

MICROFILMADO

CLASIFICACION TAXONOMICA Y MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE YUCA

(Manihot esculenta Crantz)

Carlos E. Dominguez O. *
Luis Fernando Ceballos **

Introducción

CENTRO DE INVESTIGACION

La yuca (Manihot esculenta C.) es una planta perenne y leñosa de la cual aún no se conoce con certeza ni el lugar donde se domesticó ni la época, aunque muchas evidencias arqueológicas indican que ha sido cultivada desde hace aproximadamente 5.000 años en una extensa región geográfica comprendida entre el sur del Brasil y México. En el Perú y en México se han encontrado fósiles de hojas y raíces de más de 4.300 años.

Debido a la importancia que este cultivo está tomando en la actualidad, tanto por el consumo de raíces frescas como por su uso agroindustrial, el estudio de la morfología de la planta es muy importante para todas aquellas personas que estén relacionadas de una u otra forma con el cultivo.

Clasificación taxonómica de la planta de yuca.

Reino	:	Vegetal
División	:	Spermatophyta
Subdivisión	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotyledoneae
Subclase	:	Anchichlamydeae
Orden	:	Euphorbiales
Familia	:	Euforbiaceae
Género	:	Manihot
Especie	:	<u>esculenta</u>



La familia de las euforbiáceas, se caracterizan principalmente por el notable desarrollo de los vasos laticíferos, constituidos por varias células secretoras que reciben el nombre de galactócitos.

Las flores de las plantas que pertenecen a esta familia son generalmente unisexuales; las femeninas tienen el ovario dividido en tres lóculos. En la semilla es notoria la presencia de una carúncula y los cotiledones ricos en aceite, ocupan la mayor parte de ella.

Entre las euforbiáceas se encuentran plantas de porte muy diferente desde árboles y arbustos hasta hierbas. En esta familia se encuentran plantas del género Hebea productoras de latex, del género ricinus productoras de aceite y del género Manihot importantes por la producción de raíces comestibles; existen además muchas EUFORBIACEAS ornamentales y medicinales.

* Agrónomo. Asociado de Adiestramiento
Programa de Yuca - CIAT

** Agrónomo. Asistente de Comunicaciones - CIAT

1979

En cuanto al género Manihot al cual pertenece la yuca tiene hábito de ramificación dicótomo, tricótomo y hasta cuatrótomo y el crecimiento de las ramas generalmente termina con la aparición de una inflorescencia, la cual está constituida por racimos o panículas indeterminados de tamaño muy variado. Los más simples de todos son racimos con pedúnculos muy cortos, que tienen la apariencia de una espiga.

Las flores estaminadas están generalmente hacia la punta de la inflorescencia y contienen 8 ó 10 estambres. Las flores pistiladas son más grandes y ocupan la parte basal de la inflorescencia.

La corteza del tallo es generalmente muy suave pero en algunos casos puede volverse rugosa a medida que el tronco va teniendo mayor edad.

Las hojas están provistas de estípulas, la mayoría de las cuales caen cuando la hoja se ha desarrollado. Todas las hojas son pecioladas y pueden tener o no lóbulos.

Los frutos son cápsulas dehiscentes, ovoides o elípticas y de superficie lisa, uniforme y moteada, con tres bordes (costillas); las semillas son carúculadas.

Las raíces de las plantas de éste género almacenan grandes cantidades de almidón y tienen concentraciones variables de glucósidos cianogénicos, los cuales a través de hidrólisis o hidratación generan ácido cianhídrico.

Dentro del género Manihot se han clasificado alrededor de 180 especies siendo la más importante Manihot esculenta (Crantz), cuyos sinónimos son : Manihot utilissima, Manihot edulis y Manihot ahipi.

Todas las variedades de yuca tanto las amargas como las dulces están incluidas dentro de esta especie, cuyas plantas tienen 36 cromosomas y son altamente heterocigotas.

Morfología de la planta

Hojas.

Las hojas de la planta de yuca al igual que las de cualquier otra planta, son los organos en donde se transforma la energía radiante en energía química a través del proceso fotosintético.

Las hojas nacen de la porción nodal del tallo y aparecen arregladas en forma de espiral con filotaxia 2/5. Cada hoja está rodeada de 3 a 5 estípulas de 1 cm de largo, las cuales permanecen o no adheridas al tallo una vez que se ha desarrollado completamente.

La lámina de la hoja es palmeada y posee varios folíolos. Generalmente las hojas de los nudos inferiores de la planta son de menor tamaño que las producidas en los nudos subsiguientes. El número de folíolos por hoja aumenta y luego decrece; los pecíolos son finos de tamaño y color variables.

Los folíolos centrales de las hojas pueden ser lineales, rómbicos u oblongolanceolados; generalmente los 2 folíolos laterales son diferentes y su número cambia según la variedad. Otra diferencia de la forma de los folíolos de muchas variedades son unos ensanchamientos que pueden estar localizados en la base, en la mitad o en la parte terminal del folíolo, según la variedad.

El color de las nervaduras: verde, amarillo o rojo es otra característica varietal puede ser igual o diferente en los dos lados de la hoja y no hay una relación constante entre el color del pecíolo y el de las nervaduras.

Las hojas son marcadamente bicolors, con el haz de color morado, rojo, verde claro u oscuro según el cultivar. El color del envés varía de gris a azul; Los estomas se encuentran localizados en el envés. El número total de hojas producidas, la tasa de producción de hojas y su longevidad son características varietales que varían según las condiciones ambientales.

Inflorescencia

No todas las variedades de yuca florecen y entre las que lo hacen hay marcadas diferencias en cuanto al tiempo de floración y la cantidad de flores que producen. Como todas las plantas del género Manihot, la yuca es una planta monoica, es decir, que tiene flores masculinas y femeninas en la misma inflorescencia.

La inflorescencia es una panícula o racimo floral provisto de brácteas basales angostas; las flores masculinas, más pequeñas que las femeninas y en mayor cantidad, están localizadas en el extremo superior de la inflorescencia.

Las flores carecen de pétalos, todas tienen 5 sépalos unidos, de color amarillo o rojizo, las femeninas abren 1 ó 2 semanas antes que las masculinas en el mismo racimo floral, este fenómeno se conoce como protoginia. Sin embargo, es común que abran al mismo tiempo flores masculinas y femeninas de la misma planta pero de distinta ramificación.

Flor masculina.

Su tamaño es aproximadamente la mitad del de la flor femenina y está localizada en el extremo superior de la panícula. La flor estaminada tiene el pedicelo recto y muy corto.

En el interior de la flor se encuentra un disco basal dividido en 10 lóculos. En el centro del disco se observa un rudimento del ovario. De los espacios entre los lóculos del disco basal nacen, dispuestos en dos series, los 10 filamentos que sostienen las anteras; de estos filamentos, 5 son externos, separados y más largos que los internos que al unirse forman un conjunto de anteras. Se ha estimado que por cada flor femenina se producen hasta 10 flores masculinas, las cuales abren y producen polen después de que las flores femeninas del mismo racimo floral hayan abierto.

Sobre los filamentos se encuentran las anteras de forma alargada e inclinada hacia la parte central de la flor; en un corte transversal de una antera se observan los sacos polínicos, cada uno de los cuales produce aproximadamente 40 granos de polen; estos son esféricos, amarillos, porosos y poseen entina y

exina revestidas de cristales. Se ha estimado que cada flor masculina produce 1.600 granos de polen, de los cuales el 50% es apto para la fecundación.

Flor femenina.

Las flores pistiladas, de mayor tamaño que las estaminadas, se encuentran en la base de la panícula y tienen un pedicelo más largo y curvado que el de las masculinas y al igual que estas tienen 5 sépalos, pero separados desde la base.

La flor femenina tiene, en su interior, un disco menor lobulado que el de la flor masculina, sobre el cual descansa el ovario. En algunas variedades se observan estaminoides provenientes de los lóbulos o lóculos glandulares del disco basal.

El ovario es súpero, dividido en 3 lóculos que contienen cada uno un óvulo individual. Sobre el ovario se encuentra un estilo muy pequeño que da origen a un estigma largo, compuesto de 3 lóbulos ondulados y carosos.

Las flores masculinas una vez que producen el polen generalmente se desprenden del racimo floral, mientras que las femeninas que hayan sido fecundadas permanecen en la planta dando origen a los frutos.

Fruto.

Después de la polinización y la subsiguiente fertilización, el ovario se desarrolla para formar el fruto, el cual toma entre 3 y 5 meses para completar su maduración.

El fruto es una cápsula ovoide o esférica de 1 ó 5 centímetros de diámetro con 5 aristas longitudinales, estrechas y prominentes. En un corte transversal se observan 3 lóculos o cápsulas, cada una de las cuales generalmente contiene una semilla.

También se observa una serie de tejidos muy bien diferenciados (epicarpio, mesocarpo y endocarpo); el endocarpo, que es de consistencia leñosa, se abre bruscamente, cuando el fruto está maduro y seco, para liberar y dispersar las semillas.

Semillas.

Las semillas son el medio de reproducción sexual de la planta y por consiguiente son de incalculable valor en el mejoramiento genético del cultivo. Sin embargo, la planta produce poca cantidad de semilla, de baja viabilidad y lenta germinación. Si se considera que una planta ramifica 3 veces se tendrían 12 inflorescencias que pueden producir cada una 6 flores femeninas. Como cada flor contiene 3 semillas esto daría 216 semillas por planta, en condiciones ideales.

En la mayoría de los racimos florales se observa que las primeras flores femeninas no producen fruto; esto sucede porque las flores femeninas, abren primero y pierden el estigma antes de que las flores masculinas estén en condiciones de producir polen. Esto explica además porqué la polinización cruzada es normal en yuca y se realiza tanto por la acción del viento como por la de los insectos.

Las flores, contienen néctar en abundancia, razón por la cual las moscas (Anastrepha sp.) y otros insectos las visitan con frecuencia; algunos de ellos depositan sus huevos en las flores y los frutos, reduciendo aún más la cantidad de semillas que potencialmente puede producir la planta.

Vista dorsalmente la semilla sexual es ovoide o elipsoidal y mide aproximadamente 10 mm de largo por 6 mm de ancho. La superficie es lisa, de un color crema con moteado, café oscuro. En la parte superior se encuentra, especialmente en las semillas nuevas, la carúncula, estructura que se pierde rápidamente una vez que la semilla ha caído al suelo.

Vista de perfil la semilla es alargada y mide 4 mm de espesor; el extremo opuesto a la carúncula termina en una pequeña cavidad abierta hacia la fase ventral. Cuando la carúncula ha sido removida se observan, en la porción ventral, dos depresiones separadas por una pequeña sutura lisa que se prolonga a lo largo de la porción ventral y termina en la cavidad opuesta a la carúncula.

En un corte transversal de la semilla se pueden observar: La testa, el endospermo, el embrión y las hojas cotiledonales.

El endospermo.

Situado inmediatamente después de la testa, esta conformado por células parenquimatosas poliédricas, por cadenas de aminoácidos y por cristales que protegen el embrión y sirven de reservas nutritivas; la parte interior del endospermo está en contacto directo con las hojas cotiledonales.

El embrión.

La semilla madura de yuca contiene en su interior un pequeño embrión blanco, situado entre las dos bases de las hojas cotiledonales. El embrión está formado por la radícula, el hipocotilo y la plúmula.

Hojas cotiledonales.

Estas ocupan casi todo el interior de la semilla; son blancas elípticas y carnosas. La nervadura primaria divide la hoja cotiledonal en 2 partes simétricas y a la vez dá origen a ramificaciones secundarias.

Tallos

Son la estructura que sirve de soporte a la planta. Además de servir

para el transporte de los nutrimentos necesarios para la planta, los tallos tienen también una función fundamental en la multiplicación asexual de la especie al servir como "semilla" para la producción comercial de la yuca.

La planta de yuca es considerada generalmente como un arbusto cuya altura del tallo y forma de ramificación varían mucho según el cultivar y las condiciones climáticas; por lo tanto, la altura puede ser de 1 metro en variedades enanas y hasta de 4 metros en otras.

El color de la superficie del tallo también es una característica varietal y puede variar de grisáceo claro a café rojizo.

Las plantas que provienen de semillas que sean producto de la autofecundación tienen comúnmente pocas ramificaciones. En tanto que una planta proveniente de estacas puede producir tantos tallos primarios cuantas yemas viables tenga la estaca; generalmente la planta produce 2 tallos primarios, pero su número está determinado por: la variedad, las condiciones del material de siembra, el tamaño y la posición en que se siembre la estaca.

Ramificación del tallo.

1. Ramificación reproductora:

Una vez que el tallo principal se ha desarrollado y el meristema terminal ha pasado de la fase vegetativa a una fase reproductora, de las axilas de las hojas superiores se desarrollan 2,3 ó 4 ramas secundarias; ésto generalmente coincide con la producción de racimos florales, pero muchas veces puede ocurrir antes de la formación de flores. Las ramas producidas en estos puntos continúan su desarrollo y sucesivamente pueden tener otras ramificaciones similares que coinciden generalmente con la floración. La época en que ocurren estas ramificaciones es una característica varietal y los factores que la controlan no están determinados.

2. Ramas laterales:

Algunos cultivares producen ramas o chupones provenientes de las axilas de las hojas del tallo principal. Generalmente estas ramas son más delgadas que el tallo principal, tienen entrenudos más largos y hojas pequeñas. La producción de este tipo de ramificación es esporádica y depende, en gran parte de la población de plantas y de las condiciones climáticas y no es una característica deseable.

3. Ramificaciones producidas después de daños severos

Cuando se presentan ataques de insectos, especialmente de la mosca del cogollo (Silva pendula), las yemas axilares pueden desarrollar ramas, para continuar el crecimiento de la planta.

De los tipos de ramificaciones vistos anteriormente, la ramificación reproductora constituye el carácter varietal más estable pues, por lo general ocurre independientemente de la población de plantas y de las condiciones ambientales.

El tallo y las ramificaciones tienen nudos formados en la base de las hojas, que son caedizas. El nudo es una estructura prominente, cuya forma y tamaño son característicos de cada cultivar: los componen la base de la hoja, una yema axilar en la parte superior, y de 2 estípulas laterales que pueden ser largas o cortas, lisas o dentadas, según el cultivar.

La distancia que separa los nudos es otra característica varietal, sin embargo las condiciones ambientales, pueden afectarla. La distancia entre nudos en el tallo principal por lo general va siendo menor de arriba hacia abajo; en las ramas es mayor en la parte inferior y en la porción terminal y menor en el centro.

Los nudos determinan también la forma del tallo; éste es comúnmente cilíndrico en la parte inferior y su diámetro varía de 5 a 6 centímetros. En la parte superior tiende a ser prismático, pues de los nudos salen hacia abajo prominencias longitudinales. El grosor del tallo y de las ramas es también una característica varietal.

La estructura interna del tallo de la planta de yuca es típica de las plantas dicotiledóneas. En los primeros estados, antes de que se inicie el crecimiento secundario, el tallo está rodeado por la epidermis, debajo de la cual está la corteza. En la corteza se encuentran los conductos vasculares en forma de anillos. El centro del tallo está ocupado por una médula prominentemente compuesta de células parenquimatosas. A medida que continúa el crecimiento secundario, el diámetro del tallo va aumentando y se van acumulando grandes cantidades de xilema que le dan al tallo maduro una consistencia fuerte.

Raíces

Las raíces de la planta de yuca, tienen como característica principal la capacidad de almacenamiento de almidón (carbohidratos), razón por la cual es el órgano de la planta que hasta el momento ha sido considerado de mayor importancia.

Raíces primarias:

Las plantas provenientes de semilla sexual desarrollan una raíz primaria pivotante de donde salen 3 o más raíces secundarias. Algunas raíces adventicias pueden originarse en la porción subterránea del tallo. Parece ser que la raíz primaria es la primera en convertirse en raíz tuberosa.

En las plantas provenientes de material vegetativo, las raíces adventicias se forman en la base inferior cicatrizada de la estaca; con el tiempo estas raíces se vuelven fibrosas y llegan a ser las principales raíces alimentadoras de la planta.

A medida que la planta se desarrolla, algunas de estas raíces fibrosas inician su engrosamiento y se convierten en raíces tuberosas.

De las yemas que están bajo tierra también brotan raíces; el que éstas permanezcan en la planta o desaparezcan depende de la sanidad de la estaca, de la profundidad de siembra y de la posición en que se siembre la estaca.

Las características morfológicas de la raíz son generalmente varietales y pueden ser modificadas por las condiciones climáticas y edafológicas de la zona donde se siembre.

Estas características de la raíz son:

1. Forma, tamaño y color superficial:

En un corte transversal la raíz tuberosa es circular siendo mayor el diámetro del extremo que está adherido a la planta, generalmente termina en una raíz fibrosa, cuya función de absorción de nutrimentos es mínima. Su longitud puede variar entre 15 centímetros y 1 metro; algunas variedades siempre producen raíces pequeñas (20 a 30 cm); sin embargo, en este aspecto influyen mucho, las condiciones en que la planta se desarrolle.

Este es quizás el carácter más estable de las variedades; pueden encontrarse raíces blancas, crema o café, siendo este último el color predominante.

2. Distribución de las raíces:

En esta característica varietal es evidente la influencia de la posición en que la estaca sea sembrada. Estacas sembradas verticalmente producen raíces alrededor de la callosidad que se forma en el extremo inferior de la estaca; algunas raíces provenientes de yemas laterales de la estaca eventualmente también, pueden convertirse en raíces tuberosas. Cuando la posición de siembra es inclinada las raíces tuberosas tienden a formarse solamente en la parte inferior de la callosidad, pero, como en el caso anterior, otras raíces pueden emerger de las yemas laterales que están bajo tierra. Si la estaca se siembra horizontalmente las raíces tuberosas pueden iniciarse y distribuirse en las yemas laterales o en ambos extremos de la estaca.

3. Forma de adherencia de las raíces al tallo:

Las raíces tuberosas están adheridas al tallo por un pedúnculo fibroso cuyo tamaño varía según la variedad. También la profundidad a la cual se siembre la estaca afecta la longitud de este pedúnculo, que es más largo cuando la profundidad de siembra es mayor.

4. Estructura interna de la raíz:

Internamente la raíz de la yuca no ofrece en su estructura ninguna característica extraordinaria. Está compuesta de 3 partes esenciales:

- a. La cáscara formada por el peridermo y la corteza.
- b. La pulpa y
- c. Las fibras centrales.

El peridermo está compuesto por células de corcho muertas que sellan la superficie de la raíz. A medida que la raíz aumenta en diámetro la continuidad de las capas celulares se rompe y dan origen a las fisuras longitudinales que caracterizan la superficie de la raíz. Sin embargo, otras células de corcho se agrupan de tal manera detrás de estas fisuras que la capa protectora de la raíz se restablece.

Debajo del peridermo se encuentra la corteza o región cortical que tiene 1 a 2 mm de espesor, generalmente es blanca o de color rosado o crema. En esta región cortical se encuentran comprimidos los tejidos del floema con sus elementos corrientes: Tubos cribosos, células anexas, parénquima en abundancia y fibras; también se encuentran los canales laticíferos, especialmente en las raíces jóvenes; debajo de la región cortical y separando la pulpa está el cambium. En resumen: la cáscara de la raíz está formada por la región cortical en cuya parte extrema está adherido el peridermo.

La pulpa, o sea la parte comestible de la raíz, es una masa sólida, compuesta principalmente de tejido secundario del xilema derivado del cambium. El sistema primario, compuesto originalmente por 4 a 5 grupos de vasos, no ocupa espacio apreciable en la raíz desarrollada. Esta gran parte de la sección externa del xilema es parénquima, cuyas células contienen almidón en abundancia, en forma de granos redondos de tamaño muy desigual.

Por último en el centro de la raíz hay filas de vasos duros de xilema, de parénquima, los cuales forman el hilo o fibra central de la raíz, cuya dureza, longitud y anchura son características varietales.

El número de raíces tuberosas generalmente se determina en las primeras etapas de crecimiento del cultivo. Las raíces tuberosas prominentes de raíces fibrosas que han penetrado en el suelo y que inician su engrosamiento cuando la raíz comienza su crecimiento secundario. Por esta razón la raíz tuberosa de la yuca es morfológica y anatómicamente idéntica a la raíz fibrosa, pero la diferencia esencial radica en que la polaridad del crecimiento de la raíz cambia de la longitudinal a radial cuando se inicia el crecimiento secundario asegurando el engrosamiento de la raíz. Es precisamente en este tejido donde se acumula el almidón de la yuca.

Contenido de HCN:

La yuca puede contener cantidades considerables de un glucósido llamado linamarina, el cual, por efecto de la enzima linamaraza, origina ácido cianhídrico en dosis que pueden ser desde inocuas hasta mortales. La linamarina se halla especialmente en la cáscara o corteza de la raíz, donde se concentra el 60 por ciento, también se encuentra en las hojas y otros órganos. Aunque inicialmente este carácter se utilizó para dividir las variedades de yuca entre dulces y amargas, actualmente no se usa porque no se observa consistencia en cuanto a este carácter, ya que variedades que pueden ser dulces en una zona, eventualmente pueden volverse amargas en otras.

REFERENCIAS

- Cock, J.H. et al 1979. The ideal plant for maximum yield. *Crop Science* 19:271-279. *Ingl, Res. Ingl.*
- Cock, J.H. 1975 Fisiología de la planta y desarrollo In *Curso Sobre producción de yuca. Medellín. Instituto Colombiano Agropecuario. Regional 4. pp. 35-43.*
- Cock, J.H. 1973 Clouide Toxicity en relation to the cassava research program of CIAT. Colombia. *Proceedings of an interdisciplinary workshop. London. Ottawa. Canadá. Internacional Development Research Center. 1973. pp.37-40.*
- Gola Giuseppi, Negri Giovanni, Cappelletti Carlo. 1965. *Tratado de Botánica. Ed. Labor S.A. pp.907-913.*
- Gómez G. 1977. *Progresos en la investigación sobre la utilización de yuca como alimento para Porcinos. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Seminarios Internos Serie SE 04-77 27p.*
- Kawano, K. et al 1976. *Hibridación en yuca. In Curso sobre producción de yuca. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 144-145.*
- Kawano, K. 1977. *Mejoramiento genético de la yuca para productividad. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Seminarios Internos Serie SE 06-77 20p.*
- Viégas, A.P. 1976. *Estudios sobre a mandioca. Instituto Agronómico do Estado de Sao Paulo 214 p.*