

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 JÍCAMA O YACÓN *Polymnia sonchifolia* Poep. & Endl.

2.1.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

Wells (1965), establece la siguiente clasificación:

División:	Magnollophyta
Clase:	Magnolliopsida
Subclase:	Dicotyledoneae
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Tribu:	Heliantheae
Subtribu:	Melampodinae
Género:	<i>Polymnia</i>
Especie:	<i>Polymnia sonchifolia</i> (Poep. & Endl.)
Sinónimos:	<i>Polymnia edulis</i> Weddell <i>Smallanthus sonchifolia</i> (Poep. & Endl.) H.
Nombres comunes:	Quechua: yacón, llakuma Español: yacón, jacón, llacón, arboloco, jícama, Inglés: yacon strawberry.

2.1.2 GENERALIDADES

La jícama es originaria de los Andes y se cultiva desde Venezuela hasta el norte de Argentina, en climas subtropical y tropical, alrededor de los 2000 msnm. En nuestro país ha sido reportada en orden de importancia en las provincias de Loja, Azuay, Cañar y Bolívar (NRC, 1989). Puede encontrarse asociada con otros cultivos indígenas típicos, como son el melloco, la mashua y la oca (Cañadas, 1983).

Otra especie llamada también jícama corresponde a *Pachyrrizus tuberosus* de la familia de las fabáceas. Esta no presenta casi ninguna variabilidad en Ecuador. Hay reportes de su existencia en las estribaciones de la cordillera occidental y en algunos sitios de la amazonía ecuatoriana (INIAP, 1985).

La jícama es una planta perenne, cuyos tallos son aéreos y alcanzan desde 0.35m y 0.79m (Castillo y Mazón, 1997), hasta 3m de altura (León, 1964), dependiendo de las condiciones del suelo y ambientales en las que se desarrollen.

El periodo vegetativo es de 8 a 12 meses, cuando las flores se marchitan y mueren, es tiempo de cosechar las raíces tuberosas (Tapia, 1996).

Esta especie tiene un alto potencial productivo, puede alcanzar rendimientos de hasta 38 Tm/ha (Castillo y Mazón 1997).

2.1.3 MORFOTIPOS

En base a la caracterización morfológica en las colecciones de jícama del Banco de Germoplasma del INIAP, Morillo (1998), establece los siguientes grupos o morfotipos:

2.1.3.1 Morfotipo Verde Claro

Planta erecta de altura mediana con entrenudos pequeños, tallos verde claro muy gruesos. Se caracteriza por tener las hojas anchas con pecíolo pequeño. Es el más tardío en florecer, flores amarillo claro en cantidad moderada. Sus raíces son las más voluminosas, de pulpa blanca y no presentan color secundario. Tienen el porcentaje más bajo de materia seca y carbohidratos. Del total de entradas caracterizadas, solamente el ECU-1245 y ECU-1246 pertenecen a este tipo, que fueron colectadas en el sur del país (Azuay y Loja).

2.1.3.2 Morfotipo Verde Intenso

Planta erecta. Presenta dos subgrupos:

2A: Se caracteriza por ser el morfotipo más pequeño de los tres, tiene poca ramificación, pero abundante floración. Presenta tallos delgados, hojas pequeñas, de borde espinoso y pecíolo grande. Son los más precoces en florecer. Rendimientos y raíces similares a los de grupo morado, pero de pulpa blanca y con menor porcentaje de materia seca y carbohidratos.

A este grupo pertenecen las siguientes entradas colectadas en cuatro provincias del centro y sur del país: Loja, Bolívar, Cañar y Azuay: ECU-1247, ECU-1253, ECU-1259, ECU-6666, ECU-9109.

2B: Con similares características pero con raíces de pulpa amarilla. A este subgrupo pertenecen el ECU-1261, ECU-2320 y ECU-2321. Colectadas todas en la provincia de Bolívar.

2.1.3.3 Morfotipo Morado

Planta semirrecta, es la más alta de entrenudos más largos, tallos púrpuras gruesos, de las hojas y pecíolos más largos, con ramificación abundante en toda la planta.

Flores amarillo anaranjada en cantidad moderada. Sus raíces tienen pulpa amarilla con presencia de color secundario y poseen más alto porcentaje de materia seca y carbohidratos.

Su rendimiento es el más alto con promedio de 1.5 kg/planta e igualmente presenta el mayor número de raíces por planta.

A este subgrupo corresponden 15 entradas procedentes de todas las provincias en donde se reporta esta especie:

ECU-1236, ECU-1237, ECU-1238, ECU-1239, ECU-1241, ECU-1242, ECU-1243, ECU-1244, ECU-1248, ECU-1249, ECU-1251, ECU-1252, ECU-1254, ECU-1256, ECU-9110.

2.1.4 RENDIMIENTO

2.1.4.1 Rendimiento de raíces

De acuerdo a Morillo (1998), el rendimiento promedio de la colección de jícama es de 1.5 kg/planta, siendo entradas promisorias la ECU-1237 y ECU-1238 con 3.5 kg/planta, correspondientes al morfotipo morado.

La jícama es una planta que se caracteriza por su rusticidad y altos rendimientos, el rendimiento de raíces tuberosas registrado en diferentes lugares y países, varían de 10 a 100 Tm/ha (Seminario *et al*, 2003). En la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, se registran rendimientos de 30 a 74 Tm/ha (Nieto, 1991).

La densidad de siembra tiene un gran efecto sobre el rendimiento de raíces y su tamaño, así en un experimento realizado en Brasil, se encontró que el mayor rendimiento de raíces (65.8 Tm/ha) se obtuvo con menores distanciamientos 0.8m x 1.0m (Amaya, 2002).

2.1.4.2 Rendimiento de hojas

Datos obtenidos en Cajamarca Perú (Cuadro 1) son: cada tallo produce entre 13 a 16 pares de hojas, hasta el momento de la floración, los 3 a 4 pares son hojas pequeñas, que tienen poca repercusión, en el rendimiento. Considerando una densidad de plantación de 18500 plantas por hectárea, el rendimiento de hoja seca al ambiente, se estima de 3 a 4 Tm de hoja seca por hectárea (Seminario *et al*, 2003).

Cuadro 1. Variables de producción de hoja de tres morfotipos de jícama de la colección de germoplasma de la Universidad Nacional de Cajamarca.

MORFOTIPO	Número tallos por planta ^a	Número Hojas por tallo ^b	Longitud de lámina (cm.)	Ancho mayor de lamina (cm.)	Peso fresco de hoja por planta (g) ^c	Área foliar por planta (dm ²)
Morado	11	26	18.87	14.2	1830	508.3
Verde claro	10	29.5	20.1	14.3	2153	538.2
Verde intenso	8	33.1	20.3	16.8	1642	410.5
Promedio	9.6	29.8	19.7	15.1	1897	485.7

^a Evaluación realizada a los 10 meses después de la siembra.

^b Número de hojas hasta el momento de la floración. Cada tallo produjo un promedio de 13, 15 y 16 pares de hojas en los morfotipos Morado, verde claro, verde intenso, respectivamente.

^c Se refiere solo a las láminas de las hojas. El peso fresco de las hojas fluctuó entre 6,2g (morfotipo verde intenso) y 7,3 (morfotipo verde claro).

Los datos corresponden a un muestreo de 5 plantas por entrada y 15 entradas por morfotipo
Fuente: Seminario *et al* (2003).

2.1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES DE LA JÍCAMA

2.1.5.1 Composición química de las raíces

Entre el 83% y 90% del peso de las raíces tuberosas de jícama es agua. En términos generales los carbohidratos representan alrededor de 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas, de las cuales entre el 50% y 70% son fructooligosacáridos (FOS), el resto de carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructosa y glucosa (Ohyama *et al.* 1990, Asami *et al.*, 1991, Nieto 1991, Collazos *et al* 1993, Hermann *et al.*, 1999).

La composición química de los diferentes azúcares varía significativamente debido a diferentes factores como el cultivar, la época de siembra y cosecha, tiempo y temperatura en poscosecha, entre otros. Las raíces tuberosas acumulan, además, cantidades importantes de potasio, compuestos polifenólicos, derivados de ácido cafeico, sustancias antioxidantes como ácido clorogénico, triptófano y varias fitoalexinas como actividad fungicida (Takasugi & Masuda 1996, Yan *et*

al, 1999, Takenaka *et al*, 2003). El contenido de proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, es bastante bajo (Cuadro 2).

Estudios realizados por el Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (2004), reportan que las raíces de la jícama tiene un alto contenido de inulina y fructooligosacáridos (FOS) (polímeros de fructosa) los cuales no pueden ser hidrolizados por el organismo humano, proporcionando calorías inferiores al de la sacarosa, excelentes para las dietas hipocalóricas y dietas para diabéticos. Los fructooligosacáridos son importantes en la prevención y/o disminución de los riesgos de algunas enfermedades, tales como: la constipación, debido al volumen fecal y a la movilidad intestinal, inhibición de diarreas, relacionado con el efecto inhibitorio de las bífido-bacterias sobre las bacterias patógenas, reducción de riesgos de osteoporosis, debido a un incremento en la disponibilidad del calcio, reducción de los riesgos de arteriosclerosis cardiovascular y reducción de los riesgos de cáncer al colon.

Existe una evidente transformación de otras sustancias en azúcares mediante el proceso de exposición al sol, existiendo un incremento de fructuosa del 2.4% al 21% (Nieto, 1988). Las raíces endulzadas al sol no contienen almidón y se pueden utilizar como materia prima azucarera (Acosta, 1980).

2.1.5.2 Composición química de las hojas

La composición química de las hojas es poco conocida. Se sabe que contienen sesquiterpenos, lactonas, flavonoides y un grupo de sustancias aún no identificadas. Varios de estos compuestos tienen actividad fungicida y

antioxidante, por lo que es factible esperar el desarrollo futuro de bioinsecticidas y nuevos productos en la industria farmacológica (Seminario *et al*, 2003).

Se demostró que el té de jícama (infusión de las hojas), administrado a ratas diabéticas en forma crónica, durante 30 días, tenía un efecto hipoglicemiante, es decir, redujo los niveles de glucosa en la sangre. El principio activo no ha sido identificado aún, sin embargo los autores sugieren, que este actúa mejorando, la concentración de insulina en la sangre (Aybar *et al*, 2001).

Calvino mencionado por la Universidad Nacional Agraria La Molina (2004), reporta resultados de análisis químicos de las hojas y tallos en Italia, indicando valores de proteína bruta de 11.37% y 17.12% respectivamente. El National Research Council y la FAO (1992) reportan que la jícama puede tener un potencial como forraje, indica además que el follaje crece adecuadamente bien y que el forraje seco contiene de 11% a 17% de proteína, 2% a 7% de grasa y 38% a 41% de extracto libre de nitrógeno.

2.2 FERTILIZACIÓN

Existen pocos trabajos publicados sobre el tipo y el nivel de fertilización requerido para producir comercialmente jícama.

Amaya (2002), evaluó el efecto de diferentes dosis de nitrógeno (0, 80, 160, y 240 kg/ha) y potasio (0, 100 y 200 kg/ha) y encontró que el mayor rendimiento de raíces reservantes (51.4 Tm/ha) se consiguió con el tratamiento de 160 kg/ha de nitrógeno y 100 kg/ha de potasio. En contraste el tratamiento que no recibió ningún tipo de fertilización produjo tan solo 14.4 Tm/ha, lo cual demuestra la

importancia que tiene la fertilización, los valores reportados por Amaya deben ser tomados solo como referencia ya que los resultados del experimento se obtuvieron para un solo cultivar de jícama y para una única localidad en Brasil Botucatu, clima húmedo subtropical, 800 msnm en estado de Sao Paulo.

En el 2003 en la Universidad Nacional de Cajamarca, se evaluó el efecto del abonamiento orgánico con humus de lombriz. Los resultados preliminares sugieren que una aplicación de 5 a 10 Tm/ha, es suficiente para producir jícama de manera regular. Otros tipos de abonamiento que deben estudiarse son el estiércol de ganado, compost, huano de islas y la fertilización mineral.

Es necesario implementar estas alternativas de fertilización si se quiere acceder al mercado creciente de productos orgánicos.

2.2.1 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA JÍCAMA

Basado en el Cuadro 2 de la Composición química de 10 accesiones de jícama, el Centro Internacional de la Papa (1997-1998), determina que los nutrientes removidos del campo por tonelada de raíces (materia fresca) de jícama son de 0.4 a 0.8 kg de nitrógeno, 0.2 a 0.3 kg de fósforo y 1.8 a 2.9 kg de potasio.

Los rangos por nutrientes removidos por 100 kg de carbohidratos solubles para producción de frútanos y azúcares libres, son 0.5 a 0.9 kg de nitrógeno, 0.2 a 0.4 kg de fósforo y 2.3 a 3.2 kg de potasio.

Cuadro 2. Composición química de 10 accesiones de jícama por 1 Kg de raíz (materia fresca).

VARIABLE	UNIDAD	RANGO	MEDIA	CV. %
Materia seca	g	98 - 136	115	8
Carbohidratos	g	89 - 127	106	8
Fructosa	g	31 - 89	62	23
Proteína digerible	g	3.6 - 4.3	3.9	6
Total azúcares	g	18 - 42	26	27
Glucosa libre	g	2.3 - 5.9	3.4	32
Fructosa libre	g	3.9 - 21.1	8.5	58
Sacarosa	g	10 - 19	14	18
Sólidos solubles	Grados Brix	9.0 - 12.6	10.7	9
Proteína	g	2.7 - 4.9	3.7	19
Fibra	g	3.1 - 4.1	3.6	8
Grasa	mg	112 - 464	244	43
Energía	Kcal	148 - 224	174	12
Ceniza	%	4.28 - 6.01	5.03	10
Calcio	mg	56 - 131	87	25
Fósforo	mg	182 - 309	245.5	17
Potasio	mg	1.84 - 2.95	2.28	15

Fuente: Centro Internacional de la Papa (1997-1998)

2.2.2 SÍNTOMAS DE DEFICIENCIAS DE NUTRIENTES

Un procedimiento para identificar las necesidades en fertilizantes de una planta, consiste en vigilar los síntomas de deficiencia. Algunos de los más conocidos, color verde amarillento pálido: falta de nitrógeno; manchas o listas púrpura: falta de fósforo y manchas pardas necrosadas: falta de potasio. A menos que se trate de deficiencias muy severas, los síntomas son rara vez concluyentes.

Las plantas pueden responder favorablemente a la aplicación de uno o varios nutrientes aunque no muestren claramente los síntomas de su deficiencia. Por otra parte, los retrasos en el crecimiento ocurren antes de que la falta del nutriente en

cuestión se manifieste mediante señales aparentes. El fertilizante aplicado para corregir la deficiencia beneficia a las plantas afectadas, pero no tanto como lo hubiera hecho de haberse aplicado a tiempo (Thomson, 1980).

2.2.3 TIPOS DE FERTILIZACIÓN

La fuente o materia prima que se utilice para fertilizar el suelo puede ser de naturaleza mineral u orgánica, estableciéndose así los siguientes tipos de fertilización.

2.2.3.1 Fertilización química

Los abonos químicos aportan elementos directamente asimilables por las plantas. Para definir el requerimiento de fertilización en el cultivo, se necesita conocer la diferencia entre la demanda nutricional del cultivo y la disponibilidad de nutrientes del suelo.

Un análisis químico de suelo permite identificar la cantidad de fertilizante requerida por el cultivo, en base a las recomendaciones, es conveniente calcular las cantidades de fertilizantes compuestos a usar, iniciando con los requerimientos de fósforo, porque es el nutriente que más se aplica y con más contenido de las formulaciones comunes, como por ejemplo el 18-46-0. Después se sigue con el cálculo de nitrógeno, seguido por potasio y finalmente azufre (Pumisacho, 2002).

En Ecuador se han realizado ensayos en la Estación Experimental Santa Catalina y para todas las especies de raíces y tubérculos andinos se utiliza una fertilización de 50-80-40 (N, P₂O₅ y K₂O) a la siembra y después de tres meses una

suplementaria con 100g/surco de una mezcla de urea con 10-30-10 (Castillo, 1997).

2.2.3.2 Fertilización Orgánica

El uso de fertilizantes orgánicos o naturales ha despertado atención en muchas partes del mundo. Si bien la agricultura de producción ha utilizado fuentes orgánicas por muchos años y lo continuará haciendo aunque existan limitaciones prácticas y económicas en su uso (The Potash & Phosphate Institute, 1997).

La fabricación de los abonos orgánicos se puede entender como un proceso de descomposición aeróbica termofílica de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos que existen en los mismos residuos, bajo condiciones controladas, y que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables (Restrepo, 2001).

El abono orgánico alimenta a los microorganismos del suelo, para que estos a su vez de manera indirecta alimenten a las plantas. Esta alimentación se hará mediante la incorporación al suelo de desechos vegetales y animales reciclados (sólidos y líquidos): abonos verdes, con énfasis en las leguminosas inoculadas con bacterias fijadoras de Nitrógeno (*Rhizobium*), estiércoles de animales, residuos de la agroindustria, desechos urbanos compostados o fermentados, lombricompuestos (humus de lombriz); abonos verdes, inoculación de bacterias de fijación libre de Nitrógeno (*Azotobacter* y *Azoospirillum*), hongos micorrizógenos, aplicaciones de fitoestimulantes de origen orgánico ricos en fitohormonas, enzimas y aminoácidos y aplicación complementaria de polvo de

rocas minerales (fosfatadas, carbonatadas, azufradas, etc.), así como microelementos (Suquilanda, 1996).

2.2.3.2.1 Estiércoles de animales

El estiércol es un material inestable y biodegradable en las condiciones en que normalmente se encuentra en los establos. Es el desecho más balanceado en celulosa y nutrientes y está ya preparado para la digestión anaeróbica (Rojas y Gonzáles, 1993).

El estiércol es el fertilizante orgánico que más abunda y del que se dispone más fácilmente. Se obtiene recogiendo y elaborando los excrementos de los animales domésticos empleando o no procesos tecnológicos (FAO, 1975). El estiércol no es un abono de composición fija, ésta depende de la edad de los animales de que procede, de la especie, de la alimentación a la que están sometidos, trabajo que realizan, aptitud, naturaleza y composición de camas, otros. Las diversas especies animales producen excrementos de composición química diferente (Suquilanda, 1996).

Cuadro 3. Composición química de algunos desechos animales en base fresca.

Tipo de desecho	%			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	M. SECA
Vacuno	0.6	0.3	0.7	25
Porcino	0.6	0.6	0.4	25
Avícola	2.2	2.8	1.9	10

Fuente: Grudey, (1982)

Cuadro 4. Cualidades comparativas del estiércol de cuy.

ESPECIE	HUMEDAD	%		
		N	P₂O₅	K₂O
Cuy	30	1.90	0.80	0.90
Caballo	59	0.70	0.25	0.77
Vacuno	79	0.73	0.23	0.62
Ave	55	1.00	0.80	0.39
Cerdo	74	0.49	0.34	0.47

Fuente: Trujillo, (1994).