

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, COMPOSICIÓN CENTESIMAL Y  
CONTENIDO DE MINERALES EN FRUTOS DE *Macadamia  
integrifolia* Maiden & Betche, COSECHADOS EN EL  
DEPARTAMENTO DE CORDILLERA, PARAGUAY**

Physical characteristics, composition and minerals content in *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche nuts, harvested in Cordillera Department, Paraguay

**LAURA MERELES<sup>1</sup>; ESTEBAN FERRO<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Docente investigador, Departamento de Bioquímica de Alimentos;  
e-mail: lauramereles@qui.una.py; nutric@qui.una.py

<sup>2</sup>Docente investigador, Departamento de Fitoquímica.  
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Asunción.

**RESUMEN:** El cultivo de *Macadamia integrifolia* en Paraguay es relativamente reciente y su demanda es creciente a nivel mundial, avalada por los beneficios a la salud asociados al consumo frecuente de su fruto. Sin embargo, se carece de datos sobre la composición de la nuez producida en Paraguay. Se evaluaron las características físicas, composición centesimal y el contenido de minerales, de dos variedades tempranas de *M. integrifolia*, HAES 344 y HAES 741, ampliamente distribuidas en el cultivo comercial de la región Oriental. Los diámetros longitudinales de las nueces variaron de 2,22 a 2,64 cm y el diámetro transversal de 2,18 a 2,61 cm. La variedad HAES 344 presentó el mayor tamaño de fruto, así como el mayor peso de nuez en cáscara ( $7,92 \pm 1,43$  g) y peso de nuez ( $2,21 \pm 0,41$  g). Sin embargo, la variedad HAES 741 presentó una mayor proporción de peso de nuez/nuez en cáscara (29,2 %). De la composición química centesimal de la nuez de macadamia se desprende que es un alimento predominantemente lipídico con uno de los niveles más altos reportados para esta especie ( $\geq 74$  %), con importante contenido proteico ( $\geq 7,4$  %) y fibra alimentaria (5,9 %), altamente energético ( $> 730$  kcal / 100 g). Se observaron niveles importantes de magnesio ( $\geq 112$  mg / 100 g), cobre ( $\geq 0,444$  mg/100 g) y manganeso ( $\geq 2,7$  mg / 100 g), este último particularmente importante por su conocida actividad antioxidante *in vivo*.

**Palabras clave:** nuez de macadamia, composición centesimal, minerales.

**SUMMARY:** The cultivation of *Macadamia integrifolia* in Paraguay is relatively recent. The health benefits associated with frequent consumption of its fruit increase the demand worldwide, however the composition of the nut produced in Paraguay is unknown. The physical-chemical composition and minerals content, of two early varieties of *M. integrifolia*, HAES 344 and HAES 741, widely distributed in the commercial cultivation of the Eastern region were evaluated. The longitudinal diameters of macadamia nuts were 2.22 to 2.64 cm and the transverse

*Manuscrito recibido: febrero de 2015.*

*Manuscrito aceptado: marzo de 2015.*

diameter was recorded between 2.18 and 2.61 cm. The variety HAES 344 had the highest fruit size and the greater weight walnut in shell ( $7.92 \pm 1.43$  g) and nut weight ( $2.21 \pm 0.41$  g). However, the variety HAES 741 had a higher percentage of weight of nut /nut in shell (29.2 %) than in HAES 344 (28.0 %). The results from the centesimal chemical composition analysis of macadamia, revealed a lipid-rich foodstuff, with one of the highest levels reported for this species ( $\geq 74$  %), with significant protein content ( $\geq 7, 4$  %) and dietary fiber (5.9 %), high-energy ( $> 730$  kcal / 100 g). Important levels of magnesium ( $\geq 112$  mg / 100 g), calcium ( $\geq 38$  mg / 100 g) and manganese ( $\geq 2,7$  mg / 100 g) were also observed, the latter known for its particularly important antioxidant activity *in vivo*.

**Key words:** macadamia nuts, proximal composition, minerals.

## INTRODUCCIÓN

La nuez de macadamia pertenece a un género de plantas que contiene ocho especies, entre las cuales *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche y *Macadamia tetraphylla* (L) Johnson son las dos especies comestibles y de mayor importancia comercial. El área de distribución originaria de las especies comestibles se limita al este de Australia en la zona de bosques húmedos de Queensland (25° a 35° latitud sur). Esta nuez ya era parte de la dieta de los aborígenes de aquella región y su comercialización es relativamente reciente (Cattebeke, 2009; Lavín, Lemus, Contreras et al. 2001).

El sabor suave y la textura crujiente de las nueces de macadamia ligeramente tostadas son apreciados a nivel culinario por los consumidores (Wall, 2013). Las nueces enteras tienen mayor precio, y deben estar maduras, libres de hongos, daños por insectos, manchas, centros huecos, decoloración o rancidez. Las nueces maduras de mejor calidad contienen de 72 a 78% de aceite con 1,5% de humedad. El tamaño medio de la parte comestible de la nuez, la almendra conocida como “kernel” a nivel comercial, es aproximadamente 20 mm de diámetro y pesa de 2,8 a 3,3 g pero puede variar de 2,1 a 4,9 g. El diámetro de la nuez con cáscara o NIS (del inglés, “nut in shell”) es de 24 a 25 mm y el espesor de la cáscara es de 2,7 a 3,2 mm, dependiendo de la variedad (Nagao, Ito, Tsumura y Kawabata, 2003).

La nuez de macadamia presenta una creciente demanda a nivel mundial en los principales mercados importadores, que son Estados Unidos, Holanda, Alemania, Japón, entre otros. El Paraguay es un país exportador incipiente de nueces de macadamia desde el 2007, principalmente con destino a Hong Kong. Debido a su alto valor comercial, la gestión de calidad es fundamental para obtener precios favorables del mercado; es necesario conocer la composición química del producto, realizar el procesamiento de la nuez (secado, clasificación, etc.) en función de sus características fisicoquímicas, e invertir en un material genético adecuado (Mesa sectorial de frutas y hortalizas de la Red de Inversiones y Exportaciones del Ministerio de Industria y Comercio; 2015 y REDIEEX, 2010).

Los principales países productores, en orden de importancia son, Australia, Estados Unidos (Hawaii y California), Sudáfrica, Kenia, y en menor escala países de América Latina como Guatemala, Costa Rica, Brasil, Colombia, Ecuador, Bolivia, México y

Paraguay (Armadans, 2007). Las variedades cultivadas en Paraguay son de diversos orígenes, especialmente de Hawái, Brasil y California. Los cultivares comerciales de Hawái, son más conocidos por sus números de selección (344, 741, 660, 246) de la Hawái Agricultural Experiment Station (HAES), en lugar de por los nombres de sus cultivares (Kau, Malau, Keaau, Keauhou, respectivamente). Estas variedades fueron seleccionadas para el cultivo comercial por producir nueces de buena calidad y productividad en un clima tropical. Por otro lado, las variedades californianas también muy distribuidas en el país, son Cannon, San Joaquín, James y Dorado, introducidas en el año 1999 (Armadans, 2007). Un estudio realizado por Armadans (2009) reporta datos preliminares sobre el comportamiento del cultivo de macadamia en el Paraguay, en el cual se observó que el pico de cosecha de las variedades estudiadas se da en el mes de febrero. Actualmente, existen 700 ha con producción de nueces y alrededor de 5.000 ha con plantaciones jóvenes, que aún no comienzan su periodo de producción, con lo cual la oferta de nueces de macadamia en el país ascendería de manera importante en los próximos 5 años (SPM, 2012).

Por otro lado, el efecto del consumo de frutos secos como la macadamia sobre la salud ha sido ampliamente estudiado, los primeros trabajos de estudios epidemiológicos mostraban un marcado efecto de protección cardiovascular, corroborado en investigaciones posteriores, lo que ha despertado el interés por su composición y sus efectos beneficiosos sobre la salud (Griel y Kris-Etherton, 2006; Maguire, O'Sullivan, Galvin, O'Connor, y O'Brien, 2004; Segura, Javierre, Lizarraga y Ros, 2006; Venkatachalam y Sathe, 2006). La relevancia de estos datos, se basa en que las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la mayor causa de morbilidad y mortalidad del mundo occidental y se considera que la ingesta moderada de estos frutos en la dieta es una medida fácil para prevenirlas (Casas, López, y Salas, 2010; Rodrigues, Pereira, Matsushita, Dias, Visentainer, Maldonado et al., 2013). A pesar de ser alimentos altamente energéticos, estudios poblacionales demostraron beneficios para la salud con el consumo frecuente de nueces de macadamia. Entre estos se destacan efectos sobre el metabolismo, en términos de control de peso y prevención de la resistencia a insulina y la dislipidemia, y la mejora de la función plaquetaria (Yamamoto, Ikeda, Negishi, Mori, Hirose, Sawada, Onobayashi et al, 2004; Nestel, Clifton y Noakes, 1994; Colquhoun, Humphries, Moores y Somerset, 1996; Griel, Cao y Bagshaw, 2008). Se ha demostrado que el consumo de nuez de macadamia reduce los niveles de leucotrienos circulantes y de 8-isoprostano, fiable marcador *in vivo* de estrés oxidativo (Garg, Blake, Wills, y Clayton, 2007).

El contenido de los diversos nutrientes y compuestos químicos en las nueces de macadamia puede variar considerablemente, dependiendo de la variedad, la madurez, los lugares de cultivo, y las condiciones de crecimiento, por lo tanto, los resultados del análisis de la composición de nueces de macadamia que se llevan a cabo en diferentes lugares y a tiempos diferentes, pueden producir resultados diferentes (Munro y Garg, 2008). La calidad final de la macadamia depende de las condiciones de composición inicial de los frutos antes de someterlos al proceso de secado y los métodos por los

cuales son elaborados, envasados y almacenados (REDIEX, 2010).

En el Paraguay, el cultivo de *M. integrifolia* tiene características de no tradicional, con plantaciones relativamente jóvenes (Armadans, 2007), por lo cual la información acerca de la composición nutricional bajo las condiciones edáficas y climáticas del país, es limitada. En los últimos años, la Red de Inversiones y Exportaciones (REDIEX) del Ministerio de Industria y Comercio, ha incentivado la exportación de nueces de macadamia, sin embargo, muchas oportunidades se han perdido por diferentes motivos relacionados con las exigencias de calidad. La investigación, capacitación y transferencia tecnológica en el sector, es una prioridad, donde el principal objetivo es conocer la composición y característica de la nuez para mejorar sus cualidades fisicoquímicas (REDIEX, 2010).

El objetivo del presente trabajo fue determinar las características físicas y composición centesimal y de minerales de la nuez de *M. integrifolia*, de dos variedades HAES 344 y HAES 741, cosechadas en el departamento de Cordillera, Paraguay.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se tomaron de un cultivo de 12 años en la Granja San Joaquín, distrito de Caragatay, Departamento de Cordillera, ubicado en la región Oriental del Paraguay en las coordenadas del sistema de posicionamiento global (GPS) 25°13' latitud Sur y 56°49' longitud Oeste. La población muestreada consistió en una plantación de 400 árboles de macadamia (**Fig. 1. A-B**). La zona del cultivo presenta un clima templado y seco, con temperatura media anual de 22°C, suelo tipo ultisol, con régimen de humedad húdico. La precipitación anual media es 1550 mm, con un promedio de 153 mm mensuales, excepto los meses de junio y agosto, que solo alcanza 80 mm.

Se seleccionaron dos variedades, desarrolladas para el cultivo comercial en Hawaii, HAES 344 y HAES 741 (**Fig. 2. A-B**) las cuales demostraron buena producción en campo, de acuerdo a estudios previos, y son las más frecuentes en el Paraguay para el cultivo comercial (Armadans, 2009).

Paralelamente al muestreo, se prepararon ejemplares de herbario de los árboles con frutos de las variedades seleccionadas como material de referencia y fueron remitidas al departamento de Botánica de la Dirección de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Asunción, donde se encuentran depositados bajo la identificación:

- *Macadamia integrifolia* var. HAES 344, R. Degen et L. Mereles 3870 (FCQ) 16.02.13.
- *Macadamia integrifolia* var. HAES 741, R. Degen et. L. Mereles 3872 (FCQ) 16.02.13.

La cosecha de los frutos se realizó de forma manual, se colectaron los frutos maduros (**Fig. 3. A-B**) caídos bajo la copa de los árboles de 10 plantas de cada variedad. La recolección se realizó una vez por semana en el periodo de enero a abril para las variedades tempranas HAES 344 y HAES 741. Se procedió a extraer el pericarpio (verde), obteniéndose las nueces con cáscara leñosa o endocarpio para su posterior proceso de secado. El secado se realizó por el procedimiento normalmente utilizado por

los productores, disponiéndolos en una habitación fresca, temperatura ambiente y con ventilación forzada durante 4 semanas. Se realizó un muestreo al azar de toda la cosecha obtenida entre enero y abril, de cada variedad. Mediante un procedimiento de cuarteos sucesivos, se tomaron 20 kilos de cada una de las variedades. Una vez en el laboratorio, las nueces fueron homogeneizadas en un procesador de alimentos a cuchillas y tamizadas en un tamiz ASTM E-11 N° 18.

Se realizaron las determinaciones de las características físicas de las nueces, como previamente lo describieron Masson, Torija y Camilo (2008). Se tomó al azar una cantidad representativa de frutos de cada variedad, se pesaron y midieron individualmente 30 unidades para calcular el peso y los diámetros longitudinal y transversal (Fig. 4. A-B), mediante el empleo de una balanza analítica y un escalímetro, respectivamente.

De cada nuez se retiró por fractura mecánica la cáscara y se extrajo la nuez comestible. Igualmente, se pesó cada una, para calcular el peso promedio de nuez de cada variedad. Para la medición de las variables analíticas se utilizaron en su mayoría técnicas oficiales disponibles Horwitz (2000) y Firestone (2009), propuestas para frutos secos. Todos los reactivos utilizados fueron de calidad analítica. Todas las determinaciones fueron realizadas por triplicado.



Fig. 1. A-B. A. Cultivo de *Macadamia integrifolia*, población muestreada, finca San Joaquín, Caraguatay, Paraguay. B. Placa identificadora de la variedad de cada árbol.

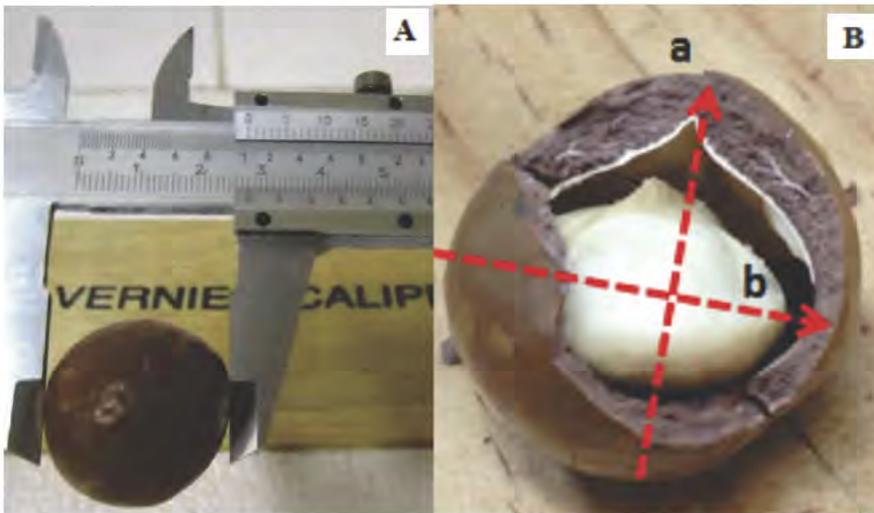


Fig. 2. A-B. Nueces de *M. integrifolia* de las variedades analizadas en su cáscara leñosa A. HAES 344. B. HAES 741.

Para el registro y procesamiento de los datos obtenidos se utilizó una planilla electrónica Excel 7.0. Se utilizó el test Q de Dixon para la identificación y rechazo de los valores atípicos en cada rango de resultados de los diferentes análisis, con un nivel de significancia del 95%. Para comparar las medias de los parámetros analizados en los años de cosecha se aplicó la prueba t Student, y las diferencias con valores de  $p \leq 0,05$  se consideraron significativas.



**Fig. 3. A-B.** A. Cosecha de de *M. integrifolia* frutos maduros caídos bajo la copa de los árboles. B. frutos con carpelo verde, recién cosechados.



**Fig. 4. A-B.** Nuez de macadamia con cáscara. A. Medición de diámetro. B. a. Diámetro longitudinal y b. Diámetro transversal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las nueces de macadamia analizadas mostraron diámetros longitudinales de 2,22 a 2,64 cm y diámetros transversales de 2,18 a 2,61 cm; la variedad HAES 344 presentó el mayor tamaño de fruto, así como el mayor peso de nuez con cáscara ( $7,92 \pm 1,43$  g) y peso de nuez ( $2,21 \pm 0,41$  g), con diferencias significativas respecto de la variedad HAES 741 (t Student  $p < 0,01$ ). Sin embargo, de los datos se desprende que la variedad HAES 741 tiene un porcentaje significativamente mayor de peso de nuez/nuez en cáscara (29,2%) que la HAES 344 (28,0%), (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características físicas de la nuez de *M. integrifolia*.

Características físicas	HAES 741	HAES 344	Significancia estadística
<b>Diámetro longitudinal (cm)</b>	<b><math>2,33 \pm 0,11</math></b>	<b><math>2,46 \pm 0,18</math></b>	<b>**</b>
<b>Diámetro transversal (cm)</b>	<b><math>2,27 \pm 0,09</math></b>	<b><math>2,44 \pm 0,17</math></b>	<b>**</b>
<b>Peso nuez en cáscara (g)</b>	<b><math>6,36 \pm 1,10</math></b>	<b><math>7,92 \pm 1,43</math></b>	<b>**</b>
<b>Peso nuez (g)</b>	<b><math>1,85 \pm 0,33</math></b>	<b><math>2,21 \pm 0,41</math></b>	<b>**</b>
<b>% peso nuez/nuez en cáscara</b>	<b><math>29,2 \pm 2,15</math></b>	<b><math>28,0 \pm 3,41</math></b>	<b>*</b>

Datos expresados en promedios  $\pm$  desviación estándar (n=30).

El \* indica diferencia significativa entre las medias, \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  (t Student).

El mayor porcentaje observado en la relación peso de nuez/nuez en cáscara, coincide con lo informado en publicaciones realizadas por la estación experimental de Hawaii para estas variedades, donde se reportan valores de 38,1% y 36,5% en las variedades HAES 741 y HAES 344, respectivamente. Sin embargo, las nueces desarrolladas en Hawaii, presentaron pesos promedios superiores a los observados en el presente estudio. Diferencias en el rendimiento pueden deberse, además de la adaptación genética de la variedad, a otros factores como las condiciones climáticas, la edad del árbol, infestación y presencia de plagas en el cultivo, así como por inadecuado manejo pos cosecha y por la contaminación microbiológica (Wall, 2013).

En cuanto a los resultados de la composición química, se observaron en general bajos valores de humedad en ambas variedades, como es de esperarse para los frutos secos, considerados alimentos no perecederos (humedad  $< 10\%$ ), lo cual es deseable a nivel comercial porque disminuye la probabilidad del crecimiento microbiano y respalda el mantenimiento de la calidad y la vida útil de las nueces (Munro y Garg, 2008). La actividad de agua de la almendra es un factor determinante para la susceptibilidad al ataque microbiológico. Las regulaciones de la Food and Drug Administration de los Estados Unidos de América (FDA), para nueces de macadamia, establecen un contenido de agua seguro para la ausencia del crecimiento microbiano con una actividad de agua (aw) inferior a 0,70 a 25°C, esto corresponde a menos de 4% de humedad para nueces de macadamia (Beuchat, 1978). Sin embargo, las especificaciones técnicas comerciales para la exportación de macadamia, exigen una

humedad de la nuez que no supere el 1,5% (INC, 2009; Macadamia Marketing International; 2015). Esto sugiere que los frutos analizados contienen un porcentaje de humedad,  $\geq 2,52\%$  (**Tabla 2**) superior al establecido como seguro para el crecimiento de hongos y la conservación del aceite de la nuez de macadamia. Un producto con elevada humedad que además presente un inadecuado sistema de envasado, favorece la rancidez del producto lo cual reduce su valor nutricional (SAMAC, 2013). Sin embargo, en la literatura se encuentran valores similares al obtenido en el presente estudio, para nueces de *M. integrifolia*, con valores de humedad iguales o superiores a 3% (Maro, Pio, Penoni, Oliveira, Prates, Lima et al. 2012 y Silva, 2003).

**Tabla 2.** Composición centesimal y valor calórico en la nuez de *M. integrifolia*.

Variable	HAES 344	HAES 741	Significancia estadística
<b>Humedad (g/100g)</b>	<b>2,82 ± 0,30</b>	<b>2,75 ± 0,10</b>	ns
<b>Lípidos (g/100g)</b>	<b>74,4 ± 0,10</b>	<b>75,1 ± 0,30</b>	*
<b>Proteínas (g/100g)</b>	<b>8,08 ± 0,30</b>	<b>7,40 ± 0,20</b>	*
<b>Carbohidratos (g/100g)</b>	<b>7,63 ± 0,10</b>	<b>7,70 ± 0,20</b>	ns
<b>Fibra dietética (g/100g)</b>	<b>5,94 ± 0,00</b>	<b>5,95 ± 0,00</b>	ns
<b>Cenizas (g/100g)</b>	<b>1,59 ± 0,20</b>	<b>1,48 ± 0,10</b>	ns
<b>Valor Calórico (kcal/100g)</b>	<b>748 ± 6</b>	<b>739 ± 8</b>	ns

Datos expresados en promedio (n=3) ± desviación estándar.

El \* indica diferencia significativa entre las medias ( $p < 0,05$ ). ns: no significativo.

Con respecto al contenido de lípidos totales, la variedad HAES 741 presentó un contenido significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) y un contenido proteico significativamente menor. No se observaron diferencias significativas entre los valores de carbohidratos, fibra dietética ni cenizas (t Student  $p < 0,05$ ). Se registraron valores calóricos en un rango de 739 a 748 kcal/100g, demostrando que la nuez de macadamia es un alimento altamente energético, consecuente con su elevado contenido de aceite.

En un estudio anterior, Maro et al. (2012), reportaron la composición centesimal de las variedades HAES 344 y HAES 741 cultivadas en el municipio de Itapir - Sao Paulo, Brasil, y sus resultados demuestran diferencias en el contenido de lípidos y proteínas para las dos variedades analizadas. En la variedad HAES 344 reportan menores niveles de lípidos a los observados en el presente estudio (61,3g/100g en HAES 344 y 39,5 g/100g en HAES 741). Moodley, Kindness y Jonnalagadda (2007) compararon el contenido de aceite de cinco frutos secos consumidos en Sudáfrica, y reportan valores similares a los obtenidos para la nueces de macadamia en el presente estudio ( $76 \pm 0,5$  g/100g). Por otro lado, Chung, Shin, Hwang, y Choicol (2013) informaron un menor contenido de lípidos en macadamias comercializadas en Corea (64,4%), superado por los piñones (69,8%) y la nuez (69,3%). Es sabido que el porcentaje de los lípidos puede

variar ampliamente, dependiendo del tipo de cultivar, de acuerdo a la estación del año, el entorno de establecimiento, las prácticas hortícolas, el tipo de suelo, las condiciones climáticas imperantes, y sobre todo con la madurez del árbol (Wakeling, Mason, D'Arcy, Caffin, 2001), por lo que las diferencias observadas podrían estar asociadas a estos factores, los cuales deberán ser evaluados en trabajos posteriores. Estudios realizados en Hawaii, demuestran que cuando las nueces se secan hasta un tenor de 1,5% de humedad tienen un peso específico  $<1,0$  y  $>72\%$  de aceite (Nagao et al. 2006). Siguiendo esta relación en las nueces analizadas, el contenido de lípidos podría ser aún mayor al promedio observado ( $\geq 74$  g/100g) si el contenido de humedad disminuye de 2,5 a 1,5%.

Los contenidos de proteínas superan el 7% en ambas variedades, sin embargo, Maro et al. (2012), reportaron 13,3% de proteína para HAES 344 y 14,2% para HAES 741 cultivadas en Brasil, valores sensiblemente superiores a los observados en el presente trabajo. Si bien las proteínas de origen vegetal presentan limitaciones en cuanto a su valor biológico, algunos autores mencionan que las nueces de macadamia contienen cantidades significativas de proteínas con todos los aminoácidos esenciales, la mayoría presente a niveles óptimos con un importante contenido de aminoácidos beneficiosos como la arginina, del cual se cree que potencia los efectos saludables de las nueces sobre la salud cardiovascular (Munro y Garg, 2008). Normalmente existe una relación 1:4 (proteína: lípidos) en la composición de las nueces que contienen cerca de 60% de lípidos. En concordancia con los resultados, se observa una relación aproximada a 1:9, lo que indica la importante cantidad de lípidos en las nueces de macadamia, comparativamente con otras nueces (Freitas y Naves, 2010).

Los niveles de hidratos de carbono observados fueron similares a lo reportado por Moodley et al (2007), de 7,0 g/100g en nueces de macadamia consumidas en Sudáfrica, sin embargo, el estudio no menciona el origen de las muestras analizadas. Los datos de la literatura son limitados en cuanto al contenido de carbohidratos totales disponibles en nueces de *M. integrifolia* secas. Wall y Gentry (2006) reportan que el contenido de carbohidratos en nueces de macadamia frescas de la variedad HAES 344 es 2,6 g/100g (con humedad igual a 15,6%), donde el mayor valor de humedad va en detrimento del contenido de los demás componentes, en este caso, el de carbohidratos. Cabe mencionar que la mayoría de los estudios sobre nueces de macadamia secas determinan el contenido de carbohidratos por diferencia, los que incluyen a los carbohidratos totales y no sólo los disponibles (Freitas y Naves, 2010; Silva, 2003; Venkatachalam y Sathe, 2006). El contenido de azúcares es también objetivo de presumibles estudios futuros, por su importancia en las características físicas como el color que pueden tomar las nueces procesadas durante su secado. En nueces de macadamia, los azúcares solubles se encuentran en un rango que va de 1,36 g/100 g a 5,6 g/100 g (USDA, 2015; Venkatachalam y Sathe, 2006) y sus componentes mayoritarios son fructosa, glucosa, maltosa, y sacarosa (Wall y Gentry, 2006).

En la literatura se encuentran datos del contenido mineral en nueces de macadamia que varían de 0,93 g/100g a 4 g/100g (Maro et al. 2012 y Moodley et al. 2007). Los

valores observados en el presente estudio (1,48 y 1,59g/100g) se encuentran dentro de este rango. El contenido de fibra alimentaria ( $\geq 5,9$  g/100g) también se encuentra dentro del rango referido en la literatura para *M. integrifolia*, que varía de 6,4 a 8,6% (SAMAC, 2013 y USDA, 2015). Sin embargo, en general se reportan datos de fibra bruta, de 6,98 a 30,1 g/100g, los cuales por definición suelen superar el valor de fibra alimentaria, al incluir el contenido de celulosa (Freitas y Naves, 2012; Maro et al. 2012; Silva, 2003 y Venkatachalam y Sathe, 2006).

Las nueces de macadamia son reconocidas como una importante fuente de nutrientes, que representan una gran fuente de energía, alrededor de 730 kcal/100 g (Kaijser, Duttah y Savage, 2000; Maro et al. 2012). Silva (2003) reporta un valor medio de 746 Kcal/100 g a partir de 14 muestras de macadamia comerciales en Brasil, datos similares a los obtenidos en el presente estudio. De los resultados se desprende que, consumiendo 100g de macadamia al día serían suficientes para cubrir el 38% de las calorías necesarias, en base a una dieta de 2000 kcal. Sin embargo, la porción recomendada para nueces de macadamia es 25 g, por ser altamente energético, aunque Mozaffarian, Hao, Rimm et al. (2011) mencionan que una porción al día parece no tener este efecto adverso sobre el peso corporal e incluso puede tener efectos beneficiosos, lo cual aportaría alrededor de 190 kcal cubriendo hasta el 9,5% de las calorías totales, siempre en base a una dieta de 2000 kcal.

En lo referente al contenido de minerales, se observaron niveles de calcio del orden de  $38,1 \pm 4,20$  mg/100g para la variedad HAES 344-1, y  $40,5 \pm 3,7$  mg/100g para la variedad HAES 741-1. Estos valores se encuentran dentro del intervalo encontrado en la literatura (33–145 mg/100g) para *M. integrifolia* (Silva, 2003 y USDA, 2015). Por otro lado Moodley, et al. (2007) encontraron niveles excepcionalmente altos (337 mg/100g) en muestras comerciales analizadas en Sudáfrica, sin embargo, el estudio no especifica la fuente de las nueces analizadas, además, los niveles de contenido mineral de las macadamias analizadas por éstos autores eran dos veces mayor (4%) a los encontrados en el presente estudio (1,5%). Los resultados del contenido de minerales analizados se expresaron en mg/100g como se muestra en la **Tabla 3**.

**Tabla 3.** Composición de elementos minerales en la nuez de *M. integrifolia*.

Mineral	HAES 344	HAES 741	Significancia estadística
Calcio	38,1±4,2	40,5±3,70	ns
Magnesio	116±4,90	112±6,6	ns
Hierro	1,65±0,32	1,93±0,64	ns
Cobre	0,444±0,06	0,504±0,06	ns
Manganeso	2,73±0,29	2,98±0,31	ns
Cinc	0,384±0,06	0,443±0,07	*

Datos expresados en promedio (n=3)  $\pm$  desviación estándar.

El \* indica diferencia significativa entre las medias ( $p < 0,05$ ). ns: no significativo.

El contenido observado de magnesio, hierro, cobre y cinc se encuentra en el intervalo reportado en la literatura para nueces de *M. integrifolia* para diferentes muestras de macadamias comerciales del Brasil y Estados Unidos (Silva, 2003; USDA, 2015). Éstos resultados muestran que las nueces de macadamia son una buena fuente de magnesio, calcio y manganeso de acuerdo a las ingestas diarias recomendadas para éstos minerales (FAO, 2001).

## CONCLUSIÓN

De acuerdo a las características físicas analizadas, la variedad HAES 344 presentó el mayor tamaño de fruto, así como peso de nuez en cáscara y sin cáscara, sin embargo la variedad HAES 741 presentó el mayor porcentaje en el cociente nuez/nuez en cáscara.

Las variedades analizadas (HAES 344 y HAES 741), constituyen alimentos altamente energéticos, con elevado contenido de grasas ( $\geq 74\%$ ), y una importante cantidad de proteínas ( $\geq 7,4\%$ ), y fibra alimentaria ( $\geq 5,9\%$ ). Se observaron buenos niveles de minerales, especialmente magnesio ( $\geq 112$  mg/100g), cobre ( $\geq 0,444$  mg/100g) y manganeso ( $\geq 2,7$  mg/100g), este último particularmente importante por su conocida actividad antioxidante *in vivo*, con una cobertura de más del 15% de los requerimientos nutricionales. Se considera necesario continuar con estudios de caracterización de su composición, especialmente en sus compuestos fitoquímicos, así como sobre el potencial antioxidante de la macadamia, mencionado por otros autores. De esta manera se ofrecerán las bases científicas para brindar una completa información nutricional a los consumidores e impulsar nuevos estudios sobre el aprovechamiento integral de la macadamia producida en Paraguay.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Andrés Armadans, la Sra. Dorothy Wolf y la Sociedad Paraguaya de Macadamia por su valiosa colaboración en la provisión de las muestras analizadas en el presente trabajo, y por el aporte técnico brindado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armadans, A. (2007). *Cultivo de macadamia en el Paraguay*. San Lorenzo, Paraguay: Facultad de Ciencias Agrarias.
- Armadans, A. (2009). Caracterización de frutos de tres variedades de Macadamia (*Macadamia integrifolia*) en la zona de Caraguatay. Departamento Cordillera Paraguay. *Investigación Agraria*, 1 (11), 14-17.
- Beuchat, L.R. ( 1978 ). Relationship of water activity to moisture content in nuts, *Journal of Food Science*, 43, 754–755.
- Casas, P., López, P., Salas J. (2010). Frutos secos. En A.Gil. *Tratado de nutrición. Composición y calidad nutritiva de los alimentos* (201-219). Madrid, España: Médica Panamericana.

- Cattebeke, C. (2009). *Caracterización del fruto de cuatro variedades de macadamia (Macadamia integrifolia Maiden y Betché) en condiciones edáficas y climáticas de Caraguatay, Departamento de Cordillera, Paraguay*. Tesis doctoral sin publicar, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo.
- Chung, K., Shin, K., Hwang, H. y Choicol, K. (2013). Chemical composition of nuts and seeds sold in Korea [Versión electrónica]. *Nutrition Research and practice*, 7(2), 82-88.
- Colquhoun, D., Humphries, J., Moores, D. y Somerset, S. (1996). Effects of a macadamia nut enriched diet on serum lipids and lipoproteins compared to a low fat diet, *Food Australia*, 48, 216–221.
- FAO (2001). Human Vitamin and Mineral Requirements, Report 07a Joint FAO/OMS Expert. Bangkok, Thailand. Recuperado el 21 de febrero de 2015 de <http://www.fao.org/ag/humannutrition/36659-04427f866c8b2539d8e47d408cad5f3f9.pdf>.
- Firestone, D. (Ed.). (2009). *Official Methods and Recommended practices of the American Oil Chemist's Society AOCs* (6ª ed.). Urbana, Illinois, USA: AOCS.
- Freitas, J.B. y Naves, M.M.V. (2010). Chemical composition of nuts and edible seeds and their relation to nutrition and health. *Revista de Nutrição, Campinas*, 23(2), 269-279.
- Garg, M. L., Blake, R. J., Wills, R. H. y Clayton, E. H. (2007). Macadamia nut consumption modulates favourably risk factors for coronary artery disease in hypercholesterolemic subjects. *Lipids*, 42(6), 583-587. doi:10.1007/s11745-007-3042-8.
- Griel, A. E., Cao, Y., Bagshaw, D. D., Cifelli A.M., Holub, B. y Kris-Etherton P.M. (2008). A Macadamia Nut-Rich diet reduces total and LDL-Cholesterol in mildly hypercholesterolemic men and women. *American Society for Nutrition Journal Nutrition*, (138), 761-767.
- Griel, A. y Kris-Etherton, P. (2006). Tree nuts and the lipid profile: A review of clinical studies, *Br. J. Nutr.*, 96(2), 6878. Recuperado el 6 de febrero de 2015, de <http://www.aseanfood.info/Articles/11021890.pdf>.
- Horwitz, W. (Ed.) (2000). *Official methods of analysis of AOAC international* (17ª ed.). Gaithersburg, Maryland, USA: AOAC International.
- INC (2009). International Nut and dried fruit Council Foundation. *Proposed International Specification for Raw Macadamia Kernel*. Recuperado el 5 de agosto de 2014 de <http://www.samac.org.za/images/INC%20Proposed%20International%20Specification%20for%20Raw%20Macadamia%20Kernel%20June%202009.pdf>.
- Kajiser, A., Duttah, P. y Savage, G. (2000). Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. *Food Chem.*, 71, 67–70. doi:10.1016/S0308-8146(00)00132-1.
- Lavín, A., Lemus, G. y Contreras, M. (2001). Frutales de nuez no tradicionales: macadamia, pistacho, pecano, avellano europeo. *INIA La Platina*, 2-20.

- Macadamia Marketing International (2015). Pacific Gold Macadamias-Macadamia kernel specifications. Recuperado el 21 de febrero de 2015 de [http://www.macadamiamarketing.com/pdf/MMI.SPEC.PGM\\_.KER\\_Issue\\_C1.pdf](http://www.macadamiamarketing.com/pdf/MMI.SPEC.PGM_.KER_Issue_C1.pdf)
- Maguire, L., O'Sullivan, S., Galvin, K., O'Connor, T. y O'Brien, N. (2004). Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 55, 171–178.
- Maro, L.A.C., Pio, R., Penoni, E., Oliveira, M. C., Prates, F.C., Lima, L. C. O., et al. (2012). Chemical characterization and fatty acids profile in macadamia walnut cultivars. *Ciência Rural*, 42 (12). Recuperado el 21 de febrero de 2015, de <http://www.scielo.br/pdf/cr/2012nahead/a35612cr6122.pdf>.
- Masson, L., Torija, M.E., Camilo, C. (2008). Characterization of the seed oil from Chilean palm (*Jubaea chilensis*). *Grasas y Aceites*. 59 (1). Recuperado el 21 de febrero de 2015, de
- Moodley, R., Kindness, A. y Jonnalagadda, S. B. (2007). Elemental composition and chemical characteristics of five edible nuts (almond, Brazil, pecan, macadamia and walnut) consumed in Southern Africa. *Journal Of Environmental Science & Health, Part B. Pesticides, Food Contaminants, & Agricultural Wastes*, 42 (5). 585-591. doi:10.1080/03601230701391591.
- Mozaffarian, D., Cao, H., King, I. et al. (2010). Circulating palmitoleic acid and risk of metabolic abnormalities and new-onset diabetes. *Am J Clin Nutr*, 92 (6), 1350-8. DOI 10.395/ajcn.110.003970. Recuperado el 5 de febrero de 2015 de
- Munro, I. y Garg, M. (2008). Nutrient Composition and Health Beneficial Effects of Macadamia Nuts. En F. Shahidi y F. Alasalvar. *Tree nuts composition, phytochemicals, and health effects* (249-257). Boca Raton, Florida, USA: Ed. CRC Press. Taylor & Francis Group.
- Nagao, M.A., Ito, P.J., Tsumura, T. y Kawabata, A.M. (2003). *Performance of new macadamia selections in Hawaii*, conferencia impartida en el 2<sup>a</sup> International Macadamia Symposium 2003. Recuperado el 25 de febrero de 2015, de <http://www.australian-macadamias.org/industry/download.php?file>.
- Nestel, P., Clifton, P. y Noakes, M. (1994). Effects of increasing dietary palmitoleic acid compared with palmitic and oleic acids on plasma lipids of hypercholesterolemic men. *J. Lipid Res.*, 35, 656–662.
- REDIEX (2010). *Nueces de Macadamia. Perfiles de productos de exportación*. Red de Inversiones y Exportaciones. Ministerio de Industria y Comercio. Serie N° 34. Recuperado el 3 de febrero de 2015, de [www.rediex.gov.py](http://www.rediex.gov.py)
- Rodrigues, A., Pereira, A., Matsushita, M., Dias, L., Visentainer, J., Maldonado, S. et al. (2013). Proximate Composition and Fatty Acids Profile in Oleaginous Seeds. *Journal of Food Research*, 2 (1), 109-117.
- SAMAC (2013). Southern African Macadamia Grower's Association. Recuperado el 3 de febrero de 2015, de <http://www.samac.org.za/index.php/about-us/overview>.

- Segura, R., Javierre, C., Lizarraga, M. y Ros, E. (2006). Other relevant components of nuts: phytosterols, folate and minerals. *British Journal of Nutrition*, 96 (2), 36-44, Recuperado el 13 de febrero de 2015, de [http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN96\\_S2%2FS0007114506003576a.pdf&code=266ba81dbe11b21091f4e05f6aebbcf2](http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN96_S2%2FS0007114506003576a.pdf&code=266ba81dbe11b21091f4e05f6aebbcf2)
- Silva, M., (2003). *National macadamia: tocoferois and characterization physici-chemistry*. Campinas, Sao Paulo. Brasil. Recuperado el 5 de febrero de 2015, de
- SPM (2012). *Sociedad Paraguaya de Macadamia..* Recuperado el 12 de febrero de 2015, de [www.macadamiaenparaguay.com](http://www.macadamiaenparaguay.com)
- USDA (2015). *National Nutrient Database for Standard Reference Release 27. United States Department of Agriculture*. Recuperado el 10 de enero de 2013, de .
- Venkatachalam, M. y Sathe, S.K. (2006). Chemical composition of selected edible nut seeds. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 4705–4714. Recuperado el 3 de febrero de 2015, de <http://www.aseanfood.info/Articles/11018972.pdf>
- Wakeling, L., Mason, R., D'Arcy, B. y Caffin, N. (2001). Composition of Pecans cultivars Wichita and Western Schley (*Carya illinoensis* (wangenh.) K. Koch) grown in Australian. *Journal Food Chemistry*. 49(3), 1277–1281.
- Wall, M. y Gentry, T. (2006). Carbohydrate composition and color development during drying and roasting of macadamia nuts (*Macadamia integrifolia*). *U.S. Pacific Basin Agricultural Research Center*. Recuperado el 15 de febrero de 2015, de <http://www.aseanfood.info/Articles/11019253.pdf>
- Wall, M. M. (2013). Improving the quality and safety of macadamia nuts. En L. J. Harris. *Improving the safety and quality of nuts* (276-296). Philadelphia, Misisipi: Woodhead Publishing Ltd.
- Yamamoto, M., Ikeda, K., Negishi, H., Mori, M., Hirose, A., Sawada, S., et al. (2004). Serum lipid effects of a monounsaturated (palmitoleic) fatty acid-rich diet based on macadamia nuts in healthy, young Japanese women. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.*, 31 (2), 37–38.