



Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1 (1): 001-019. Enero-Junio, 2010  
http://www.rvcta.org  
ISSN: 2218-4384 (versión en línea)  
© Asociación RVCTA, 2010. RIF: J-29910863-4. Depósito Legal: ppi201002CA3536.

Artículo

## **Composición mineral y comparación de raíces reservantes de variedades de batatas (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivadas en la isla de La Palma, España**

Mineral composition and comparison of storage roots of sweet potatoes varieties (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivated in the island of La Palma, Spain

Adriana Isabel **Montes Hernández**, Rafael Antonio **Oropeza González\***, Carlos **Díaz Romero**,  
Elena María **Rodríguez Rodríguez**, Juan José **Arias León**

Universidad de La Laguna, Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología.  
Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, s/n, 38201, La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España.

\*Autor para correspondencia: roropeza@ull.es

Aceptado 17-Abril-2010

### **Resumen**

Los minerales Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn fueron determinados, mediante espectrofotometría de absorción atómica, en raíces de 15 variedades de batatas cultivadas en La Palma (De papa o maní, Parado, Cubana, Cubana de baselo gordo, Cubana de hoja redonda, Blanquita, Saucero o Lanzarotero, Pata de Gallo, Padrón de Seda, Alicantina, Amarillo de Año, De Lanzarote, Matojo, Matojo Fino y Rajada; las 5 primeras de cultivo corto y las 10 restantes de cultivo largo). Se realizó análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan a los datos de las variables estudiadas. Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ) para establecer grados de relación de los minerales entre las variedades; prueba de  $t$  de Student para comparar clasificando a las muestras según ciclo de recolección (Temprana y Tardía); análisis factorial para interpretar las relaciones existentes a través factores y análisis discriminantes (de paso a paso con criterio de selección la lambda de Wilks ( $\lambda$ ) e introduciendo todas las variables) validados a través de análisis de validación cruzada. El elemento mineral (en mg/kg) presente en mayor concentración en la totalidad de las muestras fue K ( $2086 \pm 418$ ), seguido de Ca ( $974 \pm 486$ ) y Mg ( $244 \pm 70$ ), siendo el Zn el menos presente ( $1,12 \pm 0,61$ ). Las variedades con mayor contenido mineral fueron Alicantina (Ca:  $1809 \pm 327$  y Cu:  $2,97 \pm 0,23$ ) y Padrón de Seda (Mg: 435

$\pm 46$  y Mn:  $3,08 \pm 0,49$ ) y la de menor aporte fue Parado (Cu, Mn, Ca, K y Mg). Las variedades Tardías presentaron mayores concentraciones de Cu, Fe, Mn, Ca, K, Mg y menores de Zn y Na en relación a las variedades Tempranas ( $p < 0,05$ ). Se evidenció que las concentraciones de Cu, Zn y Na presentaron alto número de correlaciones significativas. El análisis factorial permitió deducir que Mg, K y Fe son las variables que permiten caracterizar el sistema perdiendo un mínimo de información total. El porcentaje de casos originales correctamente clasificados después de aplicar análisis discriminantes a las variedades de ciclo de recolección Temprana fue del 98 % de los casos originales y 96 % luego de la validación cruzada, mientras que para las variedades de ciclo de recolección Tardía fue del 100 % de los casos originales y 99 % después de la validación.

**Palabras claves:** análisis multivariante, ciclos de cultivo, composición mineral, cultivares, variedades de batatas, *Ipomoea batatas*, raíces.

### Abstract

Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and Mn were determined by atomic absorption spectrophotometry in roots of 15 varieties of sweet potatoes cultivated in La Palma. (De papa o maní, Parado, Cubana, Cubana de baselo gordo, Cubana de hoja redonda, Blanquita, Saucero o Lanzarotero, Pata de Gallo, Padrón de Seda, Alicantina, Amarillo de Año, De Lanzarote, Matojo, Matojo Fino y Rajada; the 5 first ones of short-cycle crop and the 10 remaining ones of long-cycle crop). Variables data were subjected to analysis of variance, and means were compared by Duncan's multiple range test. There were calculated the coefficients of Pearson's correlation ( $r$ ) to establish degrees of relation of the minerals among the varieties; Student's  $t$ -test to compare classifying to the samples according to crop cycles (Short and Long); analysis factorial to interpret the existing relations to slant factors and discriminant analysis (of stepwise with criterion of selection Wilks's lambda ( $\lambda$ ) and introducing all the variables) validated by means of cross-validation analysis. The mineral element (in mg/kg) present in higher concentration in the totality of the samples was K ( $2086 \pm 418$ ), followed by Ca ( $974 \pm 486$ ) and Mg ( $244 \pm 70$ ), being the Zn the least present ( $1.12 \pm 0.61$ ). The varieties with higher mineral content were Alicantina (Ca:  $1809 \pm 327$  and Cu:  $2.97 \pm 0.23$ ) and Padrón de Seda (Mg:  $435 \pm 46$  and Mn:  $3.08 \pm 0.49$ ) and that of lower contribution was Parado (Cu, Mn, Ca, K and Mg). The Late varieties presented higher concentrations of Cu, Fe, Mn, Ca, K, Mg and lower of Zn and Na in relation to the Early varieties ( $p < 0.05$ ) there was demonstrated that the concentrations of Cu, Zn and Na presented high number of significant correlations. The analysis factorial allowed to deduce that Mg, K and Fe are the variables that allow to characterize the system losing a minimum of total information. The percentage of original cases correctly classified after applying discriminant analysis to the varieties of short-cycle crop was 98 % of the original cases and 96 % after cross-validation, whereas for the varieties of long-cycle crop was 100 % of the original cases and 99 % after cross-validation.

**Key words:** crop cycles, cultivars, *Ipomoea batatas*, mineral composition, multivariate analysis, roots, sweet potato varieties.

## INTRODUCCIÓN

La batata o boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) se cultiva en el mundo con una producción anual estimada de 110,1 millones de toneladas; ocupando China la primera posición de los países productores de batatas en el mundo con una producción aproximada de

85,2 millones de toneladas; produciéndose en España 25 mil toneladas (FAOSTAT, 2008). En la Comunidad Autónoma de Canarias, la superficie destinada al cultivo de raíces y tubérculos distintos a la papa es de 472,8 ha; de las cuales 311,0 ha corresponden a la Provincia de Las Palmas y 161,8 ha a la Provincia de Santa Cruz de Tenerife, siendo destinada su

producción básicamente para el consumo interno (Gobierno de Canarias, 2008). La batata es especialmente valorada por su alta adaptabilidad; tolerancia a altas temperaturas, baja fertilidad del suelo y sequía (Bashaasha *et al.* 1995; Nelson y Elevitch, 2010). La importancia y valor nutritivo de las raíces y follaje de la batata ha sido ampliamente documentada (Woolfe, 1992; Soto-Guevara, 1992; Aregheore, 2004; Bovell-Benjamin, 2007; Loebenstein y Thottappilly, 2009). La raíz reservante comestible de la batata, que no es un tubérculo (Clark y Moyer, 1988; Mahon, 2010) es un alimento de alta energía, presentando contenido de carbohidratos totales de 25 a 30 % de los cuales 98 % son fácilmente digestibles (Clark y Moyer, 1988) y es fuente de carotenoides (Clark y Moyer, 1988; Ben-Amotz y Fishler, 1998; Lako *et al.*, 2007) y minerales (Woolfe, 1992; Bonsi *et al.*, 1998; Ishida *et al.*, 2000; Moreiras *et al.*, 2001).

La caracterización mineral de variedades de muestras de batatas reviste importancia porque la composición química está estrechamente relacionada a la preservación y calidad de los productos. Métodos y técnicas espectrofotométricos y estadísticos han sido aplicados para la determinación de la composición de batatas con el propósito de diferenciar muestras de batatas acorde al origen geográfico. Una diferenciación de muestras de 21 variedades de batatas caribeñas fue llevada a cabo por Aina *et al.* (2009), otra de 15 variedades fue obtenida en Vietnam (An *et al.*, 2003) y Casañas *et al.* (2003), en Tenerife, determinaron la concentración de minerales en 8 cultivares batatas para diferenciar mediante análisis factorial y análisis de conglomerados, los contenidos minerales de las muestras acorde a su localización y procedimiento de irrigación.

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la composición mineral en Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn de las raíces de 15 variedades de batatas (*I. batatas*) cultivadas en La Palma y establecer diferencias entre las va-

riedades y los ciclos de recolección (Temprana y Tardía).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestreo de las variedades de batatas

Un total de 75 muestras de batatas o boniatos, pertenecientes a 15 variedades, procedentes de la colección del Centro de Agrodiversidad de La Palma fueron provistas por el Proyecto Europeo Germobanco III, quien coordinó su siembra y recolección. Todas las muestras fueron sometidas a iguales condiciones de cultivo en una finca colaboradora del Cabildo Insular de La Palma en la población de Breña Baja situada en medianía baja a unos 300 m de altitud sobre el nivel del mar en la Provincia de Santa Cruz de Tenerife de la Comunidad Autónoma de Canarias, España. La composición fisicoquímica del suelo de cultivo fue pH 6,8; materia orgánica 4,4 %; CO<sub>3</sub> 0 % y P 10 ppm. De cada variedad se formó un lote de 5 muestras. Las variedades estudiadas en esta investigación fueron: De papa o maní, Parado, Cubana, Cubana de baselo gordo, Cubana de hoja redonda, Blanquita, Saucero o Lanzarotero, Pata de Gallo, Padrón de Seda, Alicantina, Amarillo de Año, De Lanzarote, Matojo, Matojo Fino y Rajada, todas cultivadas en secano. De las mismas, las cinco primeras (De papa o maní, Parado, Cubana, Cubana de baselo gordo y Cubana de hoja redonda) pertenecen a ciclo de cultivo corto y las diez restantes son de ciclo de cultivo largo.

Los contenidos preliminares de humedad y cenizas de las variedades de batatas provistas, determinados según normativa de la AOAC (1990), se presentan en el Cuadro 1.

### Preparación de las muestras de batatas

Después de la cosecha las batatas se trasladaron al laboratorio. Tres batatas al azar

**Cuadro 1.-** Contenidos preliminares de humedad y cenizas de las 15 variedades de batatas.

Variedad	Humedad (%)	Cenizas (%)
De papa o maní	68,71	1,19
Parado	75,54	0,73
Cubana	71,28	1,20
C. (de baselo gordo)	70,58	0,97
C. (de hoja redonda)	72,14	1,27
Blanquita	65,67	1,25
Saucero o Lanzarotero	60,53	1,28
Pata de Gallo	63,44	1,34
Padrón de Seda	61,66	1,50
Alicantina	58,26	1,35
Amarillo de Año	69,46	1,16
De Lanzarote	63,86	1,26
Matojo	63,47	1,85
Matojo Fino	67,22	1,59
Rajada	65,85	1,36

fueron seleccionadas de cada lote, lavadas a mano con agua ultrapura (Milli-Q®), sacudidas para quitar cualquier exceso de agua y cuidadosamente secadas con toalla de papel. Luego las batatas fueron mezcladas y homogeneizadas a puré con una Picadora, (marca Solac). El puré fue secado a 100 °C y homogenizado nuevamente en un Molinillo de café (marca Ufesa) para posteriormente ser almacenado, en forma pulverizada y seca, en tubos de polietileno de 10 mL.

### Métodos analíticos

#### Digestión ácida

De cada muestra de batata previamente almacenada en forma pulverizada y seca, se pesó 1 g en una balanza analítica de precisión (marca Sartorius, modelo BP 210S) y se colocó dentro de un tubo abierto de digestión, al cual se le añadieron 6 mL de HNO<sub>3</sub> 65 %

concentrado (calidad hiperpure, Panreac), dejándolo en contacto con la muestra durante 24 h. Los tubos se dispusieron en un sistema de digestión (Digestor marca VELD Científica, modelo DK20/26, con capacidad para 20 tubos de 100 mL) y se calentaron aumentando la temperatura de forma gradual según la siguiente secuencia: 100 °C/15 min; 130 °C/15 min; 150 °C/60 min y 160 °C/tiempo final, hasta obtener un líquido claro. Al terminar la digestión, se añadió 1 mL de HCl 37 % concentrado (calidad hiperpure, Panreac) y se continuó el calentamiento otros 10 min a 160 °C. Posteriormente el líquido remanente se dejó atemperar y el residuo ácido resultante se traspasó cuantitativamente a tubos de polietileno, aforando a 10 mL con agua Milli-Q®.

Para medir Ca y Mg, se tomó una alícuota de 1 mL del extracto concentrado, se añadió 2 mL de cloruro de lantano (LaCl<sub>3</sub>·7H<sub>2</sub>O, Riedel-de Hæn) (50 g/L) y se aforó nuevamente hasta 10 mL.

Para medir Na y K, se tomó una alícuota de 1 mL de extracto concentrado, se añadió 1 mL de cloruro de litio (LiCl, Panreac) (20 g/L) y se aforó hasta 10 mL con agua Milli-Q. Todos los tubos se almacenaron hasta su análisis.

#### Determinación de minerales por espectrofotometría de absorción atómica

Los elementos minerales Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn fueron determinados usando un espectrofotómetro de absorción atómica marca Varian, modelo SpectrAA-10Plus, equipado con un generador de hidruros automatizado y lámparas de cátodo hueco (Varian) de los elementos anteriormente citados.

Fueron construidas curvas de calibrado para cada mineral en estudio (una vez establecidos los parámetros instrumentales), con disoluciones estándares diluidas con agua Milli-Q®, que se prepararon a partir de disoluciones patrón de 1 g/L (Panreac), para obtener la concentración mineral luego de la

digestión húmeda de una muestra comercial de concentración conocida de harina de trigo (material de referencia) (ARC/CL3, LGC Deselaers), con el objeto de determinar los porcentajes de recuperación.

Los porcentajes de recuperación fueron superiores al 90 % para todos los elementos. El Fe fue el metal con menor recuperación (92,7 %), seguido del Cu (94,7 %) y Mn (96,5 %). Los coeficientes de variación fueron menores al 6 % (entre 2,6 % para el Mg y 5,4 % para el Na). El Mg y Ca presentaron mayores límites de detección, mientras que el Na, Cu y Mn fueron los metales más sensibles.

### **Análisis estadísticos**

Todas las pruebas estadísticas se llevaron a cabo utilizando el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versión 13.0 para Windows (SPSS Inc. Chicago IL, USA). Inicialmente se realizó el test de Kolmogorov-Smirnov para evaluar si las variables seguían una distribución normal y también una exploración previa tipo box-plot. Seguidamente se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de comparación de medias (de rango múltiple de Duncan) a las variables cuantitativas de las muestras estudiadas con el objeto de comparar los valores medios obtenidos; y valores de  $p < 0,05$  fueron considerados significativos. Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ) para establecer el grado de relación de los minerales entre las variedades. En el caso de la clasificación de acuerdo al criterio ciclo de recolección (Temprana o Tardía), se realizó una prueba de  $t$  de Student con el fin de comparar las medias respectivas. A las variables cuantitativas (Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn) se les realizó un análisis factorial, empleando como método de extracción de factores, el de componentes principales, para interpretar las relaciones existentes a través de un nuevo conjunto de variables (factores) que son función lineal de las variables originales y que, por lo

general, se consideran en número menor. Se realizaron dos tipos de análisis discriminantes considerando como variable de agrupación, las variedades de batatas en estudio y como independientes, las concentraciones de los minerales analizadas, el primero seleccionando las variables por el método de paso a paso o stepwise, utilizando como criterio de selección la lambda de Wilks ( $\lambda$ ) y el segundo introduciendo todas las variables; ambos validados a través de un análisis de validación cruzada.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Composición mineral de las muestras de variedades de batatas**

Los valores medios y la desviación estándar de los oligoelementos Cu, Zn, Fe y Mn en las muestras de batatas estudiadas, se muestran en el Cuadro 2, donde también se incluyen los resultados correspondientes al ANDEVA y la prueba de comparación de medias de Duncan.

El Fe fue el oligoelemento mayoritario en las muestras presentadas en el Cuadro, con una concentración diez veces superior a la determinada en los otros tres oligoelementos y sucesivamente se situaron Mn, Cu y Zn.

Se observa que, con respecto al contenido de Cu, la mayor concentración de este mineral se detecta en la variedad Alicantina, seguido de las variedades Saucero o Lanzaroteo y Amarillo de Año. No se encontró documentación acerca del contenido de Cu en esta raíz, sin embargo, si se comparan los datos obtenidos con variedades de papas autóctonas producidas en Tenerife, se puede decir que la batata aporta por término medio más cantidad de Cu (Casañas *et al.*, 2003).

Cabe destacar que el consumo de 100 g de la variedad cuyo contenido en Cu fue más elevado (Alicantina), satisface en un 87 % los requerimientos diarios de este mineral en niños

**Cuadro 2.-** Composición mineral en Cu, Zn, Fe y Mn (media  $\pm$  desviación estándar; valor mínimo – valor máximo) de variedades de batatas.\*

Variedad / Mineral	Cu	Zn	Fe	Mn
De papa o maní	1,08 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup> (0,88 – 1,20)	1,53 $\pm$ 0,14 <sup>d</sup> (1,33 – 1,75)	9,87 $\pm$ 1,46 <sup>a,b</sup> (8,2 – 12,6)	1,22 $\pm$ 0,20 <sup>b,c</sup> (0,96 – 1,48)
Parado	0,59 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup> (0,43 – 0,78)	1,45 $\pm$ 0,17 <sup>d</sup> (1,18 – 1,69)	10,6 $\pm$ 3,8 <sup>a,b,c</sup> (7,3 – 17,5)	0,70 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup> (0,47 – 0,96)
Cubana	1,86 $\pm$ 0,17 <sup>f,g,h</sup> (1,55 – 2,03)	2,17 $\pm$ 0,19 <sup>e</sup> (1,76 – 2,39)	10,9 $\pm$ 1,2 <sup>a,b,c</sup> (8,9 – 12,6)	2,07 $\pm$ 0,20 <sup>g,h,i</sup> (1,67 – 2,23)
C. (de baselo gordo)	1,55 $\pm$ 0,11 <sup>c,d</sup> (1,41 – 1,74)	2,57 $\pm$ 0,25 <sup>f</sup> (2,11 – 2,88)	9,22 $\pm$ 1,59 <sup>a</sup> (6,8 – 12,0)	2,47 $\pm$ 0,34 <sup>j</sup> (2,00 – 2,85)
C. (de hoja redonda)	1,59 $\pm$ 0,23 <sup>c,d,e</sup> (1,25 – 1,95)	0,96 $\pm$ 0,20 <sup>c</sup> (0,59 – 1,27)	11,4 $\pm$ 2,3 <sup>a,b,c</sup> (7,9 – 15,6)	2,01 $\pm$ 0,20 <sup>f,g,h</sup> (1,81 – 2,33)
Blanquita	1,84 $\pm$ 0,16 <sup>f,g,h</sup> (1,65 – 2,03)	1,54 $\pm$ 0,12 <sup>d</sup> (1,27 – 1,69)	16,7 $\pm$ 5,7 <sup>b,c,d</sup> (11,2 – 25,6)	1,83 $\pm$ 0,22 <sup>e,f,g</sup> (1,42 – 2,02)
Saucero o Lanzarotero	2,42 $\pm$ 0,19 <sup>j</sup> (2,15 – 2,66)	0,55 $\pm$ 0,10 <sup>a,b</sup> (0,46 – 0,78)	25,9 $\pm$ 6,9 <sup>e</sup> (18,2 – 34,8)	1,71 $\pm$ 0,16 <sup>d,e,f</sup> (1,47 – 1,94)
Pata de gallo	2,07 $\pm$ 0,17 <sup>h,i</sup> (1,82 – 2,36)	0,74 $\pm$ 0,10 <sup>a,b</sup> (0,65 – 1,00)	14,4 $\pm$ 2,2 <sup>a,b,c,d</sup> (11,2 – 16,9)	2,30 $\pm$ 0,17 <sup>h,i,j</sup> (1,98 – 2,54)
Padrón de Seda	1,98 $\pm$ 0,30 <sup>g,h</sup> (1,57 – 2,42)	1,03 $\pm$ 0,20 <sup>c</sup> (0,80 – 1,43)	16,5 $\pm$ 6,5 <sup>b,c,d</sup> (8,5–28,8)	3,08 $\pm$ 0,49 <sup>k</sup> (2,46 – 3,96)
Alicantina	2,97 $\pm$ 0,23 <sup>k</sup> (2,50 – 3,28)	0,76 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup> (0,64 – 0,89)	16,0 $\pm$ 4,9 <sup>a,b,c,d</sup> (8,6 – 24,1)	1,29 $\pm$ 0,23 <sup>b,c</sup> (0,91 – 1,54)
Amarillo de Año	2,23 $\pm$ 0,20 <sup>ij</sup> (1,98 – 2,47)	0,99 $\pm$ 0,11 <sup>c</sup> (0,82 – 1,17)	26,0 $\pm$ 5,5 <sup>e</sup> (20,3 – 36,1)	2,41 $\pm$ 0,14 <sup>ij</sup> (2,18 – 2,60)
De Lanzarote	1,40 $\pm$ 0,12 <sup>c</sup> (1,20 – 1,54)	0,71 $\pm$ 0,11 <sup>a,b</sup> (0,55 – 0,92)	19,6 $\pm$ 7,8 <sup>d</sup> (11,9 – 32,9)	2,35 $\pm$ 0,36 <sup>h,i,j</sup> (1,87 – 2,84)
Matojo	1,65 $\pm$ 0,07 <sup>d,e,f</sup> (1,54 – 1,78)	0,54 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup> (0,40 – 0,73)	10,8 $\pm$ 2,3 <sup>a,b,c</sup> (9,1 – 15,2)	1,56 $\pm$ 0,29 <sup>c,d,e</sup> (1,20 – 2,04)
Matojo Fino	1,75 $\pm$ 0,13 <sup>d,e,f,g</sup> (1,60 – 2,04)	0,55 $\pm$ 0,10 <sup>a,b</sup> (0,37 – 0,67)	17,1 $\pm$ 2,9 <sup>c,d</sup> (13,3 – 22,2)	1,20 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup> (0,99 – 1,62)
Rajada	1,79 $\pm$ 0,12 <sup>e,f,g</sup> (1,65 – 2,05)	0,73 $\pm$ 0,15 <sup>a,b</sup> (0,56 – 1,00)	39,5 $\pm$ 8,3 <sup>f</sup> (26,6 – 52,5)	1,48 $\pm$ 0,21 <sup>b,c,d</sup> (1,04 – 1,63)
Totales	1,79 $\pm$ 0,56	1,12 $\pm$ 0,61	17,0 $\pm$ 9,2	1,84 $\pm$ 0,65

Valores expresados en mg/kg de peso fresco.

\* Igual superíndice en la misma columna indica que no existen diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

de 1 a 3 años, en un 68 % los requerimientos de niños de 4 a 8 años, en un 42 % los requerimientos de adolescentes masculinos o femeninos de 9 a 13 años y en un 33 % los requerimientos de hombres y mujeres (no en periodo de lactancia o embarazadas) entre 14 y 70 años (NAS, 2001). Este aporte disminuye notablemente cuando se consideran las variedades en estudio con menor contenido de Cu (Parado y De papa o maní). Estas dos variedades presentaron un contenido medio de Cu significativamente inferior al resto de las variedades estudiadas.

Con respecto al Zn, la variedad autóctona de batata de La Palma con mayor contenido en este mineral fue Cubana (de baselo gordo) con  $2,57 \pm 0,25$  mg/kg. Este contenido supera ligeramente al aportado por Ishida *et al.* (2000) para la variedad de batata Beniazuma (2,49 mg/kg), aunque es inferior a la variedad Koganesengan (3,89 mg/kg) indicado en ese mismo estudio. No obstante el contenido medio en Zn para las batatas de La Palma, fue inferior a los indicados por Ishida *et al.* (2000). Si se comparan estos resultados con los obtenidos por Casañas *et al.* (2003) para diferentes variedades de papa de Tenerife (0,78 – 7,21 mg/kg), se deduce que las batatas analizadas aquí, presentan contenidos claramente inferiores. Las variedades con contenido minoritario en este mineral conforman un grupo sin diferencia estadística significativa entre ellas ( $p > 0,05$ ), compuesto por Matojo, seguida de Matojo Fino, Saucero o Lanzarotero, De Lanzarote, Rajada, Pata de Gallo y Alicantina. La contribución a la ingesta diaria de Zn por el consumo de 100 g de batata calculada para la variedad con contenido mayor en este mineral, Cubana (de baselo gordo) es relativamente alta, aproximadamente 23 % de la ingesta recomendada para un varón adulto de 14 a 70 años y de un 32 % para mujeres (a excepción de embarazadas y en etapa de lactancia) entre 14 y 70 años (NAS, 2001).

En lo referente al contenido de Fe, destacó la variedad autóctona Rajada, con un

valor significativamente mayor al resto de las variedades estudiadas ( $p < 0,05$ ). Cabe destacar, que los valores obtenidos para todas las variedades autóctonas estudiadas, incluyendo las de menor concentración en este mineral, (Cubana de baselo gordo, seguida de De papa o maní, Parado, Matojo, Cubana, Cubana de hoja redonda, Pata de gallo y Alicantina) e incluso el valor promedio ( $17,0 \pm 9,2$  mg/kg) superan ampliamente al valor aportado por Moreiras *et al.* (2001) de 7 mg/kg; aunque no a los reseñados por Ishida *et al.* (2000) para sus dos variedades estudiadas (Koganesengan; 16,4 mg/kg y Beniazuma 22,7 mg/kg) y los señalados por Bonsi *et al.* (1998) de 52 a 57 mg/kg. Por otra parte, 100 g de la variedad Rajada aportarían, entre 40 y 56 % de la ingesta diaria recomendada para este mineral en niños entre 1 y 8 años, entre 36 y 49 % en hombres de 9 a 70 años, y entre 22 y 49 % del requerimiento diario en mujeres (a excepción de embarazadas y en etapa de lactancia) entre 9 y 70 años, si bien hay que señalar que el tipo de Fe aportado es  $Fe^{+3}$ , que tiene una relativamente baja biodisponibilidad (1 – 3 %) (Mataix-Verdú, 2002).

En cuanto al contenido de Mn, la variedad autóctona Padrón de Seda presenta la mayor concentración de este mineral entre las muestras en estudio ( $3,08 \pm 0,49$  mg/kg), coincidiendo con el promedio publicado por Ishida *et al.* (2000) para la variedad Koganesengan (3,04 mg/kg), aunque presenta el doble del contenido que la variedad Beniazuma señalada también por el mismo autor (1,52 mg/kg). Por el contrario, la variedad con la menor concentración de Mn en esta investigación fue Parado ( $0,70 \pm 0,17$  mg/kg), la cual representó la mitad del contenido reseñado para la variedad Beniazuma en el trabajo de Ishida *et al.* (2000). Los datos de Mn en muestras de papa producidas en Tenerife presentan similar orden de magnitud que las medias observadas en las muestras de batatas analizadas en este trabajo (Casañas *et al.*, 2003).

En el Cuadro 3 se presentan los valores medios y la desviación estándar de los minerales Ca, K, Mg y Na en la totalidad de las muestras de variedades de batatas estudiadas. Adicionalmente se incluyen los resultados correspondientes al ANDEVA y prueba de comparación de medias.

El K fue el elemento mineral mayoritario en todas las muestras, seguido del Ca, Mg y Na.

En lo referente al contenido de Ca, se observó una gran variabilidad entre las variedades estudiadas, oscilando los valores entre  $251 \pm 81$  mg/kg detectado en la muestra de batata de la variedad Parado y  $1809 \pm 327$  mg/kg determinados en la muestra de Alicantina ( $p < 0,05$ ), el cual es siete veces superior. Las variedades con mayor concentración en este mineral conforman un grupo homogéneo compuesto por Alicantina y De Lanzarote sin que se aprecien diferencias estadísticamente significativas entre las mismas ( $p > 0,05$ ). Cabe destacar que incluso el valor medio del contenido de Ca para todas las variedades ( $974 \pm 486$  mg/kg), superó ampliamente a los valores reseñados por Bonsi *et al.* (1998) de 440 a 810 mg/kg, Senser y Scherz (1999) de 350 mg/kg, Weaver *et al.* (1997) de 496 a 578 mg/kg y Moreiras *et al.* (2001) de 220 mg/kg, los cuales están más próximos a los presentados por las variedades autóctonas de La Palma con menor contenido en este mineral (Parado, De papa o maní y Cubana).

Con respecto al contenido de K, la variedad con mayor concentración en este mineral fue Matojo ( $2824 \pm 216$  mg/kg), seguida por la variedad Matojo Fino ( $2645 \pm 146$  mg/kg). Estos promedios fueron ligeramente superiores a los publicados por Ishida *et al.* (2000) para la variedad Beniazuma (2350 mg/kg), e inferiores para la variedad Koganesengan (5020 mg/kg), estando también por debajo de los presentados para batatas por Moreiras *et al.* (2001) de 3200 mg/kg; y Senser y Scherz (1999) de 4150 mg/kg. No obstante, el contenido medio de K para las muestras en

estudio ( $2086 \pm 418$  mg/kg), resultó muy similar al reseñado por Ishida *et al.* (2000) para la variedad Beniazuma (2350 mg/kg). Por otra parte, las variedades con menor contenido de K en esta investigación fueron Parado y Cubana (de baselo gordo), seguidas de Amarillo de Año, no existiendo diferencias significativas entre ellas ( $p > 0,05$ ).

En lo relativo al contenido de Mg, la variedad Padrón de Seda destacó por su mayor concentración en este mineral ( $435 \pm 46$  mg/kg), diferenciándose significativamente del resto de las muestras en estudio ( $p < 0,05$ ). Esta concentración a su vez constituye casi el doble de lo indicado por Ishida *et al.* (2000) para variedades de batatas o boniatos japoneses (270 y 267 mg/kg), aunque si se considera el valor medio presentado en esta investigación de  $244 \pm 70$  mg/kg, los valores son próximos a los mostrados por estos autores, y ambos son además superiores a los valores señalados por Moreiras *et al.* (2001) de 130 mg/kg. El contenido minoritario en Mg de las variedades autóctonas evaluadas en este estudio correspondió a Parado y De papa o maní, cuyos contenidos está muy cercanos al valor indicado por Moreiras *et al.* (2001).

En relación al Na, del conjunto de muestras estudiadas, las que poseen menor concentración integran el grupo homogéneo compuesto por Saucero o Lanzarotero, Blanquita, Cubana (de hoja redonda), Rajada, Amarillo de Año, Matojo y Alicantina, mientras que la variedad con mayor concentración de este mineral fue De papa o maní. El total de variedades se puede dividir en tres grupos independientes de la prueba de Duncan, tomando como criterio la concentración de Na. Un primer grupo formado por aquellas variedades con contenidos mayores de 150 mg/kg que son De papa o maní y Parado; un segundo grupo con concentraciones próximas a 100 mg/kg (Pata de gallo, Cubana y Padrón de Seda); un tercer grupo caracterizado porque tienen concentraciones entre 50 y 75 mg/kg de Na (Padrón de Seda, Cubana de baselo gordo,

**Cuadro 3.-** Composición mineral en Ca, K, Mg y Na (media  $\pm$  desviación estándar; valor mínimo – valor máximo) de variedades de batatas.\*

Variedad / Mineral	Ca	K	Mg	Na
De papa o maní	349 $\pm$ 85 <sup>a,b</sup> (241 – 447)	2076 $\pm$ 447 <sup>c</sup> (1318 – 2554)	157 $\pm$ 13 <sup>a</sup> (135 – 173)	240,7 $\pm$ 25 <sup>f</sup> (194 – 279)
Parado	251 $\pm$ 81 <sup>a</sup> (117 – 378)	1453 $\pm$ 221 <sup>a</sup> (1018 – 1689)	150 $\pm$ 18 <sup>a</sup> (123 – 180)	193,0 $\pm$ 32 <sup>e</sup> (155 – 255)
Cubana	391 $\pm$ 165 <sup>a,b</sup> (129 – 648)	2038 $\pm$ 306 <sup>c</sup> (1669 – 2485)	277 $\pm$ 15 <sup>f</sup> (255 – 305)	87,8 $\pm$ 15 <sup>c,d</sup> (68 – 115)
C. (de baselo gordo)	700 $\pm$ 164 <sup>c</sup> (478 – 916)	1521 $\pm$ 172 <sup>a</sup> (1254 – 1779)	317 $\pm$ 42 <sup>g</sup> (267 – 390)	72,7 $\pm$ 17 <sup>b,c</sup> (45 – 105)
C. (hoja redonda)	583 $\pm$ 103 <sup>b,c</sup> (425 – 730)	2163 $\pm$ 282 <sup>c</sup> (1571 – 2383)	226 $\pm$ 19 <sup>b,c,d,e</sup> (199 – 248)	52,4 $\pm$ 17 <sup>a,b</sup> (31 – 84)
Blanquita	1153 $\pm$ 148 <sup>d,e</sup> (962 – 1438)	2073 $\pm$ 109 <sup>c</sup> (1861- 2299)	239 $\pm$ 15 <sup>b,c,d,e</sup> (208 – 263)	50,1 $\pm$ 11 <sup>a,b</sup> (41 – 73)
Saucero o Lanzarotero	1098 $\pm$ 328 <sup>d,e</sup> (497 – 1661)	2142 $\pm$ 83 <sup>c</sup> (2012 – 2272)	212 $\pm$ 12 <sup>b,c,d</sup> (197 – 227)	40,7 $\pm$ 12 <sup>a</sup> (23 – 64)
Pata Gallo	1036 $\pm$ 259 <sup>d,e</sup> (455 – 1317)	2181 $\pm$ 173 <sup>c</sup> (1998 – 2427)	247 $\pm$ 34 <sup>d,e,f</sup> (192 – 304)	100,4 $\pm$ 19 <sup>d</sup> (79 – 139)
Padrón de Seda	1247 $\pm$ 149 <sup>e</sup> (962 – 1487)	2043 $\pm$ 280 <sup>c</sup> (1680 – 2390)	435 $\pm$ 46 <sup>h</sup> (358 – 498)	78,5 $\pm$ 16 <sup>b,c,d</sup> (60 – 110)
Alicantina	1809 $\pm$ 327 <sup>f</sup> (1424 – 2476)	2488 $\pm$ 145 <sup>d</sup> (2257 – 2680)	240 $\pm$ 23 <sup>c,d,e</sup> (206 – 282)	64,1 $\pm$ 29 <sup>a,b</sup> (49 – 120)
Amarillo de Año	1247 $\pm$ 196 <sup>e</sup> (967 – 1539)	1670 $\pm$ 115 <sup>a,b</sup> (1482 – 1851)	260 $\pm$ 12 <sup>e,f</sup> (243 – 282)	57,9 $\pm$ 28 <sup>a,b</sup> (26 – 126)
De Lanzarote	1758 $\pm$ 96 <sup>f</sup> (1567 – 1864)	1932 $\pm$ 137 <sup>b,c</sup> (1740 – 2218)	235 $\pm$ 22 <sup>b,c,d,e</sup> (205 – 278)	70,3 $\pm$ 11 <sup>b,c</sup> (51 – 87)
Matojo	1006 $\pm$ 248 <sup>d,e</sup> (596 – 1481)	2824 $\pm$ 216 <sup>e</sup> (2365 – 3189)	248 $\pm$ 38 <sup>d,e,f</sup> (200 – 301)	58,6 $\pm$ 13 <sup>a,b</sup> (837 – 82)
Matojo Fino	1033 $\pm$ 180 <sup>d,e</sup> (759 – 1350)	2645 $\pm$ 146 <sup>d,e</sup> (2425 – 2903)	203 $\pm$ 22 <sup>b</sup> (179 - 250)	65,1 $\pm$ 8,4 <sup>a,b,c</sup> (49 - 75)
Rajada	954 $\pm$ 179 <sup>d</sup> (705 – 1295)	2037 $\pm$ 152 <sup>c</sup> (1851- 2247)	207 $\pm$ 21 <sup>b,c</sup> (181 – 239)	52,8 $\pm$ 9,0 <sup>a,b</sup> (41 – 67)
Totales	974 $\pm$ 486	2086 $\pm$ 418	244 $\pm$ 70	85 $\pm$ 57

Valores expresados en mg/kg de peso fresco.

\* Igual superíndice en la misma columna indica que no existen diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

De Lanzarote, Matojo Fino, Alicantina, Matojo, Amarillo de Año, Rajada, Cubana de hoja redonda, Blanquita). La variedad Saucero o Lanzarotero presentó una concentración de  $40,7 \pm 12$  mg/kg.

### **Estudio de correlación de minerales entre las variedades de batatas**

En el Cuadro 4 se presenta la matriz de correlaciones de los datos obtenidos, en el que se incluyen el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) y el grado de significación solo en los casos en que  $p < 0,05$ .

Se observó un gran número de correlaciones significativas entre los minerales analizados, lo que sugiere la existencia de interacción con el medio de muchos de estos minerales. Destacan las correlaciones de Cu, Zn y Na con el resto de los minerales al presentar mayor número de correlaciones significativas.

En líneas generales, las correlaciones positivas establecidas se agrupan en tres bloques en función del valor del coeficiente de correlación; en el primero, donde se encuentran las variables cuyos coeficientes son más altos, se encuentran las correlaciones entre Mn y Mg ( $r = 0,806$ ), seguida de las correlaciones entre Cu y Ca ( $r = 0,614$ ). En el segundo bloque, el coeficiente de las correlaciones positivas y significativas varía entre 0,600 y 0,300, y son las establecidas entre: Cu y K ( $r = 0,388$ ); Cu y Mg ( $r = 0,349$ ); Fe y Ca ( $r = 0,346$ ); Cu y Fe ( $r = 0,311$ ); Ca y Mg ( $r = 0,300$ ). El tercer bloque incluye aquellas correlaciones con coeficientes más bajos, inferiores a 0,300; pero con un valor de  $p < 0,05$ ; tal es el caso de las relaciones Zn y Na ( $r = 0,299$ ); Mn y Ca ( $r = 0,296$ ); Cu y Mn ( $r = 0,285$ ); Ca y K ( $r = 0,269$ ); Zn y Mg ( $r = 0,219$ ) y finalmente, Zn y Mn ( $r = 0,184$ ).

En el grupo de correlaciones negativas se presenta una distribución en dos bloques. El primero varía entre  $r = -0,600$  y  $r = -0,350$ , en el que se encuentran las correlaciones entre Cu - Na; Zn - Fe; Zn - Ca; Zn - K; Fe - Na; Mn -

Na; Ca - Na; y Mg - Na. En el segundo bloque se sitúan las correlaciones más bajas, con un coeficiente inferior a -0,300: Cu - Zn; K - Na, y por último Mn y K.

En la Fig. 1 se muestra la correlación presente entre Mg y Mn, con buena distribución de los puntos. Esto permite calcular, con cierto margen de error, la concentración de un mineral, en función del otro. Se observa que las muestras de batatas de la variedad Padrón de Seda son las que presentaron mayores contenidos medios de Mn y Mg, situándose a continuación, la variedad Cubana (de baselo gordo). Por último, las muestras de la variedad Parado fueron las que mostraron menor contenido de estos metales.

### **Comparación del contenido de minerales de las variedades según criterio de ciclos de recolección**

En el Cuadro 5 se recogen los resultados obtenidos tras efectuarse la prueba de  $t$  de Student (de hipótesis de  $\mu_1$  y  $\mu_2$  para dos distribuciones normales), para el grupo de variedades de ciclo Temprano de recolección (De papa o maní, Parado, Cubana, Cubana de baselo gordo y Cubana de hoja redonda) y de ciclo Tardío de recolección (Blanquita, Saucero o Lanzarotero, Pata de Gallo, Padrón de Seda, Alicantina, Amarillo de Año, De Lanzarote, Matojo, Matojo Fino y Rajada), para los ocho minerales en estudio (Cu, Zn, Fe, Mn, Ca, K, Mg y Na).

Como puede observarse, en la comparación de las variedades del ciclo de recolección Temprana con las variedades del ciclo de recolección Tardío, para cada mineral, en todas se aceptó la hipótesis alternativa ( $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ ), lo que significa que hubo diferencias significativas entre todos los valores de los minerales analizados en estos dos grupos. Específicamente para los minerales Cu, Fe, Mn, Ca, K y Mg, las variedades Tardías son las que poseen mayor concentración de cada uno de ellos. Por el contrario, los minerales Zn y Na, se

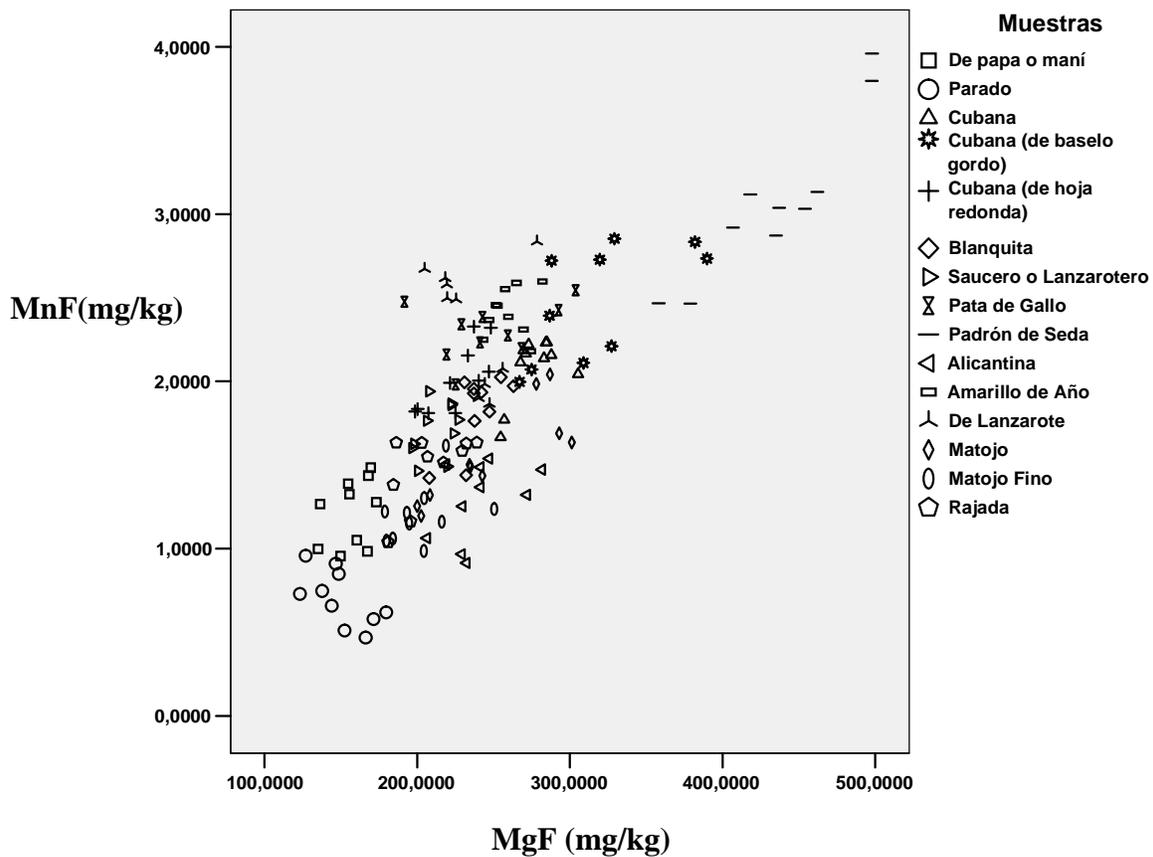
**Cuadro 4.-** Matriz de correlaciones directas para las muestras de batatas analizadas.

	Cu	Zn	Fe	Mn	Ca	K	Mg	Na
Cu		-0,287**	0,0311**	0,285**	0,614**	0,388**	0,349**	-0,603**
Zn			-0,371**	0,184*	-0,460**	-0,471**	0,219**	0,299**
Fe					0,346**			-0,359**
Mn					0,296**	-0,191*	0,806**	-0,356**
Ca						0,269**	0,300**	-0,521**
K								-0,268**
Mg								-0,362**
Na								1

Los valores son coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ).

Únicamente se indican las correlaciones significativas ( $p < 0,05$ ).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). \*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).



**Figura 1.-** Gráfico de dispersión entre Mn y Mg ( $r = 0,806$ ,  $p = 0,000$ ), para las muestras de batatas diferenciando por variedades.  $[Mn] = 0,21 + 0,07[Mg]$ .

**Cuadro 5.-** Resultados de la prueba de *t* de Student para los ciclos de recolección de batatas de La Palma.

Mineral	Media variedad Temprana (n=50)	Media variedad Tardía (n=100)	$t_{obs}$ vs. $t_{tab}$	Hipótesis aceptada
Cu	1,34 ± 0,48	2,01 ± 0,46	8,403 > 1,976	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$
Zn	1,74 ± 0,60	0,82 ± 0,31	12,36 > 1,976	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$
Fe	10,4 ± 2,3	20,3 ± 9,6	7,176 > 1,976	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$
Mn	1,69 ± 0,68	1,92 ± 0,62	2,021 > 1,976	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$
Ca	455 ± 204	1234 ± 361	14,162 > 1,976	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$
K	1851 ± 417	2204 ± 367	5,293 > 1,976	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$
Mg	225 ± 70	253 ± 69	2,286 > 1,976	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$
Na	129 ± 78	63,3 ± 22,9	7,859 > 1,976	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

Modelo decisorio:  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ;  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ ;  $\alpha = 0,05$ .

encuentran en mayores concentraciones en las variedades Tempranas. Aunque no se tiene una certeza, puede inferirse que las variedades Tardías al estar más tiempo en cultivo, puedan absorber mayor cantidad de minerales, lo que no ocurrió para el caso del Zn y Na.

### Análisis factorial

En el Cuadro 6 se muestran los resultados correspondientes al análisis de factores, y se indican los autovalores para cada uno de los factores, el porcentaje de varianza y el porcentaje de varianza acumulado. El número de factores se determinó tomando solo aquellos que presentan un autovalor mayor que 1 según el criterio de Kaiser (Ferrán-Aranaz, 1996). Teniendo esto en cuenta, se seleccionaron los tres primeros autovalores por ser mayores que 1, los cuales explican el 76,91 % de la varianza total acumulada. Por otra parte, se dedujo que, en este caso, todos los factores estuvieron bien representados, ya que todas las comunalidades correspondientes a los minerales fueron superiores a 0,6; entendiéndose por comunalidad la proporción de variabilidad de una variable explicada por el conjunto de los tres primeros factores.

Para conseguir una solución más inter-

pretable, se realizó una rotación Varimax, para minimizar el número de variables con saturaciones altas en un factor.

En la matriz factorial mostrada en el Cuadro 7, se presentan las saturaciones de cada variable en los tres factores. Las variables con saturaciones elevadas y con el mismo signo dentro de un mismo factor, están correlacionadas positivamente y correlacionadas negativamente si poseen signo distinto. Si estas elevadas saturaciones se presentan en dos factores distintos, es indicador de que las variables no están correlacionadas. El primer factor, que explica el mayor porcentaje de varianza (39,05 %), está altamente correlacionado positivamente con el Mg y con el Mn; esto coincidió con el estudio de correlación ya que ambos minerales presentaron la correlación más alta. En el segundo factor que explica el 25,10 % de la varianza, es el K el que muestra una mayor correlación, seguido del Cu; y estos están correlacionados negativamente con el Zn. Por último, en el tercer factor, que explica un 12,76 % de la varianza total, la variable más correlacionada es el Fe. Por tanto, de estos resultados se dedujo que el Mg, K y Fe son las variables que permiten caracterizar el sistema perdiendo un mínimo de información total.

**Cuadro 6.-** Análisis factorial de la matriz de datos para todas las variedades de batatas analizadas.

Variable	Comunalidad*	Factor	Autovalor	Varianza (%)	Varianza acumulada (%)
Cu	0,702	1	3,124	39,054	39,054
Zn	0,719	2	2,008	25,096	64,150
Fe	0,854	3	1,021	12,759	76,910
Mn	0,846	4	0,546	6,828	83,737
Ca	0,671	5	0,469	5,861	89,598
K	0,848	6	0,408	5,098	94,696
Mg	0,864	7	0,261	3,260	97,596
Na	0,648	8	0,164	2,044	100,000

\* Con el método de componentes principales, la comunalidad de cada variable, en la estadística inicial, es siempre igual a 1. Los datos que se indican en el Cuadro pertenecen a la estadística final.

**Cuadro 7.-** Matriz factorial para el total de muestras de batatas tras una rotación Varimax.

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Mg	<b>0,926</b>	0,055	-0,066
Mn	0,911	-0,094	0,086
K	-0,147	<b>0,894</b>	-0,165
Cu	0,436	0,636	0,327
Zn	0,313	-0,623	-0,482
Ca	0,360	0,550	0,488
Na	-0,468	-0,487	-0,438
Fe	-0,004	0,006	<b>0,924</b>

En la Fig. 2 se muestran las variables representadas en el espacio tridimensional de los factores. Una variable está mejor representada cuanto más alejada esté del origen generado por los factores, por lo que en este caso se consideraron bien representadas.

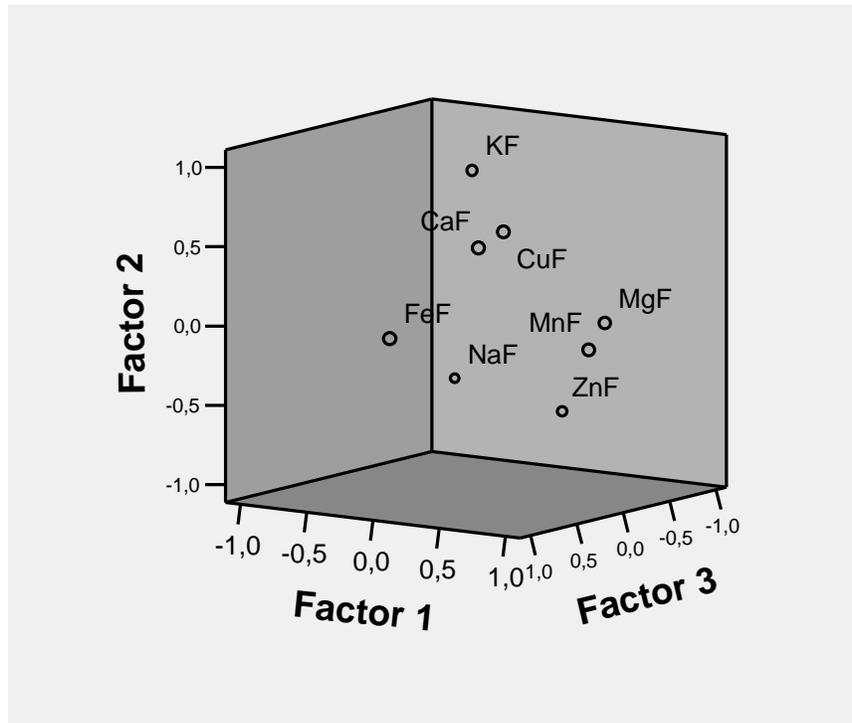
La representación, mediante un diagrama de dispersión, de las puntuaciones factoriales para el factor 1 y factor 2 diferenciando las muestras de batatas según la variedad, se presenta en la Fig. 3. Lo primero que se observó es que existen unas siete variedades (Parado, De papa o maní, Rajada, Matojo Fino, Alicantina, Padrón de Seda y

Cubana de baselo gordo) que están más o menos bien diferenciadas entre sí y del resto de variedades. Así, Parado, De papa o maní y Cubana de baselo gordo se diferencian de Matojo fino y Alicantina por medio del factor 1 y Parado, De papa o maní, Rajada y Matojo Fino lo hacen de Cubana de baselo gordo y de Padrón de Seda por el factor 2.

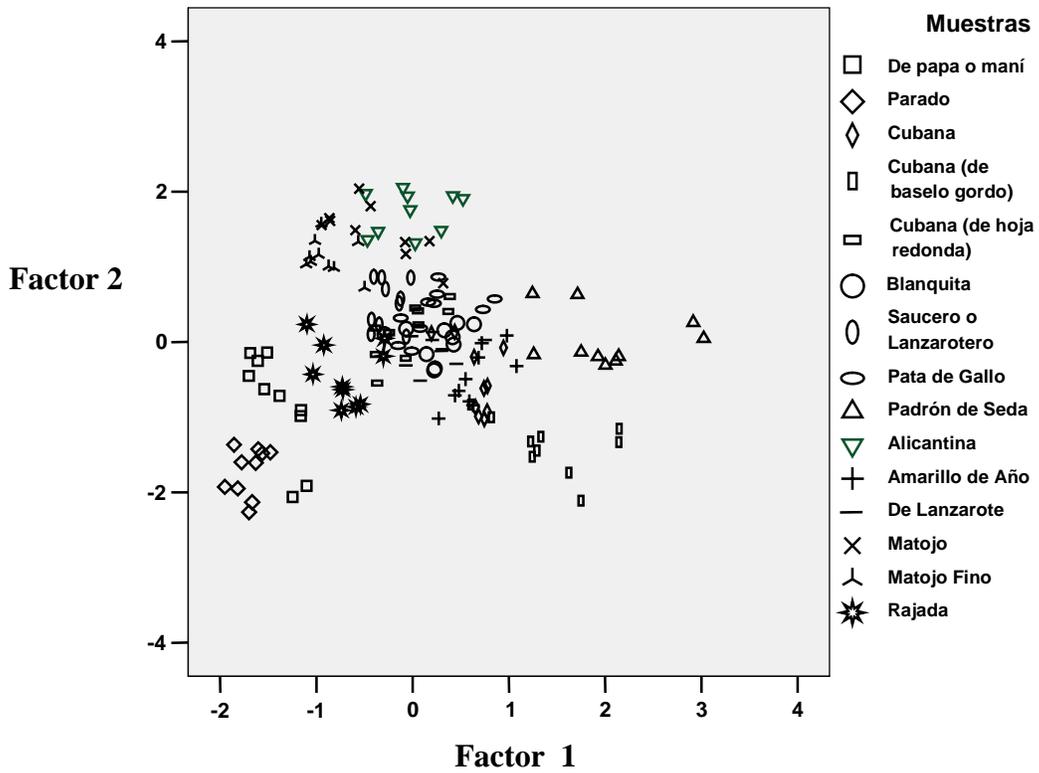
Cuando se representaron las puntuaciones factoriales de los factores 2 y 3 mediante diagrama de dispersión (Fig. 4), diferenciando las muestras por el ciclo de recolección, se observó una buena separación de las muestras pertenecientes a variedades de ciclo Temprano respecto a las de ciclo Tardío.

### Análisis discriminante

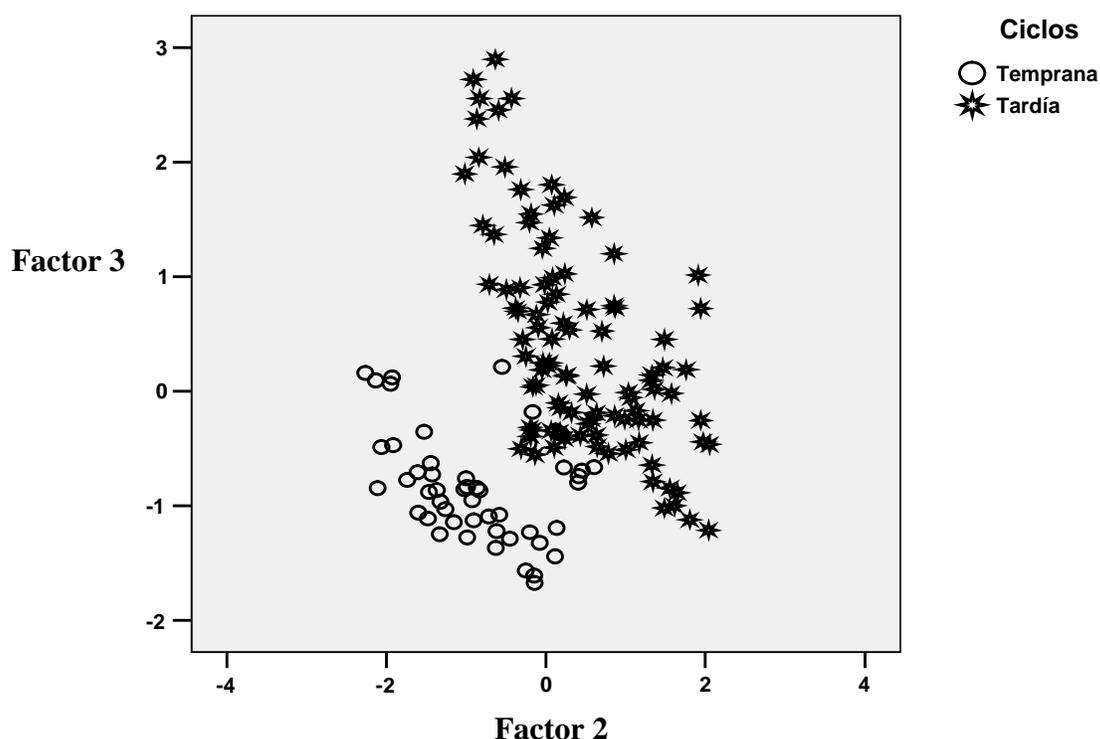
En el análisis discriminante paso a paso para todas las muestras considerando como variable de agrupación, las variedades en estudio y como independientes, las concentraciones de los minerales, se obtuvieron funciones discriminantes que son una combinación lineal de las variables cuantitativas y que reflejan mejor las diferencias entre los tipos de muestra. Como la primera función presentó un autovalor importante (45,804), la correlación canónica fue



**Figura 2.-** Distribución de las variables en el espacio tridimensional generado por los tres factores.



**Figura 3.-** Puntuaciones factoriales para muestras de batatas según la variedad.



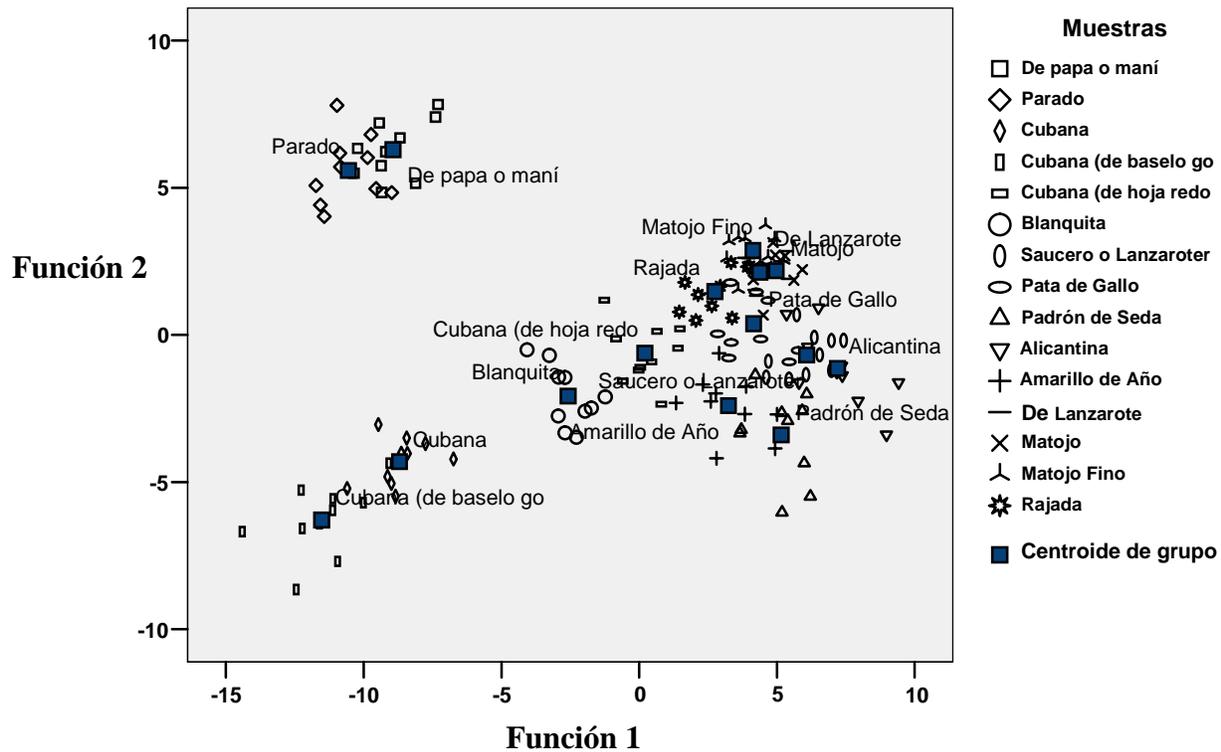
**Figura 4.-** Puntuaciones factoriales para muestras de batatas según ciclo de cultivo.

de 0,989 y el valor de la Lambda de Wilks fue cero ( $\lambda = 0,000$ ), por lo que la discriminación fue buena y la dispersión de los datos se debió, principalmente, a diferencias entre las variedades. El porcentaje de casos originales correctamente clasificados después de aplicar el análisis a todas las muestras fue del 98,7 %, igual que para los validados mediante validación cruzada. Este hecho también se evidenció en las mismas magnitudes porcentuales cuando se realizó un nuevo análisis no por pasos sino incluyendo todas las variables. Las variedades que presentaron una deficiente clasificación fueron las correspondientes a Parado y Cubana (de baselo gordo) ambas con un 90 % de muestras correctamente clasificadas en su grupo ( $n = 9$ ) y un 10 % ( $n = 1$ ) clasificadas erróneamente como De papa o maní y Cubana, respectivamente. Asimismo, se observó como para el resto de las variedades, que todos los casos estuvieron correctamente clasificados al 100 % ( $n = 10$ ), lo

que indicó que pertenecen efectivamente a su grupo respectivo, y la validación cruzada tuvo además los mismos valores en cada uno de los casos, que el grupo inicial.

Representando las dos primeras funciones discriminantes (Fig. 5) se observó una tendencia a la diferenciación de tres grupos. El primero formado por las variedades Cubana y Cubana de baselo gordo estuvieron muy cercanas entre sí y presentaron valores negativos en las dos funciones (1 y 2); el segundo grupo con valores positivos en la función 2 y negativos en la función 1, que estaría formado por las variedades Parado y De papa o maní; y el último grupo, mucho más disperso lo formarían el resto de las variedades (Amarillo de Año, Blanquita, Cubana de hoja redonda, Saucero o Lanzarote, Rajada, Matojo fino, De Lanzarote, Matojo, Pata de Gallo, Alicantina y Padrón de Seda).

En el análisis discriminante paso a paso para las muestras de ciclo de recolección Tem-



**Figura 5.-** Diagrama de dispersión en función de las 2 primeras funciones extraídas para las muestras de batatas analizadas.

prana, considerando como variable de agrupación, las muestras de batatas de ciclo Temprano de recolección en estudio y como independientes, las concentraciones en mg/kg de Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn analizadas; se obtuvieron cuatro funciones discriminantes. Como la primera función presentó un autovalor importante (41,423), la correlación canónica fue de 0,988 y el valor de la Lambda de Wilks ( $\lambda$ ) fue 0,076; se pudo concluir que la discriminación fue buena y que la dispersión de los datos se debió, principalmente, a las diferencias entre las variedades consideradas. En el Cuadro 8 se presenta la clasificación de las cinco variedades de batatas relacionadas con este estudio y que a su vez corresponden a las de ciclo Temprano de recolección, ellas son De papa o maní, Parado, Cubana, Cubana (de baselo gordo) y Cubana (de hoja redonda). Para las mismas se muestra la probabilidad de pertenencia de una variedad

particular de batata a su respectivo grupo, además de los resultados de la validación cruzada. El porcentaje de casos correctamente clasificados en este bloque parcial de muestras, después de aplicar el análisis discriminante, fue del 98 %, de los casos agrupados originalmente en el grupo inicial y 96 % luego de la validación cruzada. De este bloque de muestras, la que presentó una clasificación menos precisa fue la correspondiente a Cubana (de baselo gordo) con un 90 % correctamente clasificada en su grupo ( $n = 9$ ) y un 10 % ( $n = 1$ ) clasificada erróneamente como Cubana.

En el análisis discriminante de las variedades de batatas de ciclo de recolección tardía (Blanquita, Saucero o Lanzaroter, Pata de gallo, Padrón de Seda, Alicantina, Amarillo de Año, De Lanzarote, Matojo, Matojo fino y Rajada), considerando como variable de agrupación, las muestras de batatas de ciclo

**Cuadro 8.-** Resultados de la clasificación (análisis discriminante paso a paso) para las variedades De papa o maní, Parado, Cubana, Cubana (de baselo gordo) y Cubana (de hoja redonda).

	Variedad	Grupo pronosticado				
		Papa o maní	Parado	Cubana	C. baselo gordo	C. hoja redonda
Grupo inicial	De papa o maní	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	Parado	0 (0%)	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	Cubana	0 (0%)	0 (0%)	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	C. baselo gordo	0 (0%)	0 (0%)	<b>1 (10%)</b>	<b>9 (90%)</b>	0 (0%)
	C. hoja redonda	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	10 (100%)
Validación cruzada	De papa o maní	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	Parado	0 (0%)	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	Cubana	0 (0%)	0 (0%)	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	C. baselo gordo	0 (0%)	0 (0%)	2 (80%)	8 (80%)	0 (0%)
	C. hoja redonda	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	10 (100%)

Tardío de recolección en estudio y como independientes, las concentraciones de los minerales analizados. Se obtuvieron ocho funciones discriminantes. Como la primera función presentó un autovalor moderado (14,645), la correlación canónica fue de 0,968 y el valor de la Lambda de Wilks fue cero ( $\lambda = 0,000$ ), se pudo concluir que la discriminación no fue buena y que la dispersión de los datos no se debió, principalmente, a las diferencias entre las variedades consideradas. Todas estas variedades, quedaron correctamente clasificadas al 100 % ( $n = 10$ ) dentro de su respectivo grupo en el análisis discriminante. Por tanto se pudo precisar que todas las variedades de recolección tardía se clasificaron correctamente tanto en el grupo inicial (100 %), como para la validación cruzada (99 %).

## CONCLUSIONES

- El elemento mineral presente en mayor concentración en la totalidad de las muestras de batatas analizadas resultó ser el K, seguido del Ca y el Mg, siendo el Zn el que tuvo menor contenido.
- Las variedades de batatas con mayor contenido de minerales fueron

Alicantina (Cu y Ca), y Padrón de Seda (Mn y Mg). La variedad con menor aporte mineral fue Parado (Cu, Mn, Ca, K y Mg).

- Se observaron diferencias significativas entre todos los valores medios de los minerales analizados en función del ciclo de recolección; las variedades Tardías presentaron mayores concentraciones de Cu, Fe, Mn, Ca, K y Mg y menores de Zn y Na en relación a las variedades Tempranas.
- Se evidenció que las concentraciones de Cu, Zn y Na presentaron un alto número de correlaciones significativas con relación a las demás variables en estudio.
- En el análisis factorial de todas las muestras de batatas en estudio, se dedujo que Mg, K y Fe son las variables que permiten caracterizar el sistema perdiendo un mínimo de información total.
- El porcentaje de casos originales correctamente clasificados después de aplicar el análisis discriminante a todas las variedades de batatas fue del 98,7 %, con los mismos resultados que después

de una validación cruzada; evidenciándose en las mismas magnitudes porcentuales cuando se realizó el análisis discriminante introduciendo todas las variables en el estudio.

- El porcentaje de casos originales correctamente clasificados después de aplicar el análisis discriminante a las variedades de batatas de ciclo de recolección Temprana fue del 98 % de los casos originales y 96 % luego de la validación cruzada, mientras que para las variedades de batatas de ciclo de recolección Tardía fue del 100 % de los casos originales y 99 % después de la validación cruzada.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Proyecto Europeo Germobanco III Agrícola de la Macaronesia la provisión de las muestras utilizadas en esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aina, Adebisola J.; Falade, Kolawole O.; Akingbala, John O. and Titus, Pathelene. 2009. Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*. 44(9):1696-1704.
- An, Le Van; Frankow-Lindberg, Bodil E. and Lindberg, Jan Erik. 2003. Effect of harvesting interval and defoliation on yield and chemical composition of leaves, stems and tubers of sweet potato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) plant parts. *Field Crops Research*. 82(1):49-58.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemist. *Official Methods of Analysis*. (15ta. ed.). Washington, USA.
- Aregheore, E.M. 2004. Nutritive value of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) forage as goat feed: voluntary intake, growth and digestibility of mixed rations of sweet potato and batiki grass (*Ischaemum aristatum* var. *indicum*). *Small Ruminant Research*. 51(3):235-241.
- Bashaasha, B.; Mwanga, R.O.M.; Ocitti p'Obwoya, C. and Ewell, P.T. 1995. Sweet potato in the farming and food systems of Uganda: a farm survey report. International Potato Center (CIP), Nairobi, Kenya and National Agricultural Research Organization (NARO), Kampala, Uganda.
- Ben-Amotz A. and Fishler R. 1998. Analysis of carotenoids with emphasis on 9-cis- $\beta$ -carotene in vegetables and fruits commonly consumed in Israel. *Food Chemistry*. 62(4):515-520.
- Bonsi, E.; Zabawa, R.; David, P. and Nti, C. 1998. Enhanced production, recipe development, and consumption of sweetpotato in Ghana, West Africa. *Tropical Agriculture*. 75(1-2):320-322. In *International Society of Tropical Root Crops. Symposium N° 11*. 343 p.
- Bovell-Benjamin, Adelia, C. 2007. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. *Advances in Food and Nutrition Research*. 52:1-59.
- Casañas Rivero, Ricardo; Suárez Hernández, Pablo; Rodríguez Rodríguez Elena M.; Darias Martín, Jacinto and Díaz Romero, Carlos. 2003. Mineral concentrations in cultivars of potatoes. *Food Chemistry*. 83(2):247-253.
- Clark, C.A. and Moyer, J.W. 1988. *Compendium of sweet potato diseases*. Minnesota, USA: The American Phytopathological Society Press.
- FAOSTAT. 2008. Base de Datos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estadísticas actualizadas el 16 de noviembre de 2009. <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=es#ancor>

- Ferrán-Aranaz, Magdalena. 1996. SPSS para Windows. Programación y análisis estadístico. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Gobierno de Canarias. 2008. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Estadística agraria de Canarias. 7-12. <http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/doc/otros/estadistica/resumen/EstadisticaAgraria2008.pdf>
- Ishida, Hiroshi; Suzuno, Hiroko; Sugiyama, Noriko; Innami, Satoshi; Tadokoro, Tadahiyo and Maekawa, Akio. 2000. Nutritive evaluation on chemical components on leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Poir) Food Chemistry. 68(3):359-367.
- Lako, Jimaima; Trenerry, Craige V.; Wahlqvist Mark; Wattanapenpaiboon, Naiyana; Sotheeswaran Subramaniam and Premier, Robert. 2007. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. Food Chemistry 101(4):1727-1741.
- Loebenstein, Gad and Thottappilly, George. 2009. The sweetpotato. The Netherlands: Springer.
- Mahon, John A. 2010. Sweet potato plant named "Mahon Yam". United States Plant Patent. Patent No.: US PP20,666 P2. <http://www.freepatentsonline.com/PP20666.pdf>
- Mataix Verdú, José. 2002. Nutrición y alimentación humana. Tomo I. Nutrientes y alimentos. Madrid: Ergon.
- Moreiras, Olga; Carbajal, Ángeles; Cabrera, Luisa y Cuadrado, Carmen. 2001. Tablas de composición de alimentos. España: Pirámide.
- NAS. 2001. National Academy of Science. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. The National Academies Press. [http://books.nap.edu/openbook.php?record\\_id=10026](http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=10026)
- Nelson, Scot C. and Elevitch, Craig R. 2010. Farm and forestry production and marketing profile for sweetpotato (*Ipomoea batatas*). In Specialty crops for Pacific Island agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawai'i. <http://agroforestry.net/scps>
- Senser, F. y Scherz, H. 1999. Tablas de composición de alimentos. El pequeño "Souci-Fachmann-Kraut". Edición del Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching bei München. Zaragoza, España: Acribia.
- Soto Guevara, Luis María. 1992. El cultivo de la batata o camote (*Ipomoea batatas*) en Guatemala. En Desarrollo de productos de raíces y tubérculos. Volumen II - América Latina. (pp. 35-38). Centro Internacional de la Papa - Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Lima, Perú.
- Weaver, C.M.; Heaney, R.P.; Nickel, K.P. and Packard, P.I. 1997. Calcium bioavailability from high oxalate vegetables: chinese vegetables, sweet potatoes and rhubarb. Journal of Food Science. 62(3):524-525.
- Woolfe, Jennifer. 1992. Sweet potato: an untapped food resource. New York, USA: Cambridge University Press.