

Caracterización morfológica y composición química de chayotas (*Sechium edule*) cultivadas en las Islas Canarias (España)

Castro Rodríguez JM, Toledo Díaz AM, Rodríguez Galdón B, Perdomo Molina A,
Rodríguez-Rodríguez EM, Díaz Romero C

Área de Nutrición y Bromatología; Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica.
Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife. España. Área de Producción Vegetal; Departamento de
Ciencias de la Navegación, La Laguna, Santa Cruz de Tenerife. España.

RESUMEN. Se analizaron características morfológicas relacionadas con el fruto, espinas, endocarpio y semilla, así como parámetros fisicoquímicos y nutricionales (humedad, proteínas, °Brix, fibra alimentaria, cenizas, pH, acidez, ácido ascórbico, compuestos fenólicos totales, minerales: Na, K, Ca y Mg y elementos traza: Fe, Cu, Zn y Mn), en muestras de chayota (*Sechium edule*) pertenecientes a 7 entradas cultivadas en las islas de Tenerife y La Palma (España) y cosechadas durante el período comprendido entre junio y noviembre de 2005. Se observaron diferencias importantes en la composición química y características morfológicas entre las diferentes entradas de chayota estudiadas. La entrada 4 destacó por su alto contenido en minerales y sólidos solubles totales (°Brix) y bajo contenido en agua, mientras que la entrada 1 presentó altos contenidos en Na, cenizas y ácido ascórbico. El contenido de humedad y de ácido ascórbico varió en función de la parte del fruto analizada, sin embargo, los contenidos de compuestos fenólicos y de cenizas no fueron dependientes de las partes. La fecha de muestreo mostró una gran influencia sobre la composición química, observándose las mayores diferencias en las muestras cosechadas en el mes otoñal de noviembre respecto a las restantes cosechadas en meses estivales. El análisis discriminante permitió diferenciar las muestras de chayota en función de la entrada y fecha de muestreo, por lo que es una herramienta muy útil para la caracterización de muestras.

Palabras clave: Chayota, morfología, composición química, valor nutritivo, fecha de muestreo.

SUMMARY. Morphological and chemical composition characterization of chayotas (*Sechium edule*) grown in the Canary Islands (Spain). Morphological characteristics related to the fruit, thorns, endocarp and seed, as well as physicochemical and nutritional parameters (moisture, protein, °Brix, fiber, ash, pH, acidity, ascorbic acid, total phenolics, minerals: Na, K, Ca and Mg, and trace elements: Fe, Cu, Zn and Mn) were analyzed in samples of chayote (*Sechium edule*) belonging to 7 accessions grown on the islands of Tenerife and La Palma (Spain) and harvested during the period between June and November 2005. Significant differences in chemical composition and morphology between the chayote accessions studied were observed. The accession 4 features a high mineral content and soluble solids (Brix degree) and low water content, while the accession 1 had high contents of Na, ash and ascorbic acid. The moisture content and ascorbic acid varied depending on the portion of the fruit analyzed, however, the contents of phenolic compounds and ash were not affected. The sampling date showed a great influence on the chemical composition, the greatest differences observed in the samples harvested in the month of November autumn, with respect to the remaining summer months. Discriminant analysis allowed differentiate samples chayota according to the accession and sampling date, so it is a very useful tool for the characterization of these samples.

Key words: Chayote, morphological, nutrition value, chemical composition, sampling date.

INTRODUCCIÓN

La chayota o chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. Cucurbitaceae) es una especie domesticada por las culturas precolombinas de América central, e introducida en diferentes países por los españoles

debido a su adaptabilidad (1). Su importancia a nivel económico es muy variable, ya que su cultivo para alimentación es prácticamente inexistente en los países europeos y, por el contrario, su cultivo y consumo están muy arraigados en Centroamérica, Caribe, China e India (2).

No existen fuentes que indiquen con exactitud cómo y cuándo se introdujo el cultivo de la chayota en las Islas Canarias. Su cultivo en las Islas se reduce a pequeñas explotaciones cultivándose en los márgenes de las parcelas agrícolas y destinándose al mercado local, aunque se tiene constancia de una partida de 100 kg exportada en 1898 a Londres desde Tenerife (3).

Pocas especies cultivadas despliegan tan amplia diversidad de formas, tamaños, ornamentación y colores como la que se encuentra en los frutos de la chayota. Es por esto que se habla más de tipos o grupos varietales que de variedades o cultivares. La gran variación intraespecífica parece tener su origen en la coevolución con los seres humanos mediante la mejora adaptativa realizada por domesticación para permitir su cultivo en condiciones diferentes a las de su origen (4). Esta planta produce frutos de diferentes tamaños y formas, tallos verdes, hojas tiernas y tubérculos, todos ellos comestibles. Botánicamente, la chayota es un fruto ovoide, o en forma de pera y con un número variable de depresiones longitudinales. El color de la epidermis abarca desde el blanco, pasando por el verde claro hasta el verde oscuro y brillante; además pueden ser lisas, o cubiertas de pelos cortos finos, o con un número variable de espinas (5). La pulpa es de verde pálida a blanquecina, amarga en las plantas silvestres y dulce en las variedades cultivadas; la semilla tiene forma ovoide con testa lisa y suave (2).

Actualmente, su consumo está adquiriendo mayor importancia gracias a las cualidades saludables que presenta su fruto; especialmente por su bajo aporte calórico, debido, análogamente a otras hortalizas, a la práctica ausencia de lípidos y alto contenido en agua. Asimismo, es una fuente importante de vitaminas como el ácido ascórbico, cuya concentración oscila entre 11 y 20 mg/100 g en fruta madura (6), además de aportar minerales y gran variedad de carbohidratos (6). Además de sus interesantes cualidades nutricionales, en diversos estudios (6-7) se le ha atribuido propiedades diuréticas, antihipertensivas, cardiovasculares y antiinflamatorias.

En este trabajo se pretende caracterizar morfológica y nutricionalmente una serie de muestras de chayota cultivadas en las islas de Tenerife y La Palma. Asimismo, se estudia la influencia de la fecha de cosecha sobre la composición química. Se aplican técnicas de análisis multivariado sobre los datos de

composición química y características morfológicas con objeto de diferenciar las muestras en función de la entrada y fechas de muestreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Se analizaron 7 entradas de chayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), las cuales fueron recolectadas durante el período comprendido entre junio y noviembre de 2005. Seis de las entradas fueron suministradas por agricultores vinculados a Mercatenerife (Tenerife, España), y se trataba de frutos de diferentes tipos y procedencias, recolectados de plantas obtenidas a partir de cruces sexuales, por lo que no se corresponden con ninguna variedad comercial. La séptima entrada es la conocida como Dava-Dava, y se recolectó en tres zonas de una finca de El Paso en la isla de La Palma (España), durante los meses de junio, julio, agosto y noviembre de 2005, con objeto de estudiar la influencia de la fecha de recolección sobre la composición química. Los tipos a los que pertenecen las chayotas analizadas se corresponden con 2 de los 10 grupos definidos por el Grupo Interdisciplinar de Investigación en *Sechium edule* en México (GISEM) con base en los trabajos Cadena-Iñiguez y col. (4); en concreto la entrada número 6 con el grupo 'nigrum xalapensis' y el resto con 'virens levis'.

Se procuró recolectar los ejemplares en estado de madurez comercial, aproximadamente entre los 30 y 35 días después de la fecundación, estando exentos de daños mecánicos y limpios de enfermedades y plagas. Se recolectaron 4 frutos de cada una de las primeras 6 entradas, y en el caso de la entrada Dava-Dava, se recolectaron 18 chayotas en cada uno de los 4 períodos de tiempo, excepto en el de noviembre que fueron 8 chayotas. Adicionalmente, se tomaron 6 unidades de chayotas de Dava-Dava para llevar a cabo un análisis de algunos componentes relevantes (humedad, cenizas, ácido ascórbico y compuestos fenólicos) en tres partes diferentes con objeto de conocer su distribución. Las partes se definen de la siguiente forma (Figura 1): 1) exterior: situada en la parte más externa del fruto (1-2 cm hacia el interior); 2) media: que corresponde con la parte más interna del mesocarpio; 3) interior: la propia semilla y el endocarpio. Todas las muestras de chayotas fueron analizadas con piel (exocarpio).

Una vez en el laboratorio los frutos

correspondientes a cada una de las entradas fueron pesados en una balanza (precisión de $\pm 0,01$ g) (Sartorius Weighing Technology GmbH, Goettingen, Alemania) y se determinaron las características morfológicas. A continuación, fueron lavados y secados, y luego homogeneizados utilizando una batidora (Osterizer blender Classic, Boca Ratón, EE.UU). Sobre este homogeneizado se realizaron los siguientes análisis: humedad, cenizas, °Brix, ácido ascórbico, compuestos fenólicos totales, pH y acidez. Una parte del homogeneizado de cada chayota se secó a 100°C , se volvió a homogeneizar y se almacenó en tubos de polietileno hasta su análisis. En esta fracción se analizaron los contenidos en proteínas, fibra alimentaria, minerales y elementos traza.

Determinación de parámetros morfológicos

Los criterios para la caracterización del fruto fueron los indicados por diferentes investigadores (4,8). Adicionalmente a dichos criterios se determinaron dos nuevos parámetros morfológicos definidos por el grupo de trabajo por considerarlos de interés para el comercio, tales como: densidad de espina y dimensión del endocarpio. En la Figura 1 se muestran algunos de los descriptores utilizados en la caracterización morfológica de las muestras.

Se determinaron los siguientes parámetros morfológicos: 1) Forma del fruto: mediante la observación del fruto de forma global, variando

sus formas entre: piriforme, subpiriforme, ovoide, redondo y achatado; 2) Longitud del fruto (cm): distancia desde la base, o punto de invaginación de la corteza de la chayota, al extremo opuesto del fruto, lugar donde se inserta el pedúnculo (Figura 1); 3) Anchura del fruto (cm): se determina en la parte más ancha del fruto (Figura 1); 4) Espesor o grosor del fruto (cm): se calcula en la parte más ancha del fruto; 5) Longitud del fruto desde la base a la parte más ancha (cm); 6) Color de la epidermis del fruto (exocarpio): se usaron cuatro tonos tales como verde claro, verde amarillento, verde, y verde oscuro; 7) Peso del fruto: se informa el peso promedio (g) de los frutos incluidos en cada entrada; 8) Densidad de espinas: se determina en la zona el diámetro mayor del fruto; se contó el número de espinas en 4 cm^2 ; 9) Profundidad de los surcos longitudinales (cm): se mide dicha profundidad (cm) en dos zonas, la primera zona se sitúa determinó en la base (profundidad de la invaginación de la corteza) y en el centro del fruto; 10) Reticulación: magnitud subjetiva; escala: ausente, escasa, bastante o muy intensa; 11) Rugosidad: análogamente al parámetro anterior; escala: ausente, escasa, bastante o muy intensa; 12) Volumen: el procedimiento empleado es el de volumen (ml) desplazado de agua; 13) Largo de semilla: Distancia (cm) en línea recta desde la base de la semilla al extremo opuesto (Figura 1); 14) Ancho de semilla (cm): distancia en la zona más ancha de la semilla

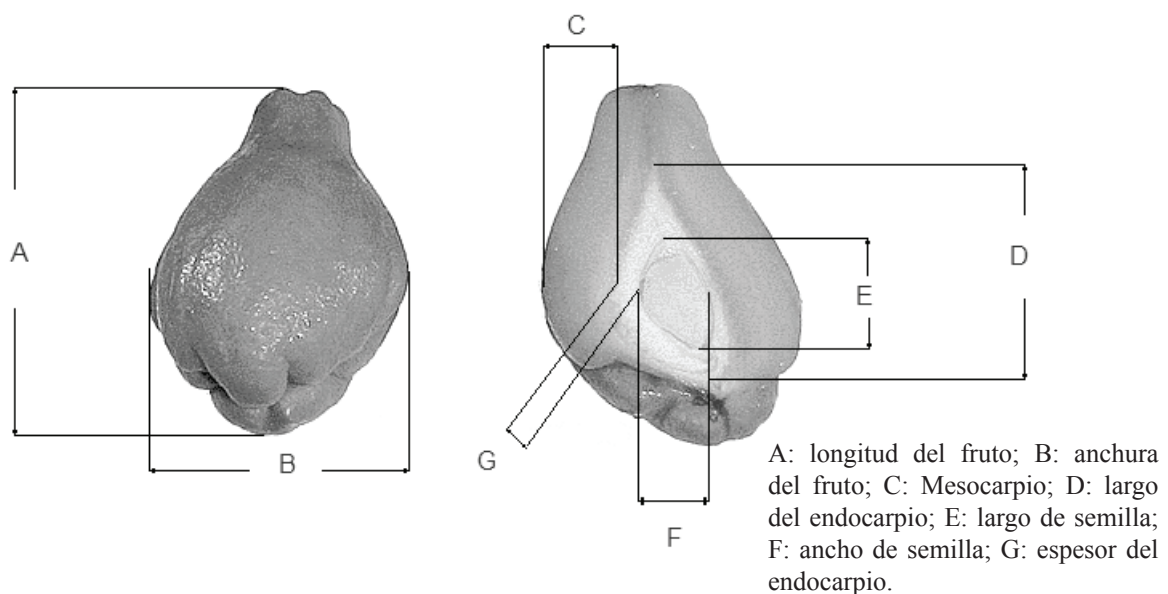


FIGURA 1. Magnitudes para la caracterización morfológica de frutos de chayota.

(Figura 1); 15) Largo del endocarpio (cm): longitud desde su inicio en la base, hasta su finalización en el extremo opuesto; 16) Espesor del endocarpio (cm): grosor del tegumento que envuelve a la semilla (Figura 1); 17) Mesocarpio (cm): desde el final del endocarpio hasta el exocarpio, en la zona central del fruto (Figura 1); 18) Grueso de la piel: espesor (cm) del exocarpio, determinado en la zona central del fruto; 19) Dureza del fruto: se determina con un penetrómetro (Fruit Pressure Tester mod. FT 327, Wagner, EE.UU) la fuerza en kg que se debe ejercer sobre una superficie de 1 cm² para poder penetrar la corteza del fruto.

Métodos de análisis físico-químicos

Todas las determinaciones fueron realizadas por duplicado sobre muestra fresca homogeneizada, excepto proteínas, fibra alimentaria, minerales y elementos traza que se determinaron en muestra desecada. Los resultados están expresados para todos los parámetros analizados en peso fresco.

La humedad se determinó por desecación en estufa de aire a 100°C (9) (934.06) y el porcentaje de cenizas por calcinación en horno de mufla a 550°C hasta peso constante (9) (923.03). El contenido de fibra alimentaria total se calculó empleando un método enzimático-gravimétrico (9) (985.29). Las proteínas se determinaron por el método Kjeldahl, tomando como factor de conversión el valor de 6,25 (9) (920.152). El ácido ascórbico se determinó volumétricamente utilizando 2,6-diclorofenolindofenol como agente valorante (9) (967.21). Los compuestos fenólicos totales se determinaron por el método descrito por Kujala y col. (10) que usa el reactivo de Folin-Ciocalteu, expresando los resultados en mg de ácido gálico por 100 g de muestra fresca. La medida del pH se realizó usando un pH-metro digital (981.12) y la acidez se determinó por valoración volumétrica con NaOH 0,1 N hasta un pH de 8,1, expresando el resultado en mg de ácido cítrico por 100 g de muestra (9) (942.15). Los grados brix (°Brix) se determinaron por refractometría usando un refractómetro digital (WYA-1S, Huixia Supply, China) (9) (932.12).

Para la determinación de los minerales y elementos traza se siguió el procedimiento descrito por Hernández Suárez y col. (11). La determinación de Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn se llevó a cabo mediante espectrofotometría de absorción atómica (Varian Iberica S. L., Madrid, Spain). El P se determinó

mediante el método colorimétrico empleando el reactivo vanadato-molibdato (12).

Análisis estadístico

Se han realizado utilizando el programa SPSS 17.0 (Statistical Package for the Social Sciences) para Windows (SPSS Inc., Chicago, EE.UU). Se aplicó el Test de Kolmogorov-Smirnov para evaluar si las variables tenían una distribución normal y la prueba de Levene para determinar la igualdad de varianzas. A continuación, se aplicó un análisis de varianzas (ANOVA) a todas las variables cuantitativas estudiadas para comparar los valores medios obtenidos, considerando que existen diferencias significativas entre los valores medios cuando la comparación estadística daba valores de $p < 0,05$. Se realizó un estudio de correlaciones bivariado entre las variables cuantitativas estudiadas. Asimismo, se realizó un análisis discriminante sobre el sistema generado por las variables cuantitativas con objeto de diferenciar y clasificar las muestras en función de la entrada, y fecha de muestreo, en el caso de las muestras de Dava-Dava.

RESULTADOS

Estudio morfológico

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en los criterios de caracterización morfológica de las 7 entradas de chayotas analizadas. Se puede observar una gran variación entre los parámetros morfológicos del fruto de chayota. La entrada 6 presentó los valores máximos para anchura y espesor, y Dava-Dava (entrada 7) mostró la mayor longitud. El peso medio de las chayotas fue de 341 g (211-478 g). El volumen medio para los frutos de chayota fue de 330 cm³ (214-472 cm³). Las chayotas analizadas en este estudio presentaron variaciones en el color que van desde verde claro en las entradas 2, 4, y 5 hasta verde oscuro en la 6, lo que se corresponde con su tipo 'nigrum xalapensis'.

Todas las chayotas analizadas en este estudio presentaron surcos, siendo más pronunciados en la entrada 6, y menos, en la entrada 4. No se observó rugosidad en las entradas 7 y 6, estando sin embargo presente en el resto, si bien sólo en las entradas 1 y 5, la rugosidad fue considerable. Las semillas presentaron variaciones significativas del ancho y de la longitud.

TABLA 1. Caracterización morfológica de las variedades de *Sechium edule*.

Entrada	1(n=4)	2(n=4)	3(n=4)	4(n=4)	5(n=4)	6(n=4)	7 (Dava-Dava) (n=62)	Media (n=86)
Forma	ovoide	piriforme	piriforme	piriforme	ovoide	redondo	piriforme	
Longitud (cm)	9,52	9,20	12,1	10,7	12,5	11,2	13,1	11,2
Anchura (cm)	7,65	7,63	7,37	7,84	8,06	9,02	8,88	8,06
Espesor (cm)	6,65	6,37	5,89	6,14	6,89	9,42	7,37	6,96
Long. fruto desde base a parte más ancha (cm)	3,26	4,23	4,18	3,89	4,24	3,79	4,39	4,00
Color del fruto	verde	verde claro	verde amarillento	verde claro	verde claro	verde oscuro	verde	
Peso del fruto (g)	211	237	370	328	315	478	449	341
Densidad espinas	23	0	4	0	22	15	0	9
Profundidad de los surcos	0,48* 0,27**	0,47 0,19	0,40 0,13	0,37 0,28	0,69 0,37	1,15 0,08	0,39 0,11	0,56 0,20
Reticulación	ausente	ausente	escasa	ausente	ausente	ausente	ausente	
Rugosidad	bastante	escasa	escasa	escasa	bastante	ausente	ausente	
Volumen (cm ³)	246	214	272	266	414	423	472	330
Largo de semilla (cm)	2,82	3,41	4,05	3,55	2,875	3,76	2,73	3,31
Ancho de semilla (cm)	2,19	2,07	1,91	2,03	1,61	3,32	2,08	2,17
Largo del endocarpio (cm)	5,91	6,65	6,03	5,27	6,78	5,22	5,86	5,96
Espesor del endocarpio (cm)	0,22	0,18	0,12	0,26	0,18	0,28	0,28	0,22
Mesocarpio (cm)	1,97	2,08	2,22	2,11	3,06	2,25	2,64	2,33
Grueso de piel (cm)	0,28	0,27	0,16	0,12	0,11	0,23	0,27	0,21
Dureza (kg/cm ²)	7,6* 6,1**	12,1 11,5	10,0 9,2	8,2 7,1	12,7 10,3	11,2 10,8	9,5 8,7	10,2 9,10

* Máximo; ** Mínimo.

Estudio de la composición química

Los datos relativos a los parámetros fisicoquímicos se exponen en la Tabla 2. Se observaron diferencias significativas entre las 7 entradas analizadas en la mayoría de los parámetros: humedad, fibra alimentaria, °Brix, ácido ascórbico, pH, acidez, P, Na, K, Mg, Cu y Mn.

La chayota es una hortaliza rica en agua, situándose los valores medios determinados en este trabajo entre 92,3% y 94,9%. La entrada 4 presentó el menor valor

de humedad, siendo este significativamente inferior ($p < 0,05$) al resto, con excepción de las entradas 5 y 7. La humedad se correlacionó de forma inversa con la mayor parte de los componentes de la chayota, lo cual es probablemente una consecuencia del efecto de dilución producido por el contenido de agua. Destacan por sus altos grados de significación ($p < 0,005$), las correlaciones observadas con °Brix ($r = -0,644$), y con muchos minerales y elementos traza, tales como K ($r = -0,692$), Mg ($r = 0,831$), Fe ($r = -0,717$) y Zn ($r = -0,731$).

TABLA 2. Contenidos (media \pm DE, expresados en peso fresco) de los parámetros fisicoquímicos en las muestras de chayota.

Entrada	1 (n=4)	2 (n=4)	3 (n=4)	4 (n=4)	5 (n=4)	6 (n=4)	7 (Dava-Dava) (n=62)
Humedad *	94,3 \pm 2,0 b	94,9 \pm 0,5 b	94,4 \pm 0,5 b	92,3 \pm 0,9 a	93,4 \pm 3,0 ab	94,3 \pm 0,35 b	93,5 \pm 1,3 ab
Cenizas *	0,61 \pm 0,14	0,50 \pm 0,05	0,42 \pm 0,05	0,59 \pm 0,08	0,59 \pm 0,16	0,58 \pm 0,04	0,52 \pm 0,14
Fibra *	0,94 \pm 0,29 a	1,00 \pm 0,15 a	1,07 \pm 0,27 a	1,37 \pm 0,34 ab	2,45 \pm 0,15 b	2,36 \pm 0,42 b	1,98 \pm 0,44 bc
°Brix	2,50 \pm 0,40 b	1,58 \pm 0,17 a	1,71 \pm 0,26 ab	3,45 \pm 1,13 c	2,15 \pm 0,44 ab	2,50 \pm 0,40 b	2,30 \pm 0,66 ab
Proteínas *	1,04 \pm 0,47	0,99 \pm 0,13	0,98 \pm 0,01	1,26 \pm 0,15	1,29 \pm 0,49	1,29 \pm 0,16	1,43 \pm 0,56
AA **	2,62 \pm 0,38 c	0,96 \pm 0,11 a	1,79 \pm 0,23 bc	2,33 \pm 0,39 c	1,81 \pm 0,31 bc	2,43 \pm 0,53 c	1,28 \pm 0,72 ab
Fenoles **	33,3 \pm 1,0	33,1 \pm 1,6	38,6 \pm 5,1	34,4 \pm 3,7	34,0 \pm 0,7	32,1 \pm 0,8	36,2 \pm 6,9
Acidez **	31 \pm 5 ab	27 \pm 6 a	30 \pm 4 ab	40 \pm 10bc	24 \pm 1 a	34 \pm 5 ab	43 \pm 10 c
pH	6,83 \pm 0,16 b	7,10 \pm 0,09 c	6,94 \pm 0,09 bc	6,83 \pm 0,14 b	6,96 \pm 0,18 bc	6,77 \pm 0,09 b	6,25 \pm 0,17 a
P **	22,6 \pm 6,6 b	22,2 \pm 4,4 b	12,4 \pm 2,1 a	23,5 \pm 2,7 b	17,5 \pm 7,7 ab	24,8 \pm 1,1 b	22,1 \pm 7,8 b
Na **	7,17 \pm 2,0 b	4,13 \pm 1,6 a	2,48 \pm 1,1 a	3,70 \pm 1,0 a	3,86 \pm 1,7 a	5,10 \pm 3,9 ab	3,76 \pm 2,0 a
K **	148 \pm 44 ab	114 \pm 18 ab	106 \pm 11 a	166 \pm 20 b	153 \pm 72 ab	153 \pm 12 ab	155 \pm 46 ab
Ca **	9,34 \pm 3,6	10,5 \pm 2,0	13,3 \pm 1,4	8,46 \pm 1,3	7,82 \pm 3,9	12,9 \pm 3,7	12,4 \pm 4,7
Mg **	12,7 \pm 4,5 ab	12,0 \pm 2,2 ab	10,9 \pm 2,0 a	17,3 \pm 1,9 c	15,3 \pm 5,3 bc	13,1 \pm 2,4 ab	15,1 \pm 3,3 ab
Fe **	0,34 \pm 0,12	0,40 \pm 0,12	0,38 \pm 0,06	0,51 \pm 0,08	0,41 \pm 0,16	0,44 \pm 0,04	0,50 \pm 0,16
Cu **	0,057 \pm 0,02 b	0,046 \pm 0,02 b	0,027 \pm 0,01 a	0,043 \pm 0,01 b	0,047 \pm 0,02 b	0,053 \pm 0,02 b	0,044 \pm 0,01 b
Zn **	0,10 \pm 0,03	0,092 \pm 0,02	0,096 \pm 0,02	0,13 \pm 0,02	0,11 \pm 0,04	0,11 \pm 0,01	0,10 \pm 0,03
Mn **	0,038 \pm 0,02 a	0,067 \pm 0,02 c	0,032 \pm 0,01 a	0,063 \pm 0,01 bc	0,044 \pm 0,02 ab	0,024 \pm 0,01 a	0,061 \pm 0,02 bc

Letras diferentes en las filas indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). AA = ácido ascórbico. * g/100 g; ** mg/100 g.

Las chayotas presentaron una concentración de fibra alimentaria muy variable (0,94-2,45%). Así, las entradas 1, 2, y 3 mostraron niveles significativamente inferiores ($p < 0,05$) que las 5 y 6. Con respecto a los °Brix, la entrada 2 de chayota presentó un valor medio de 0,94%, el cual fue significativamente inferior al determinado en las entradas 1 y 6, y éstas presentaron a su vez, valores interiores que la 4, que con un valor de 3,45% fue la que mostró el mayor valor de sólidos solubles totales. El contenido de proteínas osciló entre 1,0-1,4%.

La concentración de ácido ascórbico en las muestras de chayotas analizadas en este estudio fue relativamente baja (1,0-2,6 mg/100 g de peso fresco), siendo las chayotas 1, 4 y 6 las que presentaron mayores contenidos de esta vitamina con diferencias significativas con respecto a las chayotas 2 y 7. La concentración de compuestos fenólicos fue bastante constante entre las entradas estudiadas (33-39 mg/100 g de peso fresco) no encontrándose diferencias significativas entre sus valores medios. Las chayotas de la entrada 3 fueron las más ricas en estos compuestos antioxidantes, y por el contrario, las

entradas 1, 2 y 6 presentaron niveles más bajos.

La acidez total presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las 7 entradas de chayotas analizadas, presentando la chayota Dava-Dava (entrada 7) el valor más alto, el cual es significativamente superior al resto de las entradas, excepto la 4. La acidez se correlacionó inversamente con el pH ($r = -0,670$; $p < 0,005$). Los valores medios de pH también fueron estadísticamente diferentes ($p < 0,05$), mostrando en este caso la chayota Dava-Dava el valor más bajo ($p < 0,05$) con respecto al resto de las analizadas. Por otro lado, la entrada 2 fue la que presentó el valor más alto de pH.

La concentración de cenizas no presentó diferencias significativas entre las entradas analizadas. El K presentó el mayor contenido, seguido de P, Mg y Ca, y con respecto a los elementos traza, las chayotas analizadas fueron ricas en Fe, siendo Mn y Cu, los que mostraron concentraciones más bajas. Las entradas 3 y 4 mostraron el menor y mayor valor medio de K, respectivamente, siendo las diferencias significativas entre ellos. Con respecto

al P, la entrada 3 tenía el valor medio menor, siendo significativamente inferior que el detectado en el resto (con excepción de la 5). Las entradas 1, 2 y 3 presentaron concentraciones de Mg significativamente inferiores a la observada en la entrada 4, que mostró el valor medio mayor de este mineral. Las concentraciones de Ca no variaron significativamente ($p > 0,05$) entre las entradas. La entrada 1 mostró concentraciones de Na significativamente superiores ($p < 0,05$) al resto, con excepción de la entrada 6. Asimismo, se pueden destacar las correlaciones significativamente ($p < 0,005$) positivas entre las cenizas, K y P con coeficientes de correlación bastante elevados (cenizas-K, $r = 0,735$; cenizas-P, $r = 0,750$; P-K, $r = 0,653$). Con respecto a los elementos traza, las chayotas presentaron un valor medio de Fe de 4,7 mg/kg de peso fresco. La concentración media de Cu en la entrada 3 fue significativamente menor ($p < 0,05$) que las concentraciones medias obtenidas en el resto. Las concentraciones de Mn obtenidas en las entradas 2, 4 y 7 fueron significativamente ($p < 0,05$) superiores que las determinadas en las entradas 1, 3 y 6. Dentro de los elementos traza, la única correlación débilmente significativa ($p = 0,024$) observada fue entre Fe-Zn ($r = 0,561$). No obstante ambos elementos muestran correlaciones con mayor grado de significación ($p < 0,005$) con K y Mg (Fe-K, $r = 0,618$; Fe-Mg, $r = 0,755$; Zn-K, $r = 0,747$; y Zn-Mg, $r = 0,727$). Estas correlaciones ponen de manifiesto la existencia de relaciones metabólicas y bioquímicas entre los minerales y elementos traza analizados.

En la Figura 2 se presentan los resultados de algunos componentes relevantes (humedad, cenizas, ácido ascórbico y compuestos fenólicos) correspondiente a tres partes (exterior, media e interior) de 6 frutos de la chayota Dava-Dava, analizada de forma independientemente. Los contenidos de cenizas y compuestos fenólicos totales no mostraron diferencias significativas entre los valores medios obtenidos en las tres partes consideradas, sin embargo, la parte interior del fruto tenía más contenido de agua que las otras dos; mientras que en contenido de ácido ascórbico (AA) se incrementó, de forma significativa, a medida que se avanza hacia el interior del fruto.

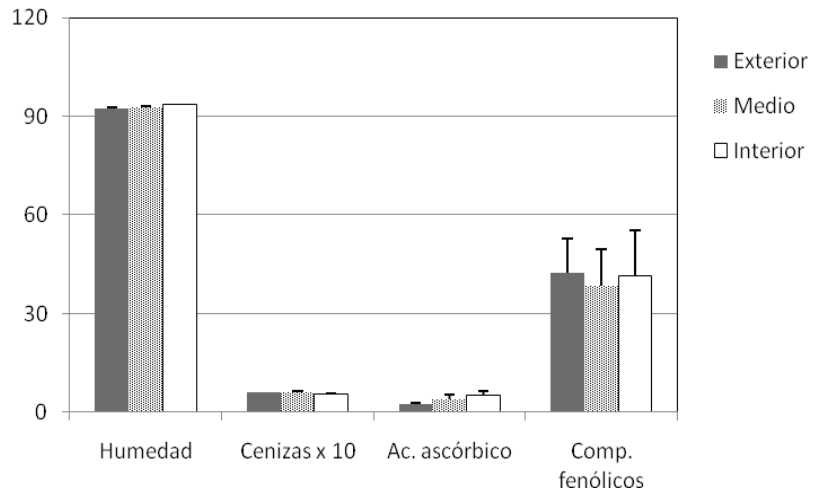


FIGURA 2. Magnitudes para la caracterización morfológica de frutos de chayota.

Se realizó un estudio de la composición bromatológica en función de la fecha de muestreo para la chayota Dava-Dava. La fecha de muestreo influyó considerablemente sobre la composición química de las chayotas (Tabla 3), observándose diferencias significativas entre los valores medios de la mayor parte de los parámetros analizados (cenizas, fibra, °Brix, AA, pH, acidez, fenoles, P, Na, K, Ca, Cu y Zn). Las muestras cosechadas en el mes otoñal (noviembre) tenían diferencias acusadas con respecto al resto de las muestras de los meses estivales, con los menores valores medios de cenizas ácido ascórbico, acidez, pH, P y Na; y los mayores de agua Cu y Zn. Por otra parte, las muestras obtenidas en julio se caracterizaron por ser ricas en cenizas, K, P y acidez con contenidos bajos de gua. Las muestras de agosto fueron pobres en muchos minerales como K, Ca, Fe, Cu y Zn; mientras que las de junio eran ricas en Na, Ca y Cu además de °Brix.

Se aplicó un análisis discriminante lineal (ADL) paso a paso (stepwise) sobre todos los parámetros fisicoquímicos analizados con objeto de diferenciar las muestras de chayota en función de la entrada. Se observó que todas las muestras fueron correctamente clasificadas dentro de su entrada (100%; 82,1% después de validación cruzada), previa selección de las siguientes variables: fibra alimentaria, ácido ascórbico, pH, Ca y Mn. Posteriormente, se aplicó un nuevo ADL a las muestras de la chayota Dava-Dava para diferenciarlas en base a la fecha de muestreo. También, en este caso todas las muestras analizadas fueron correctamente clasificadas en función de su fecha de recolección (100%; 91,7% después de

TABLA 3. Contenidos (media±DE, expresados en peso fresco) de los parámetros fisicoquímicos en la variedad Dava-Dava en función de la fecha de muestreo.

Fecha de muestreo	Junio 2005 (n=18)	Julio 2005 (n=18)	Agosto 2005 (n=18)	Noviembre 2005 (n=8)
Humedad *	93,5±1,56	92,9±1,38	93,6±0,90	94,3±0,37
Cenizas *	0,46±0,11 a	0,65±0,08 b	0,50±0,13 a	0,43±0,11 a
Fibra *	2,06±0,45 b	2,10±0,38 b	1,59±0,36 a	2,27±0,23 b
°Brix	2,67±0,17 b	2,36±0,61 b	2,28±0,74 b	1,34±0,37 a
Proteínas *	1,27±0,65	1,54±0,57	1,67±0,49	1,11±0,34
AA **	1,03±0,19 b	0,79±0,15 ab	2,26±0,58 b	0,74±0,72 a
Fenoles **	31,6±0,86 a	39,2±6,37 b	32,8±1,57 a	46,3±6,30 c
Acidez **	42±10 b	50±6 c	38±8 ab	35±7 a
pH	6,19±0,16 ab	6,32±0,20 c	6,29±0,12 bc	6,14±0,11 a
P **	19,9±7,0 a	28,8±9,1 b	19,9±3,9 a	17,2±2,6 a
Na **	5,67±2,4 b	3,36±1,1 a	2,91±1,0 a	2,29±0,28 a
K **	144±52 a	188±46 b	129±19 a	160±30 ab
Ca **	15,1±4,9 b	12,8±4,5 b	9,16±2,9 a	12,5±4,4 b
Mg **	14,1±3,3	16,7±3,8	14,6±2,5	14,8±3,3
Fe **	0,49±0,16	0,56±0,18	0,45±0,14	0,47±0,12
Cu **	0,049±0,01 b	0,044±0,01 ab	0,038±0,01 a	0,049±0,01 b
Zn **	0,099±0,03 ab	0,12±0,04 b	0,083±0,02 a	0,12±0,03 b
Mn **	0,060±0,02	0,064±0,02	0,055±0,02	0,067±0,02

Letras diferentes en las filas indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$). AA = ácido ascórbico. * g/100 g; ** mg/100 g.

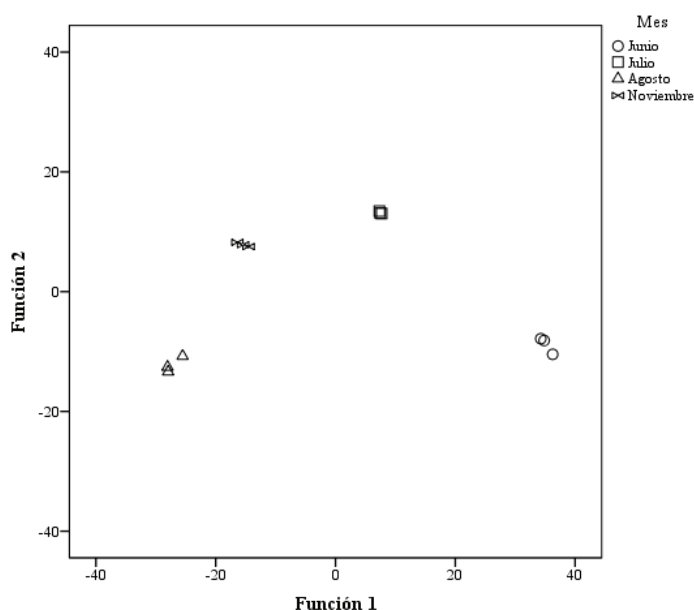


FIGURA 3. Representación de las dos primeras funciones discriminantes canónicas diferenciando por el mes de muestreo para Dava-Dava.

validación cruzada). Las variables seleccionadas fueron: humedad, cenizas, ácido ascórbico, compuestos fenólicos, Na y Ca. Cuando se representan gráficamente las dos primeras funciones discriminantes (Figura 3), se observa una clara diferenciación de las muestras en función de la fecha de muestreo.

DISCUSIÓN

Estudio morfológico

Los valores de longitud, anchura y espesor obtenidos en este trabajo fueron muy parecidos a los obtenidos por Morán Centeno (13) en chayotas de Nicaragua, que fueron de 12 cm en longitud, 9 cm para anchura y 6,5 cm para el espesor y del fruto. Lira (14) y Cruz y Querol (15) encontraron resultados con mayor variación, presentando un rango de longitud de 5-29 cm, una anchura de 3-13 cm y un rango de espesor de 4-10 cm para el fruto de chayota. En la bibliografía se describen pesos medios para chayota de Nicaragua de 359 g, el cual es similar al obtenido en este trabajo, si bien el rango oscilaba entre 100-800 g (13). Los datos del volumen fueron menos variables que los aportados por Morán Centeno (13) que encontró un rango de variación para el volumen de la chayota de 105-804 cm³.

Los caracteres cualitativos tales como la presencia/ausencia de espinas, color y forma del fruto fueron usados

en la caracterización por ser fácilmente observables y transmitidos de generación en generación. Azurdia (16) indica que son parámetros válidos para clasificar una población en diferentes condiciones ambientales. Los resultados obtenidos en el color concuerdan con los publicados por otros autores tanto en muestras procedentes de México (8) como en muestras del germoplasma de Nicaragua (13). En ambos casos se describen chayotas de color verde claro, oscuro y también amarillento. La misma concordancia existe en cuanto a la forma de las chayotas entre este estudio y la bibliografía, en la cual se describen formas redondeadas, ovoides y piriformes o alargadas. En cuanto a la presencia de espinas, existe una gran diversidad entre las chayotas analizadas en este estudio, lo que se corresponde con los datos de la bibliografía (13,17). Posiblemente esta variación sea el resultado del cruzamiento en el pasado y en su lugar de origen de chayotas silvestres con plantas domesticadas, ya que en las Islas Canarias (España) no existen plantas silvestres (17). Si bien la presencia de espinas ofrece mayor resistencia al daño por almacenamiento y transporte, se trata de una característica no deseada, ya que las chayotas con espinas son más difíciles de comercializar (13). En cuanto a la presencia de surcos en la chayota, los resultados obtenidos concuerdan con los datos aportados por Morán Centeno (13), el cual encontró chayotas con surcos con mayor frecuencia (<77 %) que chayotas lisas. Newstrom (1) indicó que esta característica puede ser causa de la variación en aquellas chayotas relacionadas con sus parientes silvestres. La prevalencia de escasa o nula rugosidad de este estudio concuerda con los datos aportados por Newstrom (1) para chayotas mexicanas, el cual indicó que esta característica brinda cierta resistencia al fruto, ya que puede soportar daños físicos durante la manipulación en las labores de cosecha y comercialización. Sin embargo no es muy aceptado por parte de los consumidores, debido a una mayor dificultad en la preparación de los mismos (13). Morán Centeno (13) obtuvo resultados de longitud y anchura de la semilla similares a los obtenidos en este estudio, con valores medios de 2 ± 5 cm para la longitud y 1 ± 5 cm para el ancho de la semilla.

Estudio de la composición química

Los valores de humedad obtenidos fueron superiores a algunos datos mostrados en la bibliografía (19-20), aunque coinciden con los

publicados por otros autores (21-22). Los valores de fibra alimentaria encontrados en este estudio fueron similares a los mostrados por INCAP (20) y superiores a los indicados por Modgil y col. (23), aunque estos investigadores analizaron el contenido de fibra cruda en chayotas con piel. La contribución a la ingesta de fibra por el consumo de una ración de 200 g es elevada, situándose entre el 8-13% de la ingesta adecuada (25 g/día en mujeres y 38 g/día en varones) (24). Con respecto a los °Brix y considerando las mismas unidades (referidas a 100 g de peso fresco), los datos encontrados en este trabajo fueron superiores a los mostrados por Modgil y col. (23), con valores de 6,09% y 6,69% sobre peso seco (10 veces inferiores cuando se refieren a peso fresco) de azúcares totales en chayotas con y sin piel respectivamente, e inferiores a los descritos por Cadena-Iñiguez y col. (8) en 7 chayotas domesticadas y 1 silvestre procedentes de México, los cuales muestran valores entre 4,93-10,92% referidos a peso fresco. Los datos publicados de concentración de proteínas en diferentes Tablas de composición de alimentos (19-21) y por Morilla-Ruiz y Delgado-Alarcón (22) en chayotas muestran valores próximos al 1%, lo que concuerda con las concentraciones de proteínas obtenidas en este estudio.

Los valores de ácido ascórbico mostrados en la bibliografía fueron superiores a los determinados en este estudio (8,19-21). Estas diferencias se pueden explicar debido a que en nuestro caso se ha determinado el contenido de ácido ascórbico sólo, sin incluir el otro vitámero de la vitamina C, el ácido dehidroascórbico. Esto puede explicar que la contribución a la ingesta de la vitamina sea relativamente baja, representando <10% de la ingesta recomendada para adultos, que es de 80 mg/día (24). En la bibliografía se observan contenidos de compuestos fenólicos superiores a los obtenidos en este estudio, como los descritos por Morrilla-Ruiz y Delgado-Alarcón (22) que encuentran un contenido de fenoles en torno a 50 mg/100 g. No hay ingestas dietéticas recomendadas para compuestos fenólicos, aunque la Sociedad Americana de Cáncer (25) ha establecido 100 mg/día de flavonoides como una cantidad adecuada para prevenir el cáncer y enfermedades degenerativas. El consumo de una ración de chayota de 200 g supone una contribución considerable (64-76%, dependiendo de la variedad de chayota) de la cantidad anteriormente indicada. Los

valores de acidez fueron similares a los mostrados por Cadena-Iñiguez y col. (8). Los valores de pH de las muestras de chayota analizadas fueron muy similares (6,7 a 6,8), próximos a la neutralidad, excepto el valor (7,2) correspondiente a la entrada 2, lo cual puede ser una consecuencia de suelos de cultivo alcalinos, un agua de riego de pH básico (frecuente en el agua de riego en Canarias), o la genética de la planta.

Los valores de cenizas se encuentran dentro del rango descrito en la literatura (19-20). El valor medio de K detectado en todas las muestras fue inferior al mostrado por Ortega Anta y col. (21) y por Modgil y col. (23) y similar a los indicados por INCAP (20) y FAO/LATINFOODS (19). Con respecto al P, los valores determinados en este trabajo fueron similares a los obtenidos por Modgil y col. (23) e inferiores al resto de datos obtenidos de la literatura (19-21). La concentración media de Mg fue mayor que las reportadas por Ortega Anta y col. (21) y Modgil y col. (23). La concentración de Ca fue similar a los datos publicados por INCAP (20) y FAO/LATINFOODS (19) y menor que los indicados por Ortega Anta y col. (21) y Modgil y col. (23). Los valores de Na fueron superiores que los obtenidos por Modgil y col. (23) e INCAP (20) y similares a los mostrados por Ortega Anta y col. (21) y FAO/LATINFOODS (19). Las correlaciones significativas y positivas entre cenizas, K y P se puede explicar por el hecho de que se trata de los dos minerales mayoritarios, representando una parte importante del total de cenizas. La contribución a la ingesta de minerales por el consumo de 200 g de chayota fue baja (siempre menor al 10% de las ingestas recomendadas o adecuadas), lo cual se debe a que se trata de un alimento muy hidratado con poca materia seca. Se puede destacar el aporte relativamente elevado de Mg con respecto a las ingestas recomendadas (420 y 320 mg para hombres y mujeres adultas, respectivamente) (24); así como la contribución de K en relación a la de Na, lo cual es interesante desde el punto de vista de enfermedades cardiovasculares.

Con respecto a los elementos traza, la concentración media de Fe fue próxima o ligeramente menor a los valores indicados en la bibliografía (20-21,23) e inferior al mostrado en las Tablas de composición de alimentos de América Latina (19). Las concentraciones medias de Cu y Mn fueron superiores a las mostradas por Modgil y col. (23). En cuanto a la concentración de Zn, esta fue inferior a las mostradas en la bibliografía

(20-21,23). Análogamente a los macrominerales, el aporte de elementos traza por el consumo de 200 g de chayota está por debajo del 10% de las ingestas recomendadas o adecuadas (24).

La aplicación del ADL sobre la composición química de la chayota pone de manifiesto la utilidad de esta herramienta estadística para la clasificación de las entradas de chayota así como la importancia de las condiciones climáticas y ambientales sobre dicha composición química.

CONCLUSIONES

Se observaron diferencias en la composición química entre las entradas estudiadas. La entrada 4 destaca por su alto contenido en minerales en general y de sólidos solubles totales (°Brix) y bajo contenido en agua, mientras que la entrada 3 mostró niveles bajos de minerales y proteínas. La entrada 1 tiene altos contenidos en Na, cenizas y ácido ascórbico; las entradas 5 y 6 destacan por sus elevados contenidos en fibra, mientras que la 7 mostró una elevada acidez y contenido proteico. El contenido de humedad y de ácido ascórbico varía en función de la parte del fruto analizada, sin embargo los contenidos de compuestos fenólicos y de cenizas no estaban afectados. La fecha de muestreo mostró una gran influencia, observándose las mayores diferencias en las muestras cosechadas en el mes de otoño de Noviembre, con respecto a las del resto de meses estivales. El análisis discriminante es una herramienta muy útil para diferenciar las muestras de chayota en función de la entrada y fecha de muestreo.

AGRADECIMIENTO

A D. Martín Climent y D. Miguel Ángel Pérez el suministro de las muestras de chayota analizadas en este estudio.

REFERENCIAS

1. Newstrom LE. Evidence for the origin of chayote, *Sechium edule* (Cucurbitaceae). Econ Bot. 1991;45:410-428.
2. COVECA. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. Monografía del chayote. Gobierno del Estado de Veracruz. 2010.
3. Diario de Tenerife. Sección Comercial, manifiestos de salida. N 2429. Santa Cruz de Tenerife. 17 de diciembre, p. 1. 1898.

4. Cadena-Iñiguez J, Avendaño-Arrazate CH, Soto-Hernández M, Ruiz-Posadas LM, Aguirre-Medina JF, Arévalo-Galarza L. Intraspecific variation of *Sechium edule* (Jacq.) Sw. in the state of Veracruz, Mexico. *Genet Resour Crop Evol.* 2008;55:835-847.
5. Lira SR. Chayote. *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 8. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, pp. 58. 1996.
6. Flores E. El chayote, *Sechium edule* Swart. (Cucurbitaceae). *Rev Biol Trop*, 37, supl. 1989;1:1-54.
7. Ribeiro R, deBarros F, FiuzadeMelo MMR, MinicC, Chiela S, Wanderley G. Acute diuretic effects in conscious rats, produced by some medical plants used in the state of Sao Paulo, Brasil. *J Ethnopharmacol.* 1988;24:9-29.
8. Cadena-Iñiguez J, Soto-Hernández M, Arévalo-Galarza ML, Avendaño-Arrazate CH, Aguirre-Medina JF, Ruiz-Posadas LM. Caracterización bioquímica de variedades domesticadas de chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. comparadas con parientes silvestres. *Rev Chapingo Ser Hort.* 2011;XVII:45-55.
9. AOAC. Association Official of Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC: Food composition; additives; natural contaminants. Helrich K (editor). Vol. II. AOAC, Arlington. 1990.
10. Kujala TS, Lopenen JM, Klika KD, Pihlaja K. Phenolic and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) root: Distribution and effect of cold storage on the content of total phenolic and three individual compounds. *J Agric Food Chem.* 2000;48:5338-5342.
11. Hernández Suárez M, Rodríguez Rodríguez EM, Díaz Romero C. Mineral and trace element concentrations in cultivars of tomatoes. *Food Chem.* 2007;104:489-499.
12. BOE. RD 2257/1994, de 25 de noviembre, por el que se aprueba los métodos oficiales de análisis de piensos o alimentos para animales y sus primeras materias. N° 52 de 2 de marzo de 1995, pp 7161-7235. 1995.
13. Morán Centeno JC. Caracterización in situ de germoplasma de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz) en la comunidad El Castillito, Las Sabanas, Madriz. Trabajo de Graduación. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 2009.
14. Lira SR. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de importancia económica. Instituto de Biología de UNAM, México, IPGRI, p. 281. 1995a.
15. Cruz LA, Querol DL. Catálogo de recursos genéticos de chayote (*Sechium edule* Sw.) en el centro regional universitario oriente de la Universidad Autónoma de Chapingo, México DF, p. 235. 1985.
16. Azurdia C. Conservación in situ de los parientes silvestres de las plantas cultivadas. Lecturas en Recursos Fitogenéticos. Subprograma de Recursos Genéticos Vegetales (REGEVE), Instituto de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, USAC, pp. 47-48. 1996.
17. Cruz-León A. ¿Chayote o cruza intergenéricas? Hallazgo y características. *Rev Geogr Agric.* 1985-1986;9-10:100-106.
18. Cruz A. Guía de la exposición espinas y pulpa. El Chayote, planta mesoamericana. Universidad Autónoma Chapingo, Museo Nacional de Agricultura, México DF, pp. 21. 1992.
19. FAO/LATINFOODS. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Tabla de composición de alimentos de América Latina. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/que-hace-fao/estadisticas/composicion-alimentos>. 2009.
20. INCAP. Instituto de nutrición de Centro América y Panamá. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Menchú MT, Méndez H (editores). 3ª edición, INCAP/OPS, Guatemala, pp. 128. 2012.
21. Ortega Anta RM, López-Sobaler AM, Requejo AM, Andrés P. La composición de los alimentos: herramienta básica para la valoración nutricional. Ed. Complutense, Madrid. 2004.
22. Morilla-Ruiz JM, Delgado-Alarcón JM. Nutritional analysis of vegetable food with different origins: Evaluation of antioxidant capacity and phenolic total compounds. *Nutr Clin Diet Hosp.* 2012; 2:8-20.
23. Modgil R, Modgil M, Kumar R. Carbohydrate and mineral content of chayote (*Sechium edule*) and bottle gourd (*Lagenaria siceraria*). *J Human Ecol.* 2004;15:157-159.
24. Institute of Medicine of the National Academies. Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements. Otten JJ, Hellwig JP, Meyers LD (editores). The National Academies Press, Washington, D.C. 2006.
25. Krebs-Smith SM, Cook A, Subar AF, Cleveland L, Friday J. Assessing fruit and vegetable intakes: toward the year 2000. *Am J Public Health.* 1995; 85:1623-1629.

Recibido: 27-04-2015

Aceptado: 24-06-2015