú
21. Duhan A, Khetarpaul N, Bishnoi S: Effect of various domestic processing and cooking methods on phytic acid and HCl-extractability of calcium, phosphorus and iron of pigeon pea. Nutr Health 1999;13:161-9.
22. Centro Panamericano de Fiebre Aftosa. Temas seleccionados sobre medicina de animales de laboratorio : El Ratón. Serie de Monografías Científicas y Técnicas No. 3. Organización Panamericana de la Salud. Rfo de Janeiro, Brasil. 1974.
23. Approximate Chemical Composition of Purina Laboratory Chows. Purina Laboratory Manual.
24. Collazos C, Robles N, Roca A, y col. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. 7a. Ed. Lima, Perú, 1996.
25. Gornall AG, Bardawill CS, David MM: Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. J Biol Chem 1949;177:751-766.
26. Doumas BT, Watson WA, Biggs HG. Albumin standards and the measurement of serum albumin with bromocresol green. Clin Chim Acta 1971;31:87-96.
27. Allain CC, Poon LS, Chan CS, Richmond W, Fu PC. Enzymatic determinations of total serum cholestero. Clin Chem 1974;20:470-5.
28. Córdor D. Efecto de diferentes niveles de Maca (*Lepidium meyenii* Walp) en raciones de crecimiento para cuyes. Revista del INIA 1994:146.
29. Córdor D. Influencia de la Maca en el incremento de peso, en la reproducción y descendencia de borregas en la cooperativa comunal de San Ignacio de Junín [Tesis Ing. Zootecnista]. Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión; 1991.
30. Torún B. Proteínas, química, metabolismo y requerimientos nutricionales. En : *Nutrición Clínica en la Infancia*. Vevey ;Raven Press, New York;1985.pp. 99-119.
31. Pascol D. *Toxicology* ; London, Edward Arnold (Publishers) Limited, 1983:31-50.
32. Marcelo A, Okuhama N, Canales M, Salazar R, Aguilar JL : Ausencia de toxicidad aguda (DL50) y citotoxicidad de *Lepidium meyenii*. (Artículo original enviado a publicación en Acta Medica).
33. Alvarez CJ. Utilización de diferentes niveles de Maca en la fertilidad de cobayos. [Tesis Ing. Zootecnista] Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión; 1993.
34. Chacón G. Estudio Fitoquímico de *Lepidium meyenii* [Tesis biólogo]. Lima, Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1961.
35. Lamas G, Quispe G, Ramos D, Ferreyra C, Casas H, Apumayta U. Estudio de la Propiedad Estrogénica del *Lepidium meyenii* en Ratas. II Congreso Nacional de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas ; 1994 Oct 17-21 ; Lima, Perú.
36. Lamas G, Chang A: Efecto de la Suplementación de Maca (*Lepidium meyenii*) en Mujeres Post-menopáusicas. [Tesis biólogo]. Ica, Perú. Universidad Nacional de Ica;1996.
37. Singh MM, Wadhwa DN, Gupta DN, Pal R, Khanna NM, Kamboj VP: Postcoital Contraceptive Efficacy and Hormonal Profile of *Lepidium capitatum*. Planta Medica 1984;48:154-7.
38. Salazar EL, Jayme V: Depletion of Specific Binding Sites for Estrogen Receptor by *Uncaria tomentosa*. Proc Western Pharmacol Soc 1998; 41:123-4.

Recibido:17-08-1999

Aceptado:13-01-2000