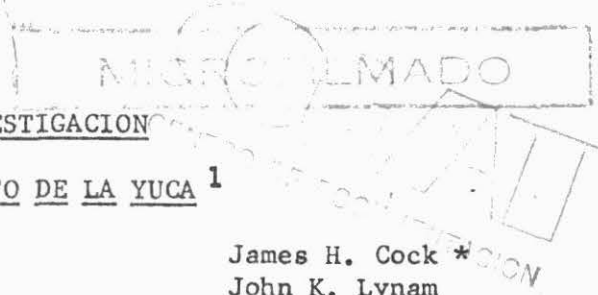


13 228

Exp.



POTENCIAL FUTURO E INVESTIGACION

NECESARIA PARA EL INCREMENTO DE LA YUCA<sup>1</sup>

13228

James H. Cock \*  
John K. Lynam

Introducción

A pesar del éxito logrado con las nuevas variedades enanas de trigo y arroz en los países en desarrollo a mediados de 1960, existe todavía pesimismo sobre la posibilidad de autoabastecimiento en el mundo especialmente en los países subdesarrollados. La producción de alimentos se incrementó a una tasa de 2 a 3 por ciento por año, en el período comprendido entre 1961-1965 (Wortman 1976), sin embargo, la producción per cápita de alimentos en los países en desarrollo ha disminuído anualmente de 0.7 % en los años 60, a 0.3 % de 1970 a 1976 (FAO 1977). Las tasas de crecimiento en producción per cápita de cereales disminuyó de 1.1 a 0.4 % en el mismo período, a pesar de que los años 70 fueron el período de mayor expansión en el área sembrada de variedades enanas de arroz y trigo (FAO 1977 Dairymple 1978), dado un incremento sustancial en los ingresos per cápita de los países en vía de desarrollo, la producción de alimentos, no ha podido mantener una demanda efectiva resultando en un 86% de aumento en importaciones de grano dentro de mercados de los países subdesarrollados en el período 1970-1976 (IFPRI 1977).

Aunque la producción agrícola de los países desarrollados ha servido como un amortiguador en los períodos en los cuales la producción de alimentos en los países en vía de desarrollo ha disminuído, el balance en las restricciones de pago, las fallas en los sistemas de distribución de alimentos y las conveniencias económicas y políticas para llegar a ser autosuficientes en la producción de alimentos, ha movido a los países en desarrollo a buscar sus propias formas de satisfacer la demanda. Sin embargo, la habilidad del mundo en desarrollo para alcanzar esta meta, no solamente ha sido insuficiente, sino que, está encarando un mayor número de problemas. La relación tierra/mano de obra, continúa en incremento y la habilidad de los países subdesarrollados para absorber productivamente más mano de obra en el sector agrícola, está llegando a ser limitada; esto se debe a la escasez de tierras cultivables en la mayoría de los países del Asia y del cercano oriente; a las restricciones institucionales en América Latina y a las restricciones tecnológicas en el Africa.

Incrementar la productividad de la tierra especialmente en las áreas de alta precipitación parece ser esencial para generar mayor producción de alimentos. Incrementar la productividad de la mano de obra

\* Fisiólogo Lider, y Economista del Programa de Yuca del CIAT, respectivamente.

1 Traducido de: Cassava: Future Potential and development needs. Programa de Yuca, CIAT 1980.

es crítica por razones de tipo social; sin embargo, alta producción y sobrantes agrícolas, se ven cada vez más reducidos por el incremento en los precios de los insumos agrícolas especialmente aquellos que dependen del petróleo para su manufacturación; por lo tanto, altas producciones deben provenir de un muy eficiente uso de fertilizantes especialmente nitrogenados y herbicidas, insecticidas y fungicidas cuya base es el petróleo.

Como consecuencia del éxito de las variedades enanas, la agricultura se ha encargado de algo más que satisfacer el abastecimiento de alimentos en el mundo. El desarrollo agrícola ha tomado en consideración la distribución equitativa como parte de sus objetivos de crecimiento. Estas metas que sirvieron de base de la revolución verde fueron una respuesta a las siguientes evidencias empíricas: Dentro de los 1.9 billones de personas en los países subdesarrollados, 700 millones vivían al borde de la pobreza, 480 a 500 millones sufrían un severo grado de desnutrición proteica/energética y 300 millones estaban sin empleo o subempleados (SCHUH 1978). Una muy alta proporción de los problemas de pobreza tenían sus raíces en el sector agrícola; por lo tanto, el énfasis fue puesto en el papel que la agricultura podría jugar para aliviar este tipo de problemas.

El sector agrícola en los países subdesarrollados se enfrenta a las siguientes tareas:

1. Para satisfacer las demandas de mercado, la producción de alimentos debe incrementar de 3 a 4.2% por año (IFPRI 1977).
2. Para satisfacer las mínimas necesidades nutricionales del total de la población, la producción de alimentos, debería incrementarse a una tasa que varía entre 5.4 a 6.3% por año (IFPRI 1977).
3. Para lograr un verdadero efecto en el empleo rural y mejorar el nivel de vida de la mayoría de la población rural, la mayor proporción de este incremento debería provenir de áreas irrigadas y una gran proporción del sector de pequeñas fincas tendrán que tener acceso a las actividades que producen altos ingresos.
4. Este incremento en la producción de alimentos debe venir principalmente de las áreas con alta precipitación. Debe estar basado principalmente en incrementos de rendimiento y eficiencia en el uso de áreas marginales y requerirá un uso muy eficiente de los escasos recursos agrícolas disponibles. Si los objetivos de crecimiento agrícola y distribución equitativa en los países en vía de desarrollo deben cumplirse, es definitivo desarrollar nuevas tecnologías para los trópicos.

Los planificadores nacionales y administradores de programas internacionales de agricultura han puesto su mayor interés en la generación de tecnologías para la producción de cereales como una primera estrategia para incrementar la producción de alimentos (por ejemplo: Wotman y Cumming 1978, IFPRI 1978), basados en la importancia actual de los cereales en los presupuestos nacionales de alimentos. Esto parecería ser una buena estrategia; sin embargo, esta política ha desviado el interés a favor de los cereales como la solución única, en vez de ser tratada como una solución potencial dentro de muchas otras. Así por ejemplo,

los gastos de investigación en porcentaje del valor total de la producción en Asia en 1975 fue 0.12% para arroz, 0.8% para sorgo, 0.23% para frijol, 0.12% para maíz, mientras que, para raíces y tubérculos fue 0.03%, el porcentaje más bajo para cualquier producto excepto banano (Evenson 1978). El aporte del CGIAR para la investigación en yuca en 1978, es solamente el 2% del total del presupuesto para investigaciones, mientras que el 5% de las calorías consumidas en los países con deficiencia de alimentos provienen de la yuca (CGIAR 1977). La preferencia en la localización de los recursos de investigación agrícola, han enfocado las políticas de alimentos principalmente hacia expandir el cultivo de los principales cereales. Dadas las necesidades actuales en el desarrollo agrícola y como se mencionó anteriormente, una política estrictamente favorable para los cereales es muy estrecha especialmente si se compara con el potencial sustancial de los cultivos de raíces y tubérculos; este documento tratará de remarcar el potencial de la yuca en el desarrollo agrícola de los trópicos y necesidades para desarrollar este potencial.

### Producción potencial de la yuca y desarrollo de necesidades

#### Situación actual y potencial:

Phillips (1974) estimó que para 1980 la yuca proveería aproximadamente 37, 12 y 7% del consumo de calorías en las áreas tropicales del Africa, América y Asia, respectivamente. La mayor parte de esta producción de yuca proviene en los suelos agrícolas más marginales con prácticamente ninguna aplicación de fertilizantes o insecticidas. Muchas de estas áreas de producción tienen períodos prolongados de sequía, por ejemplo, hasta 6 meses en el noroeste del Brasil y todavía la irrigación se usa muy esporádicamente. Sin embargo, los rendimientos promedio en el mundo están cerca de las 10 toneladas por hectárea por año, que si se convierten a materia seca con un porcentaje del 14% de humedad son del orden de las 4 ton/ha. por año. Estas figuras se comparan muy favorablemente con los rendimientos de granos de las áreas no irrigadas y con una prolongada estación de sequía, porque solamente se puede producir una cosecha de cereales por año en las áreas de mejores suelos, utilizando insumos tales como, insecticidas, fertilizantes y fungicidas. Como la yuca ha recibido muy poca atención de los científicos, estos rendimientos actuales han sido obtenidos usando variedades locales y prácticas agronómicas tradicionales, y los rendimientos actuales están muy por debajo del potencial que el cultivo pueda tener.

El rendimiento potencial de la yuca bajo condiciones agronómicas excelentes es tremendo. De Vries et al (1967), Coursey y Haynes (1970) compararon diferentes cultivos y vieron que la yuca era potencialmente uno de los cultivos más eficientes como productores de carbohidratos dentro de los cultivos alimenticios. Datos recientes del CIAT han mostrado que se pueden obtener rendimientos hasta de 28 ton. de materia seca por ha/año, en campos experimentales bajo condiciones de moderados niveles de radiación, pero con buena distribución de lluvias y alta fertilización (CIAT 1978). Cock (1974), Cock et al (1979), han sugerido que bajo condiciones similares se puede esperar un rendimiento máximo de aproximadamente 30 ton/ha/año de materia seca.

Estas predicciones de rendimiento, son basados en condiciones cerca a los ideales para el crecimiento de la planta de yuca, sin embargo, el potencial para expandir el cultivo parece estar más hacia las áreas marginales para la agricultura.

Las mejores áreas de producción agrícola tienden a especializarse en productos de mayor valor, por ejemplo, productos exportables y granos, los cuales tienen una historia más larga en investigación para incrementar rendimientos, mercados bien desarrollados y generalmente una política gubernamental de precios bien articulada. La yuca, como una regla general no es tan rentable en esas áreas y generalmente conlleva mayores riesgos en el mercadeo. La ventaja comparativa de la yuca por lo tanto, está en las áreas marginales donde debido a una mejor adaptación a condiciones extremas comparada con otros cultivos alternativos, la yuca llega a ser uno de los más rentables; la yuca tiene la ventaja potencial de producir calorías más baratas en áreas marginales improductivas, debido al bajo precio de las tierras y a su mejor adaptación a las condiciones ambientales extremas y a su bajo costo de producción por unidad de producto.

Edward (1976) concluyó que "muchos de los aspectos que podrían estar asociados con la adaptación de la yuca a las áreas de baja fertilidad y alta acidez, ya han sido identificados". En CIAT-Quilichao, lugar que tiene una buena distribución de lluvias, pero un pH de 4.2 y baja fertilidad se obtuvieron 27 ton/ha. aplicando solamente 0.5 ton/ha de cal sin fertilización ni uso de fungicidas o insecticidas excepto los que usaron en el tratamiento de las estacas con un costo de 4 dólares por ha; y 52 ton/ha de raíces frescas cuando se aplicó 1 ton/ha de 10.20.20. (Toro, comunicación personal, CIAT 1978). Estos datos sugieren que la yuca se adapta bien para producir carbohidratos en las áreas de suelos infértiles y ácidos de los trópicos. Estos suelos existen en una extensión de 760,650 y 250 millones de hectáreas en América tropical, África y Asia respectivamente y aproximadamente la mitad está disponible para la producción de cultivos o pastos (1976). Aparte del incremento en rendimiento de las áreas donde la yuca se siembra actualmente hay, un gran potencial para incrementar el cultivo en las áreas marginales. Sin embargo, los rendimientos no están restringidos solamente por condiciones de baja fertilidad del suelo, sino también por la disponibilidad del agua, las pérdidas causadas por las malezas los insectos y las enfermedades. La yuca no tiene un período crítico como es por ejemplo, el período de floración en los cereales y su ciclo vegetativo es largo; estos factores favorecen la planta de yuca para resistir períodos de stress y recuperarse fácilmente cuando el stress ha sido causado por insectos, por enfermedades o por deficiencia de agua. El período más crítico es el establecimiento donde la falta de agua, o un severo ataque de insectos, o la competencia de malezas pueden reducir bastante los rendimientos. (Piedrahita 1976).

Aunque la yuca se recupera fácilmente después de un ataque de enfermedades o de insectos, una presión continua de estos tienden a reducir los rendimientos (Codk 1978). Sin embargo, por ser la yuca un cultivo de ciclo vegetativa largo y reproducirse vegetativamente, ha desarrollado clones locales con una alta resistencia de campo a las enfermedades e insectos prevalentes en el área bajo cultivo (Lozano *et al*). Esto conlleva a mantener una relativa estabilidad de rendimientos para las variedades locales, pero también significa que debe tenerse mucho



cuidado cuando se introducen nuevas variedades, para asegurar que éstas tienen una adecuada tolerancia a las enfermedades e insectos. El mantenimiento de un alto nivel de resistencia de campo en las nuevas variedades implica un bajo uso de insecticidas para maximizar los rendimientos en yuca.

El manejo de cultivo es crítico, observaciones recientes en la costa norte de Colombia, en una área marginal, han mostrado que cuando los agricultores usan sus variedades locales, pero mejorando sus prácticas culturales, pueden incrementar los rendimientos de 7.1 ton/ha a 12.1 ton/ha con un mínimo de insumos adicionales (4 US\$/ha) (Lynan 1979). El potencial de la combinación de éstas prácticas mejoradas con la selección de variedades provenientes de un programa de mejoramiento parece ser enorme.

En resumen, la yuca tiene el potencial de producir altos rendimientos en calorías a bajo costo en condiciones relativamente marginales de producción con un mínimo de incremento en insumos. Por lo tanto, puede ser una buena solución para el desarrollo agrícola de los países tropicales como se dijo al principio de esta sección. Cuáles son por lo tanto los estimativos reales del potencial del cultivo?. Tomándonos la libertad de especular podríamos estimar que los siguientes niveles de producción son posibles sin cambios muy drásticos en los métodos de producción: Bajo condiciones de alta fertilidad con períodos no muy pronunciados de sequía, pueden ser posibles las producciones comerciales de yuca fresca de más de 35 ton/ha/año; bajo condiciones de moderada fertilidad y hasta 4 meses de períodos secos, rendimientos de alrededor 25-30 ton/ha y en las condiciones de suelos ácidos e infértiles 25-30 ton/ha, pueden ser alcanzadas sino existe un período de sequía, pero con tres a cuatro meses de sequía los rendimientos podrían ser de 15 a 25 ton/ha (Tabla 1). Estos estimativos asumen cierto mínimo de prácticas culturales y una moderada dosis de fertilización en los suelos ácidos. Qué se requiere entonces para alcanzar estos niveles de rendimiento? La forma de alcanzar estos niveles potenciales de producción se detallan en la siguiente Sección.

#### Punto de vista de la investigación

##### a. Política general

Si los suelos pobres, generalmente con períodos de lluvias erráticos, se usaran para la producción de yuca, sin ser modificados con aditivos costosos, las variedades y la tecnología generada debería ser adaptada a estas condiciones. Además es antieconómico basar el control de enfermedades, insectos y malezas en el uso continuado de productos químicos costosos; por lo tanto, la tecnología y las variedades deben ser desarrolladas de tal manera que por sí solas puedan actuar bajo estas condiciones de stress. Es claro que se podrían desarrollar fácilmente variedades de alto rendimiento para ser usadas con irrigación y altos niveles de fertilización y desarrollar una tecnología para el control de malezas, insectos y enfermedades basadas en la aplicación de

productos químicos; esto es más fácil que desarrollar variedades que se adapten, especialmente para dar altos rendimientos, bajo condiciones subóptimas.

Una tecnología basada en el uso mínimo de insumos implica una inversión más fuerte en investigación debido a la complejidad del desarrollo de una tecnología adaptada. Parece paradójico hablar por una parte de altas inversiones en investigación y por la otra de la producción de tecnología barata, sin embargo, una tecnología de bajo costo y altos rendimientos, es reconocida como la clave para lograr el potencial de producción de yuca. Desde el punto de vista social es mucho más eficiente invertir en investigación que en un amplio uso de insumos, particularmente para un cultivo que tiene poca historia en investigación aplicada y un alto potencial de rendimiento sobre los niveles corrientes de producción.

El retorno potencial de la inversión hecha en la investigación agrícola ha mostrado ser siempre muy alto. Arndt y Ruttan (1977) presentan niveles de retorno a la inversión en investigación agrícola para 32 casos estudiados; el promedio de retorno fue de 46%. Scobie y Posada (1977), mostraron que en el caso del arroz en Colombia, la tasa de retorno interna en la investigación fue de 94%. Dado el hecho de la poca investigación aplicada en la yuca se espera una tasa de retorno muy alta. En algunos cultivos, una alta proporción del costo de la investigación, está asumido por el sector privado. En Estados Unidos el 50% de la investigación en alimentación y nutrición proviene del sector privado (NAS-NRC 1978). Gran parte de la investigación en la palma de aceite hecha en Malasya, ha sido realizada por compañías muy grandes de exportación que también controlan una considerable cantidad de plantaciones; estas compañías son suficientemente grandes y controlan volúmenes tan grandes de producción que pueden obtener buen retorno de las inversiones sustanciales en investigación orientada hacia la producción. La yuca es generalmente sembrada por pequeños agricultores y con excepción de Tailandia, no es un cultivo de exportación, por lo tanto, parece imposible que el sector privado financie la investigación en yuca, en la misma forma que ha pasado con muchos otros cultivos de exportación, como por ejemplo la palma aceitera.

Los nuevos híbridos de sorgo y maíz para los trópicos han sido desarrollados por las compañías privadas obteniéndose un beneficio económico muy alto en las semillas que no se siembran en los años siguientes. El retorno a la inversión en la investigación está garantizado como un resultado de ventas continuas de nuevas semillas de la misma variedad por varios años siguientes. En el caso de la yuca los agricultores producen su propia semilla y cuando cambian de variedad, solamente requieren una pequeña cantidad que ellos pueden multiplicar; hay algunos incentivos para que las agencias privadas desarrollen nuevas variedades de yuca y formen una industria de producción de semilla.

El sector privado ha estado también muy involucrado en el desarrollo de productos químicos para el uso en la agricultura. Si la yuca debe ser producida con una mínima cantidad de insumos como se sugirió en la primera parte de este artículo, es poco probable que el sector privado vaya a percibir una suficiente cantidad de mercado potencial para sus productos, de tal manera que se involucren específicamente en

yuca. Cuando la yuca sea producida en una forma más comercial los fertilizantes y los herbicidas son los dos insumos en la producción que pueden tener un mercado potencial. Nuevamente esto requerirá poca investigación específica pero sí una alta inversión en mercadeo. Sin embargo, es la opinión de los autores, que el sector privado debe involucrarse en estas dos áreas de desarrollo: Fertilizantes y herbicidas. La yuca se siembra hasta el momento con una mínima aplicación de fertilizante y ha mostrado tener un bajo requerimiento de nutrimentos (Edwards et al 1976, Cock y Howeler 1979). Sin embargo, los rendimientos se incrementan sustancialmente con la aplicación de fertilizantes en los suelos infértiles y ácidos de los trópicos (CIAT 1975, 76, 77, 78) y por lo tanto, hay una posibilidad de incrementar el uso de los fertilizantes. Adicionalmente se cree que la yuca tiende a acabar con los nutrimentos del suelo; esta creencia se basa en el hecho de que la yuca es frecuentemente cultivada como el último cultivo en una rotación de suelos que ya han sido agotados, sin embargo, este es uno de los pocos cultivos que pueden producir en tales condiciones. Si la yuca va a ser producida continuamente en estos suelos agotados, se deben aplicar fertilizantes probablemente no a un nivel muy elevado. Estas observaciones indican que puede despertarse algún interés en investigar y desarrollar fertilizantes para yuca.

El control de las malezas es una de las actividades que consume una mayor cantidad de mano de obra en el cultivo de la yuca (Díaz Anderson 1977) y es probable que el área sembrada se haya visto limitada en muchas zonas por la insuficiente oferta de mano de obra durante los períodos de desyerbas. El uso de herbicidas puede ser aplicado para resolver este problema; por lo tanto, podría ser de interés para las empresas privadas, desarrollar herbicidas apropiados para el cultivo de la yuca.

El mayor esfuerzo en la investigación de yuca debe ser sin embargo, financiado por el sector público. Trataremos ahora de describir las áreas de investigación más importantes enfatizando cómo las agencias nacionales e internacionales se pueden dividir la responsabilidad de este trabajo. Dos Centros internacionales CIAT e IITA, están involucrados en programas intensivos de investigación en Yuca. CIAT se concentra en problemas relacionados con la producción en las Américas y Asia e IITA en el Africa. Los dos centros internacionales trabajan unidos para desarrollar variedades mejoradas y prácticas agronómicas sencillas para incrementar la productividad de la yuca. El trabajo de estas dos instituciones no niega desde ningún punto de vista la necesidad de hacer esfuerzos de investigación en las instituciones nacionales, dado el hecho de que la tecnología desarrollada en estos dos centros no debería ser aplicable directamente en el campo de los agricultores. Los centros internacionales desarrollarán germoplasma mejorado y prácticas agronómicas en términos generales y éstas deben ser adaptadas y validadas bajo las condiciones locales por las agencias nacionales.

#### b. Areas de investigación

Suponiendo que la principal estrategia de investigación debe concentrarse en el desarrollo de tecnologías adaptadas a las áreas margi-

nales y que bajo estas condiciones el riesgo debe ser minimizado para lograr un adecuado retorno a la inversión, la tecnología debe basarse en un nivel mínimo de insumos; además, si la investigación debe ser realizada por el sector público, el siguiente paso lógico es definir las áreas específicas donde la investigación haría el mayor impacto potencial. Nosotros consideramos las siguientes 4 áreas como las más importantes para poder alcanzar los objetivos señalados anteriormente.

### Desarrollo varietal

Las oportunidades para mejorar la productividad de la yuca son numerosas; sin embargo, dadas las restricciones en el diseño tecnológico para las condiciones subóptimas una opción que puede ser muy apropiada es el mejoramiento de la planta. Una variedad que sea resistente a todas las enfermedades e insectos, que tenga alto potencial de rendimiento bajo condiciones de stress combinadas con baja fertilización y requerimiento de agua podría ser la forma más simple de mejorar la tecnología; sin embargo, el progreso en el mejoramiento genético, es generalmente inversamente proporcional al número de objetivos del programa. Por lo tanto, los objetivos deberían ser cuidadosamente seleccionados de acuerdo con lo que se considere que daría una mejor contribución al incremento de la producción nacional. Se espera que los centros internacionales produzcan variedades altamente rendidoras y resistentes al mayor número de enfermedades e insectos. Estas líneas podrían entregarse para su uso directamente como variedades a los agricultores después de haber sido probadas bajo las condiciones locales; sin embargo, también podrían ser usadas como padres en programas nacionales donde se tengan requerimientos locales que puedan ser añadidos. Adicionalmente se espera que a medida que las agencias nacionales produzcan nuevos clones, estos podrían ser intercambiados. Por ejemplo, una línea brasileña que se envió a Cuba, está actualmente en observación bajo una prueba regional y las líneas más cultivadas en Tailandia fueron probablemente obtenidas de Malasya hace algunos años. Se prevé por lo tanto, que en el futuro una red de programas de producción de variedades mejoradas a nivel nacional e internacional podrían intercambiar líneas promisorias. Esto es ahora mucho más factible que hace algunos años, porque con la técnica de cultivos de meristemas se puede intercambiar germoplasma en una forma mucho más segura desde el punto de vista de la cuarentena, de lo que es el intercambio de estacas por los sistemas tradicionales.

### Manejo de plagas

La incidencia y la severidad de las enfermedades y de los ataques varía enormemente de una región a otra. La yuca es tradicionalmente considerada como una planta altamente tolerante a las enfermedades y los insectos, sin embargo, cuando las áreas de producción se expandan fuera de las áreas tradicionales y los métodos de cultivo se vuelvan más intensivos, las enfermedades y los insectos podrán atacar más seve-



ramente. Por lo tanto, se deben desarrollar sistemas de control de plagas adecuados. Como un resultado del taller de trabajo en protección de la yuca, Thurston (1978), concluyó que los sistemas de control integrado de plagas en la yuca deberían enfatizar la combinación de tres tácticas fundamentales:

- A. Resistencia varietal
- B. Control biológico
- C. Control cultural.

El uso de pesticidas químicos y formas similares de control, deberían tenerse en cuenta únicamente como medidas suplementarias con las enunciadas anteriormente. Debe anotarse que este no es el caso de las malezas. El uso de herbicidas debería estar integrado con otras medidas de control en el momento en que sean requeridos. Adicionalmente los autores sugieren que se logre que dada la variabilidad regional en el daño causado por las pestes, la solución final depende de que se logre una resistencia a través del mejoramiento genético y de técnicas de control adecuadas para condiciones ambientales locales.

### Prácticas agronómicas

Experimentos recientes del segundo autor sugieren que los pequeños agricultores que están bajo condiciones agronómicas y socioeconómicas muy desfavorables en el norte de Colombia, podrían incrementar sus rendimientos en un 70% a través del uso de simples prácticas agronómicas mejoradas que requieren cantidades muy limitadas de insumos (CIAT 1978-1979), es también interesante notar que en Kerala, India, los promedios de rendimiento en los suelos ácidos e infértiles del área están entre los más altos del Asia y esto es probablemente debido a las buenas prácticas agronómicas desarrolladas en muchos años de investigación en el Instituto Central de Investigación de Tubérculos. Aunque ciertos principios básicos pueden ser aplicados en todo el mundo como una buena práctica agronómica, los detalles específicos son de carácter local. Por ejemplo, la investigación agronómica de factores tales como fertilización, población, control de malezas, períodos de siembra, cosecha y rotación de cultivos, ofrecen tremendas oportunidades de desarrollo de sistemas agrícolas capaces de incrementar la producción de yuca en diferentes áreas. El desarrollo de estos sistemas individuales tiene que ser hecho por las instituciones nacionales o las agencias locales.

### Cultivos múltiples

Los autores estiman que el 40% de la producción mundial de yuca se hace en asociación con otros cultivos, sin embargo, hasta el presente, solamente una proporción muy pequeña del presupuesto de investigación para yuca se ha gastado para cultivos múltiples. Yuca es una planta ideal para ser intercalada con cultivos de corto ciclo, dado el lento desarrollo inicial y la capacidad de recuperación tardía que tiene el cultivo.

Las posibles ventajas de hacer cultivos múltiples desde el punto de vista agronómico son varias. La incidencia de enfermedades e insectos tiende a declinar, el control de malezas no necesita ser tan intensivo y la fertilización puede mantenerse con el uso de leguminosas. Desde el punto de vista económico la producción de yuca tiene el problema del largo período entre la siembra y la cosecha; al intercalar la yuca con cultivos que sean de ciclo corto, los agricultores podrían obtener otros ingresos adicionales a corto plazo resolviendo en algún grado el problema de flujo de fondos. Además las leguminosas pueden producir proteínas compensando así el bajo contenido proteico de la yuca, especialmente en sistemas de subsistencia. Es de esperarse que los sistemas tradicionales de cultivos múltiples puedan ser mejorados en términos de productividad.

### Requerimientos de transferencia de tecnologías

No solamente es necesario desarrollar una tecnología más productiva; también es necesario asegurar que esta sea adoptada por los agricultores. Para que lo anterior ocurra los agricultores deben conocer la nueva tecnología y tener acceso a los insumos requeridos. La nueva tecnología desarrollada (resultado del tipo de investigación que hemos enunciado en la sección previa) estará basada en variedades mejoradas, prácticas agronómicas mejoradas, control de pestes integrada y un sistema mejorado de control de malezas. Además en algunas áreas, podrían usarse cultivos múltiples en vez de monocultivos. Bunting (1979) enunció que "cuando una innovación es rentable, practicable y llena las necesidades y las posibilidades de los productores, ésta se distribuye con poco o con ningún esfuerzo de comunicación oficial". Esta conclusión ha sido aplicable solamente en la adopción de nuevos cultivos, especialmente aquellos que producen altos ingresos y en algunas circunstancias en la adopción de nuevas variedades. Bunting (1979) llega a reconocer así que "la extensión será necesaria donde tienen que enseñarse nuevos y efectivos procedimientos o técnicas". La extensión, por lo tanto, es necesaria cuando las nuevas tecnologías están basadas en mejorar el manejo de las fincas y sería mucho más efectivo donde la tecnología es relativamente simple y apropiada para los problemas socioeconómicos y agronómicos que los agricultores tienen que encarar.

En el caso de la tecnología mejorada de la yuca, las nuevas variedades serán un componente principal: en general, estas se distribuirán fácilmente dado que, los cultivadores comerciales de yuca generalmente siembran un número pequeño de variedades que mantienen bajo evaluación para un posible reemplazo de la variedad principal o para propósitos especializados. Aunque las nuevas variedades no necesitarán mucho trabajo de extensión para ser adoptadas, es importante anotar que esto se haría en una forma supremamente lenta, por las siguientes razones: La yuca tiende a ser cultivada en parcelas pequeñas y aisladas donde la comunicación entre los agricultores es muy poca. Los rendimientos de yuca son visibles al momento de la cosecha, por lo tanto, las oportunidades para observar el potencial de rendimiento de las nuevas líneas es minimizado. El ciclo del cultivo es largo y la tasa de multiplicación tradicional es muy baja; es poco probable que una industria de producción de semillas promueva y distribuya nuevas variedades. Por lo tanto, aunque la extensión podría no ser esencial para la distribución

de las nuevas variedades, aseguraría una más rápida adopción.

Como ha sido demostrado, la yuca responde a las prácticas mejoradas de manejo. Esta respuesta será mucho más grande cuando se utilicen variedades mejoradas. Por lo tanto, la extensión será necesaria para alcanzar niveles de rendimiento potencial máximo. Por lo tanto, el viejo adagio de que una buena tecnología se vende por sí misma es cierto hasta un determinado punto; en el caso de la yuca, parece ser para los autores, que existe otro factor particular que va en contra de este adagio. El soporte empírico está basado en la difusión de tecnología en zonas irrigadas, donde por naturaleza hay una alta concentración de población y en la cual la cooperación es un factor esencial. La yuca es generalmente cultivada en zonas muy pobres donde la comunicación entre los agricultores es muy limitada por la deficiencia de la infraestructura, especialmente en los sistemas nómadas de explotación; además la yuca es cultivada en áreas muy pequeñas, separadas o distribuidas, limitando la difusión de la tecnología por la observación de los campos. Todos estos factores ponen en evidencia la necesidad de los servicios de extensión si se quiere alcanzar el potencial de rendimiento de la nueva tecnología. Las compañías comerciales juegan un papel muy importante en estos programas de extensión proveyendo supervisión sin costo alguno de los métodos de producción utilizados con sus productos particulares que pueden ser semillas, fungicidas, herbicidas, insecticidas o fertilizantes. Como se ha dicho anteriormente, no se espera que las casas comerciales se interesen en el cultivo de la yuca. Esta conclusión se podría aplicar por el mismo hecho de la pobre infraestructura de las áreas productoras de yuca, la amplia diseminación de los productores y el bajo nivel de utilización de insumos por los agricultores; estos factores causarán costos de mercadeo de insumos muy altos que harán que el desarrollo de una red de distribución sea incosteable. El resultado de este análisis es que si los rendimientos de yuca se quieren incrementar, los programas iniciales de extensión deben ser realizados por el sector público. Una vez que la nueva tecnología haya sido probada se puede esperar una integración vertical agro-industrial que produzca yuca para la industria del almidón, alimentación animal o alcohol y ésta agro-industria daría los servicios de extensión a productores grandes; sin embargo, la extensión para los agricultores pequeños tendrá que seguir siendo realizada por el sector público. Por lo tanto, aunque la nueva tecnología esté basada particularmente en las nuevas variedades, con mínimo incremento en la compra de insumos y en muchos casos basada en un simple paquete tecnológico, la inversión del sector público en los programas de extensión y en la distribución de insumos será indispensable si se quiere obtener todo el potencial de la tecnología. En el caso de la semilla por ejemplo, es esencial la inversión en los procesos de multiplicación para producir rápidamente semilla básica. La semilla y los insumos requeridos deben ser proveídos por el sector público y necesitan ser subsidiados. Las facilidades para producir semilla son relativamente baratas (Cock, Wholey, Lozano y Toro 1974) y los precios para los agricultores podrían cubrir los costos de producción. Por ejemplo, los agricultores en Colombia pagan hasta cuatro dólares por 100 estacas de cultivares promisorios. En el caso de los insumos el precio a los agricultores debería reflejar los costos reales, de tal manera que la inversión en los canales de distribución de productos y los servicios de extensión se justifiquen en base al potencial de beneficio social. Estos beneficios se derivan del potencial de expansión en la utilización final de la yuca.

Veamos ahora en la siguiente sección un análisis del potencial de mercado para la yuca y la tecnología necesaria para desarrollar estos mercados.

### Utilización de la yuca: Potencial y desarrollo de necesidades

Statusquo y potencial: Existe una dualidad entre la nueva tecnología de producción de yuca y la expansión y diversificación de su mercado y de los productos derivados. Por una parte la expansión de la demanda es necesaria para absorber el incremento potencial causado por el uso de la nueva tecnología. Dado el hecho de que este incremento potencial puede ser bastante grande, los incrementos de la demanda debidos a la posible caída de los precios no sería suficiente para absorber la producción en una misma área. Por el otro lado para que la yuca pueda llegar a ser una alternativa de acuerdo a los precios del mercado, el precio de la yuca tiene que ser mucho más bajo que los precios actuales. Por lo tanto, una tecnología barata es un elemento necesario para hacer de la yuca un producto competitivo con la mayoría de los productos sustitutos en el mercado.

Cuáles son los principales usos que se le dá a la yuca actualmente? Cuáles son los mercados potenciales y el crecimiento de éste mercado, si la yuca pudiera servir como sustituto con un precio competitivo? Cuáles son los problemas técnicos (y por lo tanto, las áreas de investigación) para que la yuca pueda convertirse como un buen sustituto con las alternativas existentes?

Someramente haremos una revisión a esta "pregunta" aceptando implícitamente la hipótesis básica de que la investigación en la utilización de la yuca y la inversión en mercados alternativos son necesarios como un nuevo producto de la tecnología, para alcanzar todo el potencial y el beneficio social de este cultivo.

### Alimentación humana

Aparte del caso excepcional de Tailandia, la mayoría de los países del mundo que producen yuca la utilizan como alimento humano. Además la mayor parte de la yuca producida es consumida en las áreas rurales, dentro o muy cerca de los centros de producción. La ventaja de la yuca como un cultivo de subsistencia, ha sido bastante bien documentada, especialmente por el hecho de la alta producción de calorías por unidad de área o por la mano de obra dedicada al cultivo, los rendimientos más o menos estables y el largo período de cosecha potencial.

El consumo de la yuca es mucho más alto en las áreas rurales cerca a los sitios de producción que en las áreas urbanas y por lo tanto, la tendencia del consumo en las áreas urbanas será como un producto procesado. En Brasil, por ejemplo, el promedio per cápita de consumo de yuca fresca es de 24.7 kgs. en las áreas rurales y solamente 3 kgs. en las áreas urbanas, mientras que el consumo de harina de yuca es de



38.3 kgs. en las áreas rurales y de 11.6 kg. en las áreas urbanas (Fundación Getulio Vargas, 1970). La yuca fresca es altamente perecible y muy voluminosa para su transporte, esto hace que el margen del precio sea un 75 a 100% por encima del precio a nivel de la finca. Adicionalmente cuando la yuca llega a los mercados urbanos generalmente ha iniciado un proceso de deterioración lo que fuerza a los consumidores a adquirir un producto de baja calidad y a consumirlo inmediatamente o a almacenarlo, lo cual solamente es posible en espacios refrigerados. Además el alto contenido de almidón en la yuca está asociado con una mejor calidad, pero también con un período de vida mucho más corto; como resultado, los productores para mercados urbanos tienden a seleccionar variedades que tengan un bajo contenido de almidón y por lo tanto, un período de vida más largo. En el mercado de Bogotá, por ejemplo, la calidad del producto, está compensada por una diferencia de un 40 a un 60% en precio, por lo tanto, dado el alto grado de perecibilidad del producto, el precio en las áreas urbanas es generalmente alto, la calidad es baja y el consumidor que no tiene un espacio refrigerado extra para almacenarla, no consumirá la yuca con regularidad; se podría esperar que mejorando el período de vida de la yuca, el precio al consumidor podría reducirse, (asumiendo también un ajuste en el margen del precio del mercado mayorista) la calidad del producto mejoraría y la demanda se incrementaría en las áreas urbanas. Existe también un considerable potencial de incremento en la demanda por el producto de la yuca procesada. Fuera de Brasil, Africa Occidental e Indonesia (países que tienen el más alto consumo per cápita de yuca) la mayor parte de la yuca es mercadeada en forma fresca. No hay razón para dudar que los productos de yuca procesada no puedan ser una fuente barata de calorías para las zonas urbanas en los otros países tropicales. La promoción de los productos procesados de yuca, se podría extender hasta el uso de la harina de yuca para reemplazar importaciones de cereales para la elaboración de pan. Dado el hecho de que la mayor parte de los países tropicales son importadores netos de trigo, existe un buen margen para alcanzar un alto grado de suficiencia en producción de calorías en esta zona. La harina de yuca podría ser un producto que reemplazaría parcialmente la harina de trigo hasta un nivel del 10% con cambios muy pequeños en la calidad del pan; la suplementación con harina de soya puede asegurar un producto con mayor valor nutritivo, sin embargo, la ventaja económica depende del precio más barato de la harina de yuca en relación con otras harinas importadas.

Si los márgenes de precios en los mercados pueden reducirse y los costos de producción con la nueva tecnología fueran menores, la yuca tendría un tremendo potencial para proveer calorías baratas a los mercados urbanos. El suplemento estable de fuentes de calorías baratas para los mercados urbanos tiene muchas implicaciones en las políticas nacionales de alimentos y nutrición. Dos aspectos relevantes en este asunto son:

1. La deficiencia calórica ha sido reconocida como el mayor problema de mal nutrición en los PED\* (Hegstead 1978).
2. Una política de precios diferenciales, puede tener un impacto en el status nutricional de grupos vulnerables dentro de una población. (Anderson et al 1976 y Timer 1979)

Un mayor abastecimiento en las fuentes de carbohidratos, lo que resulta en un declinamiento de los precios relativos, tiende a beneficiar los grupos de menores ingresos más que si se aumentara el abastecimiento en otros cultivos. Como lo anotaron Timer y Aldeman (1979), una política diferencial de precios (o política tecnológica) causa un mayor impacto nutricional, evitando costos en la ejecución de programas, si se usan los productos alimenticios preferidos. Esta política se autopromueve porque los productos consumidos por los grupos de bajos ingresos pasarán a ser atractivos para los grupos de más altos ingresos. Timer y Aldeman (1979) continúan hasta mostrar que los bajos precios para la yuca en Indonesia benefician más al sector pobre de la población que al resto de ella, ejemplo, la elasticidad -ingreso de la yuca es muy alta en los grupos de bajos ingresos, la elasticidad -precio es alta y la elasticidad -precio cruzado con la del arroz es muy alta implicando alta sustitución, cuando hay cambios en los precios relativos (Tabla 2); aunque el arroz es el producto preferido, el sector pobre cambiará hacia la yuca si hay cambios en los precios relativos. Dado que Indonesia es un importador periódico de arroz, que el precio cambia sustancialmente de acuerdo a la cantidad cosechada y que es muy costoso aumentar su producción, una política que promueva un suplemento continuo de yuca barata, producirá beneficios nutricionales sustanciales además de mantener regulado el precio de los productos alimenticios.

La promoción de la yuca como una fuente de caloría barata ha preocupado a algunos nutricionistas, ya que ésta contiene pocos elementos nutritivos; también han habido algunas consideraciones sobre la relación del contenido de HCN de la yuca con la producción del bocio y cretinismo potencial. Estudios más recientes han unido el consumo de la yuca con el incremento en la excreción de yodo (Delange et al 1976), sin embargo, el efecto tóxico de la yuca para producir el bocio, solamente ha sido reportado en poblaciones que consumen grandes cantidades de yuca y cuyas dietas son deficientes en yodo y aminoácidos sulfurados. Obviamente en estas poblaciones es muy costoso cambiar el alimento local y la utilización de sal yodada es la solución más práctica. Fuera de estas poblaciones no hay evidencia que sugiera la existencia de este problema; en Paraguay y Brasil el consumo per cápita es mayor de 100 kgs. por año y no hay ningún reporte de problemas de toxicidad. Sobre el primer punto, dado el hecho de que la deficiencia de calorías es el principal tipo de mal-nutrición, una fuente barata de calorías es la forma más eficiente para mejorar la dieta calórica de los grupos vulnerables y al aumentar el consumo de calorías también incrementará el impacto nutricional de la dieta proteínica existente (Hegstead 1978).

---

\* PED: Países En Vía De Desarrollo

Es muy raro encontrar en una población que consume alta cantidad de yuca un problema de deficiencia proteínica (Goering 1979). Las madres lactantes y los niños no alimentados por sus madres siempre exhibirán una particular vulnerabilidad. En resumen hay una evidencia muy pequeña para sostener que existe una deteriorización nutricional cuando se incrementa el consumo de la yuca y muchas evidencias que sugieren que en cambio hay un mejoramiento.

### Alimentación animal

La yuca puede ser utilizada como una fuente principal de Energía en dietas para cerdos, pollos y ganado vacuno. La experiencia en Europa donde se importaron en 1978 seis millones de toneladas de yuca seca de Tailandia para ser utilizada en las dietas de animales demuestran la factibilidad del uso de la yuca en la alimentación animal a una escala masiva. El problema técnico principal encontrado en este sector ha sido la calidad del producto, sin embargo, este problema se considera relativamente simple, ya que la calidad del producto seco se puede mejorar con nueva tecnología y con insentivos económicos. El caso de Exportación de Tailandia a Europa no parece que pueda ser repetido, porque Tailandia es uno de los pocos países subdesarrollados que exportan productos alimenticios y porque el mercado común Europeo no está dispuesto a aceptar las importaciones de yuca de Tailandia bajo tarifas especiales. Sin embargo, el mercado para alimentos concentrados en los países en vía de desarrollo está creciendo muy rápidamente. La transferencia de una tecnología en la producción de pollos de los países desarrollados a los PED ha causado una relativa caída de los precios de carne de pollo. El crecimiento de la demanda de los pollos en los PED está por encima del 5% anual hasta 1975 (FAO 1978). La demanda también es muy alta para cerdos. Dado el hecho de que el componente más importante de la producción de pollos y cerdos está basada en los concentrados alimenticios, este incremento en la demanda ha resultado en un incremento muy rápido de la demanda por granos especialmente maíz y sorgo. La producción doméstica de estos productos no ha sido suficiente en la mayoría de los PED, resultando en la necesidad de hacer importaciones. Igualmente en aquellos países donde el maíz es un alimento humano básico, la demanda por estos productos ha causado un incremento en los precios, lo cual ha ido en detrimento de las dietas de los grupos de más bajos ingresos. La yuca tiene el potencial para satisfacer las necesidades energéticas en las zonas tropicales para la alimentación animal. Aceptando que el precio de la yuca en el mercado tiene que ser mucho más bajo para que sea competitiva, habrá también un beneficio directo para los consumidores de yuca. Sin embargo, para alcanzar este punto, otra vez, el precio depende de la disponibilidad de la nueva tecnología.

### Alcohol

El incremento de los precios del petróleo durante los últimos años ha creado un tremendo interés en la producción de alcohol de biomasa

como un sustituto del petróleo. Brasil ha tomado el liderazgo en esta iniciativa y tiene actualmente en operación una planta que usa yuca como fuente de biomasa. Hay mucho interés en este momento en países como Colombia, Tailandia, Filipinas y Australia en el uso de yuca como una fuente para la producción de alcohol. La yuca es una atractiva posibilidad, ya que puede ser sembrada en áreas marginales para la agricultura, y por lo tanto, no desplazaría otros cultivos, como podría ser el caso de otras alternativas, como por ejemplo, la caña de azúcar. En el momento uno de los mayores problemas es el alto requerimiento de energía en las destilerías de alcohol que hacen que el producido neto de energía sea muy pequeño, si no se pueden utilizar los tallos de la planta de yuca o cualquier otra tecnología como fuente de energía para la destilación.

## b. Implementación

### 1. Investigación

#### Alimentación humana:

El mayor problema con el consumo de yuca fresca es la alta perisibilidad del producto y posiblemente algunos problemas de toxicidad por el alto contenido de HCN. Este último problema puede ser resuelto a través de los programas de mejoramiento produciendo variedades con bajo contenido de HCN. Parece muy difícil producir híbridos con alta calidad (alto contenido de almidón) y al mismo tiempo con un período largo de vida del producto, sin embargo, últimas investigaciones han mostrado que con métodos muy simples de almacenamiento basados en el tratamiento con fungicidas y el almacenamiento en bolsas de polietileno, se puede conservar la yuca por períodos hasta de dos meses después de la cosecha (Lozano et al 1978); se requiere una mayor investigación para asegurar que no hay problemas de toxicidad con los residuos del fungicida y al mismo tiempo obtener una buena y consistente calidad de las raíces almacenadas. Esta investigación debe ser hecha por el sector público.

Los métodos tradicionales de procesamiento pueden ser mejorados; en el caso de Cari, se ha mostrado mucho interés en la producción de equipos de procesamiento y se esperan nuevos desarrollos del sector privado. Ya se conoce bastante sobre la sustitución de la harina de trigo para panificación y el principal obstáculo para su adopción parece ser un problema económico, pero no técnico.

#### Alimentación animal

Recientemente Nestel y Graham hicieron una revisión de las investigaciones sobre el uso de la yuca en alimentación animal. Las necesidades de investigación más urgentes están en las áreas de los sistemas de alimentación y en los métodos de secamiento de la yuca antes de incorporarla en las dietas balanceadas. Hasta el momento se han



obtenido considerables avances en la metodología de secamiento (Tanh y Lohani 1979, Best 1979); sin embargo, la tecnología para áreas de alta humedad no ha sido todavía desarrollada. Estas técnicas no deben ser específicas de cada localidad y podrían ser desarrolladas por instituciones, tales como el Instituto Asiático de Tecnología, el Instituto de Productos Tropicales y el CIAT.

## Alcohol

Las técnicas para la producción de alcohol en base a yuca han sido desarrolladas por la industria privada y se espera que éstas continúen mejorándose. El principal obstáculo tecnológico que existe es lograr reducir los requerimientos energéticos para la destilación por el uso de los tallos de yuca como una fuente de energía para el proceso. Mac Lann y Paince (1978) sugieren que las levaduras del alcohol que incrementan el contenido de etanol en la fermentación de 6 al 12% podrían reducir el requerimiento de vapor en un 30% y la fermentación termofílica de desechos, ejemplo, tallos y desechos fibrosos, pueden producir una mezcla de gas, metanodioxido de carbono que pueden ser usadas para calentamiento de hornos. Los requerimientos energéticos podrían reducirse también por la destilación al vacío o por el uso de filtros moleculares para separar el alcohol del agua. Adicionalmente si se usan las mezclas de alcohol-agua en vez de las mezclas de alcohol-petróleo, el alcohol no necesita ser anidro. Los motores con una alta compresión (14:1) pueden trabajar con alcohol que contenga 10% de agua sin reducir la fuerza producida por unidad de alcohol consumido (Stumpf 1978). El uso de estas mezclas podrían reducir mucho más los requerimientos de energía para la destilación. Se requiere mayor investigación para desarrollar estas técnicas de tal manera que lleguen a ser comercialmente viables (2).

## 2. Política

El beneficio social de incrementar la producción de yuca es muy grande e incluye el incremento en la producción agrícola y la reducción en la importación de granos, mejorando la suficiencia en la producción de alimentos; además potencialmente puede ser un recurso energético; también mejora el status nutricional de los grupos de bajos ingresos y hace productiva la tierra y la mano de obra que no se está utilizando en el sector agrícola.

Qué se requiere por lo tanto en términos de políticas de gobierno para alcanzar estos beneficios?

Primero los gobiernos deben invertir en la investigación para desarrollar nuevas tecnologías de producción de bajo costo. Cuando la nueva tecnología para la producción de yuca esté disponible se requiere una mayor inversión en el proceso de difusión de esta tecnología. Todas las políticas de gobierno deberían estar enfocadas directamente

hacia el desmantelamiento del amplio rango de políticas que tienden a subsidiar la importación de los granos en contra de la producción doméstica de yuca y granos.

En el período de posguerra los PED se han propuesto a ser exportadores netos o productores suficientes de alimentos, estos países han construido estructuras políticas, diseñadas para mantener un bajo precio de los productos alimenticios en el área urbana a través de concesiones en la importación de granos o promoviendo la producción suficiente de los mismos, especialmente trigo, a través de altos precios de sustentación o subsidiando los insumos y los créditos necesarios para la producción. Los altos precios para los granos también mantendrán un precio de la yuca donde ésta puede ser un sustituto, sin embargo, los subsidios, (particularmente los subsidios a insumos) para los granos irán en contra de la producción de yuca. La acción de los gobiernos para manipular la agricultura a través de políticas de subsidios de granos pondrán en duda los insentivos económicos para incrementar la producción y la utilización de la yuca.

Sin embargo, si se asume que la mayor producción de la yuca estará libre de intervención en el mercado, el precio de la yuca debería ser lo suficientemente alto para hacer rentable la expansión en la producción y lo suficientemente baja para hacer de la yuca un producto competitivo con los sustitutos en los respectivos mercados. Una tecnología que reduzca los costos de producción es esencial para alcanzar este balance en el precio del mercado. La Tabla 1 en la sección de producción, resume lo que consideramos como rendimientos factibles para yuca. Ahora preguntamos si estos rendimientos son compatibles con los ingresos de los agricultores y si el producto es competitivo en el mercado? Para poder evaluar esta característica de competencia de la yuca es necesario estimar los costos de producción usando la nueva tecnología y los niveles de producción esperados. En términos de los costos de producción hemos hecho los siguientes supuestos:

- 1.- Un costo de arrendamiento de la tierra y de manejo de 500 dólares por ha de tierra buena y 100 dólares por ha de tierras marginales.
- 2.- El uso de productos químicos para el tratamiento de las estacas sería US\$4/ha; en áreas marginales US\$150/ha para el uso de fertilizantes, y solamente US\$75/ha para tierras de primera calidad, asumiendo que el fósforo puede ser aplicado en forma de roca fosfórica que es más barata. Para el uso de herbicidas, se permite un costo adicional de US\$50/ha, sin embargo, si el precio de la mano de obra es bajo, se podría hacer control manual de malezas.
- 3.- 70 días hombre por ha como requerimiento de mano de obra, lo cual es más bajo que lo estimado por Díaz y Anderson en 1977, pero está de acuerdo con los datos estimados por Phillips en 1974 considerando el uso de control químico de malezas.

- 4.- La preparación de la tierra se asume en un costo de US\$50/ha.
- 5.- Se asume también que el costo de la mano de obra en las zonas marginales es más bajo que en las zonas de tierras de primera calidad. Estas consideraciones nos llevan a obtener unos costos de producción (Tabla 3) para los diferentes niveles de producción y dos niveles de mano de obra para las áreas marginales y las tierras de primera calidad.

Adicionalmente se estimó la posibilidad de utilizar la yuca como sustituto de varios productos, de acuerdo a las siguientes consideraciones: para comparar la yuca y el arroz, se usó el valor de la yuca al 14% de humedad igual al 80% del arroz sin cáscara y un margen de mercabilidad para la yuca del 40%. Para convertir yuca fresca a yuca del 14% de humedad se utilizó un factor de 2.5 a 1.

Los costos de procesamiento para la producción de almidón de yuca fueron estimados en US\$50/ha de almidón con una eficiencia de extracción de un 25% de acuerdo a los datos de Buckle *et al* 1978 para pequeñas fábricas rurales. Plantas más grandes podrían reducir estos costos por tonelada e incrementar la eficiencia de extracción. Los costos de producción de Pellets para alimentación animal, están basados en datos provenientes de Tailandia (Phillips 1978). La industria Tailandesa es muy eficiente y por lo tanto, hemos aumentado US\$20/ ton: Una tonelada de yuca fresca se asume que da 0.4 toneladas de Pellets al 14% de humedad (Best 1979) a un valor de 80% de sorgo o maíz para alimentación animal.

Los costos de producción de alcohol, son de US\$0.15/litro (Bull y Batsfone 1978, Milfont 1978 y Phillips 1978). Una tonelada de yuca produce 170 litros de alcohol (ver los datos de Meneses 1978, Mcklann y Prince 1978). Estos datos han servido para estimar el precio de los productos competitivos con los cuales la yuca entraría a competir en el mercado (Tabla 4) se puede ver inmediatamente, que los niveles de rendimiento de la yuca y la cantidad de mano de obra utilizada son de una importancia crítica para determinar la habilidad competitiva de la yuca. Sin embargo, puede verse también claramente que la yuca puede competir con el arroz sin cáscara a un nivel de rendimiento de 15 ton/ha en suelos marginales y 30 ton/ha en tierras de primera calidad, aún con un uso relativamente alto de mano de obra.

Para entrar en el mercado del almidón y de la industria de concentrados se requieren rendimientos más altos; sin embargo, si el costo de la mano de obra fuera más bajo (US\$ 2 y 4/día para tierras marginales y tierras de primera calidad respectivamente), aún con rendimientos bajos, la yuca sería competitiva, especialmente si continúan los precios actuales de los granos. En el caso de la sustitución del petróleo la yuca está llegando a ser competitiva y si los precios del petróleo se incrementaran aún más la yuca podría ser una alternativa muy importante y muy viable para la sustitución de los productos importados del petróleo. De estos datos especulativos se puede concluir que si los rendimientos de 15 a 30 ton/ha pueden ser obtenidos para tierras marginales y tierras de primera calidad respectivamente, la yuca inme-

diatamente pasaría a ser un atractivo producto para reemplazar o complementar los cereales como el arroz en las dietas alimenticias. Como resultado de una investigación concertada y un esfuerzo de un programa de extensión iniciado por el sector público, los rendimientos podrían incrementarse hasta 25 ton/ha y 40 ton/ha en tierras marginales y en tierras de primera calidad respectivamente, la yuca podría llegar a ser un producto básico o un recurso básico de energía para la alimentación animal y para la sustitución de productos del petróleo.



## REFERENCIAS

- Arndt T.M., D.G. Dalrymple, and V.W. Ruffan (1977). Research allocation and Productivity in National and International Agricultural Research. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis. 617 pp.
- Best, R. (1978). Cassava Processing for Animal Feed. In Cassava Harvesting and Processing: Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia 24-28 April 1978. Ed: E. J. Weber, James H. Cock and Amy Chouinard. IDRC-114e, Ottawa, Canada 12-20.
- Best, R. (1979). Cassava Drying. Series 05EC-4, CIAT, Cali, Colombia. 24 pp.
- Buckle, T.S. de, LE. Zapata, O.S. Cárdenas and E. Cabra (1978). Small scale production of sweet and sour starch in Colombia, In Cassava Harvesting and Processing. Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia. 24-28 April 1978. Ed: E. J. Weber, James H. Cock and Amy Chouinard. IDRC 114e, Ottawa, Canada 26-32.
- Bull, T.A. and B.B. Batstone (1978). Processing within the sugar industry. In Alcohol Fuels, a conference held at the Sebel Town House, Sydney, Australia. Institution of Chemical Engineers, NSW Group. 4:13-21.
- Bunting, A.H. (1979). Science and Technology for human needs, rural development, and the relief of poverty. IADS occasional paper. 12 pp.
- CGIAR (1977). An Integrative Report, The Consultative Group and the International Agricultural Research System. Consultative Group on International Agricultural Research.
- CIAT, (1975). Annual Report of the Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. A.A. 67-13, Cali, Colombia.
- CIAT, (1976). Annual report of the Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. A.A. 67-13, Cali, Colombia.
- CIAT, (1977). Annual Report of the Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT A.A. 67-13, Cali, Colombia.
- CIAT, (1978). Annual Report of the Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. A.A. 67-13, Cali, Colombia.
- \_\_\_\_\_, (1979). Annual Report of the Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. A.A. 67-13, Cali, Colombia.
- Cock; J.H. (1974). Agronomic Potential for Cassava Production. In Cassava Processing and Storage. Proceedings of an Interdisciplinary Workshop, Pattaya, Thailand,

- 17-19 April 1974. Ed: E.V. Araullo, B. Nestel and M Campbell. IDRC-031, Ottawa, Canada. 21-26.
- Cock, J.H. (1978). The Physiological basis of yield loss in cassava due to Pests. In Proceedings Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia. 7-12 Nov. 1977. Ed: T. Brekelbaum, A. Bellotti and J.C. Lozano. CIAT, Cali, Colombia, 9-16.
- Cock, J.H., D.W. Wholey, J.C. Lozano (1976). A rapid propagation system for cassava. CIAT, Series EE-20. CIAT, Cali, Colombia. 10 pp.
- Cock, J.H. and R. Howeler (1979). The Ability of Cassava to Grow on Poor Soils. In Crop Tolerance to Suboptimal Conditions. ed G.A. Jung. ASA special publication N° 32, 677 South Segoe Rd. Madison, Wisconsin 53711. 145-154.
- Cock, J.H., D. Franklin, G. Sandoval and P. Juri. (1979). The Ideal Cassava Plant for Maximum Yield. *Crop Sci.* 19:271-279.
- Coursey, D G. and PH. Haynes (1970). Root Crops and their Potential as Food in the Tropics. *World Crops* 22: 261-265.
- Dalrymple, D.G. (1978). Development and Spread of High Yielding Varieties of Wheat and rice in the Less Developed Countries. USDA-FAER report N° 95. 134 pp.
- Delange, F., P Bourdoux, M. Camus, M. Gerard, M. Majuta, A. Hanson and A.M. Ermans (1976). The toxic effect of Cassava on Human Thyroid. In Proceedings of the fourth Symposium of the International Tropical Root Crop Society, CIAT, Cali, Colombia 1-7 Aug. 1976. Ed: James H. Cock, Reginald Mac Intyre and M. Graham. IDRC-080e, Ottawa, Canada, 237-242.
- Diaz, R.O. and P. Pinstrup Andersen (1977). Descripción Agro-Económica del proceso de producción de yuca en Colombia. CIAT, Cali, Colombia.
- Doll, J.D. and W. Piedrahita. C. (1976). Methods of Weed Control in Cassava. CIAT, Series EE-21, Cali, Colombia, 12pp.
- Edwards, D.G. C.J. Asher and G.L. Wilson (1977). Mineral nutrition of Cassava and Adaption to Low Fertility Conditions. Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops held at CIAT, Cali, Colombia, 1-7 Aug, 1976. ed James Cock, Reginal Mac Intyre and M Graham. IDRC-080e, Ottawa, Canada. 124-130.
- Evenson, R.E. (1978). The Organisation of Research to Improve Crops and Animals in Low Income Countries. In Distortions of Agricultural Incentives. ed: T.W. Schultz, Indiana University Press, Bloomington 223-245.
- FAO (1977). The fourth world food survey. FAO, Rome 1977. 128 pp.

- Getulio Vargas Foundation (1970). Food Consumption in Brazil. Published for USDA Economic Research Service by the Israel Program for Scientific Translations. Keter Press. Jerusalem, 281 pp.
- Goering, T.J. (1979). Tropical Root Crops and Rural Development. World Bank Staff Working Paper N° 324. 85 pp.
- Hegstead, D.M. (1978). Protein - Calorie Malnutrition. *American Scientist*. 66: 61-65.
- IFPRI (1977). Recent and Prospective Developments in Food Consumption: Some Policy Issues. International Food Policy Research Institute, Washington D.C. 61 pp.
- Lozano, J.C., J.H. Cock and J. Castaño (1978). New Developments in Cassava Storage. In Proceedings Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, 7-12 Nov. 1977. Ed: T. Brekelbaum, A. Bellotti and J.C. Lozano, Ciat, Cali, Colombia. 135.142.
- Lozano, J.C., A. Bellotti and D. Byrne (1979). The relationship between cassava (*Manihot esculenta* Crantz), ecosystems, diseases and pests and their influence on breeding strategy. PANS 26 (in press).
- McCann, D.J. and R.G.H. Prince (1978). Agro-Industrial Systems for Ethanol Production. In Alcohol Fuels, a conference held at the Sevel Town House, Sydney, Australia. Institution of Chemical Engineers, NSU Group. 4:22-30.
- Meneses, T.J B de (1978). Alcohol Production from Cassava. In Cassava Harvesting and Processing. Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia. April 1978. Ed: E.J. Weber, James H. Cock and Amy Chouinard. IDRC 114e Ottawa, Canada 41-48.
- Milfont, W.N. (1978). Prospects of Cassava Fuel Alcohol in Brazil. In Cassava Harvesting and Processing. Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia 24-28 April 1978. Ed: E.J. Weber, James H. Cock and Amy Chouinard. IDRC 114e Ottawa, Canada 46-48.
- National Academy of Science and National Research Council (1977).
- World Food and Nutrition Study. The potential contribution of research. National Academy of Science, National Research Council, Washington. 192 pp.
- Nestel, B. and M. Graham. (1978). Cassava as Animal Feed. Proceedings of a Workshop held at the University of Guelph 18-20 April 1977. IDRC-095e, Ottawa, Canada
- Pinstrup-Andersen P., N.R. de Londoño and E. Hoover (1976). The impact of Increasing Food Supply on Human Nutrition: Implications for Commodity

- Priority in Agricultural Research and Policy. *Am J. of Agric. Econ.* 58: 131-142.
- Phillips, T.P. (1974). *Cassava Utilization and Potential Markets*. IDRC-20e, Ottawa, Canada. 182 pp.
- Phillips, T.P. (1978). *Economic Implications of New Techniques in Cassava Harvesting and Processing*. Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 24-28 April 1978. Ed: E.J. Weber, James H. Cock and Amy Chouinard. IDRC. 114e. Ottawa, Canada, 66-74.
- Sanchez, P.A. (1977) *Advances in the Management of Oxisols and Ultisols in Tropical South America*. Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture. Tokyo, Japan. 1977. 535-566.
- Schuh, G.E. (1978). *Approaches to Basic Needs and to Equity that Distort Incentives to Agriculture*. In *Distortions of Agricultural Incentives*. Ed: T.W. Schultz. Indiana University Press, Bloomington 307-327.
- Stumpf, V.E. (1978). *Brazilian Research on Ethyl Alcohol as a liquid Fuel*. In *Alcohol Fuels*, a conference held at the Sebel Town House, Sydney, Australia, Institution of Chemical Engineers, NSW Group 2:20-24.
- Scobie, G.M. and R.T. Posada. (1977). *The impact of high yielding Rice Varieties in Latin America*. Series JE-01, CIAT, 165 pp.
- Thanh, N.C. and B.N. Lohani. (1978). *Cassava Chipping and Drying in Thailand*. In *Cassava Harvesting and Processing*. Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 24-28 April 1978. IDRC 114e, Ottawa, Canada. 21-25.
- Thurston, D. (1978). *Summary conclusions and recommendations of Proceedings Cassava Protection Workshop*. Ciat, Cali, Colombia, 7-12 Nov 1977. Ed: T. Brekelbaum, A. Bellotti, J.C. Lozano. CIAT, Cali, Colombia. 239-244.
- Timmer, C.P. (1979). *Food Prices and Food Policy Analysis in LDCs*. Mimeographed report 27 pp.
- Timmer, C.O. and H. Alderman (1979). *Estimated Consumption Parameters for Food Policy Analysis*. Paper presented at the American Agricultural Economics Association Summer meetings, Pullman, Washington, July 1979.
- Vries, C.A. de, J.D. Ferweda and M. Flach. (1967).. *Choice of food crops in relation to actual and potential production in tropics*, *Neth. J. Agr. Sci.* 15: 241-248.
- Wortman, S. (1976). *Food and Agriculture*. *Scientific American* 235: 30-39.
- Wortman, S. and R.W. Cummings (1978). *To Feed this world*. John Hopkins University Press. Baltimore and London pp 440.



Tabla 1. Rendimiento potencial comercial de yuca bajo diferentes condiciones con buen manejo y variedades mejoradas.

NOTA: No hay disponibles variedades mejoradas para todas las condiciones

Temperatura	Precipitación	Meses de Cosecha	Fertilidad de Suelo	Fungicidas e Insecticidas	Herbicidas	Fertilizantes	Rendimiento
22 - 28°C	1000+ mm bien distribuída	10-12	Alto	Tratamiento de Estacas	Opcional	Para mantener fertilidad	35+ t/ha
22 - 28°C	1000+ mm 3-4 meses de sequía	10-12	Alto	Tratamiento de Estacas	Opcional	Para mantener fertilidad	30-35 t/ha
22 - 28°C	1000+ mm bien distribuída	10-12	Moderado	Tratamiento de Estacas	Opcional	Para mantener fertilidad	30-35 t/ha
22 - 28°C	1000+ mm 3-4 meses de sequía	10-12	Moderado	Tratamiento de Estacas	Opcional	Para mantener fertilidad	25-30 t/ha
22 - 28°C	1000+ mm bien distribuída	10-12	Acido infértil	Tratamiento de Estacas	Opcional	75:150:100 NPK 0.5 t/ha	20-25 t/ha
22 - 28°C	1000+ mm 3-4 meses	10-12	Acido infértil	Tratamiento de Estacas	Opcional	75:150:100 NPK 0.5 t/ha	15-20 t/ha

Tabla II. Ingreso y Elasticidad. Precio de la demanda de alimentos con énfasis en Yuca en Indonesia.

	Clase de Ingresos				
	1	2	3	4	
	bajo	medio bajo	medio alto	alto	promedio
<b>Elasticidad-Ingreso</b>					
Arroz: Urbano	1.436	1.100	0.794	0.121	0.527
Rural	1.677	1.297	0.987	0.455	0.952
<b>Yuca:</b>					
Urbano	0.835	0.524	0.231	-0.401	-0.010
Rural	1.037	0.674	0.383	-0.116	-0.350
<b><sup>1/</sup>Calorías:</b>					
Urbano	0.660	0.525	0.398	0.122	0.288
Rural	0.783	0.628	0.501	0.283	0.486
<b>Elasticidad-Precio</b>					
Yuca	-1.281	-0.818	-0.943	-0.800	-0.804
<b>Elasticidad-Precio cruzada</b>					
Yuca con arroz	0.996	0.709	0.787	0.685	0.765

1/ Calorías de Arroz, Maíz y Yuca fresca solamente.

Tabla III. Costos de Producción (\$US/ton) de yuca a diferentes precios de mano de obra en tierra marginal y excelente a diferentes niveles de producción.

	Tierra marginal		Tierra excelente	
Precio mano de obra/día (US\$ )	2	4	4	6
Nivel de rendimiento 15 t/ha	33	42	/	/
Nivel de rendimiento 25 t/ha	20	25	/	/
Nivel de rendimiento 30 t/ha	/	/	32	37
Nivel de rendimiento 40 t/ha	/	/	24	28

Tabla IV.

Precio estimado de productos competitivos que pueden ser sustituidos por yuca a diferentes niveles de rendimiento y diferente salario en suelos marginados y excelentes. (ver texto para explicación).

Sustituto	Salario (US\$/día)	Rendimiento en suelo marginal		Rendimiento en suelo excelente	
		15t/ha	25t/ha	30t/ha	40t/ha
Arroz blanco (\$/ton)	2	145	88	/	/
	4	185	110	141	106
	6	/	/	163	123
Almidon (\$/ton)	2	182	130	/	/
	4	218	150	178	146
	6	/	/	198	162
Sorgo y maíz para alimentación animal (\$/ton)	2	128	88	/	/
	4	156	103	125	100
	6	/	/	141	112
Gasolina (US\$/ltr)	2	0.34	0.27	/	/
	4	0.40	0.30	0.34	0.29
	6	/	/	0.37	0.31