

# El follaje de la yuca (*Manihot esculenta* Cranz) como fuente de proteína para la producción animal en sistemas agroforestales

**T R Preston, Lylian Rodríguez, Nguyen Van Lai y Le Ha Chau**

Finca Ecológica, UTA Foundation,  
College of Agriculture and Forestry  
Thu Duc, Vietnam

tpreston@hcm.vnn.vn, lylianr@hcm.fpt.vn, utalai@hcm.fpt.vn,  
utachau@hcm.fpt.vn

## I. INTRODUCCIÓN

Se han realizado muchos trabajos con el uso del follaje de la yuca en la alimentación animal pero en la mayoría de los casos son sobre el secado de las hojas y el uso de la harina en dietas de cerdos y aves (Ravindran, 1991). Tal forma de uso del follaje responde más bien a los intereses de los fabricantes de alimentos balanceados que a los productores de escasos recursos. Por tanto, en este artículo el enfoque principal será la producción de follaje y su utilización en sistemas agroforestales integrados para la producción animal intensiva.

## II. ANTECEDENTES

### **Población, rendimiento y composición**

Hace veintidós años en un seminario en Acapulco, México, fueron reportados rendimientos de forraje de yuca de 20,000 kg de materia seca/ha en cuatro cortes durante un período de 11 meses con una población de 110,000 plantas/ha (Moore 1976). Este reporte motivó a un grupo de investigadores en República Dominicana para realizar una serie de ensayos con el objetivo de averiguar la posible utilización del forraje de yuca como alternativa a las harinas de pescado y de soya para

proporcionar la proteína en sistemas intensivos de engorde de ganado con base en la melaza con urea (Meyreles *et al.*, 1977; Fernández *et al.*, 1978; Ffoulkes y Preston, 1978). Este grupo comprobó los altos rendimientos de materia seca trabajando con poblaciones de 53,000 plantas/ha (Tabla 1).

**Tabla 1: Efecto de de densidad de siembra sobre el rendimiento de la yuca cosechada a la 4 meses para forraje**

Densidad	Peso	fresco	Rendimiento
Plantas/ha	kg/planta	kg/ha	kg MS/ha
10,000	1.89	19,687	3,821
14,000	1.87	25,972	5,041
17,000	1.63	27,087	5,832
53,000	0.99	52,470	10,861

Los datos sobre la composición de la parte aérea de la yuca demuestran el alto potencial de esta planta como fuente proteica (Tabla 2).

**Tabla 2: Composición de la parte aérea de la yuca cosechada para forraje a los 90 días**

	Hoja	Pecíolo	Tallo
Proporción, % base seca			
Moore 1976	52	15	33
Meyreles <i>et al.</i> , 1977	47	15	38
Contenido de MS, %			
Moore 1976	29	18	16
Meyreles <i>et al.</i> , 1977	29	15	17
N*6.25, % MS			
Moore 1976	29	11	11
Meyreles <i>et al.</i> , 1977	28	12	11

Como en la mayoría de los árboles y arbustos, la concentración de proteína en las hojas casi no cambia con la edad. En la Tabla 3, se presentan las regresiones entre la edad al primer corte y el contenido proteico de las tres fracciones del forraje. Para las hojas, la concentración de proteína casi no cambia, mientras que en los pecíolos y los tallos el nivel proteico desciende marcadamente al extenderse la edad de corte.

**Tabla 3: Regresiones lineales entre la edad al primer corte y el nivel proteico en los tres elementos del forraje (según Meyreles *et al.*, 1977)(Y = % proteína en MS; X = edad en meses)**

Hojas	$Y = 27.5 + 0.24X$ ( $r^2 = .08$ )
Pecíolos	$Y = 17.5 - 1.86X$ ( $r^2 = 0.90$ )
Tallos	$Y = 18.7 - 2.67X$ ( $r^2 = 0.98$ )

En contraste, las proporciones de los componentes del follaje si cambian (Tabla 4), incrementando la cantidad de tallos y decreciendo la cantidad de hojas y pecíolos a medida que se prolonga la edad al momento del corte.

**Tabla 4: Regresiones lineales entre la edad al primer corte y las proporciones de hojas, pecíolos y tallos en la yuca manejada para forraje (según Meyreles *et al.*, 1977)(Y = % del componente en el follaje, base seca; X = edad en meses)**

Hojas	$Y = 48.0 - 5.04X$ ( $r^2 = 0.93$ )
Pecíolos	$Y = 28.9 - 3.35X$ ( $r^2 = 0.61$ )
Tallos	$Y = 23.1 + 8.37X$ ( $r^2 = 0.82$ )

### El follaje como suplemento

En la década de los setentas, cuando fue económicamente factible el uso de altas cantidades de melaza-urea como base de dietas de engorde de ganado (Preston y Willis, 1974), la gran inquietud fue poder encontrar un forraje capaz de reemplazar tanto la proteína como la fibra en tales dietas líquidas que carecían de ambos elementos. La *Leucaena leucocephala* dio excelentes resultados en este sentido (Meyreles *et al.*, 1982), pero el gran limitante fue la baja disponibilidad a nivel del productor y, aún más importante, los altos costos de su manejo en sistemas de corte, debido al pobre rendimiento al corte (en términos de cantidad de follaje recolectada por unidad de tiempo). En cambio, la yuca se encuentra en todas partes del trópico, la cosecha del forraje es fácil y eficiente y puede también ser utilizada para la alimentación humana en caso de necesidad.

Los resultados del uso del follaje de la yuca en dietas de melaza-urea fueron muy alentadores. La alta tasa de ganancia de peso al proporcionar el follaje de yuca como fuente única de proteína y fibra en la dieta (Tabla

5) indica que es muy probable que parte de la proteína del follaje de la yuca se escapa de la fermentación ruminal. El hecho de que la adición de harina de soya sí aumentó la ganancia cuando se usaba el follaje de la batata (*Ipomoea batatas*) pero que no tuvo efecto cuando la yuca era el follaje, implica que la hoja de yuca si funciona por lo menos parcialmente como fuente de proteína sobrepasante.

**Tabla 5: Comparación de los follajes de yuca y de batata como única fuente de proteína y fibra en dietas de melaza-urea y el efecto de la suplementación con harina de soya (Fuente: Ffoulkes y Preston 1978).**

Harina de soya, g/día	0	0	400	400	
Tipo de follaje	Yuca	Batata	Yuca	Batata	SE/Prob
Peso vivo, kg					
Inicial	204	217	227	218	
Final	317	287	349	316	
Aumento diario	0.853	0.570	0.94	0.78	±0.08/0.02
Consumo, kg/día					
Melaza-urea	4.54	4.75	5.82	4.83	
Follaje	8.68	10.6	9.24	11.2	
Materia seca	5.36	4.72	6.79	5.28	±0.35/0.12

A pesar de los resultados tan alentadores en este ensayo, el uso de la yuca como forraje proteico para la producción animal no tuvo impacto. Probablemente, la razón fue la falta de entender en aquella época la importancia del alto nivel de extracción de nutrientes del suelo al cosechar repetidamente el follaje de yuca., ya que a partir del tercer corte el rendimiento descendió marcadamente. Como ha sido señalado por Benavides en esta teleconferencia, el uso en sistemas de corte de cultivos forrajeros de alta productividad y alto nivel nutricional, como son la morera y la yuca, exige la aplicación de altas cantidades de fertilizantes con el fin de reemplazar los nutrientes extraídos del suelo por estas plantas.

### III. AVANCES RECIENTES

El actual interés en el follaje de la yuca es un paso lógico en el camino del desarrollo de sistemas agroforestales que simulen los ecosistemas naturales de los bosques tropicales. El potencial del follaje de la yuca

desde el punto de vista nutricional, tanto para los rumiantes como los animales monogástricos, ha sido claramente señalado en la evaluación de diez tipos de hojas de árboles, arbustos y residuos de cosecha realizada por Nguyen Van Lai (datos no publicados) (Tabla 6).

**Tabla 6: Pérdida de materia seca de 10 recursos tropicales a 48 horas en la prueba *in sacco* y durante 90 minutos en la lavadora (fuente: Nguyen Van Lai, datos no publicados 1998).**

	In sacco 48h	Lavado 90min
<i>Gliricidia</i>	61	43.2
Yuca	61	47
Leucaena	58	46
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	50	32.6
Banano	47	38
<i>Indigofera teysami</i>	45	38
<i>A. mangium</i>	31.5	28.7
<i>A. auriculiformis</i>	30	25
Hoja de caña de azúcar	30	15
Paja de arroz	25	20

De mayor importancia son los avances en el cultivo de esta planta. En la Finca Ecológica, y en campos de productores, en Vietnam, se están promoviendo dos sistemas de fertilización: la aplicación de altos niveles de estiércol de cabras (alrededor de 20 toneladas/ha 3 veces al año) y su siembra en asociación con leguminosas en sistemas agroforestales (se están evaluando *Gliricidia sepium*, *Sesbania sesban* y *Flemingia macrophylla*). Resultados preliminares de la primera alternativa (Tabla 7) demuestran un alto rendimiento de hojas y las observaciones de parcelas pequeñas indican que estas tasas de producción se puede mantener por lo menos durante un año, siempre y cuando se apliquen altas dosis de estiércol.

Suponiendo rendimientos de follaje de 0.9, 0.7, 0.5 y 0.3 kg/m<sup>2</sup> para las cosechas sucesivas cada 56 días durante el resto del año, la producción total de follaje fresco llegaría a los 48 toneladas/ha/año. Rendimientos similares han sido reportados en Tailandia (Wanapat *et al.*, 1997).

**Tabla 7: Rendimiento de la yuca como forraje en parcelas comerciales en la "finca ecológica" en Vietnam (fuente: Rodríguez Lylian, datos no-publicados)**

Fecha de siembra	Febrero 1998
Plantas/ha	100,000
Fertilización, estiércol de cabras, kg/m <sup>2</sup>	1.8
Primera cosecha	
Edad a la cosecha, días	71
Área cosechada, m <sup>2</sup>	295
Rendimiento total (tallo, pecíolo, hojas), kg	378
Rendimiento, kg/m <sup>2</sup>	1.3
Proporción hojas+pecíolos, %	70
Rendimiento de hojas+pecíolos, kg/m <sup>2</sup>	0.90
Segunda cosecha	
Intervalo desde la primera cosecha, días	54
Rendimiento, kg/m <sup>2</sup>	1.1

Es importante anotar el rendimiento de la yuca a nivel de los productores en la parte central de Vietnam donde la costumbre es la siembra para la obtención de la raíz, razón por la cual la distancia entre surcos es de 1.5 m. El rango en el rendimiento de follaje (hojas + pecíolos) fue desde 0.1 a 0.4 kg/m<sup>2</sup> (base fresca). Los comentarios de los productores basados en su experiencia fueron que las variedades locales producen más follaje. La edad al corte fue de 4 meses y el productor con más alto rendimiento estaba usando estiércol de cerdo como fertilizante.

Los ensayos con la segunda alternativa de siembras asociadas "yuca-leguminosa" están en la fase preliminar y todavía no hay datos confiables.

### Uso del efluente de los biodigestores como abono para la yuca

Un avance reciente de gran importancia para el uso integral de los recursos tropicales ha sido el desarrollo y promoción de los biodigestores plásticos de bajo costo (Bui Xuan An *et al.*, 1997). De los dos productos de la digestión anaeróbica del estiércol - el biogás y el efluente residual -, parece que el último reúne características fisiológicas que lo hacen superior como fertilizante que el estiércol fresco. Al comparar el efluente

y el estiércol procedente de cerdos y bovinos (no hubo diferencias entre especies) como fertilizante para la yuca, resultó mejor el efluente en términos del contenido de proteína en el follaje comestible (hojas + pecíolo) así como en su rendimiento por hectárea (Tabla 8).

**Tabla 8: Fertilización de la yuca con estiércol o con efluente de un biodigestor cargado con el mismo tipo de estiércol. Promedio de dos cortes (fuente: Le Ha Chau 1998, datos no-publicados).**

	Efluente	Estiércol	SE/Prob
Composición			
Hojas* % del follaje	74.3	71.9	0.82/0.05
MS, % en hojas	21.4	23.7	0.22/0.001
N*6.25, % en hojas	27.6	24.2	0.17/0.001
Rendimiento, kg/m <sup>2</sup> /corte			
Follaje total	0.869	0.719	0.022/0.001
Hojas	0.643	0.517	0.015/0.001
Rendimiento, toneladas/ha/año			
Hojas	38.6	31.0	
N*6.25	2.27	1.78	

\* se incluyen hojas y pecíolos

# se supone un total de 6 cortes al año

## Las hojas de yuca como suplemento proteico Rumiantes

En Tailandia se esta promoviendo el uso del follaje de la yuca como suplemento para vacas lecheras (Wanapat *et al.*, 1997). En tal caso se ha escogido la henificación como método para procesar el follaje. Los resultados han sido alentadores del punto de vista del consumo y la digestibilidad (Tabla 9).

El enfoque en Vietnam es el ensilaje ya que las condiciones climáticas dificultan el secado de la hoja. El ensilaje es un método sencillo y consiste en:

- Separación de las hojas y pecíolos del tallo
- Picado de las hojas y pecíolos a mano o con máquina
- Adición de melaza a un 5% del peso total
- Mezcla cuidadosa
- Empaque de la mezcla en bolsas plásticas o en cualquier recipiente disponible.

**Tabla 9: Consumo voluntario y digestibilidad del heno de follaje de yuca como única componente de la dieta de novillos Holstein (el follaje incluye toda la biomasa al cortar la planta 15 cm sobre el nivel del suelo; fuente Wanapat *et al.*, 1997).**

	% base seca
Proteína	25
FDN	34
FDA	27
Digestibilidad y consumo	
Digestibilidad de la materia seca, %	71
Consumo, kg/100 kg peso vivo	3.2

Diversos estudios se han hecho sobre el efecto del procesamiento de las hojas en la concentración de ácido cianhídrico en el producto final. Parece que a partir del sexto semana del período de ensilaje, el nivel de esta sustancia tóxica disminuye a un nivel que no es tóxico para los animales monogástricos que son sensibles a este compuesto (Tabla 10).

En el caso de los rumiantes el proceso de digestión fermentativa en el rumen neutraliza el efecto del ácido cianhídrico y no se han reportado problemas aún suministrando el follaje en forma fresca. De hecho, se ha observado en Tailandia (T. Siitiola, comunicación personal) que el alimentar las vacas lecheras con heno del follaje de yuca conlleva a una prolongación de la vida útil de la leche fresca, facilitando así la recolección de la leche en situaciones donde no se cuenta con equipos de refrigeración a nivel de finca.



**Tabla 10: Duración del período del ensilado y concentración de ácido cianhídrico en la materia seca de las hojas de la yuca (Fuente: Nguyen Van Lai, datos no-publicados)**

Semanas	ácido cianhídrico (mg/kg MS)
0	400
1	336
2	312
3	280
4	240
5	200
6	128
7	100
8	96

## Cerdos

Se han hecho dos ensayos con las hojas ensiladas de la yuca usando fuentes energéticas esencialmente libres de proteína como son el jugo de la caña de azúcar y el raíz de la yuca (Tablas 11 y 12). En el primer ensayo (Tabla 11) cuando se compararon cuatro fuentes de hojas, el ensilaje de las hojas de yuca fue superior a los demás tratamientos en retención de nitrógeno, tanto en gramos diarios como en porcentaje del N digerido. Los lechones llegaron a comer 25% de la MS de su dieta en forma de ensilaje de hojas de yuca. En cambio, el follaje fresco de "caupí" tuvo muy pobre aceptación.

En el segundo ensayo, se comparó el ensilaje de las hojas de yuca con la lemna fresca, usando dos fuentes de energía; el jugo de la caña y la raíz ensilada de la yuca (Tabla 12). La única tendencia fue para la digestibilidad del nitrógeno, siendo inferior el ensilaje de las hojas de la yuca comparado con la lemna, manifestándose la diferencia con ambas fuentes energéticas con probabilidades de  $P=0.22$  (Mong Cai) y  $P=0.09$  (Large White). Al igual que en el ensayo anterior, fue alta la retención de N como porcentaje del N digerido, sin diferencias significativas entre las dos fuentes proteicas. Esto indica un adecuado balance de aminoácidos esenciales en estas fuentes vegetativas de proteína.

**Tabla 11: Valores promedios para consumo de hojas, digestibilidad aparente y retención de N en lechones de raza local (Mong Cai) recién destetados. La fuente energética fue jugo de caña de azúcar y las fuentes de hojas fueron el Cauquí, ensilaje de hojas de yuca (EHY) y una mezcla [50:50] de hoja de yuca y *Trichanthera gigantea* (TG), y la biomasa fresca de la lemna. Los ingredientes de las dietas fueron suministrados a voluntad (Fuente: Du Thanh Hang *et al.*, 1997)**

	Cauquí	EHY +TG	Lemna	EHY	ES/Prob
Hojas, % dieta MS	3.76	24.7	25.0	25.5	±1.99/0.001
Proteína en dieta MS a partir de las hojas, %	70.3	95.4	95.8	96.0	
Proteína en la dieta MS, %	1.42	7.13	7.83	8.21	
Digest. de MS, %	93.7	90.1	91.0	89.4	±0.091/1.17
Retención de N, g/día	-0.89	1.49	1.43	2.52	±0.091/0.001
Retención de N, % del N digerido	#	51.6	52.0	67.2	±3.6/0.02

# la retención fue negativa

#### IV. CONCLUSIONES

La yuca manejada como planta forrajera en sistemas integrados tiene un alto potencial para la producción de proteína de alto valor nutritivo. Sembrada en densidades de más de 50,000 tallos/ha y con una alta tasa de fertilización con abono orgánico (del orden de 100 toneladas/ha/año) puede llegar a producir hasta 3 toneladas de proteína por hectárea/año. La hoja de yuca contiene altas cantidades de ácido cianhídrico que para los rumiantes no presenta problema gracias al proceso de detoxificación de estos elementos por los microorganismos del rumen. En contraste, para animales monogástricos la hoja de yuca debe ser secada al sol o ensilada en condiciones anaeróbicas para reducir su toxicidad a tal punto que no cause problemas en los animales monogástricos.

Los datos disponibles indican que el follaje de la yuca, al ser suministrado a los rumiantes en forma fresca o como heno, actúa como fuente de proteína sobrepasante. Por tanto puede ser una alternativa a las fuentes proteicas convencionales como son las harinas de soya, de maní y de pescado.

**Tabla 12: Valores promedios para consumo de hojas, digestibilidad aparente y retención de N en lechones de raza local (Mong Cai) y exótica (Large White) recién destetos. La fuente energética fue jugo de caña de azúcar (JC) o raíz ensilada de yuca (RYE) y las fuentes de hojas el ensilaje de hojas de yuca (HYE) o la biomasa fresca de la lemna (L). Las hojas ensiladas contenían 4.13% de N en la MS; la lemna contenía 5.45% de N (fuente: Nguyen Van Lai et al., 1998).**

	HYE+RYE	L+RYE	HYE+JC	L+JC	ES/Prob.
Consumo MS, g/d					
Mong Cai	228	209	298	262	44/0.55
Large White	303	256	308	262	39/0.70
Hojas en la dieta					
MS, g/kg					
Mong Cai	384	370	343	259	60/0.51
Large White	349	272	362	259	59/0.55
Digestibilidad de					
MS, g/kg					
Mong Cai	858	824	879	870	30/0.67
Large White	852	863	892	881	30/0.80
Digestibilidad de					
N, g/kg					
Mong Cai	564	669	583	651	36/0.22
Large White	598	654	612	716	28/0.09
Retención de N,					
g/d					
Mong Cai	1.54	2.30	2.07	2.28	0.3/0.34
Large White	2.20	2.29	2.70	2.61	0.3/0.63
Retención de N,					
g/kg N digerido					
Mong Cai	727	789	717	721	32/0.40
Large White	724	816	772	766	34/0.40

Las hojas ensiladas de la yuca son bien consumidas por los cerdos y la materia seca es de alta digestibilidad. En dietas casi libres de N como son el jugo de la caña de azúcar y la raíz ensilada de la yuca; el consumo del ensilaje de las hojas de la yuca puede llegar hasta 25-30% de la materia seca total de la dieta, así aportando entre 9 y 10% de proteína en la materia seca de la dieta. Hace falta comprobar hasta que punto estos resultados a nivel experimental pueden ser transformados en recomendaciones prácticas para los productores.

**V. REFERENCIAS**

- BUI XUAN AN, PRESTON T R Y DOLBERG F 1997 The introduction of low-cost polyethylene tube biodigesters on small scale farms in Vietnam. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 9, Number 2: HTML format.
- DU THANH HANG, NGUYEN VAN LAI, RODRIGUEZ LYLIAN Y LY J 1997 Nitrogen digestion and metabolism in Mong Cai pigs fed sugar cane juice and different foliages as sources of protein. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 9, Number 2: HTML format.
- FERNANDEZ ANGELA Y PRESTON T R 1978 Cassava forage as a fibre and protein supplement in molasses-based diets: effect of level of forage and supplementation with soybean meal. *Tropical Animal Production*. Volume 3, Number 2:109-113.
- FFOULKES D, DONE F Y PRESTON T R 1978 Cassava forage as a cattle feed: apparent digestibility and consumption of the whole forage. *Tropical Animal Production*. Volume 3, Number 3:234-236.
- MEYRELES LUZ, MACLEOD N A Y PRESTON T R 1977 Cassava forage as a source of protein: effect of population density and age at cutting. *Tropical Animal Production*. Volume 2, Number 1: 18-26.
- MEYRELES LUZ, POUND B Y PRESTON T R 1982 The use of *Leucaena leucocephala* or sugar cane tops as sources of forage in cattle diets based on molasses/urea supplemented with chicken litter and/or wheat bran. *Tropical Animal Production*. Volume 7, Number 2: 92-97.
- MOORE C P 1976 El uso de forraje de yuca en la alimentacion de rumiantes. *Seminario Internacional de Ganaderia Tropical*, Acapulco, Mexico.
- NGUYEN VAN LAI Y RODRIGUEZ LYLIAN 1998 Digestion and N metabolism in Mong Cai and Large White pigs having free access to sugar cane juice or ensiled cassava root supplemented with duckweed or ensiled cassava leaves. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 10, Number 1: HTML format.
- PRESTON T R Y WILLIS M B 1974 *Intensive Beef Production*. 2nd Edition, Pergamon Press Ltd: Oxford.
- PRESTON T R Y FFOULKES D 1978 Cassava or sweet potato forage as combined sources of protein and roughage in molasses based diets: effect of supplementation with soybean meal. *Tropical Animal Production*. Volume 3, Number 3 :186-192.
- RAVINDRAN V 1991 Preparation of cassava leaf products and their use in animal feeding. In: *Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding* (Editors: D H Machin and A W Speedy). *FAO Animal Production and Health Paper*. Number 95: 111-126.
- WANAPAT M, PIMPA O, PETLUM A Y BOONTAO A 1997 Cassava hay: A new strategic feed for ruminants during the dry season. In: *Better use of locally available feed resources in sustainable livestock based agricultural systems in SE Asia*. *FAO Regional Project*. GCP/RAS/143/JPN (Phnom Penh, Cambodia) pp 26-29.