

**ESTUDIOS AGRONOMICOS Y BROMATOLOGICOS
EN JICAMA
(*Polymnia sonchifolia* Poep et Endl.)**

*Carlos Nieto C.*¹

**Instituto Nacional de Investigaciones
Agropecuarias (INIAP),
Quito, Ecuador**

RESUMEN

Se efectuó el análisis del rendimiento y la determinación de las características bromatológicas de la parte comestible (raíces) de 10 líneas de jícama (*Polymnia sonchifolia* Poepp et Endl) en las condiciones ambientales de la Estación Experimental Santa Catalina, Ecuador (12°C de temperatura y 3,100 msnm).

Se encontraron valores promedio de: 3.7% de proteína, 3.5% de cenizas, 1.5% de grasa, 3.4% de fibra, 87.8% de extractos libres de nitrógeno, 2.2% de potasio, 0.12% de fósforo, 96 µg/100 de hierro, y 390 µg/100 g de zinc.

El ciclo vegetativo para todas las líneas evaluadas fue de 12 meses y no presentaron daños por granizadas y heladas. El promedio de materia seca en las raíces comestibles fue de 15.2% y el rango, de 13.6 a 16.7% para las 20 líneas sometidas a estudio.

Se encontraron valores promedio de 2.47, 2.12, 1.63 y 2.51 g/100 g de fructosa, alfa glucosa, beta glucosa y sacarosa, respectivamente, para muestras de raíces comestibles con corteza de las 10 líneas en estudio, las que fueron todas analizadas en base seca.

INTRODUCCION

Dentro del grupo de raíces nativas de Los Andes, sobresale la jícama o chicama, conocida también como yacón o llacón en Perú y Bolivia, o como jiquimilla o árbol loco, en Colombia. Es una planta herbácea perenne que puede multiplicarse por semillas o rizomas. Se cultiva para forraje o por sus raíces comestibles (1). Esta especie es sinónimo de *polymnia edulis* Wedd, pertenece a la familia de las Asteráceas, y contiene 60 cromosomas, aunque según León (2), la especie tendría 32 cromosomas.

Manuscrito modificado recibido: 27-9-91.

1 Ingeniero Agrónomo M. Sc., Jefe del Programa de Cultivos Andinos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Casilla 340, Quito, República de Ecuador.

Acosta Solís (3) indica que las raíces endulzadas al sol (mejoradas), no contienen almidón, y se podrían utilizar como materia prima fuente de azúcar. Además, cuando se observan al microscopio, las raíces tuberosas muestran un gran contenido de oxalatos cristalizados. León (2) indica que también los tallos y troncos subterráneos almacenan azúcares, y en muchos casos son consumidos como las raíces, pero se prefieren estas últimas.

El período vegetativo dura alrededor de siete meses y se pueden alcanzar rendimientos de raíces de hasta 38 ton/ha. Uno de los usos potenciales de la especie sería el forrajero, ya que se puede alimentar al ganado con los tallos y las hojas, las cuales contienen entre el 11 y 17% de proteína en base seca (4).

McDowell *et al.* (5) notifican los siguientes contenidos bromatológicos para raíces de jícama sin corteza, expresadas en base seca: cenizas 13.4%, fibra cruda 4.1%, grasa 1.0%, extracto libre de nitrógeno 78.4%, proteína 3.1%, calcio 0.1%, y fósforo 0.1%. Además, dichos autores clasifican al cultivo como un alimento energético.

Breman, citado por León (2), al analizar raíces secas de jícama, encontró de 66 a 69% de polisacáridos desconocidos, semejantes a la inulina. Por su parte, Font Quer (6) indica que la inulina es un polímero de la d-fructosa que en algunos vegetales desempeña un papel semejante al del almidón y se aísla, entre otras fuentes, de la raíz de la dalia (planta tuberosa de la misma familia de la jícama). El mismo autor (6) indica que la inulina puede ser desdoblada en fructosa por acción de la enzima inulasa.

MATERIAL Y METODOS

Se tomaron al azar 10 entradas de la colección de germoplasma del INIAP y se sembraron en parcelas de 15 m² con tres repeticiones. La distancia de siembra fue de 1 m entre surcos y de 0.5 m entre plantas. Se utilizaron colinos de aproximadamente 60 g de peso, con una o dos yemas, y se colocó un colino por golpe. Se aplicó una fertilización de 50-80-40 kg/ha de N-P-K, y la localidad de siembra estuvo ubicada en la Estación Experimental Santa Catalina a 3,100 metros sobre el nivel del mar (msnm) con una temperatura promedio de 12°C y en un suelo francolimoso con pH de 5.4.

Se evaluó la época de floración y de cosecha, la tolerancia a heladas y granizadas, así como el ataque de plagas y enfermedades y el rendimiento de raíces a la cosecha. Luego, se procedió a calcular el rendimiento de la porción comestible (pulpa sin corteza), para lo cual se tomaron al azar tres muestras de un kg de peso; se eliminó la corteza cuyo grosor fue uniforme para todas las muestras, hasta conseguir que la pulpa quede transparente sin indicios de corteza, y se calcularon los porcentajes de pulpa y corteza por diferencia de peso. Se procedió seguidamente a analizar bromatológicamente la parte comestible, para lo cual se tomó al azar una muestra de 1 kg de raíces dentro de cada línea, las mismas que fueron lavadas en agua destilada previa a la realización de los análisis respectivos. Cabe señalar que los análisis se realizaron en raíces sin descortezar.

La determinación química se efectuó en los laboratorios del Departamento de Nutrición de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. El análisis bromatológico o proximal se llevó a cabo en base al Esquema de Weende, determinando el contenido expresado en porcentaje de humedad,



JICAMA

cenizas, extracto etéreo, proteína bruta, fibra cruda y los elementos libres de nitrógeno (ELN). La metodología utilizada se aplicó en base a los métodos de análisis descritos por la AOAC y la Universidad e Gainesville, Florida, EUA.

Los análisis de azúcares se llevaron a cabo mediante la derivatización de estos compuestos a TMS, O-trimetilsilil éteres, elementos que son detectados por cromatografía en fase gaseosa (CGL), empleando detector de ionización de llama (FID) y columnas de vidrio de 6 pies de longitud y 1/4 de pulgada de diámetro, empacadas con OV17 al 5% sobre chromosorb Q 60-80 mesh. Todos los resultados se informaron en base seca.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se exponen los datos de rendimientos de raíces por hectárea, la época de floración y el contenido de materia seca en raíces frescas (recién cosechadas). Aparentemente, no hubo variación significativa en cuanto a la fenología de las accesiones estudiadas. El promedio de días a la floración fue de 256, y el rango de variación no excedió a 15 días. No se pudo determinar la época de cosecha, puesto que las plantas permanecieron siempre con abundante follaje verde y sin presentar signos de senectud. La cosecha, en todas las líneas, se llevó a cabo a los 12 meses de la siembra, es decir, al detectar la formación de raíces tuberosas bien desarrolladas, aunque fue notorio que algunas entradas mostraron raíces con signos de mayor madurez que otras.

TABLA 1

CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 10 ENTRADAS DE JICAMA EN SANTA CATALINA, 1987 (Valores promedio de tres repeticiones)

No. de entrada	Días a la floración kg/ha*	Rendimiento raíces kg/ha**	Rend. parte aprovechable % *	Mat. seca en raíces
Ecu-0008	260 ^a ***	73,558 ^a	60,097 ^a	14.4 ^b
Ecu-0014	255 ^a	51,778 ^{ab}	42,303 ^{ab}	14.8 ^b
Ecu-0002	250 ^a	42,577 ^b	34,785 ^b	15.5 ^{ab}
Ecu-0003	248 ^a	38,400 ^b	31,373 ^b	15.3 ^{ab}
Ecu-0013	263 ^a	37,711 ^b	30,810 ^b	15.4 ^{ab}
Ecu-0005	258 ^a	37,600 ^b	30,719 ^b	14.3 ^b
Ecu-0007	253 ^a	36,335 ^{bc}	29,686 ^{bc}	16.7 ^a
Ecu-0006	255 ^a	34,111 ^{bc}	27,869 ^c	13.6 ^b
Ecu-0001	253 ^a	33,600 ^{bc}	27,451 ^c	15.7 ^{ab}
Ecu-0017	260 ^a	29,755 ^c	24,309 ^c	16.0 ^a
\bar{x} .	256	41,547	33,944	15.2
C.V. (%)	2.43	19.04	19.82	7.2

* Raíces frescas enteras.

** Raíces frescas sin corteza.

*** Prueba de Duncan (P < 0.05).

Este ciclo vegetativo aparentemente muy largo se podría deber a la altitud demasiado elevada del sitio de evaluación (3,100 msnm), que es superior a los sitios de procedencia de las entradas evaluadas (todas provenían de sitios con altitudes entre 2,400 y 300 msnm).

A pesar de que se registraron varios fenómenos climáticos adversos durante el ciclo (heladas y granizadas), no fue posible establecer diferencias en el comportamiento entre las líneas evaluadas, debido a que el daño fue uniforme para todas. El daño ocasionado por las heladas se manifestó por ciertas quemaduras en las hojas y ápices, y el daño causado por el granizo fue la destrucción de las hojas, especialmente los limbos. Sin embargo, las plantas se recuperaron significativamente al poco tiempo de haber sufrido los daños.

En cuanto al rendimiento de raíces tuberosas, se encontró una gran variabilidad, pues mientras la línea Ecu-0008 rindió más de 70,000 kg/ha, la línea Ecu-0017 apenas alcanzó 29,000 kg/ha. El rango de rendimiento para las 10 líneas sometidas a estudio fue de 29,755 a 73,558 kg/ha, y el promedio, de 41,547 kg/ha (Tabla 1). En general se puede asegurar que estos rendimientos fueron promisorios, a pesar de tener un ciclo vegetativo bastante largo, y fueron muy superiores a los informados por Kay (4), quien indicó rendimientos de hasta 38 ton/ha de raíces frescas. En lo concerniente a los porcentajes de pulpa y corteza, se encontró que la primera representaba entre el 80.2 y 83.2% mientras que la corteza osciló entre 16.8 y 19.8%. Según esto, se pudo calcular que los rendimientos de la pulpa (parte aprovechable) fluctuaron entre 24,309 y 60,097 kg/ha, con un promedio de 33,944 kg/ha (Tabla 1).

Los porcentajes de materia seca fluctuaron alrededor de 15.2%. Se observó que el valor más alto fue 16.7%, el cual correspondió a la línea Ecu-0007. Según estos datos, se pudo calcular rendimientos de materia seca comprendidos entre 4,764 y 12,280 kg/ha para raíces comestibles sin descortezar.

Algunas características bromatológicas para las 10 líneas en estudio se dan a conocer en la Tabla 2. Es de destacar los contenidos de proteína, cenizas y fibra que - a no dudar - son muy significativos y justifican la potencialidad nutritiva de esta raíz como complemento alimenticio de la población rural de Los Andes. En cuanto al contenido de minerales, los que sobresalen son el potasio, el de hierro y el de zinc. No obstante, también se encontraron otros elementos como fósforo, cuyo promedio para las 10 líneas fue de 0.12%; el promedio de magnesio fue de 0.09%; el sodio acusó un promedio de 0.013%; el calcio 0.08%; el cobre un promedio de 9 µg/100 g, y el manganeso fue el único elemento que no se encontró presente en las raíces de jícama. Estos resultados coinciden en gran medida con los notificados por McDowell (5), con excepción del contenido de cenizas que, según este autor, es de 13.4%; sin embargo, sus datos representan a una sola muestra, mientras que los datos del presente estudio son el promedio de 10 líneas.

En la Tabla 3 se detallan los contenidos de azúcares para las raíces comestibles de las 10 líneas en estudio. Se encontró un promedio de 2.47% de fructosa, pero el rango fue de 1.06 a 4.68%, mientras que los contenidos de alfa y beta glucosa variaron de 1.44 a 3.12 y de 0.83 a 2.8% con promedios de 2.12 y 1.63%, respectivamente. También se analizó el contenido de sacarosa, constatándose un promedio de 2.51%, con un rango de 0.48 a 4.25% para las 10 líneas.

Asimismo, en la citada Tabla 3 se presentan los contenidos de azúcares de una muestra de raíces tomadas al azar de la cosecha de todas las líneas, y

TABLA 2

**CARACTERISTICAS BROMATOLOGICAS Y CONTENIDO DE MINERALES DE LA PARTE COMESTIBLE
(raíces frescas, sin descortezar) DE JICAMA, SANTA CATALINA 1987
(Valores promedio de dos repeticiones)***

No. de entrada	Proteína %	Cenizas %	Grasa %	Fibra %	ELN %	K %	P %	Mg %	Na %	Ca %	Fe µg/100g	Zn µg/100g	Cu µg/100g
Ecu-0001	3.6	3.5	1.1	3.5	88.3	2.4	0.140.08	0.01	0.09	105	408	8	
Ecu-0002	3.3	3.5	1.1	3.4	88.7	2.0	0.120.07	0.01	0.07	59	709	6	
Ecu-0003	2.7	3.2	1.2	3.3	89.6	2.1	0.100.08	0.01	0.06	70	477	6	
Ecu-0005	3.3	3.5	1.2	3.6	88.4	2.5	0.090.08	0.01	0.09	83	272	5	
Ecu-0006	4.5	4.1	1.9	3.7	85.8	2.2	0.150.08	0.02	0.08	125	668	7	
Ecu-0007	2.8	2.9	1.8	3.3	89.2	2.1	0.110.06	0.01	0.07	72	183	4	
Ecu-0008	3.7	3.4	1.9	3.6	87.4	2.3	0.100.09	0.02	0.10	72	282	6	
Ecu-0013	5.6	4.3	2.9	3.4	83.8	2.2	0.170.09	0.02	0.06	241	367	6	
Ecu-0014	4.3	3.7	1.0	3.3	87.7	2.3	0.140.08	0.01	0.07	60	151	7	
Ecu-0017	3.1	3.1	0.8	3.0	90.0	2.0	0.130.08	0.01	0.07	69	378	4	
\bar{x}	3.7	3.5	1.5	3.4	87.8	2.2	0.120.09	0.01	0.08	96	390	9	
M.E.	3.6	3.8	0.9	3.6	88.1	1.1	0.110.09	0.01	0.09	158	111	9	

* Laboratorio de Nutrición, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Todos los datos fueron calculados en base seca.
M.E. Muestra expuesta al sol por 15 días.

TABLA 3

CONTENIDO DE AZÚCARES DE LA PARTE COMESTIBLE
(raíces frescas sin descortezar) DE JICAMA, SANTA CATALINA, 1987
(Valores promedio de dos repeticiones)*

No. de entrada	Humedad %	g/100 g de raíz comestible			
		Fructosa	Alfa Gluc.	Beta Gluc.	Sacarosa
Ecu-0001	84.3	2.46	2.33	1.43	3.47
Ecu-0002	84.5	1.06	1.44	1.08	2.71
Ecu-0003	84.7	2.54	1.80	1.59	3.36
Ecu-0005	85.7	4.68	1.66	1.43	4.25
Ecu-0006	86.4	1.85	2.49	1.63	0.91
Ecu-0007	83.3	2.60	2.01	1.78	2.18
Ecu-0008	85.6	3.14	3.12	2.26	1.86
Ecu-0013	84.6	1.30	1.85	1.44	2.19
Ecu-0014	85.2	1.83	1.47	0.83	3.71
Ecu-0017	84.0	3.28	3.00	2.80	0.48
\bar{x} .	84.8	2.47	2.12	1.63	2.51
M. E.	78.1	21.53	7.42	5.96	3.91

M.E.: Muestra expuesta al sol por 15 días.

* Laboratorio de Nutrición, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Los datos fueron informados en base seca.

expuesta al sol por 15 días (ME), en la que se pudo encontrar aumentos significativos del contenido de todos los azúcares analizados, particularmente del de fructosa, que desde un promedio de 2.47% para raíces frescas, ascendió hasta 21.53% en las raíces expuestas al sol. Es probable que ello sea debido al desdoblamiento de la inulina por acción de la inulosa, como lo explica Font Quer (6), ya que no podría tratarse de concentración de solutos por la eliminación de agua de la muestra, porque ésta apenas perdió 6% durante los 15 días de exposición al sol (Tabla 3).

Por otro lado, se debe tener en cuenta que estos datos son para raíces enteras, es decir, sin eliminación de la corteza, por lo que es posible que los contenidos de azúcares sean superiores en raíces descortezadas.

Los resultados que se comentan justifican plenamente la sugerencia de que esta planta podría convertirse en una fuente de materia prima azucarera en las zonas rurales de Los Andes Altos (3). No obstante, los contenidos de azúcares en general, no concuerdan con la cifra promedio de 19.67% informada por Kay (4) para raíces de jícama, aunque este autor menciona que los azúcares se refieren principalmente a inulina y no a glucosa, fructosa y sacarosa, que son los azúcares analizados en este estudio. Es indudable que se necesita profundizar los estudios en este aspecto. Por otro lado, existe la probabilidad de una influencia negativa del suelo en el que se sembraron las líneas objeto de estudio. Al tener un pH ácido, éste probablemente no favoreció

la absorción de elementos químicos básicos para la síntesis de azúcares como son el fósforo, el potasio y el magnesio, entre otros (7); éste es otro factor que debería ser investigado más a fondo, tratando de encontrar los mejores suelos para la mayor acumulación de azúcares en las raíces de jícama.

CONCLUSIONES

Basados en los hallazgos puntualizados antes, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El potencial productivo de esta especie es muy significativa, pudiéndose alcanzar rendimientos de raíces mayores de 70 ton/ha.
2. Las plantas acusaron un gran potencial forrajero, considerando que se mantienen verdes y con abundante follaje durante todo el ciclo. Se pueden usar como forraje los tallos subterráneos (colinos) y los tallos y follaje aéreos, cuyo potencial productivo puede ser igual o mejor que el de las raíces.
3. Los contenidos nutricionales de las raíces, si bien no son relevantes, justifican la inclusión de esta planta como complemento alimenticio de la población, especialmente rural.
4. Los contenidos de azúcares en las raíces son muy significativos para esta especie, que puede ser considerada como una fuente azucarera en las zonas marginales de altura. Hay una evidente transformación de otras sustancias en azúcares con el proceso de exposición al sol. Así, se encontró un incremento de hasta nueve veces el contenido de fructosa con la exposición de las raíces al sol por 15 días.
5. Hacen falta muchos estudios respecto a la jícama tanto de orden agronómico como bromatológico, para determinar con mayor certeza el potencial de rendimiento así como los usos más apropiados de esta especie que hasta hoy es considerada como cultivo marginal de Los Andes.

SUMMARY

AGRONOMIC AND BROMATOLOGIC STUDIES IN JICAMA (*Polymnia sonchifolia* Poepp et Endl.)

An analysis of tuber roots yield and nutritional characteristics for 10 lines of jícama (*Polymnia sonchifolia* Poepp et Endl.) was carried out under the environmental conditions of Santa Catalina Experimental Station (12°C of temperature and 3,100 m above sea level).

The following average mean values were obtained: A fresh tuber root's yield from 29,755 to 73,558 kg/ha with 41,547 kg/ha of average, while the yield of the useful part (roots without skin) was from 24,309 to 60,097 kg/ha with 33,944 kg/ha of average.

On the other hand, average mean values of 3.7% of protein, 3.5% ashes, 1.5% fat,

3.4% fiber, 2.2% potassium, 0.12% phosphorus, 96 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ iron, and 390 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ zinc, were obtained from the edible root samples. Besides, we obtained average values of 2.47, 2.12, 1.63 and 2.51 g/100 g of fructose, alfa glucose, beta glucose and sacarose, respectively, on edible root samples with skin, for the 10 lines studied. All these analyses were reported on a dry basis.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo bajo los auspicios del Convenio de Cooperación Técnica INIAP-CIID de Canadá, y con la colaboración de los técnicos del programa de Cultivos Andinos y del Departamento de Nutrición de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP, para quienes el autor deja constancia de su agradecimiento.

BIBLIOGRAFIA

1. Sánchez-Monge & E. Parellada. *Diccionario de Plantas Agrícolas*. Madrid, España, Ministerio de Agricultura, Servicio de Publicaciones Agrarias, 1980, p. 231.
2. León, J. *Plantas Alimenticias Andinas*. Lima, Perú, IICA, Zona Andina, 1964, p. 57-62 (Boletín técnico No. 6).
3. Acosta, S. M. Tubérculos, raíces y rizomas cultivados en Ecuador. En: *Memorias del Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos*. 2do. ESPOCH-IICA, Riobamba, Ecuador, 1980, p. 199.
4. Kay, D. E. Root crops, No. 2 TPI. *Crop and Product Digest*. England, Tropical products Institute, 1973, p. 187-189.
5. Mc Dowell, L., J. H. Conrod, J. E. Thomas & L. E. Harris. *Latin American Tables of Feed Composition*. Gainesville, Florida, University of Florida, 1974, p. 383.
6. Font Quer, P. *Diccionario de Botánica*. Barcelona, España, Editorial Labor S. A., 1953, p. 627.
7. Hanan, J. J., W. D. Holley & K. L. Goldsberry. *Greenhouse Management: Chapter 7. Nutrition*, Berlin, Ed. Springer-Verlag, 1978, p. 289-291.