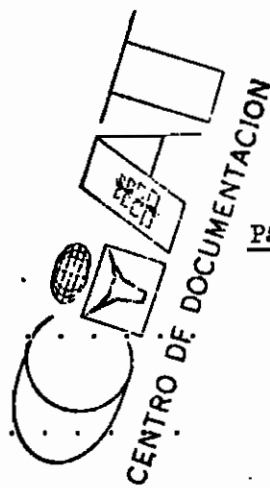


24091

C O N T E N I D O

	<u>Página</u>
INTRODUCCION . . . . .	1
PROCESO DE ENSILAJE . . . . .	2
ENSILAJE DE RAICES DE YUCA . . . . .	5
Preparación del ensilaje . . . . .	8
Valor nutricional del ensilaje . . . . .	11
EVALUACION DEL ENSILAJE DE YUCA PARA ALIMENTACION DE CERDOS . . . .	18
Ensilaje de raíces de yuca con diferente tiempo de almacenamiento y con varios productos mezclados al momento de preparar el ensilaje . . . . .	18
Suplementación proteínica controlada diariamente o cada 2 días en raciones a base de ensilaje de raíces de yuca . . . .	25
Suplementos proteínicos con diferente concentración de proteína y con diferentes fuentes proteicas para suministrar con ensilaje de raíces de yuca . . . . .	28
Ensilaje de raíces de yuca para cerdas en lactancia . . . . .	40
RESUMEN Y CONCLUSIONES . . . . .	44
REFERENCIAS . . . . .	49



## YUCA ENSILADA PARA ALIMENTACION DE CERDOS

Julián Buitrago A., Guillermo G. Gómez, Roberto Portela, Jorge Santos  
y Cornelio Trujillo

### INTRODUCCION

Los productos que contienen un alto nivel de humedad, como sucede con la yuca, ofrecen dificultades para ser utilizados como materia prima en la elaboración de alimento para cerdos, debido especialmente a los problemas que se presentan con el manejo de la ración y con el almacenamiento del producto solo o mezclado.

En condiciones ambientales normales, una vez que la yuca ha sido cosechada, debe utilizarse en el transcurso de unos pocos días, ya que rápidamente se deteriora transformándose en un producto no apto para el consumo o para ser procesado.

La yuca fresca se puede utilizar en raciones para cerdos durante todas las fases de producción, pero es necesario cosecharla y procesarla diariamente, lo cual dificulta el manejo práctico de grandes volúmenes de alimento. La otra alternativa consiste en la deshidratación del producto para ser incorporado a raciones concentradas secas. Sin embargo, la deshidratación mediante la utilización de energía solar está sujeta a nuevas dificultades, cuando se trata de cantidades grandes y regulares de yuca, debiendo recurrirse a la utilización de hornos deshidratadores; con el consiguiente incremento en los costos de producción.

Como solución a algunos de los problemas descritos anteriormente, se plantea la posibilidad de utilizar el sistema de ensilaje, para procesar total o parcialmente la yuca disponible para alimentación de cerdos. El ensilaje ofrece un método simple y económico para almacenar la cantidad deseada de yuca, la cual puede ser utilizada posteriormente durante períodos prolongados sin que se deteriore su calidad nutritiva.

A continuación se incluye la información disponible sobre este aspecto, presentando en primer término, algunas consideraciones generales sobre el proceso de ensilaje y posteriormente el resultado de los estudios realizados para evaluar la utilización de yuca ensilada en alimentación de cerdos.

#### PROCESO DE ENSILAJE

El fundamento principal para la conservación mediante el proceso del ensilaje se basa en la necesidad de mantener un producto cosechado sin mayores variaciones en su valor nutricional, para poderlo utilizar en cualquier época posterior, especialmente cuando no sea posible disponer de la cosecha fresca. Para lograr este objetivo es necesario que los cambios bioquímicos que se suceden en las reacciones de fermentación liberen una cantidad adecuada de ácidos orgánicos, principalmente láctico y acético, los cuales se producen mediante degradación bacteriana de los carbohidratos solubles.

En presencia de oxígeno (respiración aeróbica), los carbohidratos se degradan mediante los mecanismos corrientes de respiración y combustión que ocurren en las células vivas, para ser convertidos finalmente en agua y bióxido de carbono, con liberación de energía en forma de calor:  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energía}$ . Durante el proceso de ensilaje se trata de evitar que

estas reacciones se sucedan, con la consiguiente pérdida del valor nutritivo y de la energía útil de los productos ensilados.

El producto que va a ser ensilado debe trasladarse rápidamente al silo para ser compactado y protegido con el propósito de disminuir al máximo la cantidad de oxígeno disponible, evitando así el desarrollo de los procesos respiratorios aeróbicos. De todas maneras, la respiración aeróbica continúa por algún tiempo en las células vivas, produciéndose un aumento considerable en la temperatura. La respiración disminuirá si la compactación del producto ensilado ha sido adecuada y si la entrada de aire se evita de una manera efectiva. Esta respiración terminará al morir las células vegetales por falta de oxígeno, produciéndose simultáneamente un incremento notable en los procesos de respiración anaeróbica, como resultado de la actividad de los microorganismos presentes en el material ensilado. Los microorganismos son los responsables de los procesos de fermentación a partir de los carbohidratos, grasas y proteínas, que se difunden fuera de la masa después de la muerte de las células vegetales.

Cuando los azúcares y almidones son degradados mediante los mecanismos de respiración anaeróbica, se obtienen, entre otros elementos, los ácidos orgánicos, principalmente el acético, el propiónico, el láctico y el butírico. Para obtener un ensilaje de buena calidad es importante que se produzca una cantidad considerable de ácidos orgánicos, con predominio del ácido láctico, o que al menos la concentración de ácido butírico sea mínima.

De acuerdo a las condiciones en que se ensile el producto, se favorecerá el desarrollo de diferentes grupos de organismos, especialmente bacterias y hongos. Las bacterias están constituidas principalmente por lactobacilos y

estreptococos que producen ácido láctico, por organismos del grupo Coli que producen ácido acético y por Clostridios que pueden desdoblar el ácido láctico y los azúcares en ácido butírico y que también descomponen las proteínas del forraje mediante procesos de putrefacción. La descomposición de las proteínas produce amoníaco, el cual neutraliza parte del ácido láctico que se ha formado, acelerando la descomposición del ensilaje. La actividad de los Clostridios se inhibe con la acidez, pero es acelerada por la humedad: un ensilaje húmedo (más de 80% de humedad) debe tener un pH bajo (inferior a 4), para evitar la descomposición; mientras que un ensilaje más seco (más de 40% de materia seca), puede conservarse adecuadamente a un pH mayor (alrededor de 5).

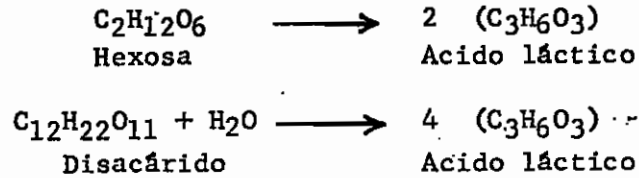
Los hongos que pueden desarrollarse en la masa ensilada están constituidos principalmente por levaduras y mohos, pero su importancia es muy secundaria, excepto en las capas superficiales o cuando hay acceso de aire al interior del silo, casos en los cuales también se presentará descomposición del producto.

Existen tres etapas principales en la fermentación bacteriana del ensilado:

La fermentación inicial es causada por microorganismos del grupo Coli acrogens, cuyo producto principal es el ácido acético. La etapa siguiente comprende la fermentación debida principalmente a estreptococos, que producen pequeñas cantidades de ácidos acético y láctico. Finalmente intervienen los lactobacilos, en la fase más duradera, durante la cual se obtiene una máxima producción de ácido láctico.

En condiciones favorables puede llegar a formarse hasta un 8-10% de ácido láctico con respecto al contenido de materia seca del producto original, siem-

pre y cuando el siló reúna las características adecuadas y que exista una óptima concentración de carbohidratos para promover las reacciones de fermentación:



La rápida declinación del contenido de carbohidratos solubles es característica de un ensilaje satisfactorio y no debe interpretarse como una pérdida nutricional. Una gran proporción de estos carbohidratos se ha transformado en ácido láctico, que tiene un valor nutritivo equivalente al de la glucosa.

La calidad del ensilaje está determinada en gran parte por el grado de acidez, el cual debe ser inferior a 4.5 y preferiblemente menor de 4. En estas condiciones la concentración de ácido butírico será mínima y la concentración de otros ácidos orgánicos (especialmente láctico y acético) será alta. Por otra parte, a este pH los productos de descomposición de las proteínas serán principalmente aminoácidos, con cantidades muy pequeñas de bases volátiles.

#### ENSILAJE DE RAICES DE YUCA

Después de la recolección, las raíces de yuca son altamente perecederas y rápidamente se inician los procesos de descomposición que las inhabilitan para el consumo en unos pocos días. Se han identificado dos tipos de descomposición ( fisiológica y microbial ), que son analizados en forma detallada por Lozano et al. ( 1978 ). La descomposición se manifiesta mayormente mediante pudrición de los tejidos que casi siempre está acompañada de

una coloración azul oscura en las partes afectadas (Figura 1) El proceso de pudrición está asociado con la rápida acidificación que se desarrolla en la raíz, permitiendo la proliferación de hongos, del tipo Rhizopus spp., en condiciones aeróbicas, o del tipo Bacillus spp., en condiciones anaeróbicas (Majumder, 1955). Sin embargo, en medios anaeróbicos, la actividad bacteriana tiene preponderancia, dando lugar a los procesos de fermentación y acidificación característicos para cada tipo de bacterias involucradas.

Existen diversos métodos sencillos que permiten conservar en buenas condiciones las raíces de yuca durante unos pocos días. Por ejemplo, las raíces sumergidas en agua o cubiertas con una capa de tierra o barro, pueden preservarse por períodos no mayores de 1 semana. Sin embargo, no existen técnicas para una conservación a largo plazo, aparte de métodos costosos como refrigeración, parafinado o tratamiento con reactivos químicos del tipo bromuros, formalina, trietanolamina, benzoato de sodio, etc. Algunos de estos métodos se describen en una revisión hecha por Ingram y Humphries (1972).

Un sistema que se ha evaluado con algún éxito (Booth and Coursey, 1974; Booth, 1975) para conservar las raíces, se basa en formar montones o pilas cónicas con 300 a 500 kg de raíces enteras, las cuales se cubren con una capa de paja o tamo seco y luego con una capa de tierra. En medio ambiente fresco y con lluvias frecuentes y ligeras, las raíces se han podido conservar en buenas condiciones durante 2 meses. Sin embargo, en medio ambiente cálido y seco, cuando la temperatura interior de las pilas sobrepasa 40°C, o cuando se presenta exceso de lluvia, las pérdidas son cuantiosas, aun antes de 1 mes de almacenamiento.

Cuando se trata de alimentación animal, el ensilaje ofrece una alternati-



Raíces seccionadas y conservadas  
al medio ambiente.



Raíces pedradas y  
conservadas al  
medio ambiente.



Raíces pedradas y  
conservadas en silo.

Figura 1. Cambios observados en raíces de yuca 10 días después de cosechadas.



va ventajosa para utilizar las raíces de yuca sin que se deteriore su calidad nutritiva. Gracias al alto contenido de carbohidratos solubles (80-85 por ciento de la materia seca) y moderado contenido de materia seca (32-38 por ciento), la yuca es un producto con excelentes características para ser ensilado.

#### Preparación del ensilaje:

Las raíces que van a ensilarse deben estar sanas y recién cosechadas. Después de la recolección se procede a lavar las raíces tratando de eliminar el exceso de tierra y productos de desecho (Figura 2). En seguida se debe proceder a picar el material en fragmentos pequeños, utilizando un machete o una máquina picadora como la que se ilustra en la Figura 3. Es importante que los fragmentos sean pequeños para facilitar una mayor compactación y mejor conservación del material ensilado; por ejemplo, fragmentos de 0.5-1 cm de espesor y 4-5 cm de longitud proporcionan un material adecuado para la elaboración de un buen ensilaje.

Una vez que se ha preparado el volumen necesario de yuca, se procede a depositarlo rápidamente en el recipiente que se utilizará como silo, procurando agregar cantidades moderadas del producto y compactarlo por capas delgadas para extraer la mayor cantidad posible de aire de la masa ensilada.

Se pueden utilizar diferentes tipos de silos, de acuerdo al volumen que se va a ensilar y procurando tener en cuenta aspectos de funcionalidad y economía en el equipo que se seleccione. Es indispensable que el silo pueda cerrarse herméticamente y que el material ensilado quede bien protegido del aire y del agua. También debe tenerse presente que en el momento de abrir el silo.

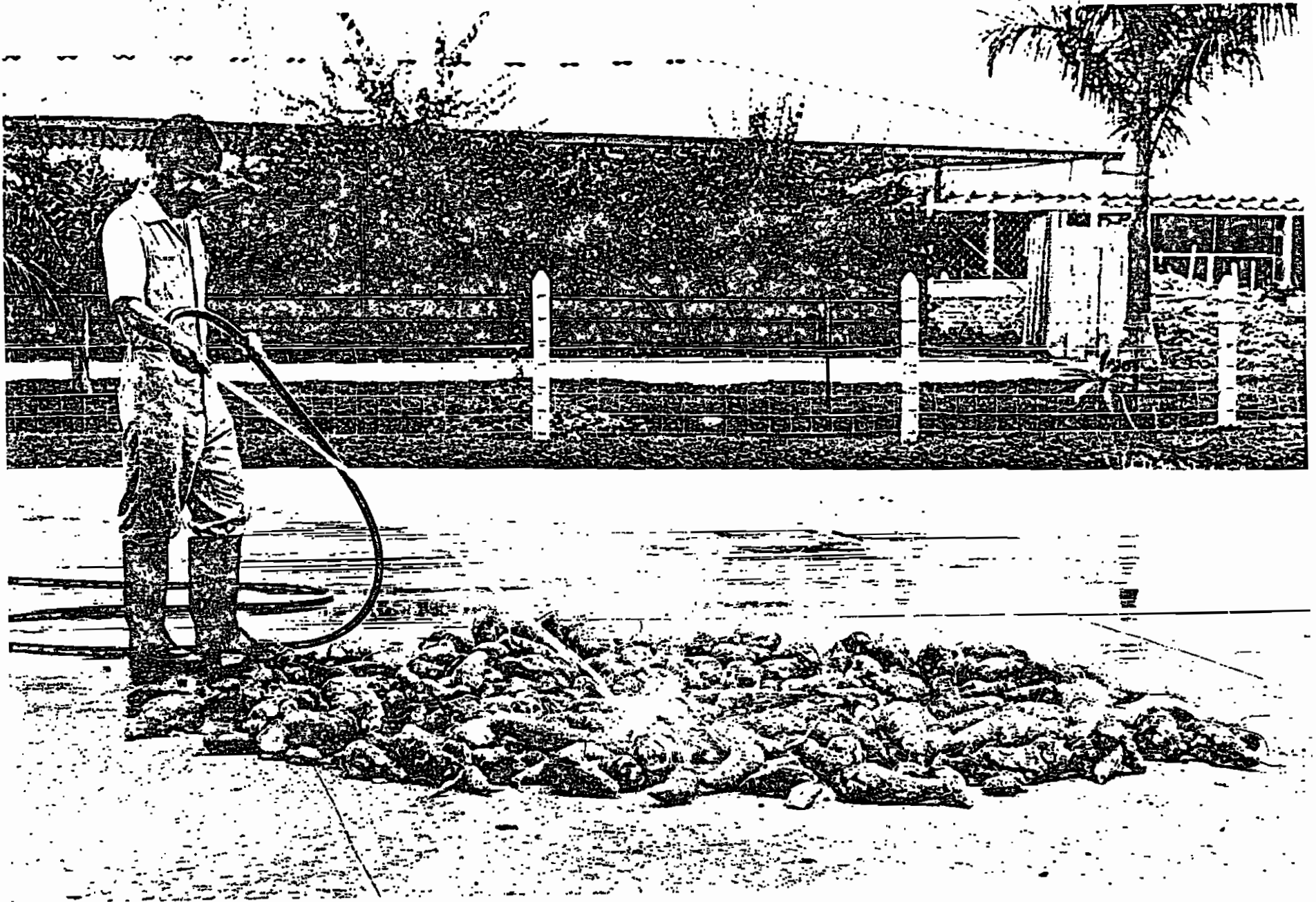


Figura 2. Las raíces de yuca deben lavarse con agua inmediatamente después de la cosecha.

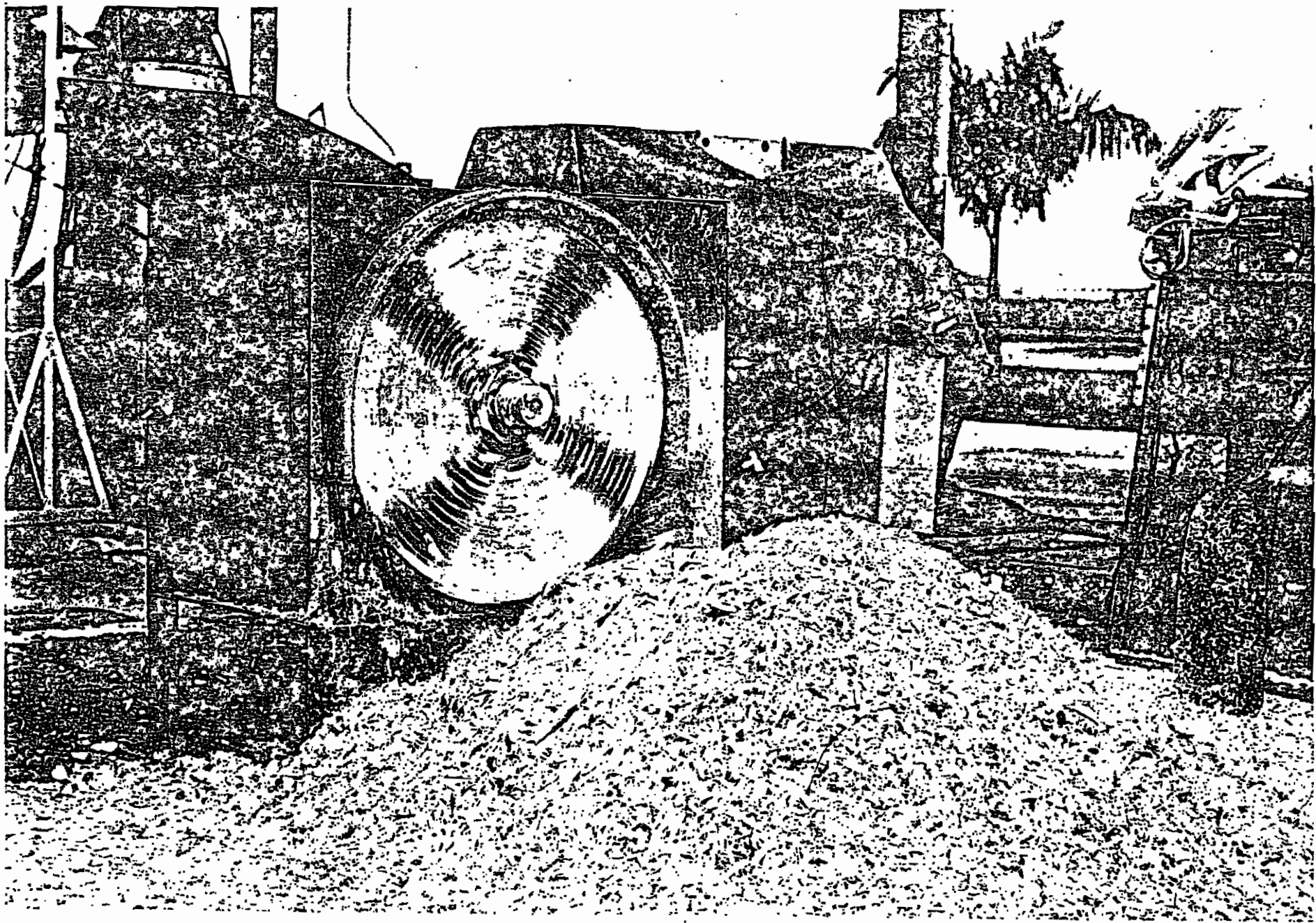


Figura 3. Máquina picadora de yuca

no se exponga al aire una cantidad muy grande de ensilaje que no se vaya a utilizar inmediatamente. En silos grandes es preferible hacer varias divisiones en forma tal que en cada sección pueda almacenarse el producto que se va a consumir en unos pocos días.

En los estudios que se presentan más adelante sobre uso de ensilaje de yuca para alimentación de cerdos, se utilizaron dos sistemas de ensilaje: silo de trinchera (Figura 4) cuando se necesitaba una cantidad grande del producto, o ensilaje en bolsas de polietileno (Figura 5) para cantidades pequeñas.

#### Valor nutricional del ensilaje

De acuerdo al tipo y duración del ensilaje de yuca los cambios más importantes que pueden ocurrir en su valor nutricional, con respecto al producto fresco, se relacionan con el contenido de humedad y de almidón.

En silos de trinchera dotados de un buen sistema de drenaje es posible que se presente un aumento notable en el contenido de materia seca, debido a la pérdida de agua por filtración, lo cual representa una mayor densidad energética del producto, en proporción al tiempo de duración del ensilaje. Cuando el ensilaje es reciente, el contenido de materia seca no cambia mucho en relación con el producto fresco (35-40 por ciento de materia seca). Cuando el producto tiene más de 6 meses de haber sido ensilado, es posible que el nivel de materia seca se incremente hasta 45 por ciento o más. Sin embargo en el caso de ensilaje en bolsas de polietileno o silos mal drenados, no se observan cambios apreciables en el contenido de materia seca. En el Cuadro 1 se ilustra la composición proximal de una muestra de yuca que fue ensilada durante más de



Figura 4. Silo trinchera de madera recubierto con lámina de zinc para ensilar raíces de yuca.



Figura 5. Ensilaje de raices de yuca en bolsas de polietileno

Cuadro 1. Composición proximal de la yuca en forma ensilada, fresca y deshidratada.

	Yuca ensilada	Yuca fresca	Harina de yuca
Humedad	55.00	65.0	10.0
Proteína cruda	1.61	1.25	3.21
Fibra	1.86	1.45	3.73
Grasa	0.37	0.29	0.75
Ceniza	1.84	1.43	3.68
Extracto no nitrogenado	39.60	30.84	79.30

6 meses en un silo de trinchera en comparación con muestras de yuca fresca y de harina de yuca. Según el grado de humedad, se observan diferentes concentraciones de energía por unidad de peso del producto y consecuentemente, de los demás nutrientes presentes en la yuca.

Tal como se explicó anteriormente, la fermentación que ocurre durante el ensilaje se debe a la transformación parcial del almidón en ácidos orgánicos. La intensidad de esta transformación se puede medir a través de los cambios observados en el pH de la masa ensilada. En el Cuadro 2 se ilustra el contenido de ácidos orgánicos, materia seca, nitrógeno y pH del ensilaje de yuca después de 3 meses de almacenamiento, de acuerdo a análisis efectuado por Serres y Tillon (1972). La Figura 6 presenta un resumen de observaciones realizadas en el CIAT sobre los cambios a través del tiempo en el pH y materia seca de raíces de yuca ensiladas durante 4 meses.

Debido a las dificultades que se presentan para el suministro de una ración completa a base de yuca ensilada, se acostumbra, al igual que con otros productos húmedos, suministrar diariamente la cantidad aproximada de ensilaje que debe consumir cada lote de cerdos, conjuntamente con un suplemento seco que contiene los ingredientes necesarios para aportar los nutrientes requeridos diariamente. El suplemento puede suministrarse en cantidades controladas diariamente de acuerdo al peso del animal, o puede suministrarse en comederos automáticos para consumo a voluntad, aunque en este último caso, generalmente se presenta sobreconsumo del suplemento y subconsumo de ensilaje. Cuando se controla diariamente el consumo de suplemento, éste puede mezclarse en el mismo comedero con el ensilaje, o bien puede suministrarse en un comedero separado con suficiente espacio para que todos los cerdos tengan fácil acceso.

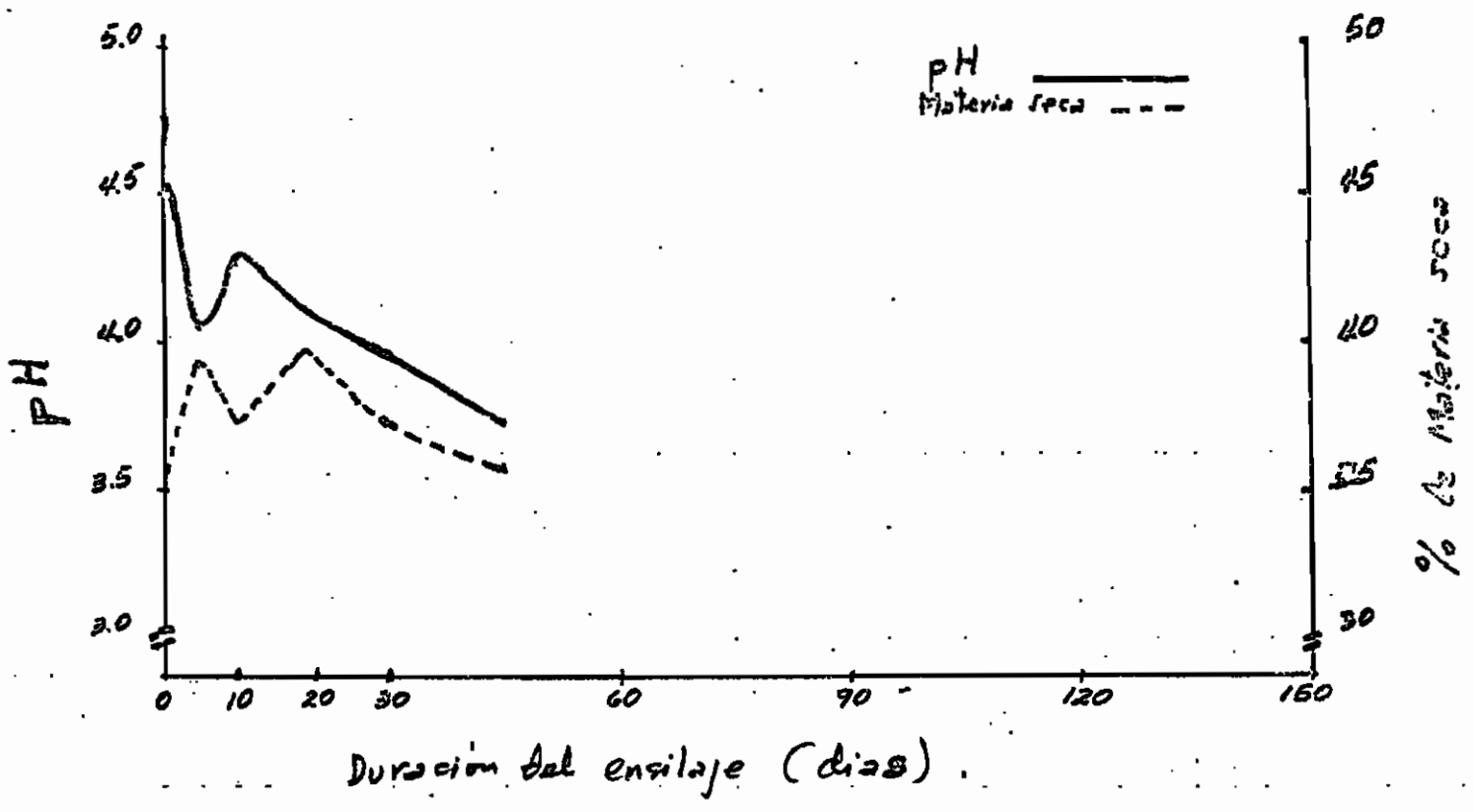


Cuadro 2. Composición de una muestra de raíces de yuca conservadas en silo de trinchera durante 3 meses 1/

	<u>%</u>
Materia seca	35.5
Acidos volátiles totales	0.36
Acido acético	0.30
Acido butírico	0.09
Acido láctico	0.90
N amoniacal / N total	14.0
pH	4.0

1/ Adaptado de Serres et Tillon. 1972

Figura 6. Cambios en el pH y porcentaje de materia seca en raices de yuca ensiladas durante 4 meses



## EVALUACION DEL ENSILAJE DE YUCA PARA ALIMENTACION DE CERDOS

Ensilaje de raíces de yuca con diferente tiempo de almacenamiento y con varios productos mezclados al momento de preparar el ensilaje

Con el propósito de evaluar el efecto de la duración del ensilaje y la adición de sal común a las raíces de yuca para ensilar, se realizó una investigación utilizando cerdos en crecimiento y acabado para efectuar la prueba nutricional. Se comparó un lote de raíces que habían permanecido más de 6 meses ensiladas en bolsas de polietileno, con otras que tenían menos de 6 meses de ensiladas. A la mitad de cada lote de yuca se le mezcló sal común al 2 por ciento en el momento de efectuar el ensilaje, mientras que la yuca restante fue ensilada sin aditivo alguno.

El suplemento proteínico utilizado estaba compuesto por tortas de algodón y de soya a partes iguales, con un contenido de proteína total equivalente a 42 por ciento. Para los grupos que consumieron ensilaje mezclado con sal, el suplemento se preparó sin sal. La composición de estos dos suplementos se ilustra en el Cuadro 3. En todos los grupos evaluados se suministró el suplemento proteínico cada dos días, de acuerdo al plan de alimentación que se presenta en el Cuadro 4, el cual está basado en aumentar 50 g de suplemento por cerdo cada semana, comenzando con la cantidad requerida para cerdos de 15-20 kg y finalizando con la cantidad necesaria para cerdos de 95 kg, 18 semanas más tarde. El suplemento proteínico se mezcló con el ensilaje de yuca al momento de suministrarlo a los cerdos.

El ensilaje de raíces de yuca se administró diariamente en comederos automáticos, procurando mantener un libre consumo a todo momento. La cantidad sobrante del día anterior se suministró nuevamente mezclada con el ensilaje co-

Cuadro 3. Composición del suplemento proteínico para suministrar en forma controlada con ensilaje de raíces de yuca

	<u>Con sal</u>	<u>Sin sal</u>
Torta de soya	44	44
Torta de algodón	44	44
Harina de huesos	9	9
Sal	2	-
Minerales y vitaminas	1	1
Harina de yuca	-	2
	<u>100</u>	<u>100</u>

Cuadro 4. Cantidad de suplemento proteínico para suministrar cada 2 días en combinación con ensilaje de raíces de yuca.

Semana No. <sup>1/</sup>	Suplemento proteínico por cerdo <sup>2/</sup> (kg)
1	1.150
2	1.200
3	1.250
4	1.300
5	1.350
6	1.400
7	1.450
8	1.500
9	1.550
10	1.600
11	1.650
12	1.700
13	1.750
14	1.800
15	1.850
16	1.900
17	1.950
18	2.000
19	2.050
20	2.100

<sup>1/</sup> Se considera un peso inicial de 20 kg por cerdo.

<sup>2/</sup> Cantidad suficiente para 2 días.

rrespondiente al nuevo día para evitar desperdicio de alimento.

El resumen del rendimiento en los cerdos se presenta en el Cuadro 5. No se observaron diferencias en el aumento de peso de los cerdos, debidas al efecto de la mayor o menor duración del ensilaje o a la adición de sal. El peso promedio se mantuvo dentro de un rango normal a lo largo del experimento (Figura 7), aunque inferior al peso que se obtiene con raciones tipo maíz-torta de soya. Con respecto al consumo alimenticio se observó un menor consumo del ensilaje con mayor duración (más de 6 meses); igualmente, la adición de sal ocasionó menor consumo en ambas clases de ensilaje. En la Figura 8 se ilustran las cifras del consumo diario de ensilaje y de suplemento proteínico por cerdo, a través del experimento. La eficiencia de conversión alimenticia fue ligeramente mejor cuando se utilizó ensilaje con más de 6 meses, pero esta diferencia puede explicarse parcialmente por una mayor cantidad de materia seca en este último tipo de ensilaje. La adición de sal mejoró la eficiencia de conversión alimenticia en las dos clases de ensilaje (Cuadro 5).

Colateralmente se realizaron observaciones sobre el efecto de otros aditivos en la calidad del ensilaje de raíces de yuca. Se utilizó azúcar y melaza en concentraciones del 5, 10, 15 y 20 por ciento, incorporándolos al momento de preparar el ensilaje. Las evaluaciones posteriores no demostraron un efecto favorable sobre la calidad del ensilaje y en la mayoría de los casos se pudo apreciar una pérdida considerable del aditivo por dilución en el líquido que permanentemente está drenando del silo.

En otro experimento se procedió a comparar el ensilaje de la planta integral de yuca (raíces, hojas y tallos) con el ensilaje de las raíces solas y con las raíces de yuca suministradas en forma fresca. Se utilizó un suplemento

Cuadro 5. RENDIMIENTO DE CERDOS CON RACIONES A BASE DE ENSILAJE DE RAICES DE YUCA <sup>1/</sup>

	Ensilaje de yuca > 6 meses		Ensilaje de yuca < 6 meses	
	Sin sal	Con sal	Sin sal	Con sal
Peso inicial, kg	21.7	22.0	21.9	21.8
Peso final, kg	96.7	95.7	96.6	97.0
Aumento diario, kg	0.63	0.62	0.63	0.63
Consumo diario, kg:				
Ensilaje	3.30	2.87	3.45	3.20
Suplemento	0.78	0.78	0.78	0.78
Alimento/ganancia <sup>2/</sup>	6.49	6.44	6.75	6.30
Alimento/ganancia <sup>3/</sup>	3.71	3.45	3.84	3.63

<sup>1/</sup> Seis cerdos por tratamiento. Duración del experimento, 119 días.

<sup>2/</sup> Cálculos con base en ensilaje húmedo (57% humedad).

<sup>3/</sup> Cálculos con base en humedad ambiental.

Figura 7. Peso promedio de cerdos que consumieron ensilaje de raíces de yuca y suplemento proteínico.

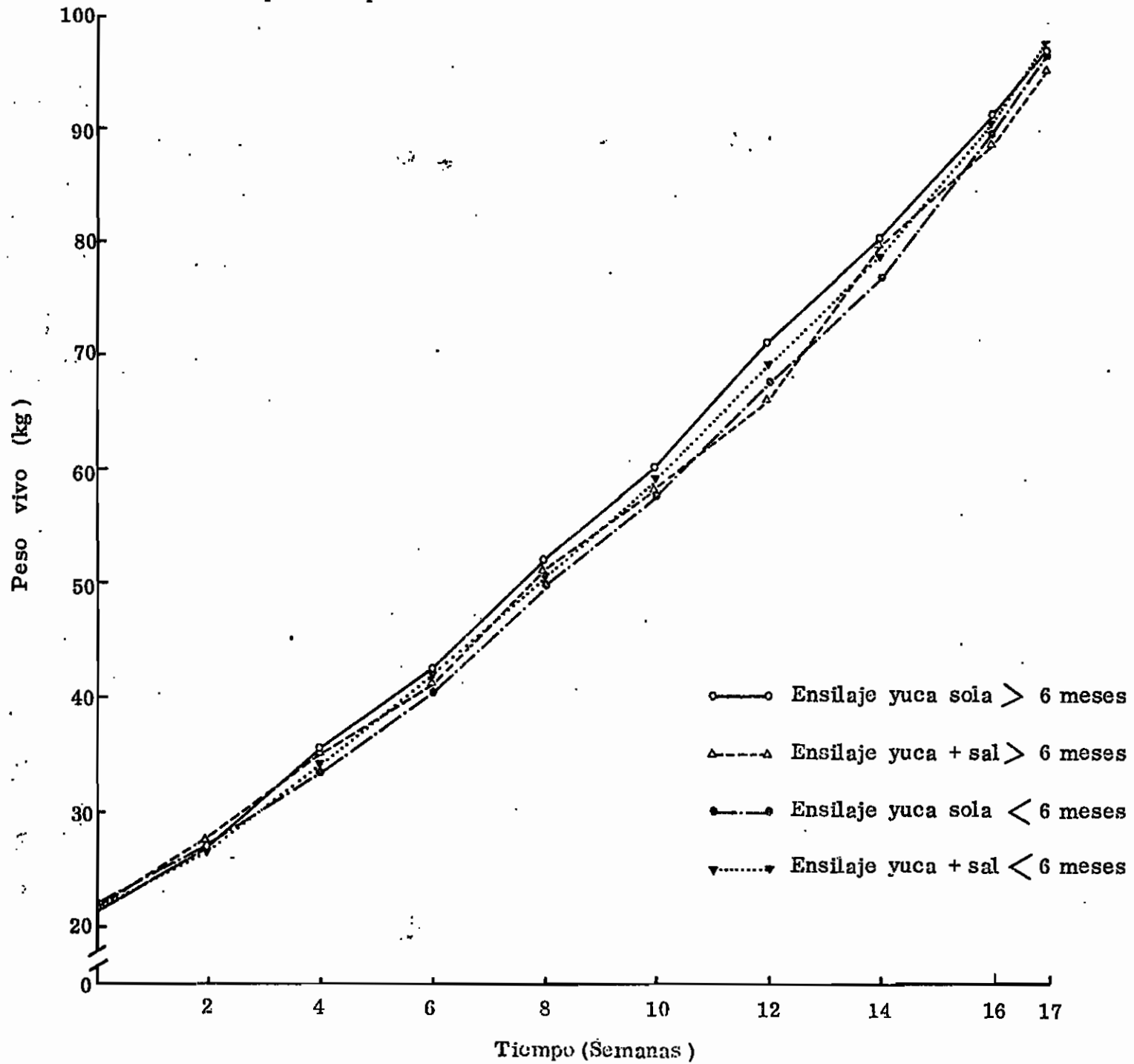
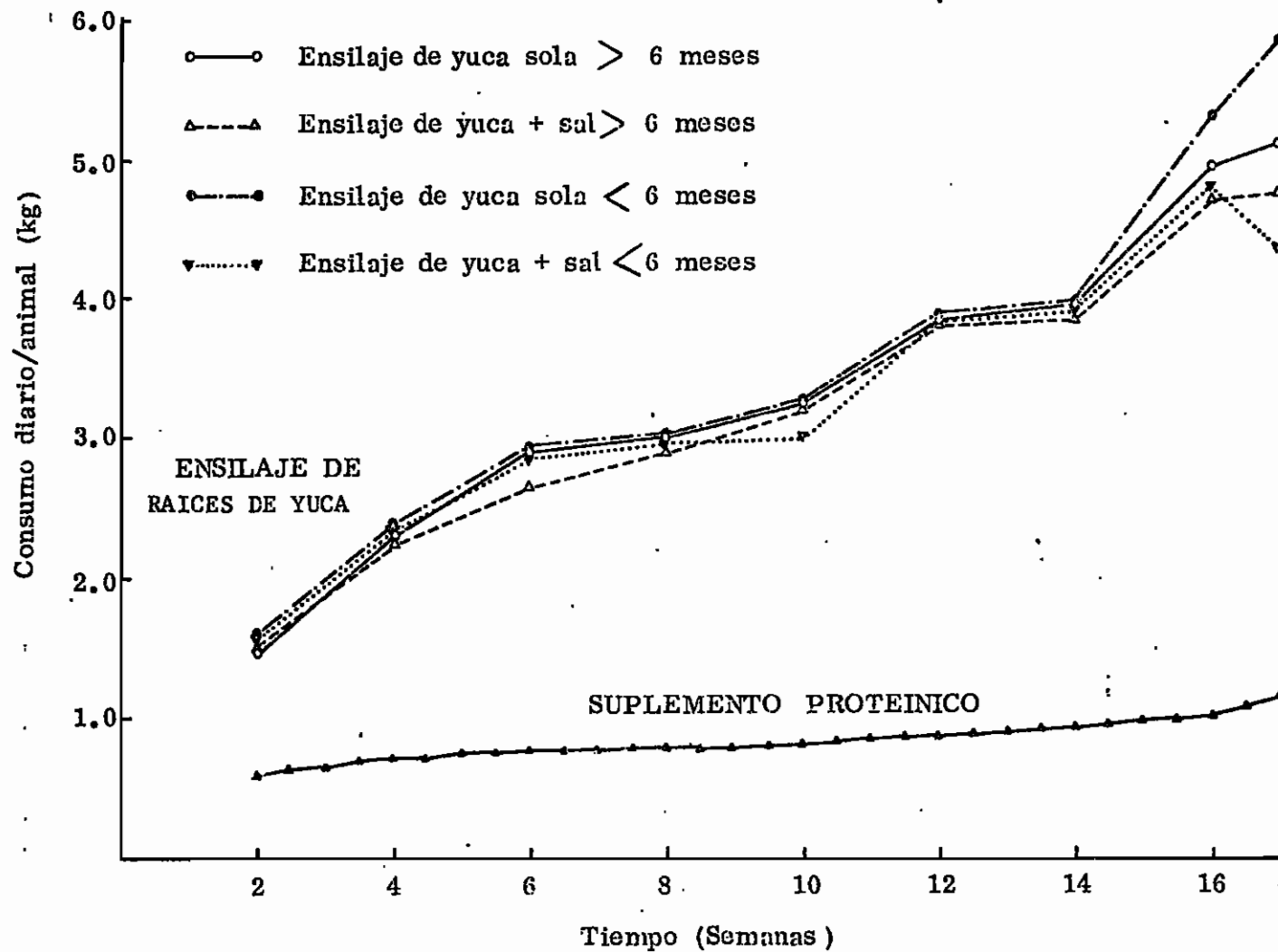




Figura 8. Consumo diario de ensilaje de raíces de yuca y de suplemento proteínico.



proteínico similar para los tres tratamientos, el cual incluyó torta de algodón como única fuente de proteína (Cuadro 6). Tanto el suplemento proteínico como las preparaciones a base de yuca se suministraron a voluntad para cerdos en crecimiento y acabado.

El consumo de alimento y los datos de comportamiento se presentan en el Cuadro 7. El consumo promedio diario de suplemento proteínico no fue diferente entre tratamientos y se logró evitar un sobreconsumo de proteína, posiblemente debido a la inclusión del alto porcentaje de torta de algodón. El consumo diario del ensilaje de raíces solas fue similar al de la raíz fresca. Sin embargo, cuando se utilizó el ensilaje de la mezcla de raíces, tallos y hojas se observó un efecto negativo sobre el consumo, reduciéndose aproximadamente en un 25 por ciento. Este menor consumo del ensilaje de la planta integral se reflejó en una reducción del 15 por ciento en el aumento de peso diario, en relación con la ración de yuca fresca. Los aumentos de peso de los cerdos alimentados con ensilaje de raíces solas fueron iguales a aquellos producidos por las raíces frescas. El alimento requerido por unidad de aumento no fue diferente entre tratamientos.

#### Suplementación proteínica controlada diariamente o cada 2 días en raciones a base de ensilaje de raíces de yuca

Este estudio se realizó con el objetivo de comparar el sistema de proporcionar el suplemento proteínico diariamente o cada 2 días, en raciones a base de ensilaje de raíces de yuca, solo o mezclado con melaza al momento del suministro. El suplemento proteínico utilizado tenía la misma composición ilustrada en el Cuadro 3. Un grupo recibió el suplemento mezclado con el ensilaje cada día y otro grupo recibió el suplemento cada dos días, de acuerdo al pro-

Cuadro 6. Composición del suplemento proteínico para suministrar con ensilaje de raíces de yuca o con ensilaje integral de yuca <sup>1/</sup>

---

Maíz	10.9
Torta de algodón	78.1
Harina de huesos	8.0
Sal	2.0
Minerales y vitaminas	1.0

---

<sup>1/</sup> Para suministrar a voluntad

Cuadro 7. Comportamiento de los cerdos alimentados con ensilaje de raíces de yuca o con ensilaje integral de yuca 1/

	Aumento de peso diario kg	Alimento/ ganancia <u>2/</u>	Consumo diario	
			Yuca kg	Suplemento kg
Suplemento proteínico mas:				
Raíces frescas	0.75	3.43	4.04	1.00
En ilaje de raíces de yuca	0.77	3.25	3.84	1.01
Ensilaje integral	0.64	3.52	3.05	1.06

1/ Cinco cerdos por tratamiento. Peso inicial, 18 kg; peso final, 98 kg. Duración del experimento, 112 días.

2/ Cálculado con base en humedad ambiental.

grama que se indica en el Cuadro 8. Estos dos sistemas de suplementación se compararon tanto con ensilaje de raíces solas, como con ensilaje de raíces mezcladas con 10 por ciento de melaza al momento de suministrar las raciones a los cerdos. También se incluyó un grupo testigo con raciones a base de sorgo (78 por ciento en crecimiento y 84 por ciento en acabado) y el mismo suplemento proteínico utilizado con el ensilaje de raíces de yuca, en proporción de 22 por ciento en crecimiento y 16 por ciento en acabado.

Los resultados del rendimiento en los cerdos se muestran en el Cuadro 9. Todos los grupos alimentados con ensilaje de raíces de yuca tuvieron una tasa de crecimiento igual o superior al grupo testigo sorgo-suplemento, aunque el nivel de crecimiento de este último grupo no fue el óptimo que se observa para cerdos durante esta fase. La adición de melaza al ensilaje tuvo un efecto favorable al mejorar los incrementos diarios de peso. No se observaron diferencias en la eficiencia de conversión alimenticia al comparar el efecto de suministrar el suplemento proteínico diariamente o cada dos días.

#### Suplementos proteínicos con diferente concentración de proteína y con diferentes fuentes proteicas para suministrar con ensilaje de raíces de yuca

Cuando se utilizan suplementos con más de 40 por ciento de proteína es necesario controlar la cantidad suministrada diariamente con el fin de evitar sobreconsumo de proteína y subconsumo de yuca ensilada. En el presente estudio se trató de contrarrestar este problema de control diario mediante la utilización de un suplemento con menor concentración de proteína (30 por ciento) para suministrarse a libre consumo como complemento al ensilaje que también se ofreció para consumo a voluntad. Se incluyeron tratamientos en los cuales el mismo suplemento se utilizó en cantidades controladas diariamente con el fin

Cuadro 8. Cantidad de suplemento proteínico para suministrar diariamente vs. cada 2 días con ensilaje de raíces de yuca <sup>1/</sup>

Semana No. <sup>2/</sup>	Suplemento proteínico por cerdo, kg	
	Cada día	Cada 2 días
1	0.500	1.00
2	0.550	1.10
3	0.600	1.20
4	0.650	1.30
5	0.675	1.35
6	0.700	1.40
7	0.725	1.45
8	0.750	1.50
9	0.775	1.55
10	0.800	1.60
11	0.825	1.65
12	0.850	1.70
13	0.875	1.75
14	0.900	1.80
15	0.925	1.85
16	0.950	1.90
17	0.975	1.95
18	1.000	2.00
19	1.025	2.05
20	1.050	2.10

<sup>1/</sup> Ensilaje de yuca en bolsas plásticas (60% de humedad).

<sup>2/</sup> Se considera un peso inicial de 18 kg por cerdo.

Cuadro 9. Rendimiento de cerdos con raciones a base de ensilaje de raíces de yuca y suplemento proteínico diario vs. cada 2 días 1/

	Ración testigo	Yuca ensilada		Yuca ensilada + mclaza	
		SP/diario	SP/2 días	SP/diario	SP/2 días
Peso inicial, kg	18.9	18.9	19.0	18.9	19.0
Peso final, kg	95.3	95.2	95.3	95.1	95.0
Aumento diario, kg	0.62	0.63	0.59	0.67	0.67
No. días	123	120	130	113	113
Consumo diario, kg:					
Testigo	2.65	-	-	-	-
Ensilaje <u>2/</u>	-	3.68	3.73	4.02	3.61
Suplemento	-	0.77	0.79	0.75	0.76
Alimento/ganancia: <u>3/</u>	4.27	3.85	4.18	4.07	3.76

1/ Cinco cerdos en cada tratamiento.

2/ Ensilaje en bolsas de polietileno, con 60% de humedad.

3/ Cálculos con base en humedad ambiental.

de obtener una referencia de comparación. Los dos sistemas de suplementación se evaluaron tanto con ensilaje de raíces de yuca como con raíces frescas. También se incluyó un grupo testigo al cual se le suministró maíz común (70 por ciento de la ración) mezclado con el suplemento proteínico (30 por ciento de la ración). La composición del suplemento fue igual para todos los tratamientos incluyendo la ración testigo, y se presenta en el Cuadro 10. En los grupos a los cuales se suministró el suplemento en cantidad controlada diariamente, se procedió a mezclar el ensilaje de raíces de yuca o las raíces de yuca frescas con la cantidad de suplemento requerida, de acuerdo al programa que se presenta en el Cuadro 11. La mezcla preparada en esta forma contenía 16 por ciento de proteína en base seca y se suministró a voluntad en comederos automáticos durante todo el período experimental.

Este experimento se realizó durante la fase de crecimiento solamente, finalizando cuando el grupo testigo alcanzó un peso promedio de 55 kg. Los resultados aparecen resumidos en el Cuadro 12. A pesar de que el aumento de peso fue ligeramente superior en los cerdos que consumieron la ración a base de maíz y suplemento proteínico, los grupos que consumieron ensilaje de raíces de yuca o raíces frescas también tuvieron un crecimiento normal. La utilización del suplemento con 30 por ciento de proteína previno en forma efectiva el sobreconsumo de proteína que se observa con suplementos de mayor concentración proteínica suministrados a voluntad. No se observaron diferencias consistentes en el rendimiento de los cerdos asociadas con la forma de suministrar el suplemento. Al igual que en estudios anteriores, se observó un menor consumo del ensilaje de raíces de yuca, que se explica principalmente por el mayor contenido de materia seca al compararlo con la raíz fresca. La eficiencia de conversión alimenticia fue igual o mejor en los tratamientos a base de raíces



Cuadro 10. Composición del suplemento proteínico (30% proteína) para mezclar con ensilaje de raíces o con raíces frescas de yuca.

---

Harina de arroz	35.46
Torta de soya	26.00
Torta de algodón	26.00
Harina de huesos	9.84
Sal	1.90
Minerales y vitaminas	0.80

---

Cuadro 11. Proporción de suplemento proteínico (30% proteína) para mezclar con ensilaje de raíces o con raíces frescas de yuca 1/

Ensilaje de raíces de yuca <u>2/</u>	Suplemento proteínico	Raíces frescas de yuca <u>3/</u>	Suplemento proteínico
1.00	0.50	1.00	0.375
2.00	1.00	2.00	0.750
3.00	1.50	3.00	1.125
4.00	2.00	4.00	1.500
5.00	2.50	5.00	1.875
6.00	3.00	6.00	2.250
7.00	3.50	7.00	2.625
8.00	4.00	8.00	3.000
9.00	4.50	9.00	3.375
10.00	5.00	10.00	3.750

1/ Cantidades expresadas en kg.

2/ 45% de materia seca.

3/ 35% de materia seca.

Cuadro 12. Rendimiento de cerdos en crecimiento alimentados con ensilaje de raíces de yuca o con raíces frescas de yuca más suplemento proteínico (S.P.) <sup>1/</sup>

	Maíz -	Ensilaje de raíces		Raíces frescas	
	S.P. mezclado	S.P. A voluntad	S.P. mezclado	S.P. A voluntad	S.P. mezclado
Aumento diario, kg	0.68	0.65	0.62	0.63	0.67
Alimento, ganancia <sup>2/</sup>	2.84	2.98	2.44	2.76	2.98
Consumo diario:					
Testigo	1.93	-	-	-	-
Raíces frescas	-	-	-	2.30	2.65
Ensilaje de raíces	-	1.94	1.51	-	-
Suplemento proteínico	-	0.97	0.75	0.86	0.99

<sup>1/</sup> Duración del experimento, 50 días. Ocho cerdos por tratamiento. Peso inicial, 20 kg; peso final, 54 kg.

<sup>2/</sup> Calculado en base seca.

de yuca frescas o ensiladas, en relación con el grupo testigo.

Posteriormente fue realizado otro trabajo de investigación con el objetivo de evaluar varias fuentes de proteína para suplementar las raciones elaboradas con raíces de yuca ensiladas para cerdos en crecimiento y acabado. Los productos evaluados incluyeron torta de soya, torta de algodón y harina de pescado, suministrados solos o mezclados, como se ilustra en el Cuadro 13. También se incluyó una ración testigo a base de sorgo (78 por ciento), torta de algodón (8.5 por ciento) y torta de soya (8.5 por ciento). Los suplementos contenían niveles de proteína entre 41 y 52 por ciento de acuerdo a los ingredientes utilizados, pero la cantidad diaria de proteína suministrada a cada cerdo fue igual en todos los tratamientos. El suministro de los suplementos se hizo en forma controlada, de acuerdo a la edad y peso de los cerdos, teniendo en cuenta las indicaciones del plan de alimentación diario que se ilustra en el Cuadro 14. El volumen correspondiente de suplemento se mezclaba diariamente con el ensilaje, el cual se administraba en cantidad suficiente para garantizar un consumo a voluntad.

En el Cuadro 15 se presenta el resumen de los resultados obtenidos después de 18 semanas de experimentación. Los grupos suplementados con torta de soya o con la mezcla de tortas de soya y algodón alcanzaron el peso para sacrificio en este período, mientras que los grupos restantes obtuvieron pesos inferiores. Los cerdos que consumieron harina de pescado como única fuente de proteína crecieron menos debido a que el consumo de alimento fue inferior, especialmente de harina de pescado. En la Figura 9 se ilustran las curvas de crecimiento para los diferentes grupos comparados. La eficiencia de conversión alimenticia también fue más favorable en los tratamientos que consumieron torta de soya o

Cuadro 13. Composición de los suplementos preparados con diferentes fuentes de proteína para adicionar al ensilaje de raíces de yuca.

Ingredientes	Algodón Soya (41%) 1/	Algodón Pescado (47%) 1/	Soya (44%) 1/	Pescado (52%) 1/
Torta de algodón	44	48.5	-	-
Torta de soya	44	-	88	-
Harina de pescado	-	48.5	-	97
Harina de huesos	9	-	9	-
Sal	2	2	2	2
Minerales y vitaminas	1	1	1	1
	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>

1/ Valores correspondientes a proteína cruda

Cuadro 14. Cantidad de suplemento proteínico que debe suministrarse diariamente en forma controlada con ensilaje de raíces de yuca <sup>1/</sup>

Semana No.	Cantidad diaria de suplemento (g)			
	Algodón/Soya	Algodón/Pescado	Soya	Pescado
1	500	431	462	392
2	550	474	516	430
3	600	518	564	470
4	650	560	610	509
5	675	583	635	530
6	700	604	658	549
7	725	625	681	568
8	750	646	704	587
9	775	669	729	608
10	800	690	752	627
11	825	711	775	646
12	850	733	798	665
13	875	756	823	686
14	900	777	846	705
15	925	798	869	725
16	950	819	892	744
17	975	842	917	765
18	1,000	863	940	784

<sup>1/</sup> Se considera un peso inicial de 20 kg por cerdo

Cuadro 15. Rendimiento de cerdos con raciones a base de ensilaje de raíces de yuca y varias fuentes de suplementación proteica 1/

	Ración testigo	Ensilaje de raíces de yuca, mas			
		Algodón Soya	Algodón Pescado	Soya	Pescado
Peso inicial, kg	16.3	16.1	16.2	16.3	16.2
Peso final, kg	87.0	90.9	85.0	90.4	79.2
Aumento diario, kg	0.56	0.59	0.55	0.59	0.50
Consumo diario, kg:					
Testigo	2.06	-	-	-	-
Ensilaje <u>2/</u>	-	2.85	3.01	3.10	2.98
Suplemento	-	0.86	0.67	0.73	0.60
Alimento/ganancia <u>3/</u>	3.68	3.63	3.68	3.60	3.89

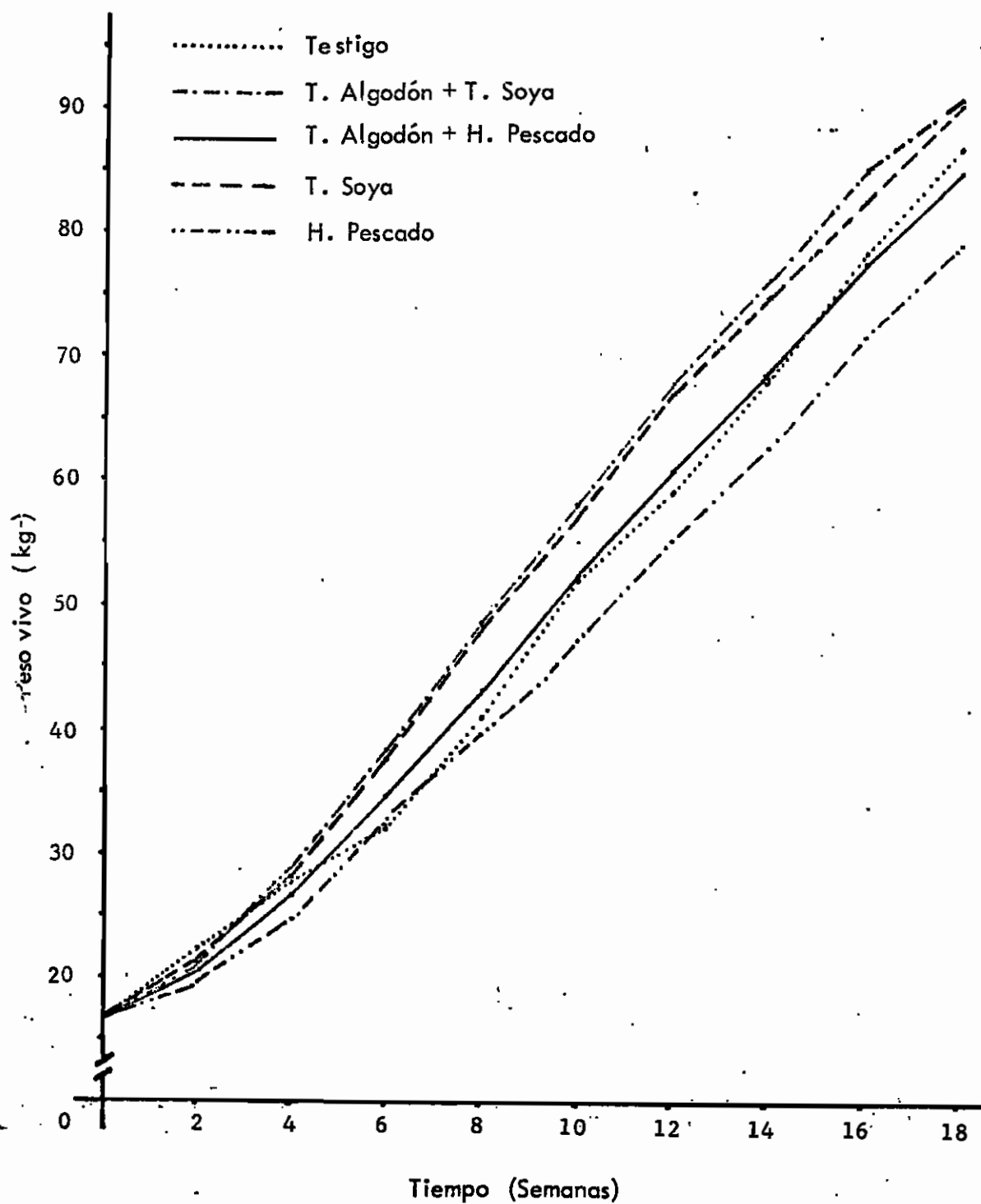
1/ Diez cerdos por tratamiento. Duración del experimento, 126 días.

2/ Ensilaje de trinchera, con 60% de humedad.

3/ Cálculos con base a humedad ambiental.

Figura 9.

PESO PROMEDIO DE CERDOS CON RACIONES A BASE DE  
ENSILAJE DE RAICES DE YUCA Y VARIAS FUENTES DE SUPLEMENTACION PROTEICA





tortas de soya y algodón, en contraste con la suplementación de harina de pescado que tuvo el peor comportamiento. Cuando la harina de pescado se mezcló a partes iguales con torta de algodón, tanto la eficiencia alimenticia como el crecimiento de los cerdos reaccionaron en forma favorable, aunque no igualaron a los mejores grupos de este experimento.

#### Ensilaje de raíces de yuca para cerdas en lactancia

El presente experimento fue ejecutado con el propósito de comparar la utilización de ensilaje de raíces de yuca con raciones a base de maíz para cerdas lactantes. El primer grupo recibió una ración testigo suministrada a voluntad, a base de maíz y torta de soya, con 16 por ciento de proteína, durante toda la lactancia. El segundo grupo recibió maíz molido a voluntad y 0.8 kg diarios de un suplemento con 28 por ciento de proteína. El tercer grupo recibió ensilaje de raíces de yuca a voluntad y 1.5 kg diarios de un suplemento con 40 por ciento de proteína. La composición de la ración testigo y de los dos suplementos proteínicos se presenta en el Cuadro 16.

Los resultados del comportamiento observado en las hembras y camadas aparecen resumidos en los Cuadros 17 y 18, respectivamente. El rendimiento de las cerdas y de los lechones correspondientes al tratamiento con ensilaje de raíces de yuca fue satisfactorio durante toda la lactancia. Al comparar el número y peso de los lechones de este tratamiento al momento del destete con el grupo testigo, no se observan diferencias drásticas, lo cual también se refleja en el peso total de la camada al destete. Sin embargo, en el tratamiento con maíz molido y suplemento proteínico se observó un rendimiento inferior en el número y peso de los lechones al destete al compararlo tanto con el grupo testigo como con el grupo de raíces de yuca ensiladas. Las cerdas del grupo

Cuadro 16. Composición de la ración testigo y de los suplementos proteínicos para maíz o ensilaje de raíces de yuca utilizados en lactancia.

	Ración testigo	Suplementos proteínicos	
		Para maíz <u>1/</u>	Para ensilaje de raíces de yuca <u>2/</u>
Maíz común	78.13	-	-
Torta de soya	16.37	56.00	78.00
Harina de huesos	2.50	20.00	10.00
Sal	0.50	4.00	2.00
Premezcla vitaminas-soya	2.00	16.00	8.00
Premezcla minerales	0.50	4.00	2.00
	100.00	100.00	100.00

1/ Maíz molido a voluntad + 0.8 kg de suplemento (28% de proteína).

2/ Ensilaje de raíces de yuca a voluntad + 1.5 kg de suplemento (40% de proteína).

Cuadro 17. Comportamiento de cerdas lactantes alimentadas con ensilaje de raíces de yuca y suplemento proteínico <sup>1/</sup>

	Ración Testigo (16% proteína)	Maíz molido + suplemento (28% proteína)	Ensilaje de raíces + suplemento (40% proteína)
Peso al parto, kg	155.4	168.5	140.9
Peso al destete, kg	179.7	182.3	151.2
Consumo diario, kg:			
Maíz	-	4.27	-
Ensilaje de raíces <sup>2/</sup>	-	-	9.35
Suplemento	-	0.66	1.11
Total	4.54	4.93	10.46

<sup>1/</sup> Nueve cerdos por tratamiento.

<sup>2/</sup> Ensilaje de trinchera, con 45% de humedad.

Cuadro 18. Comportamiento de camadas provenientes de cerdas alimentadas con ensilaje de raíces de yuca y suplemento proteínico 1/

	Ración Testigo (16% proteína)	Maíz molido + suplemento (28% proteína)	Ensilaje de raíces + suplemento (40% proteína)
<b>Progenie al parto:</b>			
No. lechones	10.77	10.00	10.55
Peso individual, kg	1.12	1.16	1.09
Peso camada, kg	12.04	11.60	11.50
<b>Progenie al destete (35 días):</b>			
No. lechones	8.11	7.00	8.22
Peso individual, kg	5.33	4.95	5.54
Peso camada, kg	43.23	34.66	45.51
Consumo individual, kg	5.98	7.06	7.11

1/ Nueve camadas por tratamiento

testigo ganaron más peso en lactancia que las de los otros dos tratamientos. El consumo de alimento en base seca fue superior en el tratamiento con ensilaje de raíces de yuca. A pesar del mayor volumen de alimento total, el consumo de proteína fue inferior en este grupo debido a que las cerdas no consumieron la totalidad del suplemento proteínico que se les ofreció diariamente. El consumo diario de proteína por cerda fue de 530 gramos aproximadamente para el grupo de ensilaje de raíces de yuca, mientras que el grupo de maíz molido y el grupo testigo consumieron 610 y 720 gramos de proteína, respectivamente.

#### RESUMEN Y CONCLUSIONES

El ensilaje de raíces de yuca es un proceso de fermentación anaeróbica que permite conservar y almacenar este producto durante períodos prolongados sin que se deteriore su calidad nutritiva para alimentación animal. Las experiencias realizadas para evaluar otros métodos de conservación de la raíz con su humedad original, han demostrado que no existe otro sistema práctico y viable económicamente que permita un almacenamiento seguro por más de los meses.

Los principales cambios que ocurren durante el ensilaje de las raíces de yuca se relacionan con una ligera pérdida en el contenido de humedad (mayor en ensilajes de más duración) y una transformación progresiva de carbohidratos (almidón) en ácidos orgánicos (acético, láctico y butírico), con la consiguiente disminución en el pH.

Los trabajos de investigación realizados en el CIAT han demostrado que es posible desarrollar programas de alimentación para cerdos con base en la utili-

zación de raíces de yuca que han sido ensiladas por períodos que van desde dos semanas hasta más de un año. En todos los estudios efectuados se han utilizado métodos de ensilaje sencillos y prácticos, que están al alcance del productor.

Las raíces ensiladas han sido utilizadas en forma eficiente como constituyente principal de raciones para cerdos durante las diferentes fases de producción, especialmente en crecimiento y acabado. Se ha observado un consumo ligeramente inferior en relación al que se obtiene con raíces de yuca recién cosechadas, pero el rendimiento de los cerdos no presenta diferencias de importancia.

La duración del ensilaje no ha ocasionado diferencias en el rendimiento de los cerdos, de acuerdo a las comparaciones hechas con raíces de yuca ensiladas por más de seis meses vs. menos de cinco meses. La adición de sal disminuye y de melaza aumenta el consumo del ensilaje, observándose además una tendencia a mejorar el rendimiento de los cerdos en términos de aumento de peso y de eficiencia de conversión alimenticia.

Las raíces de yuca ensiladas, al igual que las raíces recién cosechadas, requieren una alta suplementación proteínica, debido a la baja concentración de este nutriente en la yuca. Es posible utilizar varios productos como fuente de proteína para suplementar las raciones a base de ensilaje de raíces, pero en todos los casos se deben suministrar cantidades controladas del suplemento para evitar sobreconsumo de proteína y subconsumo de yuca. De acuerdo con los estudios realizados, el uso de torta de soya o una mezcla de tortas de soya y de algodón, permite obtener los mejores rendimientos en raciones que contienen raíces de yuca ensiladas como fuente de carbohidratos.

Las Figuras 10 y 11 se incluyen con el propósito de presentar una referencia condensada para un programa integral de alimentación durante las diferentes fases de producción de cerdos basado en el uso de ensilaje de raíces de yuca. Las cifras utilizadas son cantidades calculadas a partir de las observaciones experimentales realizadas y que pueden variar de acuerdo a las condiciones de cada productor. Sin embargo, con la presentación de esta información gráfica solo se pretende ofrecer un punto de partida para poder programar y calcular el volumen aproximado de cada uno de los productos necesarios para el plan de alimentación durante el ciclo de vida del cerdo.

Los resultados de los estudios analizados en este trabajo, ofrecen una nueva alternativa para preservar y utilizar las raíces de yuca en alimentación de cerdos, mediante un sistema de almacenamiento sencillo y de bajo costo, que permite manejar volúmenes pequeños o grandes del producto, desde el momento de la cosecha hasta períodos que superen a un año.

Figura 10. Programa de alimentación a base de ensilaje de raíces de yuca, torta de soya y torta de algodón.

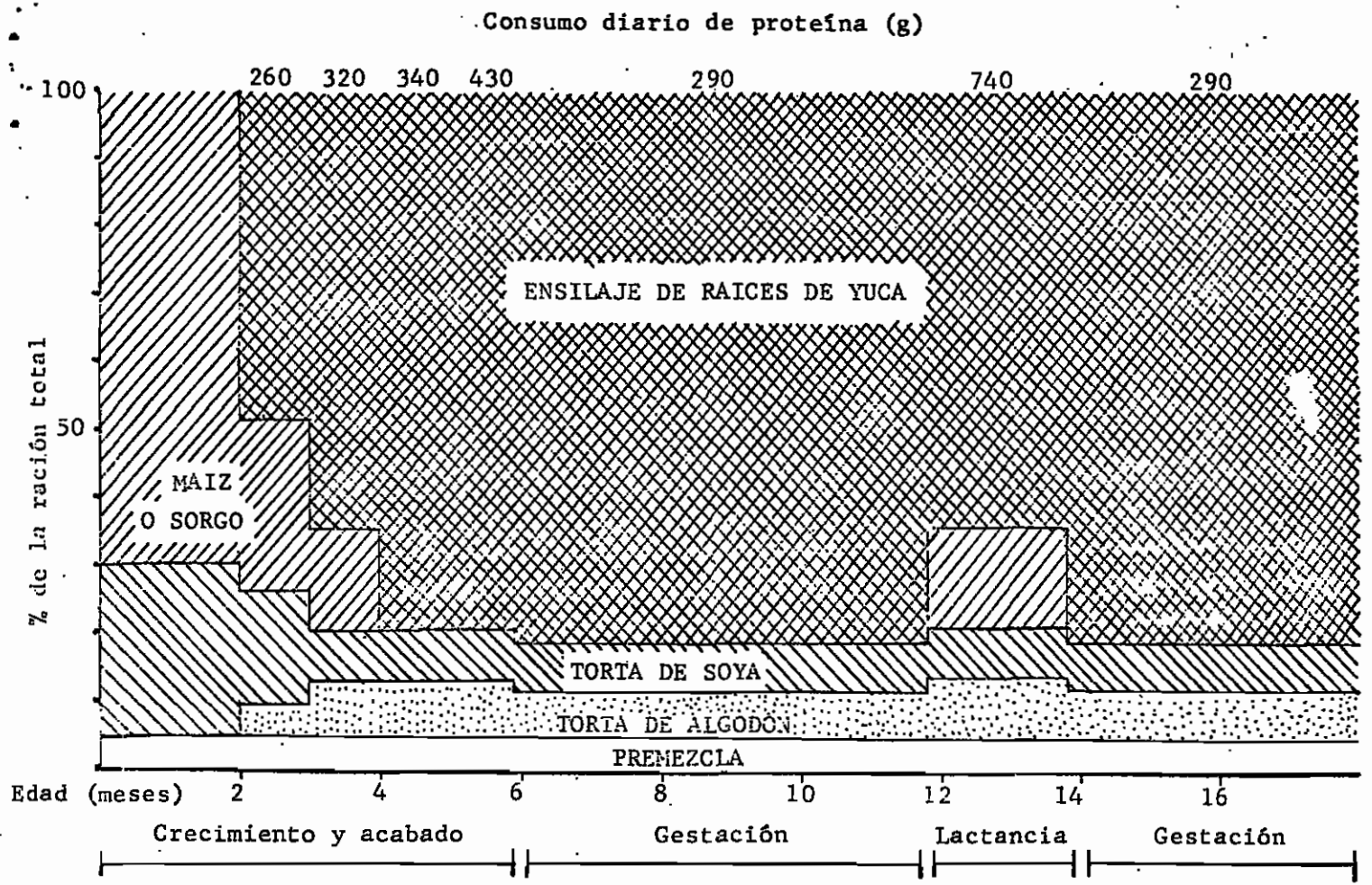
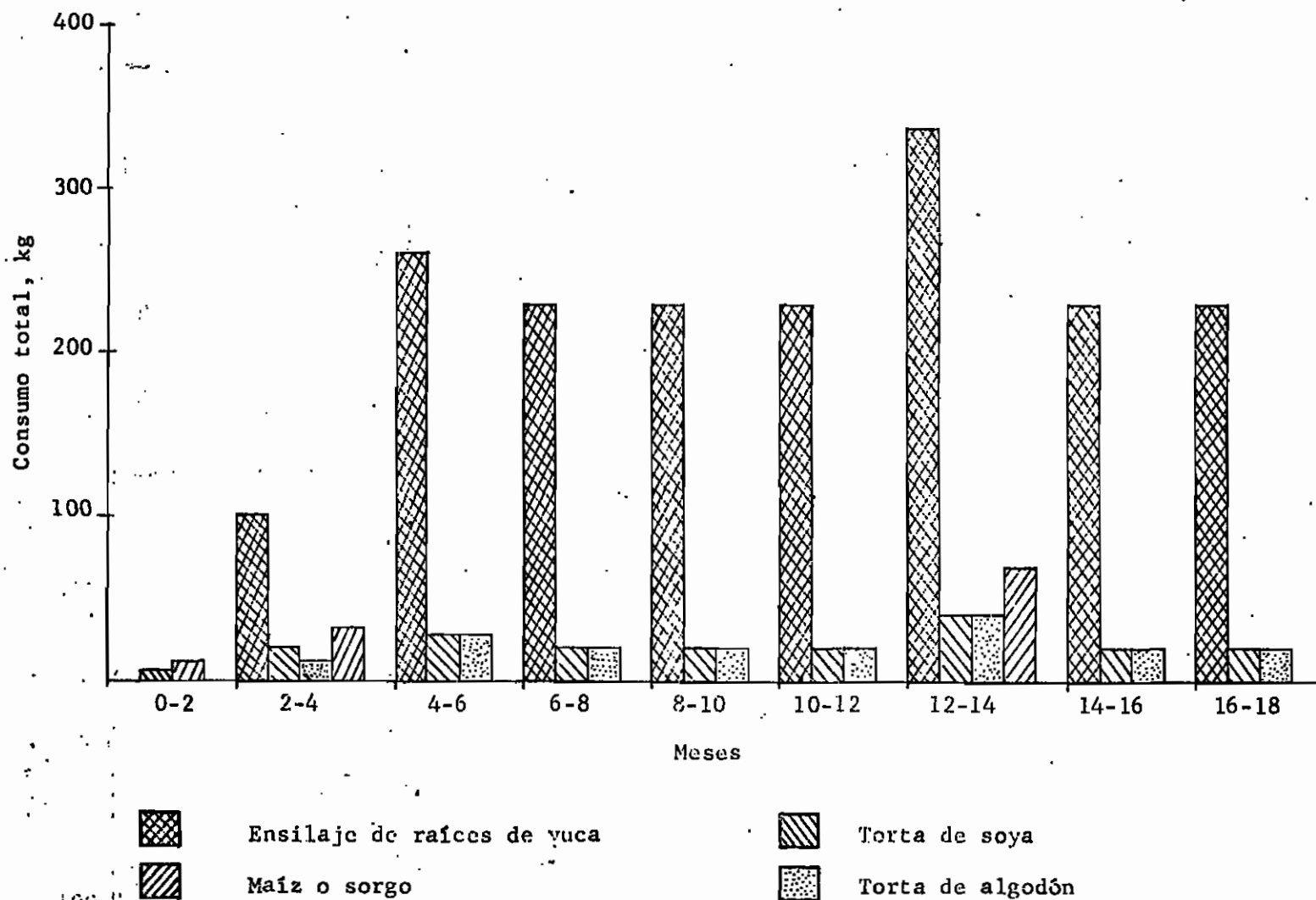




Figura 11. Consumo de ingredientes utilizados en el programa de alimentación a base de ensilaje de raíces de yuca de acuerdo a la fase de producción



## REFERENCIAS

- Booth, R.H. and D.G. Coursey. 1974. Storage of cassava roots and related post-harvest problems. In Cassava processing and storage: Proceedings of an interdisciplinary workshop. Pattaya, Thailand. Int. Develop. Res. Centre. IDRC- 31:43-49.
- Booth, R.H. 1975. Cassava storage. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. Series EE-16. pp. 1-18.
- Ingram, J.S. and J.R. Humphries. 1972. Cassava storage. A Review. Tropical Science. 14(2):131-148.
- Lozano, C., J. Cock and J. Castaño. 1978. New developments in cassava storage. Cassava Program, CIAT (Mimeo).
- Majumdar, S.K. 1955. Some studies on the microbial rot of tapioca. Bull. Cent. Fd. Technol. Res. Inst. Mysore. 4(6):164.
- Serres, H. et J.P. Tillon. 1972. L'ensilage des racines de manioc. Rev. Elev. Med. Vet. Pays trop. 25(3):455-456.