

Carlos E. Domínguez O.\*

### Introducción

La planta de yuca (Manihot esculenta Grantz) es considerada una planta perenne y por lo tanto no llega a madurez fisiológica, sin embargo, las raíces se cosechan entre los 7 y 24 meses de edad de la planta, dependiendo de la variedad y de las condiciones climáticas.

Las consideraciones anteriores dificultan una descripción muy exacta del crecimiento y de los diferentes estados de desarrollo de la planta como ha sido posible con otros cultivos (maíz, soya, frijol), pero en términos generales se puede dividir su ciclo vegetativo desde la siembra hasta la cosecha en tres estados diferentes de desarrollo que son:

1. Germinación
2. Crecimiento temprano y formación de follaje
3. Formación simultánea de follaje y engrosamiento de las raíces.

### Germinación

Comercialmente la planta de yuca se reproduce vegetativamente por medio de estacas; la obtención de semillas sexuales es difícil y las plantas provenientes de ellas tienen ciclos vegetativos más largos y menor producción de raíces que aquellas que nacen de estacas. Generalmente la longitud de las estacas varía entre 15 y 30 cms. y proveen los nutrimentos necesarios para el desarrollo de los primeros brotes y raíces. Wholey y Cock (1975), encontraron que el crecimiento de los brotes está muy relacionado con el contenido de carbohidratos en la estaca al momento de la siembra. (Fig.1), por lo tanto, estacas muy pequeñas o provenientes de material muy joven no aseguran un crecimiento inicial satisfactorio. Así mismo estacas provenientes de plantas muy viejas están generalmente lignificadas y con pocas reservas lo que reduce la viabilidad, retarda la germinación o produce plantas poco vigorosas. Para asegurar un buen desarrollo inicial Lozano et al (1977) recomienda que las estacas provengan de plantas sanas que tengan entre 8 y 18 meses de edad, un mínimo de 20 cms. de largo y con 5 a 7 nudos.

Williams (1972) demostró que las estacas perdían peso hasta un mes después de la siembra. Cuando la estaca está completamente enterrada en un medio húmedo, 5 días después de la siembra se pueden observar las primeras raíces que emergen de los nudos que están bajo tierra y de la base de la estaca y los primeros brotes aéreos. Las yemas desarrollan chupones paralelos hasta que uno o dos de ellos emergen a la superficie: los primeros 5

\* Agrónomo. Asociado de Adiestramiento  
Programa de Yuca - CIAT

1979



nudos del brote que se desarrolla generalmente no produce hojas (Wholey y Cock 1974), los chupones que no logran emerger mueren debido a la dominancia apical del brote principal. Cuando la estaca se siembra en forma vertical la mayoría de las yemas localizadas en la parte superior de la estaca permanecen inactivas (Hunt et al 1977). Más o menos 10 días después de la siembra y dependiendo especialmente de la humedad del terreno y de la variedad aparecen las primeras hojas, sin embargo, se ha observado que la fotosíntesis no empieza a contribuir positivamente con el crecimiento de la planta hasta 3 ó 4 semanas después de la siembra.

### Crecimiento temprano y formación del follaje

Este estado se inicia cuando el proceso fotosintético contribuye positivamente al crecimiento de la planta, es decir, 3 ó 4 semanas después de la siembra, cuando las condiciones de humedad del suelo han sido favorables. Las primeras hojas son pequeñas y con pocos lóbulos pero su tamaño aumenta durante los primeros 4 ó 5 meses y luego disminuye. Dependiendo de la temperatura y la humedad, las hojas están completamente desarrolladas 10 ó 15 días después de que emergen. Hay una gran variabilidad dentro de los cultivares en cuanto al número de hojas, la forma, el tamaño y la distribución. El número de hojas formadas en el punto de crecimiento puede ser inicialmente de 4 a 6 por semana pero disminuye rápidamente con el tiempo.

El índice de área foliar (IAF) es una característica varietal que depende de las condiciones ambientales. Williams (1974) reportó que el máximo IAF es alcanzado aproximadamente a los 140 días. En un estudio realizado en Madagascar por Cours (1951), se observó que el IAF aumentó durante los primeros 6 meses y luego disminuyó rápidamente, sin embargo, esta disminución en el IAF estaba asociada con la estación fría y seca del año. En estas condiciones el IAF aumentó otra vez cuando se iniciaron nuevamente las lluvias y aumentó la temperatura pero el segundo incremento en el IAF fue menor que el primero.

Durante los primeros 5 a 6 meses de crecimiento la mayoría de los carbohidratos producidos son utilizados para la producción de follaje nuevo (Enyi 1972), sin embargo, las raíces tienen la capacidad de almacenar almidones en estos estados iniciales (Tan 1977).

La tasa de acumulación de materia seca cambia considerablemente durante el ciclo de crecimiento y depende principalmente del aumento en el IAF y su mantenimiento. Cours (1951) reportó que la máxima tasa de acumulación de materia seca fue de  $70-87.5 \text{ m}^{-2} \text{ sem}^{-1}$  después de 6 - 8 meses de crecimiento; sin embargo, cuando las hojas que se caen son tenidas en cuenta, la máxima tasa de acumulación de materia seca alcanza hasta  $110 \text{ g m}^{-2} \text{ Sem}^{-1}$  con un IAF de 4 (Cock 1977); por encima de este IAF se observa un decrecimiento en la tasa de crecimiento del cultivo lo cual puede ser debido a un corto período de vida útil de las hojas, cuyo resultado es una mayor proporción de hojas nuevas y pequeñas con baja capacidad fotosintética. (Tan y Cock, datos no publicados).

En las condiciones del CIAT y con 18 cultivares se encontró que el IAF tiende a aumentar hasta los 6 meses después de la siembra y luego baja; también se observaron diferencias varietales en el máximo de IAF pero en todos

los casos fueron menores que el máximo requerido para lograr la máxima tasa de crecimiento ( Cock 1976 ).

Una característica importante en el desarrollo de la planta de yuca es el hábito de ramificación; existen dos tipos principales:

1. La ramificación reproductiva: En este caso cuando el ápice llega a ser reproductivo 2, 3, ó 4 brotes axilares se desarrollan directamente bajo el ápice y forman ramas que son casi de igual tamaño. La formación de flores ocurre en la base de la ramificación reproductiva; sin embargo, no todas las variedades producen flores y aquellas que las producen varían mucho en cuanto al periodo de floración; este carácter es muy afectado por las condiciones ambientales y se acelera cuando la planta sufre algún estrés. Observaciones hechas en CIAT llevan a concluir que al menos a un nivel moderado, la floración y fructificación no tiene un efecto adverso en la producción de raíces.
2. Los chupones se desarrollan de las axilas de las hojas con entrenudos largos y poca producción de hojas.

Tanto el número de nudos producidos antes de la primera ramificación, el número de ramas formadas en cada punto de ramificación y el tiempo de ocurrencia de éstos son características varietales (Cock 1977, Hunt 1976) que dependen en cierta forma del ambiente en el cual se desarrolla el cultivo. Bajo condiciones de alta luminosidad y fertilidad del suelo se forma una mayor cantidad de ramificaciones.

Existe también cultivares que nunca ramifican, por ejemplo M Col 1120, mientras que M Col 72 ocasionalmente ramifica después de 10 a 11 meses; M Mex 11 empieza a ramificar después de 5 meses y CMC 9 ramifica antes de los 2 meses después de la siembra y continúa ramificando 6 ó 7 veces antes de completar un año (Cock 1977).

El tamaño de las hojas, como ya se dijo tiende a disminuir después de los 6 meses tanto en plantas que ramifican como en las que no ramifican; sin embargo, los tipos más ramificados han mostrado un decrecimiento mayor en el tamaño de las hojas después de los 6 meses (Cock 1977).

La formación temprana de ramas conduce a una excesiva producción foliar y consecuentemente a bajos rendimientos. Esto parece ser debido a que la tasa de crecimiento del cultivo aumenta, con un aumento en el IAF, pero a mayor IAF el crecimiento marginal disminuye y llega a ser menor que el material requerido para formar y mantener el exceso de área foliar. Sin embargo, a bajas poblaciones ( 10.000 pl/ha) se pueden obtener mayores rendimientos con variedades ramificadas (CIAT 1975).

#### Formación simultánea de follaje y engrosamiento de las raíces.

Cuando las estacas son sembradas en condiciones de buena humedad, a los 5 días se pueden observar las primeras raíces que emergen de los nudos que están bajo tierra. En la base inferior de la estaca se forma una callosidad

de donde emergen también raíces (Hunt et al 1977). El número de raíces nodales y basales aumenta hasta los dos meses (Hunt et al 1977, Wholey 1974). Parece ser que el número de raíces basales es muy variable y depende principalmente del estado nutricional de la planta mientras que el número de raíces nodales es fijado por las condiciones de la estaca. Las raíces nodales y basales son anatómicamente idénticas y almacenan almidones en el parenquima del xilema (Indira y Sinha 1970).

El verdadero engrosamiento de las raíces se observa después de los tres meses (Wholey y Cock 1974) y está asociado con el crecimiento secundario de células parenquimatosas en el xilema (Indira y Sinha 1970). La iniciación del engrosamiento de las raíces puede ser modificado con aplicaciones de sucrosa o glucosa (Indira y Hanha 1972), lo cual sugiere que la diferenciación celular y el almacenamiento de almidones en las raíces puede estar regulada por la disponibilidad de carbohidratos solubles en la planta.

El número de raíces que engrosan es generalmente determinado en las fases iniciales del período de crecimiento y depende del genotipo, de las condiciones del material de siembra y de las condiciones ambientales en que se desarrolle la planta. Estudios hechos en el CIAT (Wholey y Cock 1974), determinaron que desde los 2 hasta los 7 meses, el número de raíces por planta en 12 cultivares permaneció relativamente constante ( $\bar{X} = 9.6$ ) lo que sugiere que el número de raíces que inician su engrosamiento durante el segundo mes son suficientes para almacenar el exceso de carbohidratos producidos por la planta. Sin embargo, la variedad M Col 137 continuó produciendo nuevas raíces hasta los 7 meses y fue al final la de mayor producción. El engrosamiento de las raíces aparentemente empieza debido a una disminución en el crecimiento del resto de la planta lo que permite que un exceso de carbohidratos se transloque a las raíces. Durante este período, el tamaño de las hojas nuevas y la tasa de formación de hojas por ápice disminuye.

Experimentos conducidos en CIAT mostraron que, cuando el número de raíces por planta fue reducido a 8, tres meses después de la siembra en la variedad CMC 84 la reducción en peso de las raíces y en el total de la planta fue insignificante pero con una reducción de raíces hasta 4 el peso seco total de la planta y de las raíces se redujo considerablemente. Esto sugiere que cuando el número de raíces es mayor de 9 por planta (10.000 plantas por ha.) la capacidad de almacenamiento de las raíces no limita el crecimiento de las raíces ni la producción total de materia seca.

El número de raíces por planta puede ser afectado por la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y por la población de plantas por ha., lo cual, también sugiere que la disponibilidad de carbohidratos en los estados iniciales de crecimiento pueden influenciar el número de raíces que finalmente almacenan almidones.

La tasa de almacenamiento de materia seca en las raíces varía en los cultivares (Wholey y Cock 1974) y aunque algunos mantienen la misma tasa de almacenamiento desde los 3 hasta los 7 meses (M Col 137, MCol 1099) otros pueden aumentarla del 5 al 7 mes (M Col 35, 647, 676).

Algunos cultivares parecen ser fotosensitivos a períodos de luz mayores de 12 horas, en cuanto a la acumulación de materia seca en las raíces, Lowe et al (1976), concluyeron que fotoperíodos largos favorecían la formación de

follaje mientras que reducían el desarrollo de las raíces. Por lo tanto, la planta de yuca debe considerarse como una planta de día corto en cuanto a la producción de raíces.

La planta de yuca tiene la capacidad de acumular más del 70% de su producción final de materia seca en las raíces (Fig.2) lo cual es excepcionalmente alta comparada con otros cultivos.

#### RESUMEN

Una descripción muy exacta del crecimiento y desarrollo de la planta de yuca se dificulta por el hecho de que esta es una planta perenne y con muchos ideotipos que varían en su desarrollo de acuerdo a las condiciones climáticas existentes. Sin embargo, se puede dividir el desarrollo de la planta en tres estados. Durante el primero, "germinación", la planta inicia su desarrollo y depende principalmente de las reservas que provee el material de siembra. Durante el segundo, "crecimiento temprano y formación del follaje", el proceso fotosintético empieza positivamente a proveer carbohidratos a la planta los cuales en su mayoría son utilizados en la formación del follaje. Sin embargo, las raíces tienen la capacidad de iniciar su engrosamiento durante este estado inicial. Durante este estado puede ocurrir la ramificación y la floración. Durante el tercer estado "formación simultánea de follaje y engrosamiento de las raíces" la planta continúa desarrollando ramas y hojas pero las raíces aceleran su engrosamiento aparentemente debido a una disminución de la tasa de crecimiento del resto de la planta lo cual permite que el exceso de carbohidratos se transloque a las raíces.

Fig. 1 Relación entre las reservas de carbohidratos en las estacas y el crecimiento de los brotes 6 meses después de la siembra. (Tomado de Trop. Agr. 52 c2): 188-1975.

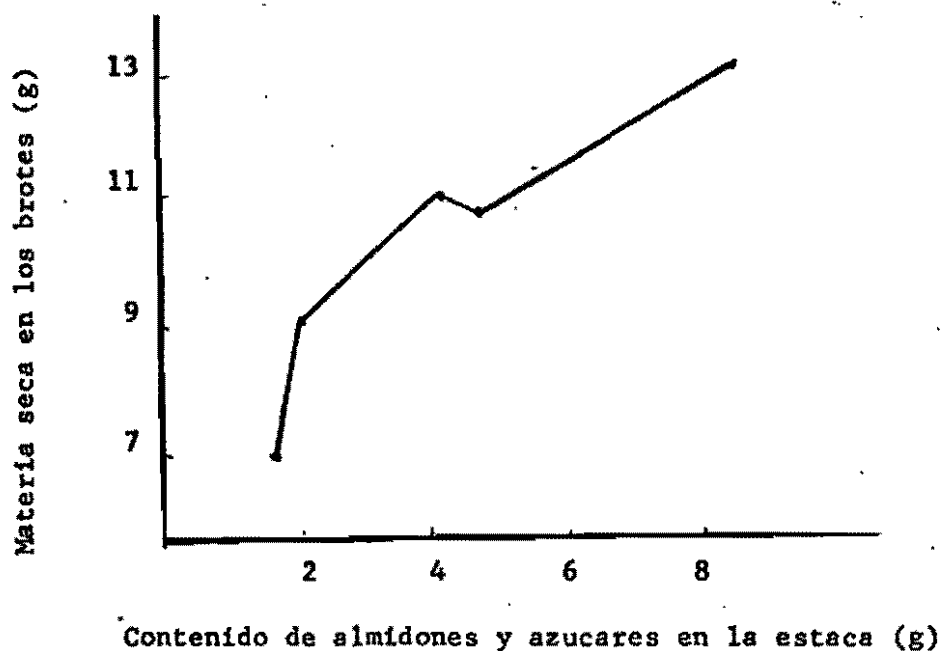
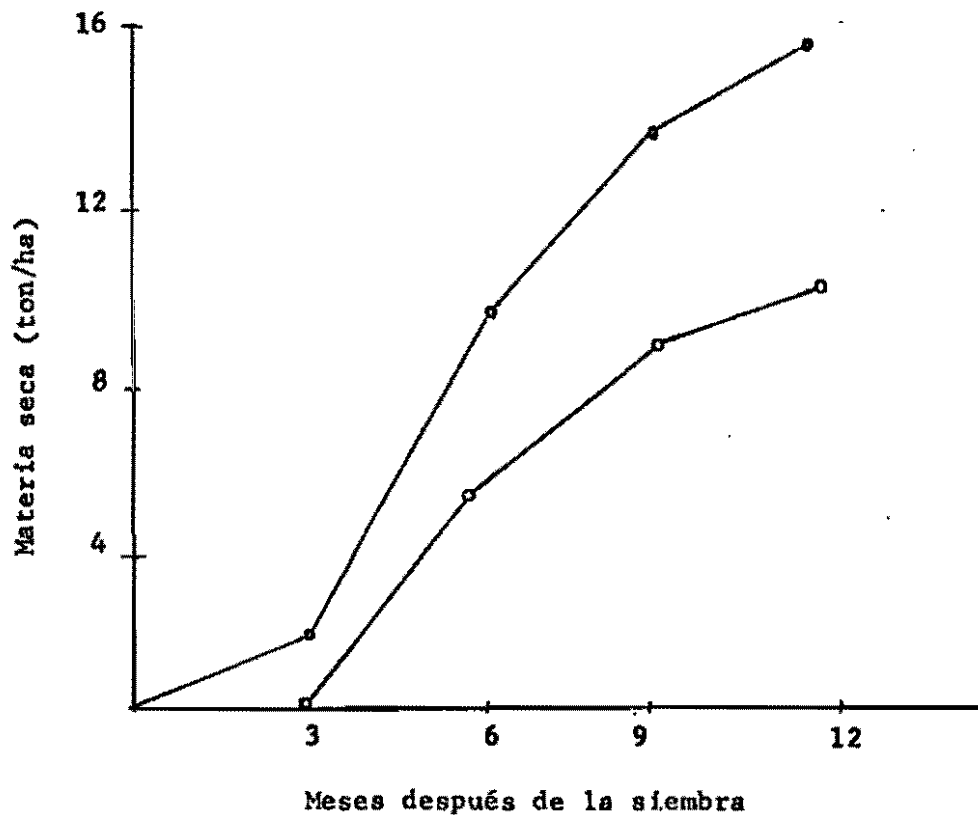


Fig. 2 Cambios en la acumulación de materia seca total (o) y en las raíces (c) durante el ciclo vegetativo de la variedad M Col 22. (Tomado de J. Cock, "The ideal cassava plant", 1977).



## REFERENCIAS

- CIAT: 1975. Anual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia, Sec. B: 9-14.
- Cock, J.H. 1975. Fisiología de la planta y desarrollo; en "Curso sobre producción de yuca". Medellín, ICA Regional 4, pp 35-43.
- Cock, J.H. 1977. El tipo ideal de la planta de yuca. Seminario interno del CIAT. Serie S. E 01-77.
- Cours, G. 1951. De Manioca Madagascar. Memoires de L'Insitut Scientifique de Madagascar 3B, e203-400
- Enyi, B.A.C. 1972. Effect of shoot number and time of planting on growth development and yield of cassava, Manihot esculenta Crantz. Jurnal of Horticulture Sc. 47:157-166.
- Hunt, L.A.; Wholey, D.W. and Cock, J.H. 1977. Growth physiology of cassava. (Manihot esculenta Crantz). Field crop Abs. 30 (2); 77-91
- Indira, P. and Sinha, S.K. 1970. Studies on the initiation and development of tubers in Manihot esculenta Crantz. Indian J. of plantphy. 13:24-29
- Lozano, J.C.; Toro, J.C.; Castro, A; Bellotti, A. 1977. Problemas relacionados con la "semilla " de la yuca. Seminario interno CIAT. Serie S.E. 08-77.
- Lowe, S.B.; Mahon, J.D. and Hunt, L.T. 1976. The effect of daylength on shoot growth and formation of root tubers in young plants of cassava (Manihot esculenta Crantz) Plant Sc. Letters 6(1): 57-62.
- Wholey, D. and Cock, J.H. 1974. Onset and rate of root bulking in cassava expl. Agric. 10:193-198.
- Wholey, D. and Cock, J.H. 1975. Rooted shoots for physiological experiments with cassava. Trop. Agric. Trinidad. 52(2): 187-189.
- Williams, C.N. 1974. Growth and productivity of tapioca. (Manihot utilissima) IV. crop ratio, spacing and yield. Expl. Agric. 10:9-16.