

# La Yuca: Una Fuente Básica de Energía en los Trópicos

James H. Cock\*

## Contenido

• Resumen	1
• Introducción	1
• Producción de Yuca	2
• Consumo de Yuca	3
• Potencial Biológico	5
Potencial de rendimiento bajo condiciones subóptimas	
Fitomejoramiento para un rendimiento mayor	
• Consideraciones Agronómicas	7
• Demanda Actual y Futuro Uso Potencial	8
Yuca fresca	
Yuca seca	
Mercado de alimentos para animales	
Energía	
• Conclusiones	10
• Referencias y Notas	11

## Resumen

La yuca (*Manihot esculenta*) ocupa el cuarto lugar en importancia como fuente de energía alimenticia producida en los trópicos. Más de dos terceras partes de la producción total de este cultivo se utilizan para la alimentación humana, y en menor proporción éste está siendo usado como alimento para animales y otras aplicaciones industriales. En algunas partes de Africa, la ingestión de niveles altos de yuca ha sido asociada con la intoxicación crónica por cianuro, pero parece que esta toxicidad tiene más que ver con el procesamiento inadecuado de la raíz y una mala nutrición en general. Aunque la yuca no es un ali-

mento completo, es muy importante como una fuente de bajo costo de calorías. Bajo condiciones adecuadas tiene un potencial de rendimiento alto, y bajo condiciones subóptimas crece mejor que otros cultivos, dando así la oportunidad de utilizar tierras marginales para aumentar la producción agrícola total. Unos programas de mejoramiento que reúnan germoplasma de regiones distintas, junto con prácticas agronómicas mejoradas, pueden incrementar notablemente los rendimientos. Una mayor demanda futura de yuca fresca podría depender de mejores formas de almacenamiento. Los mercados de yuca como sustituto de harinas cereales en productos de

panadería y como fuente de energía en las raciones para alimentación animal, probablemente se ampliarán. El uso de la yuca como fuente de etanol para combustibles depende de encontrar una fuente eficiente de energía para la destilación o una mejor forma de separar el etanol del agua.

## Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un arbusto perenne, propagado vegetativamente, que se cultiva en las tierras bajas de los trópicos por sus feculentas y gruesas raíces (Figura 1). Las raíces frescas de yuca contienen de 30 a 40% de materia seca, y ésta contiene hasta un 85% de almidón. En los países desarrollados, donde es un alimento de poca importancia, la yuca es conocida comúnmente sólo en forma de tapioca, perlas de almidón u hojuelas, o como componente de raciones animales; sin embargo, en los países en desarrollo es un importante alimento básico. Después del arroz, el maíz y la caña de azúcar; la yuca es la cuarta fuente más importante de calorías alimenticias que se produce en los trópicos (Cuadro 1).

La yuca ha sido, por mucho tiempo, un producto agrícola básico. Existe evidencia de su cultivo desde hace 2500 años, y existen también evidencias circunstanciales de que ella pudo haber sido cultivada en las Américas hace 4000 años. Se ha sugerido que muchas áreas que ahora son de bosque lluvioso tropical fueron una vez cultivadas con yuca y maíz en cultivos



Fig. 1. Plantas de yuca. La planta del lado derecho es una especie eficiente, con un buen equilibrio entre el crecimiento de los vástagos y las raíces.

migratorios (1). A la llegada de los conquistadores del Viejo Mundo, la yuca se encontraba por todas las tierras bajas de los trópicos de las Américas y del Caribe. Esta se comía después de ser hervida o se rallaba, después de lo cual los jugos tóxicos eran eliminados, exprimiendo la masa en tubos de tejido en forma de cesta (conocidos como *tipiti* en el Brasil) y la masa que quedaba se tostaba para hacer harina. La producción de yuca parece haber disminuido después de la llegada de los conquistadores, cuando la población de las áreas de las tierras bajas fue diezmada por las enfermedades introducidas.

Con el establecimiento de relaciones comerciales entre Africa y Brasil por los portugueses, la yuca fue llevada a la Hoya del Congo en el siglo XVI. Dos siglos más tarde el cultivo fue introducido independientemente a Madagascar y a la costa oriental de Africa, de donde fue llevada al interior del continente y rápidamente se estableció como alimento básico (2).

La introducción de la yuca al Asia no está bien documentada; la planta fue probablemente llevada a las Filipinas en el galeón "Manila" desde Acapulco, México, en el siglo XVII. Para 1740 ya se cultivaba en Indonesia y fue probablemente introducida algo más temprano por los portugueses a Goa. A finales del siglo XIX, el cultivo fue dispersado por todas las tierras bajas de los trópicos de Asia y de las islas de Oceanía (3).

En el siglo XX la producción de yuca ha continuado extendiéndose por todas las tierras bajas de los trópicos, principalmente por las tierras agrícolas de mala calidad y menos fértiles. En Africa, la capacidad que tiene la yuca para crecer y rendir bien en suelos poco fértiles, su habilidad para soportar ataques de langostas y sequías, así como su bajo costo de producción, han sido incentivos para utilizarla como sustituto de otros cultivos radiculares tradicionales como la batata (4). En las áreas del Africa donde el crecimiento de la población ha ocasionado una reducción en el tiempo de rotación en cultivos migratorios y una reducción proporcional en la fertilidad de la tierra, la yuca es uno de los pocos productos que todavía se pueden cultivar con tal que se conserve alguna forma de rotación. Similarmente, en la India del sur y Java, a medida que la población ha crecido, se ha cultivado más y más la yuca para alimentación básica en las tierras de baja calidad que no son apropiadas para producir arroz. En la década de los setenta, el área sembrada de yuca en Tailandia aumentó cinco veces, principalmente en las tierras más pobres e inexploradas del nordeste.

## Producción de Yuca

La producción mundial de yuca en 1980 se estimó en 118 millones de toneladas: 45 millones de toneladas en Africa, 41 en el Lejano Oriente y 32 en Suramérica (5). Esto es el equivalente energético de 40 a 50 millones de toneladas de granos de cereal. El área cosechada fue de 13.7 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 8.7 t/ha (el equivalente a de 3 a 3.5 toneladas de granos/ha). Durante los últimos 20 años, la producción total de yuca ha aumentado en la misma proporción que el aumento de la población de los países en desarrollo. Dicho aumento se debe en gran parte a los incrementos en el área cultivada, ya que los rendimientos han permanecido constantes (Figura 2). El rendimiento usual de aproximadamente 9 t/ha es

Cuadro 1. Calorías producidas por algunos productos agrícolas de primera necesidad. Los datos para las zonas tropicales se comparan con los de todo el mundo y se expresan en miles de millones de kilocalorías por día. [Datos de (7)]

Cultivo	Zonas Tropicales	Mundo
Arroz	924	2043
Azúcar (caña y remolacha)	311	926
Maíz	307	600
Yuca	172	178
Sorgo	147	208
Millo	128	204
Trigo	100 <sup>a</sup>	1877
Papas blancas	54	434
Banano	32	44
Plátano	30	30
Papas dulces	30	208

a. Las cifras para el trigo están distorsionadas por el hecho de que las zonas de mayor producción de Brasil, México e India se encuentran fuera de los trópicos y han sido ajustadas para tener ésto en cuenta.

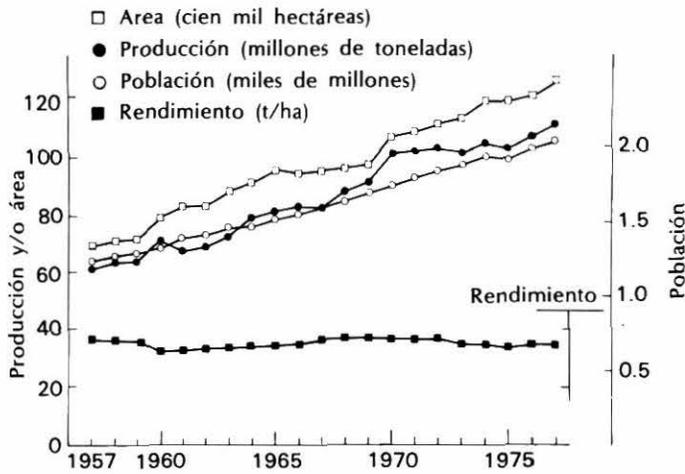


Fig. 2. Producción, área y rendimiento de yuca, y población, de los países en desarrollo donde se cultiva casi toda la yuca. [Datos de (5)]



Fig. 3. El material de siembra se obtiene de los tallos (izquierda) que se cortan en esquejes cortos, como los que sostiene el agricultor.

muchísimo menor que el rendimiento experimental máximo de 80 t/ha en una estación de siembra de 12 meses (6). Sin embargo, como la mayor parte de la yuca se cultiva según sistemas de agricultura tradicionales, usando pocos o ningunos fertilizantes, fungicidas, insecticidas, herbicidas e irrigación, estos rendimientos se comparan favorablemente con los de otros cultivos básicos energizantes, tales como los cereales. Aunque se pueden recoger dos cosechas de grano por año en ciertas regiones tropicales, ésto no es posible en las regiones que tienen estaciones secas largas y donde no es posible irrigar. En tales regiones se puede producir una sola cosecha de cereal o cultivar yuca. Con manejo tradicional en estas condiciones, los rendimientos de cereales son solamente de 1 a 2 t/ha por año.

La yuca es cultivada principalmente por pequeños agricultores, aunque existen algunas plantaciones grandes. Generalmente, los pequeños agricultores siguen unas prácticas agronómicas que no incluyen aquellos insumos normalmente asociados con la agricultura moderna. El material de siembra consiste de estacas cortadas de los tallos de plantas maduras, de las cuales germinan brotes axilares entre 2 y 3 semanas después de haber sido colocadas en el suelo (Figura 3). La planta crece, y está bien establecida a los 3 ó 4 meses, cuando empieza a producir raíces gruesas. Generalmente, las raíces se empiezan a cosechar en cualquier momento entre los 7 y los 18 meses después de haber sido sembradas. En algunas regiones se cultiva la yuca como un cultivo de reserva para casos de hambruna y las plantas se dejan hasta que se necesiten. Las raíces se cosechan tirando de los tallos hasta arrancar la planta entera (Figura 4).

### Consumo de Yuca

Aproximadamente el 65% de la producción total de yuca durante el período comprendido entre 1975 a 1977 fue utilizada para consumo humano directo, cerca de un 21% para alimentación animal y cantidades menores



Fig. 4. Se cortan las partes aéreas de la yuca y se cava para extraer las raíces, usando el tocón para arrancarlas.

para almidón y uso industrial (7) (Cuadro 2). De la yuca que se usa para consumo humano, aproximadamente la mitad se consume después de cocinar las raíces frescas y la mitad restante se procesa de distintas maneras para hacer harinas (7). De los datos de la FAO (7) se puede deducir que actualmente 450 a 500 millones de personas en 26 países tropicales consumen aproximadamente 300 kcal/día a través de la yuca. Estos datos probablemente sobreestiman la cantidad de personas que consumen la yuca, y subestiman la absorción calorífica por persona, debido a que se basan en el promedio de los países. El consumo más alto por persona es en Africa, con aproximadamente 50 millones de personas, que consumen más de 500 kcal/día, y en la

Cuadro 2. Utilización mundial de yuca 1975-1977 y producción estimada en 1980. [Datos de (5) y (7)]

Area	Producción (millones t)	Alimentación Humana (%)	Alimentación animal en países en desarrollo (%)	Uso industrial y almidón (%)	Exportaciones <sup>a</sup> (%)	Desperdicio (%)	Cambios en existencias (%)
Africa	45.5	88.7	1.4	— <sup>b</sup>	— <sup>b</sup>	9.5	— <sup>b</sup>
Asia	41.0	55.3	2.9	8.6	23.0	6.3	3.9 <sup>c</sup>
Américas	31.7	42.4	33.4	9.6	— <sup>b</sup>	14.0	— <sup>b</sup>
Mundo	118.4	64.6	11.5	5.5	7.0	10.0	1.4

a. Principalmente alimentación animal usada en los países en desarrollo.

b. Menos del 1%.

c. Cambios en existencias de hojuelas de yuca seca, principalmente en Tailandia.

India del sur, donde aproximadamente 25 millones de personas consumen más de 700 kcal/día.

Hay muchos reportes de intoxicación crónica con cianuro (8, 9) en las regiones de Africa donde el nivel de consumo de yuca es alto. El cianuro es liberado de los tejidos de las raíces, cuando éstas se maltratan, por la acción de la linamarasa en la linamarina. Los clones de la yuca que tienen un alto contenido de cianuro, y que normalmente tienen un sabor amargo, pueden causar envenenamiento agudo por cianuro, si las raíces se comen sin procesar. Sin embargo, esta clase de envenenamiento es rara y la ingestión a largo plazo de cantidades pequeñas de cianuro de la yuca se ha asociado más a menudo con el bocio, el cretinismo, la neuropatía atáxica tropical y la diabetes tropical. El cianuro se destoxifica por la formación de teocianato a partir del teosulfato. El teosulfato está formado por los aminoácidos que contienen azufre y cuya presencia es esencial para la destoxificación. El cianuro disminuye la concentración de los aminoácidos de azufre y aumenta la concentración de teocianato en la sangre. La neuropatía atáxica tropical está asociada con la desnutrición proteica y los niveles extremadamente bajos de los aminoácidos de azufre en la sangre. El teocianato inhibe la absorción y transporte del yodo por la tiroides y por esta razón es asociado con el bocio y cretinismo.

Los problemas asociados con la toxicidad de la yuca no son extensos fuera del Africa; sin embargo, éstos ocurren en las regiones donde el procesamiento de las raíces es de carácter rudimentario, los niveles de yodo en la alimentación son bajos, y el consumo de proteínas y los aminoácidos de azufre son subóptimos. No se reporta intoxicación crónica con cianuro en Kerala, India del sur, donde se consumen más de 700 kcal/día en forma de yuca. El consumo de proteínas en Kerala es bajo (37.8 a 41.5 g/persona por día) pero el contenido de aminoácidos de la proteína es bastante bien balanceado, siendo el pescado un componente importante (10, 11). Esto quiere decir que la intoxicación crónica con cianuro no debe ocurrir cuando la nutrición total es adecuada. Esta opinión está reforzada por Ermans et al. con un trabajo hecho recientemente en Zaire (9), que muestra que la administración de

aceite yodado, que se absorbe en forma lenta, es un profiláctico barato y eficaz contra la intoxicación crónica de cianuro y puede ser la solución más indicada al problema, en lugar de tratar de cambiar los hábitos alimenticios.

La cantidad de cianuro en la yuca se puede reducir altamente por medio de un tratamiento adecuado. En ciertas regiones del nordeste del Brasil se consumen grandes cantidades de farinha (una especie de harina de yuca). Durante la producción de farinha se elimina gran parte del cianuro, cuando se exprime la torta de la yuca y se desecha el agua, que contiene cianuro; se elimina más cianuro cuando se tuesta la torta resultante. No hay evidencia de intoxicación crónica con cianuro entre los consumidores de farinha.

Aunque la yuca tiene un valor nutritivo algo bajo, se encuentra entre las fuentes de calorías más baratas que existen, por lo menos en su forma seca (2, 12-15) (Cuadro 3). Aunque es verdad que la yuca no es un alimento completo, su importancia es crucial para los países en desarrollo en los cuales la deficiencia de calorías es bastante grande. El Instituto Internacional de Investigación de Políticas Alimentarias estima que para el año de 1985 aproximadamente 1.5 mil millones de personas sufrirán de desnutrición, lo cual está altamente correlacionado con la deficiencia de calorías. Es aquí donde reside la importancia de la yuca en la

Cuadro 3. Costo relativo de calorías de yuca seca, comparado con otros dos alimentos básicos energéticos en varios países tropicales. Estos datos se presentan como el costo relativo de la yuca, fijando el costo del alimento comparado en 100.

Cultivo comparado	Localización	Costo relativo de yuca	Año	Fuente de Referencia
Arroz	Kerala, India	45	1970-71	(10)
Arroz	Indonesia	44	1976	(12)
Maíz	Indonesia	76	1976	(12)
Arroz	Ghana	31-55	1955	(14)
Maíz	Ghana	75-89	1955	(13)
Arroz	Nigeria	41	1973	(13)
Maíz	Nigeria	93	1973	(13)
Arroz	Brasil del nordeste	48	1975	(15)
Maíz	Brasil del nordeste	57	1975	(15)

alimentación de las gentes más pobres y desnutridas de los países en desarrollo.

## Potencial Biológico

La mayor parte de la yuca se cultiva entre 30°N y 30°S en las regiones donde la precipitación anual es mayor de 750 mm y la temperatura media anual es mayor de 18–20°C. Se cultivan cantidades pequeñas de yuca cerca de la línea ecuatorial en Sur América y en África, a altitudes hasta de 2000 metros, bajo temperaturas medias anuales que pueden llegar a 16–17°C, pero con mínimas variaciones estacionales.

La yuca es potencialmente uno de los cultivos más eficaces en cuanto a la producción de almidón (16). Se han obtenido rendimientos de 80 toneladas de raíces frescas/ha al año (29 toneladas de raíces secas/ha al año) bajo condiciones óptimas de cultivo, pero sin irrigación suplementaria (6). En las regiones que tienen precipitación alta, la radiación total es reducida por las nubes y un rendimiento de 30 toneladas de raíces secas por año parece ser el límite teórico para el rendimiento (17, 18). Otros cultivos, tales como la caña de azúcar, el maíz, el sorgo y el arroz tienen potenciales similares de rendimiento cuando se hacen una, dos o tres cosechas al año; por ésto, en tales situaciones, la yuca no tiene una gran ventaja sobre los demás cultivos.

El potencial de rendimiento de la yuca no se basa ni en una particularmente alta tasa fotosintética de las hojas individuales ni en una alta tasa máxima de crecimiento (18). De hecho, para la yuca los máximos niveles registrados de estos parámetros son mucho más bajos que las tasas máximas de otros cultivos tales como el sorgo, el maíz y la caña de azúcar (19). La yuca tiene una temporada de cultivo relativamente larga, de 9 meses a 2 años, y un índice de cosecha sorprendentemente alto (relación entre el peso de las partes que son económicamente útiles y la producción total de biomasa) (Cuadro 4). Estos dos factores permiten que la yuca produzca rendimientos parecidos a, o más altos que, otros cultivos importantes bajo condiciones óptimas. Sin embargo, es bajo condiciones subóptimas que el potencial de rendimiento sobresale cuando se le compara con otros cultivos.

**Potencial de rendimiento bajo condiciones subóptimas.** En muchas regiones tropicales los cultivos sufren de precipitación incierta, períodos secos largos y suelos que tienen pH bajo altas concentraciones de aluminio y fertilidad baja. En la década de 1960 la estrategia de la Revolución Verde para incrementar la producción agrícola fue dirigida principalmente hacia la eliminación de estos factores limitantes por medio de la irrigación, cambios en el suelo y aplicaciones de fertilizantes como también por la combinación de condiciones agrícolas mejoradas y variedades de plantas capaces de aprovecharlas al máximo. Desde esos días apacibles, el alto costo de la energía ha

Cuadro 4. Efectos de los niveles de fertilidad del suelo en el índice de cosecha de yuca de 9 meses. El índice de cosecha es el peso en seco de las raíces, dividido por el peso en seco de la planta entera.

Clon	Nivel de fertilidad		
	Alto	Medio	Bajo
M Col 22	0.80	0.81	0.81
M Mex 59	0.46	0.56	0.74
CMC 40	0.68	0.71	0.68

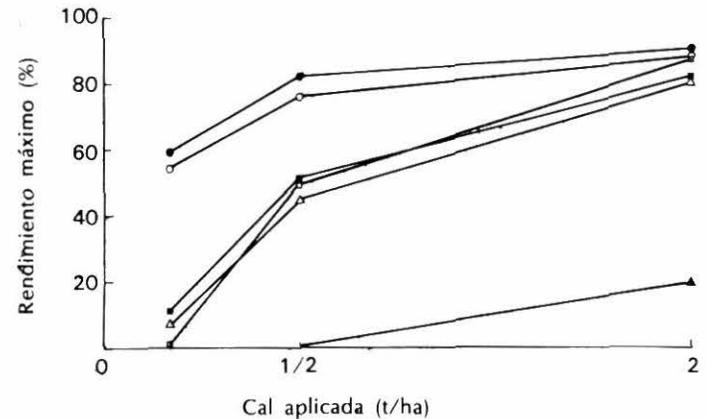


Fig. 5. Reacción de la yuca (●), el frijol caupí (O), el arroz (□), los frijoles negros (Δ) y los frijoles no-negros (▲), a la cal en un oxisol ácido infértil en los llanos orientales de Colombia. Los datos se presentan como un % del rendimiento máximo obtenido por cada especie con 6 toneladas de cal aplicadas por hectárea. [Datos de (20)]

obligado a una búsqueda de cultivos y sistemas agrícolas que sean de por sí tolerantes a las condiciones desfavorables, y que tengan un grado aceptable de productividad dentro de un régimen precario de insumos. Las características de la yuca están de acuerdo con esta nueva perspectiva.

En muchas áreas tropicales donde hay Oxisoles y Ultisoles, hay que hacer grandes aplicaciones de cal para aumentar el pH y mermar los niveles tóxicos de aluminio en el suelo. En los suelos ácidos e infértiles de los Llanos Orientales de Colombia, se obtuvo un rendimiento aceptable de yuca, sin echarles cal, mientras que los otros cultivos probados, con la excepción del frijol caupí, no rindieron casi nada (20) (Figura 5). Se ha demostrado inequívocamente la tolerancia de la yuca a altas concentraciones de aluminio y pH bajo (21).

En la Universidad de Queensland se han estudiado los requerimientos nutritivos de la yuca en solución nutritiva (22). Para el máximo crecimiento de la yuca, sus necesidades de nitrógeno, potasio y calcio son similares a las de otros cultivos, pero sus requerimientos de fósforo en solución nutritiva o suelo esterilizado son un poco mayores. Sin embargo, con la excepción del fósforo, la reducción en el crecimiento



Fig. 6. En un suelo esterilizado con niveles bajos de fósforo, se tienen que aplicar el equivalente a 3200 kg/ha de fósforo, para un crecimiento máximo (arriba), mientras que las plantas inoculadas con micorrizas crecen bien sin la aplicación de fósforo (abajo).

con niveles bajos de nutrientes es mucho menor en la yuca, lo cual indica que el cultivo es muy tolerante a niveles bajos de nutrientes. En los suelos donde hay infección de micorrizas, los requerimientos de fósforo de la yuca son algo bajos (23) (Figura 6). De modo que en condiciones naturales con niveles bajos de nutrientes, la yuca puede producir un rendimiento que se acerca más a su potencial total de biomasa que la mayoría de los demás cultivos alimenticios. Cuando se considera el rendimiento económico, la situación tiene un aspecto aún mejor. Con niveles críticos de nutrientes, la proporción de la producción total de materia seca que se desvía a las raíces se aumenta muchísimo en los clones más vigorosos, como el M Mex 59 (Cuadro 4). La reducción en el rendimiento en almidón de estos clones bajo presión de nutrientes es proporcionalmente mucho menor que la reducción en la producción total de biomasa. En términos antropomórficos se puede decir que cuando la yuca está sujeta a un presupuesto muy limitado, ésta gasta muy sensatamente.

La tendencia de la yuca a incrementar la distribución de biomasa a las raíces también ocurre a niveles críticos de agua. Este efecto fue tan notable en una prueba que se hizo, que las parcelas de un clon (en estrés por

2 meses), a pesar de la menor producción de materia seca total, rindieron más raíces en la cosecha final que en las plantas no estresadas (24). Durante el estrés de sequía la yuca crece en forma conservadora de agua, cerrando sus estomas y disminuyendo la formación de nuevas hojas (25, 26). Las hojas que quedan en la planta tienen una gran habilidad para fotosintetizar cuando hay disponibilidad de humedad (23). Por lo tanto, la planta crece lentamente durante los períodos de sequía, pero se recupera rápidamente cuando ésta se acaba. En contraste con muchos otros cultivos, la yuca, una vez establecida, no tiene ningún período crítico, mientras que en aquellos la sequía resulta en una disminución desastrosa en el rendimiento (27) (Figura 7). De esta manera, la yuca se adapta bien a las regiones que tienen una temporada larga y seca, o una precipitación incierta.

En las regiones agrícolas tradicionales, los clones nativos de la yuca tienden a ser resistentes a los complejos regionales de plagas (28). Los clones de los Llanos Orientales de Colombia son por lo general resistentes al añublo bacterial de la yuca, la enfermedad de superalargamiento y la antracnosis, que son endémicas en esta área, pero susceptibles a la mancha de la hoja por *Phoma*, que ocurre en los climas más frescos. Como en el caso de muchos otros cultivos alimenticios, cuando se introduce la yuca en regiones que tienen niveles de plagas inicialmente bajos, las plagas que prosperan en ese medio ambiente que pueden ser posteriormente introducidas pueden resultar en graves pérdidas en el rendimiento (28). Eso ha ocurrido indudablemente en los casos del ácaro verde en África oriental y de los piojos harinosos en África occidental, donde las plagas recién introducidas han causado grandes reducciones en los rendimientos (29). Sin embargo, en las Américas parece que a través de los siglos los cultivadores han seleccionado los clones que tienen alta resistencia a las enfermedades y

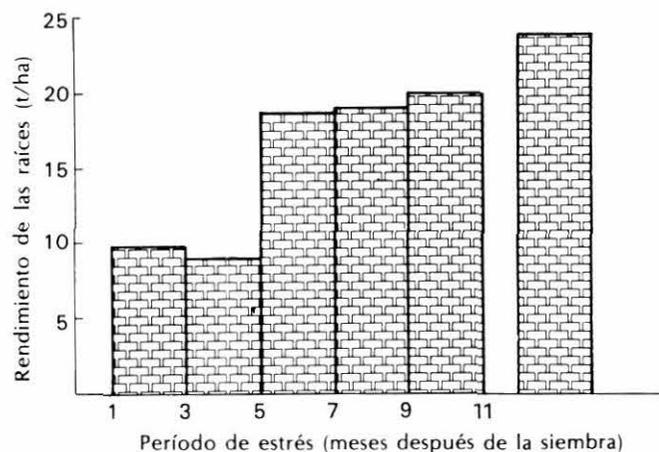


Fig. 7. Rendimiento de yuca con estrés de agua a etapas distintas de crecimiento. [Datos de (27)]

plagas, que son predominantes en áreas en que crece la yuca. El control biológico es frecuentemente eficaz para las plagas de yuca cultivada bajo prácticas de manejo tradicionales.

**Fitomejoramiento para un rendimiento mayor.** La capacidad de la yuca para sobrevivir a niveles críticos de insumos y de agua, así como su resistencia ya demostrada a las plagas, hacen que este cultivo sea un candidato principal para los sistemas agrícolas de bajos insumos. Sin embargo, el rendimiento promedio mundial de yuca es muy inferior a su potencial. Una pregunta importante es si es posible, por medio del mejoramiento, obtener clones que puedan acercarse al rendimiento potencial demostrado y mantenerlo durante varios años, aún bajo condiciones marginales.

Aunque bajo condiciones locales del cultivo de yuca los agricultores ya han seleccionado las líneas que den un rendimiento alto, probablemente no habrán explotado el potencial real de rendimiento del cultivo. Más probablemente, hay un grado de depresión de carácter endogámico en sus selecciones. Más aún, en el cultivo tradicional del tipo "rasgar y quemar", la yuca está por lo general ampliamente espaciada con otros cultivos. Bajo estas condiciones, la selección bien puede ser por rendimiento por planta en vez de por rendimiento por hectárea. Existe evidencia de que el rendimiento por planta de las poblaciones segregantes está relacionado negativamente con el rendimiento por unidad de área, en un cultivo denso (30). Las plantas altamente vegetativas que producen una gran cantidad de estacas, tienden a tener un índice de cosecha bajo, lo cual tiende a ser más reducido en cultivos densos; mientras que al mismo tiempo la calidad de las estacas vegetativas también puede ser reducida. Así pues, cuando no hay selección consciente por índice de cosecha alto, la selección puede ser por un índice de cosecha más bajo, y por consiguiente, un reducido potencial de rendimiento. Un factor importante que causa reducción o inestabilidad en los cultivos es el complejo de enfermedades y plagas que atacan el cultivo. Aunque los agricultores han seleccionado las variedades que son relativamente tolerantes a las enfermedades y plagas, han tenido un banco de genes relativamente limitado y una cantidad limitada de plántulas de las cuales seleccionar tipos tolerantes de base amplia. Hoy en día es posible unir muchos clones que representan una amplia base genética de regiones diferentes. A través de los programas de mejoramiento se pueden obtener grandes cantidades de cruzamientos, aumentando así la probabilidad de seleccionar clones que den un rendimiento más alto y más resistencia a las enfermedades y plagas. Los resultados de los programas de mejoramiento del Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IIAT) en África y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Suramérica indican que esto es cierto. (23, 31).

## Consideraciones Agronómicas

Los grandes logros en el rendimiento probablemente no serán obtenidos sólo por el hecho de cambiar los clones cultivados, sino que también requerirán modificaciones concomitantes en las prácticas agronómicas. Los estudios en granjas de Colombia (32), Ecuador (33), Nigeria (34) y Tailandia (35) han demostrado que el rendimiento puede ser reducido debido a las enfermedades y plagas, a la mala calidad del material de siembra, cultivos asociados, malas prácticas agronómicas y a la baja fertilidad del suelo. Las enfermedades y plagas pueden limitar el rendimiento de las cosechas y reducir la cantidad y calidad del material de siembra para el cultivo siguiente. Fuera de la resistencia de la planta hospedante varias prácticas pueden resultar en una calidad mejorada de las estacas vegetativas. La selección cuidadosa del material de siembra y el tratamiento con pesticidas pueden reducir mucho las pérdidas en la germinación y los niveles iniciales de infección (36). Una vez sembrado un cultivo, hay muchos patógenos e insectos plaga que la pueden atacar y causar pérdidas severas en el rendimiento. Muchas veces, la primera reacción de un agricultor a un ataque a la yuca por insectos es aplicar un insecticida potente. Esto puede causar la destrucción de insectos benéficos y la aparición de nuevos ataques. En algunos casos se han desarrollado controles biológicos eficaces, como el control biológico para el gusano cachón (*Erynnis ello*), el cual está en uso comercial (37). A veces los métodos de control más sencillos pueden ser efectivos. Por ejemplo, la pudrición de la raíz, que es muy común en las regiones de alta precipitación, puede ser considerablemente reducida por la rotación de cultivos y por la plantación en caballones y montículos como es tradicional en África, India y el nordeste de Brasil. Se podrían dar otros ejemplos, pero los pocos indicados aquí muestran que cuando no hay resistencia en la planta hospedante, es posible controlar las enfermedades y plagas sin tener que recurrir a productos químicos.

La incidencia de enfermedades y plagas disminuye normalmente cuando la yuca está en cultivo asociado (38). El rendimiento de la yuca por hectárea en cultivos intercalados es usualmente menor que el de yuca en monocultivo. La reducción en el rendimiento es aún mayor, cuando se cultiva en asociación con cultivos vigorosos y de larga temporada. El establecimiento lento mayor de la yuca hace posible su asociación con cultivos que tienen un ciclo de crecimiento corto, tales como los frijoles comunes y los caupí, con mínima competencia y pérdida en el rendimiento. Es más eficiente cultivar la yuca en asociación con tales leguminosas que cultivar el cultivo radicular y las leguminosas separadamente en monocultivo (39). De esta manera, aunque el cultivo asociado reduce el rendimiento de la yuca, muchas veces aumenta el rendimiento total por hectárea. Es por esta razón que gran parte de la yuca se cultiva en el mundo en forma asociada.

La yuca se cultiva también en rotación tradicional de cultivos. La yuca frecuentemente es más importante hacia el fin del ciclo de cosecha, debido a su habilidad para crecer en suelos agotados. Esto, sin embargo, ha resultado en dos conceptos erróneos: primero, que la yuca agota el suelo y segundo, que ésta no necesita fertilización. Los suelos agotados que no sostendrían otros cultivos, frecuentemente continuarán sosteniendo un rendimiento económico de la yuca, pero al hacer ésto, el suelo se agotará aún más. De esta forma la yuca adquiere la reputación de ser un cultivo que agota el suelo. Por el contrario, la extracción de nutrientes por tonelada de materia seca cosechada no es mayor para la yuca que para otros cultivos (Cuadro 5) y, con excepción del potasio, la yuca en realidad agota el suelo menos que la mayoría de los otros cultivos, considerando la extracción de nutrientes por unidad de materia seca producida. Sin embargo, para obtener altos rendimientos de yuca en suelos infértiles es necesario fertilizar (21).

El CIAT ha hecho pruebas regionales sobre el cultivo de yuca en lugares con diferentes condiciones climáticas, edáficas y bióticas, para así comparar las prácticas agronómicas mejoradas de bajos insumos con las prácticas tradicionales. Estas pruebas han demostrado que en Colombia, donde el promedio nacional del rendimiento de yuca está cerca de 10 t/ha, los rendimientos de los mejores clones locales pueden ser aumentados a 20 t/ha con mejoras sencillas en las prácticas de manejo (sin incluir irrigación). Si se incluyen los nuevos clones de alto rendimiento, se podrían triplicar los rendimientos a más de 30 t/ha (40). Estas prácticas agronómicas con clones de alto rendimiento han sido probadas en suelos pobres por parte de agricultores de escasos recursos. Los niveles de rendimiento para un pequeño agricultor, utilizando buenas prácticas de manejo, fueron un poco mayores que aquellos obtenidos en las pruebas regionales (Cuadro 6). Estos datos indican que los rendimientos de yuca podrían ser incrementados sustancialmente a nivel de granja, usando buenas prácticas agronómicas y las mejores variedades locales. Los rendimientos podrían ser incrementados aún más con la introducción de variedades más rendidoras y mejor adaptadas.

Antes de que una nueva tecnología llegue a los cultivadores, ésta debe ser probada y adaptada para condiciones regionales específicas, por parte de los programas nacionales. Sin embargo, los gastos a nivel nacional en investigación de yuca son extremadamente bajos en comparación con otros alimentos básicos fuentes de almidón (Cuadro 7) (41). Los retornos a la inversión en la investigación agrícola son generalmente altos y parecería *a priori* que un cultivo como la yuca, que ha recibido tan poca atención por la comunidad científica no sea una excepción: es más, se podría esperar que, con un cultivo que no ha sido investigado

Cuadro 5. **Nutrientes del suelo extraídos por los cultivos alimenticios básicos almidoneros. Los datos se expresan como kg de nutrientes extraídos por tonelada de materia seca cosechada.**

Cultivo	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Yuca (raíces)	6	1	11
Maíz (grano y mazorca)	21	5	6
Arroz (grano y vainas)	13	3	4
Papas (tubérculos)	10	2	22

Cuadro 6. **Comparación de rendimientos entre pruebas de yuca manejadas por científicos y por agricultores. Los rendimientos se expresan en toneladas de raíces frescas/ha. [Datos de (51)]**

Clon	Prueba regional	Agricultor bueno	Agricultor regular
<b>Tecnología tradicional</b>			
Secundina		10.0	6.1
CM 342-170		20.5	9.6
<b>Tecnología mejorada<sup>a</sup></b>			
Secundina	12.6	16.5	10.5
CM 342-170	20.8	21.4	19.7

a. Sin irrigación y sin fertilizantes.

Cuadro 7. **Gasto nacional en investigación agrícola para varios alimentos básicos almidoneros en los países en desarrollo. [Datos de (41)].**

Producto básico	Valor bruto de producción en países en desarrollo, 1972 (US \$ miles de millones)	Gastos de investigación en programas nacionales, 1971 (US \$ millones)	Gastos de investigación (% del valor bruto del producto)
Sorgo	1.5	12.2	0.77
Maíz	3-4	29.6	0.75
Papas blancas	1	8.2	0.68
Trigo	5-6	35.9	0.65
Caña de azúcar	5-6	30.2	0.50
Arroz	13.0	34.7	0.26 <sup>a</sup>
Papas dulces	3-4	3.4	0.09
Yuca	5-6	4.0	0.07

a. Arroz de agua no profunda 0.40.

intensamente, los retornos fueran más altos que con la mayoría de otros cultivos. Este punto de vista está reforzado por datos de Cuba donde se han obtenido incrementos del 300% en los rendimientos durante un período de 5 años, como resultado directo de un intenso esfuerzo investigativo (42).

## Demanda Actual y Futuro Uso Potencial

Yuca fresca: Aproximadamente la mitad de la producción actual de yuca está destinada para consumo en forma fresca, el cual es mucho mayor en las áreas rurales que en las urbanas. El bajo nivel de

consumo en las áreas urbanas es un reflejo de la alta tendencia al deterioro que tiene la yuca fresca y los altos márgenes de mercadeo, los cuales resultan en un precio alto para el consumidor urbano. Si se pudiera bajar el precio de la yuca fresca en las áreas urbanas, el consumo urbano podría incrementarse. Esta posibilidad está reforzada por el hecho de que en el estrato de ingresos bajos, la elasticidad - ingreso de la demanda por la yuca fresca en países tales como Ghana, Indonesia y Brasil es bastante alta. Los costos pueden ser reducidos, en parte mediante una tecnología de producción mejorada con el fin de bajar el precio de yuca "a la puerta de la granja" y por medio de técnicas de almacenamiento mejoradas que reduzcan los riesgos en el transporte y compra al por mayor, reduciéndose así los márgenes de mercadeo.

La yuca es un cultivo muy difícil de manejar durante el período posterior a la cosecha. Las raíces empiezan a deteriorarse entre el primero y el séptimo día después de la cosecha. El deterioro fisiológico inicial se complica más tarde por la acción microbiana. El deterioro fisiológico puede ser controlado por la poda de las hojas antes de la cosecha o empacando las raíces recién cosechadas en bolsas de polietileno (43). Los tratamientos con fungicidas ayudan a controlar el deterioro microbiano. Siguen existiendo los problemas relacionados con las alteraciones en la calidad bajo condiciones de almacenamiento y los posibles efectos tóxicos de los fungicidas, pero las soluciones económicas para la prolongación de la vida de la yuca en almacenamiento podrían resultar en gastos menores para el consumidor y un incremento en la demanda en las regiones urbanas.

**Yuca seca.** A niveles de bajos ingresos, la demanda de yuca fresca es alta, pero a medida que los ingresos aumentan, la demanda disminuye. El consumo de yuca seca en el estrato de ingresos bajo tiende a incrementarse con un aumento en los ingresos, hasta cierto punto, después del cual, declina (44). Sin embargo, actualmente y en un futuro cercano, son precisamente las gentes de estratos de ingresos bajos quienes consumen la mayor cantidad de harina de yuca y quienes probablemente sean los principales beneficiarios de un incremento en la producción y de costos más bajos. A medida que los países se van desarrollando y los ingresos aumentan, el consumo de la yuca seca a corto plazo va aumentando un poco, pero a largo plazo el nivel del consumo va disminuyendo.

Al mismo tiempo se espera que la demanda de productos de panadería a base de harina de trigo aumente rápidamente. Pocos países en desarrollo de las tierras bajas tropicales pueden satisfacer su demanda actual de harina de trigo con su propia producción, y la creciente demanda resulta en el aumento constante de las importaciones de trigo. Para satisfacer la demanda

urbana de productos populares de panadería, muchos gobiernos nacionales y agencias auxiliares subsidian fuertemente el trigo tanto nacional como el importado. Estos subsidios hacen difícil que los sustitutos de harina de trigo sean competitivos, y previenen el desarrollo de alternativas nacionales. Es técnicamente factible sustituir la harina de trigo con 10 ó 20% de harina de yuca (45), aunque esto casi no ocurre, en parte por la falta de existencias de harina de yuca seca y en parte por el subsidio al trigo. Sin embargo, si existiera una estructura de precios razonables para los sustitutos de harina de trigo, parece que la yuca producida con el uso de tecnología moderna podría ser una alternativa atractiva.

**Mercado de alimentos para animales.** Antes de que la yuca se vuelva un componente importante de los productos de panadería es probable que entre al mercado de alimentos para animales como una fuente de calorías, cosa que ya ha sucedido en Europa. Durante los últimos 20 años los países en desarrollo han aumentado ampliamente su demanda de concentrados para animales. Esta demanda, que es especialmente alta para las raciones avícolas, ha sido satisfecha en parte por el aumento de la producción agrícola local y en parte por las importaciones de granos. En algunas áreas existe competencia directa entre granos para consumo humano y granos para concentrado, intensificando los problemas de oferta de alimentos. Más aún, la importación de granos cereales ha hecho muy poco en favor de la creación de empleos, y nada por el desarrollo de la agricultura regional, y al mismo tiempo ha incrementado la pérdida de divisas para estos países.

En Europa se usan bolitas de yuca como componente de energía en raciones balanceadas para aves, cerdos y vacas. En los últimos 10 años, las exportaciones de cápsulas de yuca de Tailandia a la Comunidad Económica Europea han aumentado de menos de 1 millón hasta 6 millones de toneladas al año. Aunque estas cifras demuestran ampliamente la factibilidad de incorporar la yuca a las raciones animales, el caso de Tailandia es excepcional. Tailandia es uno de los pocos países en desarrollo que exporta granos y los tailandeses no comen mucha yuca. Sin embargo, la producción de yuca podría ser incrementada para su uso como alimento para animales en los otros países que son actualmente importadores netos de granos alimenticios. Estudios recientes en Colombia y Ecuador indican que si se incrementan los rendimientos a 15 t/ha al año, la yuca se volvería muy competitiva en el mercado de alimentos para animales. En años recientes México ha tenido que enfrentar vertiginosos incrementos en déficit de granos; con el fin de reducir las importaciones de granos, se ha implementado un programa para producir yuca en las tierras subutilizadas de este país. Un aspecto interesante del plan mexicano es que se está sembrando yuca en

Cuadro 8. **Relación de Energía Neta (REN) de yuca y alcohol de caña de caña de azúcar, con varias fuentes de combustible para el proceso industrial. [Datos de (48)]**

proceso Substrato	Combustible para proceso industrial	REN
Caña de azúcar	Bagazo	8.06
Yuca	Petróleo	1.21
Yuca	Madera	1.97
Yuca	Tallos de yuca secados al sol	4.97

tierras que normalmente se consideraban demasiado pobres para la producción agrícola, con el fin de incrementar la producción agrícola total, más bien que incrementar un solo artículo a expensas de otro. Esta estrategia debería ser directamente aplicable en muchos otros países tropicales que tienen déficits de granos cereales al igual que áreas subutilizadas de suelos pobres.

**Energía.** Las fuentes fósiles de combustible, las cuales son cada día más escasas, han resultado en un renacer del interés por fuentes alternas de energía a partir de la biomasa. Se menciona frecuentemente a la yuca como un cultivo potencial de biomasa debido a su capacidad para producir altos rendimientos en carbohidratos (46-49). Estos carbohidratos pueden ser usados para la producción de etanol.

Brasil tiene inmensas áreas de suelos ácidos e infértiles que están actualmente subutilizados. Es aquí donde se cultivan cantidades muy pequeñas de yuca como base para la producción del alcohol. Los cultivos arbóreos sembrados localmente se usan para encender las calderas que se utilizan para la producción de etanol anhidro. Con este sistema, las Relaciones de Energía Neta (REN) son positivas (Cuadro 8). Sin embargo, si el combustible fósil se usa en la destilación, la REN es escasamente mayor de uno (47-49). Esto indica que cuando el combustible líquido está escaso y donde hay disponible fuentes de energía no líquida, como el carbón, la yuca bien puede ocupar un papel importante. En otras regiones la REN podría ser mejorada con el uso de los tallos de yuca como fuente de energía en una manera parecida al uso del bagazo de caña de azúcar (Cuadro 8), pero todavía no se ha logrado hacer esto, ni siquiera a nivel experimental. Con la tecnología disponible actualmente, el 70% de la energía que se consume en la producción de alcohol corresponde a su procesamiento industrial, principalmente a la separación del alcohol de agua. Hasta que se pueda reducir este consumo de energía, los beneficios de usar la yuca en la producción de alcohol son dudosos. Sin embargo, se están desarrollando métodos de separación menos convencionales y más eficientes en términos de consumo de energía (50). Estos métodos podrían

cambiar radicalmente el uso potencial de la yuca en la producción de energía.

## Conclusiones

La yuca es potencialmente una de las fuentes de carbohidratos más eficientes bajo condiciones agrícolas pobres. Los rendimientos mundiales medios de menos de 10 t/ha son inferiores a los niveles potenciales. Una tecnología que incorpore a la producción niveles bajos de insumos comprados, pero que utilice variedades mejoradas, podría incrementar mucho los rendimientos obtenidos por los cultivadores, aún aquellos que tienen recursos muy limitados.

La yuca seca es la fuente más barata de energía alimenticia en grandes áreas de las tierras bajas de los trópicos. Si se pudieran incrementar los rendimientos y reducir los precios, su utilización por la gente más pobre se aumentaría. En muchas partes de África, en la India del sur, Java y el nordeste de Brasil, grandes proporciones de la población tienen recursos tan limitados que están obligados a depender de la fuente más barata de calorías que puedan obtener; y como estos pueblos van creciendo cada día más no se debe subestimar el papel que tiene la yuca en aliviar el hambre. En otras regiones, a medida que aumentan los ingresos, el consumo total de yuca por persona probablemente disminuirá un poco, con un cambio del consumo de la yuca seca hacia el producto fresco. Serán necesarios cambios en la política gubernamental que favorezcan el uso de la yuca como sustituto de la harina de trigo, para incrementar la demanda de harina yuca de alta calidad para su uso en las panaderías.

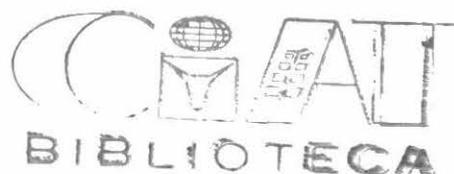
El uso de la yuca seca en las raciones para la alimentación animal tiene un potencial de crecimiento muy grande, especialmente en los países en desarrollo. La adopción de prácticas agronómicas mejoradas y de variedades de alto rendimiento podrían reducir los costos a un nivel donde la yuca pueda competir con los granos cereales tanto importados como producidos localmente. En el primer caso se podrían ahorrar divisas y estimular a la industria local, mientras que en el segundo, se podría cultivar la yuca en las tierras no utilizadas para la producción de cereales, aliviando así los déficits de granos cereales. A pesar del énfasis en la producción del alcohol de yuca en el Brasil, donde las circunstancias económicas son un poco distintas a las de la mayoría de otras regiones, la tecnología de hoy no rinde ganancias muy positivas en energía neta. Sin embargo, las reducciones del costo de producción de alcohol anhidro harán más atractiva la producción de yuca, como una fuente de energía renovable.

### Agradecimientos

El autor agradece a los integrantes del Programa de Yuca del CIAT por poner a su disposición sus datos y por sus comentarios y sugerencias, a Susan Harris por la edición y la versión inglesa y a Rodrigo Ferrerosa por la edición de la versión española.

## Referencias y Notas

1. J.J. Parsons. Proceedings of an International Meeting, Caracas, Venezuela 20 to 22 February 1974; The Use of Ecological Guidelines for Development in the American Humid Tropics. (International Union for Conservation of nature and Natural Resources, 100 Morzes, Switzerland, 1975), trabajo No. 2.
2. W. O. Jones, Manioc in Africa (Stanford Univ. Press, Stanford, 1959).
3. I. H. Burkhill, *Agric. Ledger* 10, 123 (1904).
4. B. N. Okigbo, *Food Nutr. Bull.* 2 (No. 4), 1 (1980).
5. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Production Year Book (FAO, Rome, impreso preliminar de computador, 1981).
6. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Annual Report (CIAT, Cali, Colombia, 1979).
7. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Food Balance Sheets Average 1975-77 (FAO, Rome, 1980).
8. B. Nestel. Chronic Cyanide Toxicity. Proceedings of Interdisciplinary Workshop, London, England, 29-30 January 1973 (IDRC-010e, Ottawa, Canada, 1973).
9. A. M. Ermans, N. M. Mbulamoko, F. Delange, R. Ahluwalia, Role of Cassava in the Etiology of Endemic Goitre and Cretinism (IDRC-136e, International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 1980).
10. Naciones Unidas. A case study of selected issues with reference to Kerala (Publ. ST/ESA/29, Naciones Unidas, New York, 1975).
11. S. K. Kumar, Research Report No. 5 (International Food Policy Research Institute, Washington, D.C., 1979).
12. W. O. Jones, Cassava in Indonesia. Preliminary Observations (1978), Informe mimeo.
13. J. Goering, World Bank Staff Working Paper 324 (Banco Mundial, Washington, D.C., 1979).
14. T. T. Poleman, *Food Res. Inst.* 2, 121 (1961)
15. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, Estudo Nacional de Despesa Familiar-Endef Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, 1978).
16. C. A. De Vries, J. D. Ferweda, M. Flach, *Neth. J. Agric. Sci.* 15, 241 (1967).
17. J. H. Cock, D. Franklin, G. Sandoval, P. Juri, *Crop Sci.* 19 (No. 2), 271 (1979).
18. J. H. Cock, en: Proceedings of the Crop Productivity Symposium (International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines), en impresión.
19. International Rice Research Institute. Proceedings of the Crop Productivity Symposium (International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines), en impresión.
20. J. H. Cock y R. Howeler, en *Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions* (American Society of Agronomy, Madison, Wisc., 1978), pp. 145-154.
21. C.J. Asher, D.G. Edwards, R. Howeler, Nutritional Disorders of Cassava (Department of Agriculture, University of Queensland, St. Lucia, 1980).
22. D. G. Edwards, C. J. Asher, G. L. Wilson, Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Cali, Colombia, 1976. (International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 1977), pp. 124-130.
23. International Center for Tropical Agriculture, Annual Report (CIAT, Cali, Colombia, 1980).
24. D.J. Connor, J. H. Cock, G. Parra, *Field Crops Res.* 4, 181 (1981).
25. D. J. Connor and J. H. Cock, *ibid.*, p. 285.
26. D. J. Connor and J. Palta, *ibid.*, p. 297.
27. S. L. de Oliveira, M. M. Macedo, M. C. M. Porto. "Efeito do deficit na agua na produção de raízes de mandioca." Informe del Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia, Brasil (1981).
28. J. C. Lozano, D. Byrne, A. Bellotti, *Trop. Pest Manage.* 26 (No. 2), 180 (1980).
29. S. K. Hahn, E. R. Terry, K. Leuschner, T. P. Singh, *Tropical Root Crops: Research Strategies for the 1980's* (IDRC-163e, International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 1981), pp. 25-28.
30. K. Kawano, C. Tiraporn, S. Tongsrri, Y. Kano, *Crop. Sci.*, in press.
31. S. K. Hahn, E. R. Terry, K. Leuschner, I.O. Akobunda, C. Okali, R. Lal, *Field Crops Res.* 2, 1963 (1979).
32. R. O. Díaz, P. Pinstrup-Andersen, R. D. Estrada, Costs and Use of Inputs in Cassava Production in Colombia: A Brief Description (CIAT, Cali, Colombia, 1975).
33. H. Luzuriaga, Publicación Miscelánea No. 33 (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias Departamento de Economía, Quito, Ecuador, 1976).
34. W. N. Ezelio, J. C. Flinn, L. B. Williams, Cassava Producers and Cassava Production in the East Central State of Nigeria (National Accelerated Food Production Project, Ibadan, Nigeria, 1975).
35. T. P. Phillips, Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (IDRC-080e, International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 1977), pp. 228-231
36. J. C. Lozano, L. C. Toro, A. Castro, A. C. Bellotti. Production of Cassava Planting Material. (CIAT Series GE-17, Cali, Colombia, 1977).
37. A. Bellotti and B. Arias. Proceedings of Cassava Protection Workshop (CIAT Series CE-14, Cali, Colombia, 1978), pp. 227-232.
38. R. A. Moreno, en: *Intercropping with Cassava* (IDRC-142e, International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 1979), p., 113-127.
39. E. Weber, B. Nestel, M. Campbell, en *ibid.*, p. 144.
40. J. C. Toro, *Field Crops Res.*, 2, 291 (1979).
41. National Academy of Sciences. Supporting Paper to the World Food and Nutrition Study (National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1977), vol. 5, p. 52.
42. A. Rodríguez, personal communication.
43. J. C. Lozano, J. H. Cock, J. Castaño, en Proceedings of Cassava Protection Workshop (CIAT Series CE-14, Cali, Colombia, 1978), pp. 135-141.
44. J. Lynam and D. Pachico. Cassava Production, Marketing and Demand in Latin America Internal Program Review (CIAT, Cali, Colombia, 1981).
45. D. A. V. Dendy, R. Kasasian, A. Bent, P. A. Clarke, A. W. James. Report G-89 of the Tropical Products Institute (Tropical Products Institute, London, 1977).
46. J. G. da Silva, G. E. Serra, J.R. Moreira, J.C. Concalves, J. Goldemberg, *Science* 201, 903 (1978).
47. T. Brekelbaum, J. C. Toro, V. Izquierdo, *Memorias 1o. Simposio sobre Alcohol Carburante* (CIAT, Cali, Colombia, 1980).
48. T. P. Phillips. Cassava Harvesting and Processing (IDRC-114e, International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 1978), pp. 66-74.
49. D. E. Leihner. *Entwicklung und Ländlicher Raum* 1 (January-February), 18 (1981).
50. F. F. Hartline, *Science* 206, 41 (1979).
51. J. K. Lynam, J. C. Toro, E. Celis, R. O. Díaz. Datos sin publicar.



El CIAT es una institución sin ánimo de lucro, dedicada al desarrollo agrícola y económico de las zonas tropicales bajas. Su sede principal se encuentra en un terreno de 522 hectáreas, cercano a Cali, Colombia. Dicho terreno es propiedad del gobierno colombiano, el cual, en su calidad de anfitrión, brinda apoyo a las actividades del CIAT. Este dispone, igualmente, de dos subestaciones propiedad de la Fundación para la Educación Superior (FES): Quilichao, con una extensión de 184 hectáreas, y Popayán, con 73 hectáreas, y de una subestación de 30 hectáreas—CIAT-Santa Rosa— ubicada en terrenos cedidos por la Federación de Arroceros de Colombia (FEDEARROZ), cerca a Villavicencio. Junto con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el CIAT administra el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Carimagua, de 22,000 hectáreas, en los Llanos Orientales y colabora con el mismo ICA en varias de sus otras estaciones experimentales en Colombia. El CIAT también lleva a cabo investigaciones en varias sedes de instituciones agrícolas nacionales en otros países de América Latina. Los programas del CIAT son financiados por un grupo de donantes que en su mayoría pertenecen al Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). Durante 1984 tales donantes son los gobiernos de Australia, Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos de América, Francia, Holanda, Italia, Japón, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania, Suecia y Suiza; la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ); el Banco Interamericano de Desarrollo (BID); el Banco Mundial; el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID); la Comunidad Económica Europea (CEE); el Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (IFAD); el Fondo de la OPEP para el Desarrollo Internacional; la Fundación Ford; la Fundación Rockefeller; la Fundación W. K. Kellogg; la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan, necesariamente, el punto de vista de las entidades mencionadas anteriormente.