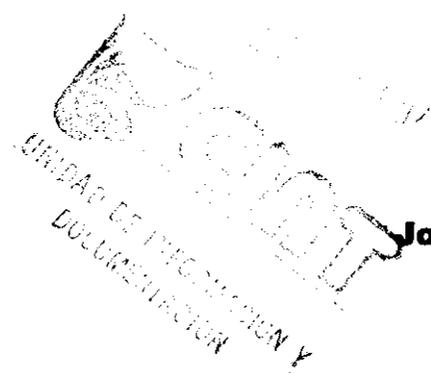


SB
211
C3
US
V.6

UNIDADES DE APRENDIZAJE PARA LA CAPACITACION EN TECNOLOGIA DE PRODUCCION DE MANDIOCA

6

USO DE RAICES Y PARTE AEREA DE LA MANDIOCA EN LA ALIMENTACION ANIMAL



Luis Fernando Gerhard
Moisés Vega
Horacio Rafael Salomón
José J. do Santos Abrahao
Ovidio Antonio Uset
José R. Veloso Nunes
Joselito Da Silva Motta

030112 98664
06 JUN 1991

CIAT - BID
CNPMPF - EMATERS - IAPAR - UNESP
INTA - SEAG - IAN
1992

USO DE RAICES Y PARTE AEREA DE LA MANDIOCA EN LA ALIMENTACION ANIMAL

Autores:

Luiz Fernando Gerhard, Ing. Agr.

Moisés Vega , Ing. Agr.

Horacio Rafael Salomón, Ing Agr.

José J. do Santos Abrahao, M.Sc.

Ovidio Antonio Uset, Ing. Agr.

José R. Veloso Nunes, Ph. D.

Joselito Da Silva Motta, M. Sc.

Asesoría científica:

Harold Ospina P., M.Sc.

Julián Buitrago, Ph. D.

Coordinación general:

Vicente Zapata S., Ed. D.

Jesús A. Reyes Q., M. Sc.

Producción:

Nora Cristina Mesa, M. Sc.

Patricia Perdomo V., Zoot.

Diagramación:

Juan Carlos Londoño, Biól.

La serie de unidades de aprendizaje sobre tecnologías de producción de mandioca fue elaborada y publicada con el auspicio del **Banco Interamericano de Desarrollo (BID)** Proyecto de Formación de Capacitadores, convenio CIAT-BID: ATN/SF-3840-RE (2).

Otros títulos de la misma serie:

1. Manejo y conservación de suelos en mandioca
2. Manejo de material de propagación de mandioca
3. Validación de variedades de mandioca con participación de agricultores
4. Manejo integral de bacteriosis en mandioca
5. Manejo integrado del marandová de la mandioca en el Cono Sur

Gerhard, Luiz Fernando ; Vega Villalba, Moisés ; Salomón, Horacio Rafael ; Do Santos Abrahao, José J. ; Uset, Ovidio Antonio ; Veloso Nunes, José R. ; Da Silva Motta, Joselito. Uso de raíces y parte aérea de la mandioca en la alimentación animal/ coordinación general, Vicente Zapata S., Jesús A. Reyes Q. ; asesoría científica, Julián Buitrago, Harold Ospina ; producción, Nora Cristina Mesa C. ; Patricia Perdomo V., diagramación, Juan Carlos Londoño. -- Cali, Colombia : Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1992. -- p. (Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de mandioca ; 6).

Incluye -- diapositivas col. y -- transparencias en bolsillo.

ISBN:

Publicado en cooperación con el Banco Interamericano de Desarrollo, BID ; el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA ; el Centro Nacional de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura Tropical, CNPMF ; la Empresa de Pesquisa Agropecuaria e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina, EPAGRI S/A ; la Facultad de Ingeniería Agronómica Universidad Nacional de Asunción, FIA/UNA ; el Instituto Agronômico do Paraná, IAPAR ; la Empresa de Asistencia Técnica y Extensión Rural de Rio Grande do Sul, EMATER R.S.; la Dirección de Extensión Agraria Ministerio de Agricultura y Ganadería, DEA/MAG ; y la Dirección de Investigación Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería, DIA/MAG.

1. Yuca -- Raíces -- Alimentación animal. 2. Yuca -- Parte aérea -- Alimentación animal. 3. Yuca -- Procesamiento -- Alimentación animal. 4. Mandioca -- Alimentación animal. I. Gerhard, Luis Fernando. II. Vega Villalba, Moisés. III. Salomón, Horacio Rafael. IV. Dos Santos Abrahao, José J. V. Uset, Ovidio Antonio. VI. Veloso Nunes, José R. VII. Da Silva Motta, Joselito. VIII. Banco Interamericano de Desarrollo. IX. Empresa de Asistencia Técnica y Extensión Rural X. Instituto Agronômico do Paraná. XI. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. XII. la Empresa de Pesquisa Agropecuaria e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina. XIII. Facultad de Ingeniería Agronómica Universidad Nacional de Asunción. XIV. Instituto Agronômico del Paraná. XV. Empresa de Asistencia Técnica y Extensión Rural de Rio Grande do Sul. XVI. Dirección de Extensión Agrícola Ministerio de Agricultura y Ganadería. XVII. Dirección de Investigación Agrícola / Ministerio de Agricultura y Ganadería. XVIII. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Agradecimiento

Los autores de esta Unidad de aprendizaje agradecen al doctor Vicente Zapata S. y a los Ingenieros Jesús Antonio Reyes y Carlos Flor, del Programa de Capacitación Científica del CIAT, el apoyo técnico que les brindaron durante todas las etapas de su formación como capacitadores. A Bernardo Ospina por su asesoría y sugerencias en cada una de las secuencias de la Unidad. Las múltiples contribuciones que ellos hicieron para garantizar la publicación de esta serie de materiales son dignas del reconocimiento de todos aquellos que se benefician de la capacitación impartida mediante el empleo de las Unidades de Aprendizaje.

Los autores.

Contenido

	Página
Objetivos	3-7
Información	3-9
• Raciones con ensilaje de raíz y de parte aérea	3-9
• Raciones para cerdos en crecimiento y acabado	3-10
• Raciones para ganado lechero	3-12
• Raciones con raspas y harina de raspas	3-15
• Raciones con harina de trozos secos (raspas de mandioca)	3-16
• Raciones para ganado lechero	3-16
• Raciones con heno y harina de la parte aérea	3-17
• Consumo de la parte aérea por los animales	3-17
• Raciones para aves	3-19
• Formulación de raciones en las fincas	3-21
• Elementos para el cálculo de raciones	3-21
• Procedimientos para elaborar raciones	3-22
• Métodos simples de formulación de raciones	3-24
• Método de las tentativas	3-24
• Método del cuadrado de Pearson	3-25
• Aspectos económicos	3-30
• Contenido teórico	3-30
• Costo de los productos	3-30
• Costo de las raciones	3-37
Bibliografía	3-41

Práctica 2.3. Secado de trozos (raspas) en pistas (patios) y en bandejas	2-37
Práctica 2.4. Procesamiento del heno y de la harina de heno	2-41
Práctica 2.5. Ensilaje de las raíces y de la parte aérea	2-44
Resumen de la Secuencia 2	2-48

Preparación de raciones basadas en mandioca; aspectos económicos

• Raciones con ensilaje de raíz y de parte aérea	3-9
• Raciones con raspas y harina de raspas	3-15
• Raciones con heno y harina de la parte aérea	3-17
• Formulación de raciones en las fincas	3-21
• Aspectos económicos	3-30
Bibliografía	3-41
Ejercicio 3.1. Cálculo para la preparación de raciones	3-42
Resumen de la Secuencia 3	3-58
Evaluación final de conocimientos	3-59

Anexos

Anexo 1. Evaluación del evento de capacitación	A-5
Anexo 2. Evaluación del desempeño de los instructores	A-8
Anexo 3. Evaluación de los instructores	A-10
Anexo 4. Requerimientos nutritivos para cerdos (cantidad de nutriente por cada kilogramo de alimento)	A-14
Anexo 5. Contenido de nutrientes recomendado por la NRC, 1988, para dietas de vacas en lactancia	A-15
Anexo 6. Requerimientos nutritivos para pollos en engorde ..	A-16

Anexo 7.	Fórmula típica para alimentos balanceados	A-17
Anexo 8.	Clasificación de materias primas según la concentración de algunos nutrientes y de otros compuestos	A-18
Anexo 9.	Consumo estimado de MS de diferentes forrajes, expresado como porcentaje de peso vivo	A-19
Anexo 10.	Cuadro para liquidación de macrofórmula	A-20
Anexo 11.	Cuadro para liquidación de aminoácidos	A-21
Anexo 12.	Cuadro para liquidación de régimen alimenticio de poligástricos	A-22
Anexo 13.	Diapositivas que complementan la Unidad	A-23
Anexo 14.	Transparencias para uso del instructor	A-25

Prefacio

En las últimas décadas el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, en colaboración con los programas nacionales de investigación agrícola, ha desarrollado tecnología para los cultivos de frijol, mandioca y arroz. Al mismo tiempo, el Centro ha contribuido al fortalecimiento de la investigación en los programas nacionales mediante la capacitación de muchos de sus investigadores. Como consecuencia, ahora existe en América Latina un acervo de tecnologías disponibles para los agricultores y un número importante de profesionales expertos en los cultivos mencionados.

También existe en nuestros países latinoamericanos un gran número de extensionistas dedicados a estos cultivos. Sin embargo, muchos de ellos no han tenido la oportunidad de actualizarse en las nuevas tecnologías y, por lo tanto, el flujo de éstas a los agricultores no ocurre con la rapidez y amplitud requeridas para responder a las necesidades de mayor producción de alimentos y de mejoramiento de los ingresos de los productores. Para superar esta limitación, el CIAT ha fomentado la creación de redes de capacitación que ayuden a los extensionistas a actualizarse en las nuevas tecnologías.

Las nuevas redes están integradas por profesionales expertos en frijol, mandioca o arroz, quienes, con la orientación del CIAT, aprendieron métodos de aprendizaje para capacitar a otros profesionales, y están provistos por ello de materiales de apoyo para la capacitación, llamados Unidades de Aprendizaje, una de las cuales es la presente.

Se han desarrollado tres redes de capacitación, cuyos integrantes, en el proceso de su transformación de especialistas agrícolas en “capacitadores” de profesionales agrícolas, elaboraron las Unidades de Aprendizaje. Creemos que ellas son instrumentos dinámicos que esperamos sean adoptados por muchos profesionales quienes, a su vez, harán ajustes a su contenido para adecuarlas a las condiciones locales particulares en que serán usadas.

Hasta ahora las Unidades han pasado exitosamente la prueba de su uso. Pero sólo con el correr del tiempo veremos si realmente han servido para que la tecnología llegue a los agricultores, mejorando su bienestar y el de los consumidores de los productos generados en sus tierras. Con el ferviente deseo de que estos beneficios se hagan realidad, entregamos las Unidades para su uso en las redes y fuera de ellas.

En el desarrollo metodológico de las Unidades y en su producción colaboraron muchas personas e instituciones. A todas ellas nuestro reconocimiento, y especialmente a los nuevos capacitadores, así como a los dirigentes de sus instituciones, y a los científicos del CIAT.

Un particular agradecimiento merece la señora Flora Stella Collazos de Lozada por la eficaz y eficiente transcripción de los originales.

Hacemos también un claro reconocimiento tanto de la labor de dirección de la estrategia de formación de capacitadores, realizada por Vicente Zapata S., Ed. D., como de su acertada dirección de las actividades de capacitación de las cuales surgió la serie de Unidades de Aprendizaje para la Capacitación en mandioca.

Finalmente, nuestro agradecimiento al Banco Interamericano de Desarrollo, entidad que financió el Proyecto para la Formación de Capacitadores, el cual incluye la producción de estas Unidades.

Gerardo E. Häbich

Director Asociado, Relaciones Institucionales

CIAT

Características de la audiencia

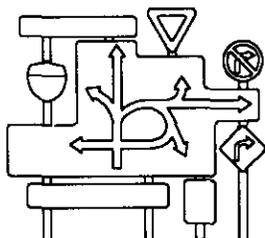


Esta Unidad está diseñada para capacitar sobre el uso de las raíces y de la parte aérea de la mandioca en la alimentación animal. Está dirigida a profesionales del sector agropecuario (médicos veterinarios, zootecnistas, técnicos agropecuarios, investigadores, profesores de la materia) que trabajen en instituciones del sector público o privado y en organizaciones no gubernamentales en la región del Cono Sur, productores de mandioca, y a líderes del cultivo. Ellos poseen conocimientos generales sobre el cultivo, pero precisan de actualización para ejecutar una labor más eficiente y acertada.

Por sus características y por la presentación que se le ha dado, esta Unidad aspira a convertirse en el material de apoyo de las personas que, una vez capacitadas y concientizadas, transfieran a técnicos y productores de mandioca nuevos avances y tecnología apropiada en el uso de raíces de mandioca.

Aunque los materiales de aprendizaje poseen el nivel requerido para la audiencia citada, el instructor puede realizar los cambios que crea convenientes según la necesidad de otras audiencias; éstas serían profesores de educación media y superior, otros técnicos de extensión y asistencia técnica, productores avanzados que son líderes en el cultivo de la mandioca, o estudiantes de pregrado y posgrado. Si se interpreta adecuadamente esta información, todos ellos pueden obtener grandes beneficios del aprendizaje de la Unidad.

Instrucciones para el manejo de la Unidad



Esta Unidad de Aprendizaje ha sido preparada para su uso en el área del Cono Sur, por lo cual en ella se hace referencia específica a ese contexto geográfico y a los agroecosistemas comprendidos en dicha región. Las personas interesadas en emplear este material para la capacitación en otras regiones o países deberán realizar los ajustes necesarios, tanto en el contenido teórico como en aquellas partes que se refieren a los resultados de la investigación local.

El contenido de la Unidad se distribuye en tres secuencias instruccionales, con recursos metodológicos y materiales de apoyo, con el fin de facilitarle a la audiencia el aprendizaje. Para optimizar su utilidad sugerimos tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

Antes de usar la Unidad cerciőrese de que sus componentes (páginas de contenido, diapositivas y transparencias) se encuentren en buen estado y con la secuencia adecuada; familiarícese con ellos; asegúrese de contar con el equipo necesario para proyectar las diapositivas y transparencias; compruebe su buen funcionamiento; ponga en práctica los recursos metodológicos de la Unidad, midiéndoles el tiempo para que pueda llevar a cabo todos los eventos de instrucción (preguntas, respuestas, ejercicios, presentaciones, etc.); prepare los sitios y materiales que necesite para las prácticas de campo y finalmente asegúrese de tener a mano todos los materiales necesarios para la instrucción.

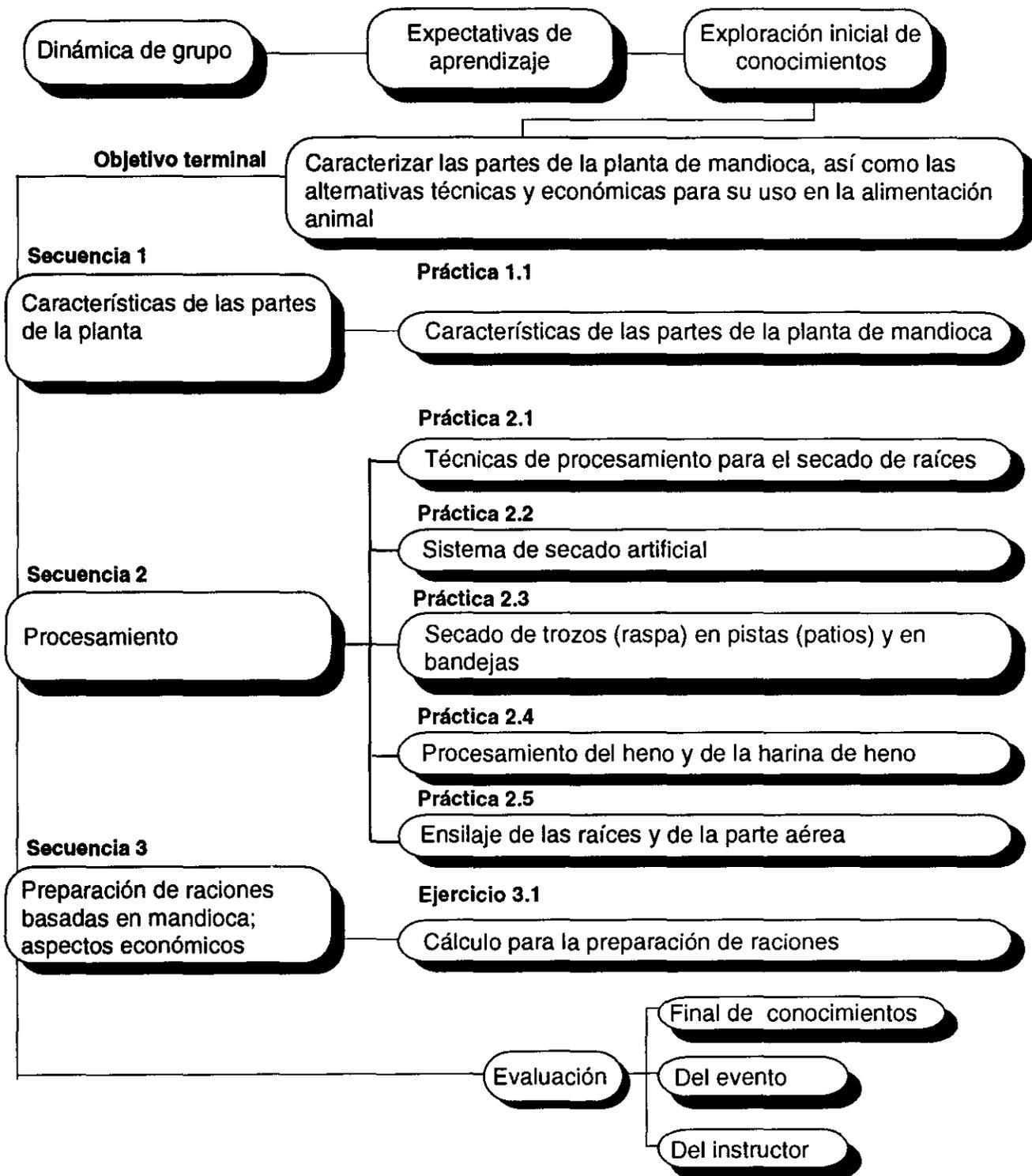
Durante el uso de la Unidad tenga siempre presente que los participantes en el curso son los protagonistas de su propio aprendizaje, por lo tanto, anímelos a participar activamente; revise continuamente el flujograma de actividades programadas y el tiempo que ha destinado para cada una con el fin de asegurar su cumplimiento; evite las discusiones personales innecesarias para que pueda cumplir con los objetivos de la Unidad; escriba las observaciones que, según su criterio, permiten mejorar el contenido y la metodología de la Unidad; haga énfasis en los objetivos específicos para aumentar la concentración de la audiencia; centre la atención de los participantes en los puntos principales y en la relación que tienen todos los subtemas con el objetivo terminal de la Unidad.

Para desarrollar cada secuencia, el instructor discutirá los objetivos específicos, luego expondrá el contenido técnico e introducirá las prácticas y ejercicios en el aula y en el campo.

A los participantes se les hará una evaluación formativa y al final del taller se realizará la evaluación sumativa.

Después de usar la Unidad cerciórese de que todos sus elementos queden en buen estado y en el orden adecuado; obtenga información de retorno con respecto a su eficacia como instrumento de aprendizaje; responda a las inquietudes de la audiencia y haga las preguntas que considere convenientes. Insista en la consulta de la bibliografía recomendada y en la búsqueda de información más detallada sobre los temas del contenido que hayan despertado mayor interés en la audiencia. Finalmente, después de transcurrido el tiempo necesario, evalúe la forma en que se están utilizando las raíces y la parte aérea de la mandioca en la alimentación animal en la zona de influencia de quienes recibieron la capacitación; sus aplicaciones en fincas de los productores le indicarán su utilidad y el grado de aprendizaje obtenido.

Flujograma para el estudio de esta Unidad¹



1/ El flujograma muestra la secuencia de pasos que el instructor y la audiencia deben dar para lograr los objetivos.

Dinámica de grupo



Con el propósito de que los participantes en el evento se conozcan y logren una mayor integración entre ellos, el instructor organizará un ejercicio grupal, por ejemplo, la rifa de un material disponible. Para tal efecto, el instructor preparará con anterioridad fichas de 4 ó 5 colores diferentes y las enumerará consecutivamente. Al efectuar la rifa, cada participante sacará una ficha, y al ganador se le entregará el premio. Una vez terminada la rifa, los participantes formarán grupos según el color de las fichas.

El instructor puede optar por otra forma de iniciación, especialmente si los participantes han compartido ya varios días de trabajo en equipo, u otro instructor ha realizado un ejercicio similar. También se puede prescindir de ella.

Expectativas de aprendizaje

Orientación para el instructor

En el cuestionario de Expectativas de Aprendizaje los participantes pueden expresar sus intereses y/o qué esperan del contenido técnico de esta Unidad. Este resultado será correlacionado con los objetivos de la capacitación. Las preguntas deben responderse en forma individual; al terminar cada participante se reunirá con sus compañeros de grupo para compartir sus respuestas. El grupo escogerá un relator quien tendrá a su cargo la presentación de las expectativas del grupo.

Con base en las presentaciones realizadas por los relatores, el instructor clasificará en un papelógrafo la información presentada. Cuando todos los relatores hayan hecho su presentación, el instructor procederá a indicar cuáles expectativas:

- Coinciden plenamente con los objetivos de la Unidad.
- Tienen alguna relación con los objetivos de la Unidad.
- Se refieren a otros aspectos de la capacitación que no han sido considerados en la Unidad.

Expectativas de aprendizaje

Instrucciones para el participante



El cuestionario que se presenta a continuación tiene como objetivo correlacionar sus expectativas con las de sus compañeros y con los objetivos de la Unidad. Cuando haya contestado a las preguntas reúñase con sus compañeros de grupo, comparta con ellos las respuestas y nombren un relator para presentar las conclusiones del grupo.

Tiempo: 20 minutos

Nombre: _____

Fecha: _____

Edad: _____

Nivel académico: _____

Institución o Entidad: _____

Responsabilidad actual en su trabajo

- Investigación
- Extensión
- Docencia
- Administración
- Otros

1. ¿Qué espera usted con el estudio de la Unidad " Uso de raíces y parte aérea de la mandioca en la alimentación animal"? _____

2. ¿En qué aspectos del uso de la mandioca en la alimentación animal tiene usted más interés en ahondar sus conocimientos? _____

3. ¿Considera usted que sus experiencias pueden contribuir al desarrollo de este evento? ¿De qué manera? _____

Exploración inicial de conocimientos

Orientación para el instructor

A continuación se presenta un cuestionario con una serie de preguntas que tienen relación con el contenido técnico de la Unidad. Al contestarlas se espera lograr en los participantes una evaluación de conocimientos sobre los temas principales de la Unidad.

Una vez que los participantes hayan contestado el formulario, el instructor dará las respuestas correctas sin entrar en mayores detalles o explicaciones sobre el por qué de las respuestas.

Al finalizar el estudio de la Unidad se hará la evaluación final de conocimientos para comparar los resultados con la exploración inicial. De esta manera se podrá tener una indicación sobre el progreso logrado por los participantes.

Exploración inicial de conocimientos

Instrucciones para el participante

Responder este cuestionario le ayudará a evaluar lo que sabe acerca de los aspectos más importantes de esta Unidad. Cuando lo haya respondido, usted podrá comparar el resultado que obtenga con las respuestas que le presente el instructor, y estimará así los conocimientos con que inicia el estudio de este tema.



Tiempo: 15 minutos

Nombre: _____

Fecha:

1. Mencione las partes de la planta de mandioca que se pueden utilizar en la alimentación animal. _____

2. Señale tres métodos para eliminar total o parcialmente el contenido de ácido cianhídrico de la mandioca. _____

3. ¿En qué forma se puede utilizar la raíz de la mandioca en programas de alimentación animal? _____

4. Mencione tres aspectos importantes en la planeación de programas de alimentación animal basados en productos de mandioca. ____

5. ¿Qué sistemas de secado de trozos secos de mandioca se conocen? Señale dos diferencias entre ellos. _____

6. ¿Para qué tipo de animales se recomienda emplear el ensilaje de mandioca en su alimentación? _____

Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno

Orientación para el instructor

Una vez los participantes hayan contestado las preguntas del cuestionario, el instructor procede de la siguiente manera:

1. Presenta las respuestas correctas (papelógrafo, acetato o impreso).
2. Permite que los participantes comparen sus respuestas con las que él ha presentado.
3. Discute brevemente las respuestas sin profundizar demasiado en cada una de ellas.

Para hacer más dinámico este ejercicio, los cuestionarios se pueden intercambiar entre los participantes y revisarse. El instructor puede hacer un conteo del número de individuos que contestaron acertadamente a cada una de las preguntas. De esta manera el instructor puede conocer en qué medida un mayor o menor número de participantes posee un conocimiento previo acerca de los diferentes tópicos a tratar.

Es también recomendable que el instructor tenga a disposición de los participantes las referencias bibliográficas específicas (texto, capítulo, página) que respaldan las respuestas.

Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno

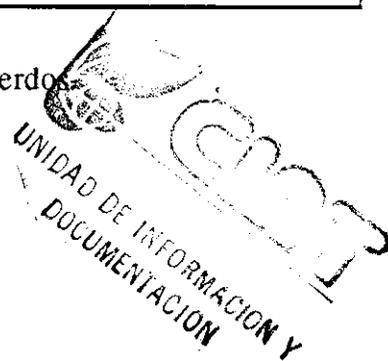


1. Follaje (hojas, pecíolos, tallos tiernos) y raíces.
2. Deshidratación artificial de la raíz a temperaturas superiores a 40°C; cocción en agua; y deshidratación por radiación solar.
3. Raíces frescas: para ensilaje
Raíces secas: en trozos y como harina de trozos
4. Si hay disponibilidad de mandioca en la zona, esos aspectos son:
 - Costo de los productos de mandioca
 - Costo de productos alternativos
 - Requerimientos nutricionales del animal.
5. Natural, el cual puede hacerse en bandejas o pistas de concreto y el artificial en hornos o secadores.

Diferencias:

Secado natural	Secado artificial
<ul style="list-style-type: none">• Más económico	<ul style="list-style-type: none">• Permite la operación continua de secado durante todo el año
<ul style="list-style-type: none">• Depende de las condiciones ambientales (duración normal: 2 a 3 días; 5 a 6 con poca radiación solar).	<ul style="list-style-type: none">• Elevado costo del equipo y alto consumo de energía.

6. Para rumiantes y, en menor grado, para cerdos.



Objetivos

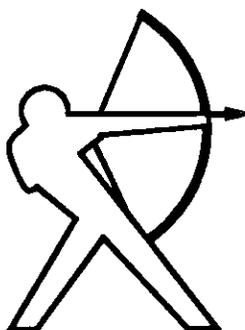
Terminal

- ✓ Al finalizar el estudio de esta Unidad, los participantes estarán en capacidad de caracterizar las partes de la planta de mandioca, así como las alternativas técnicas y económicas para su uso en la alimentación animal.

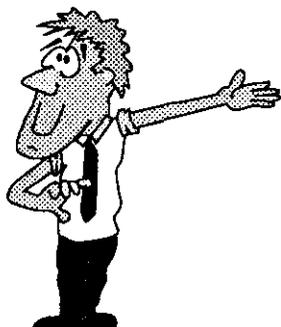
Específicos

Al alcanzar el objetivo terminal anteriormente expuesto, los participantes quedarán capacitados para:

- ✓ Reconocer las partes de la planta de mandioca y estimar su importancia nutricional en la alimentación animal.
- ✓ Preparar diversos productos con las partes de la planta de mandioca, manteniendo los parámetros de calidad requeridos en la alimentación animal.
- ✓ Utilizar técnicas sencillas de formulación de raciones basadas en mandioca, para los diferentes animales de las fincas, y analizar su viabilidad económica.



Introducción



La planta de mandioca es originaria de América Latina, y se adapta a variados tipos de clima y suelo; su potencial de producción de alimentos es grande, y sus derivados tienen amplia y variada utilización en la alimentación humana y animal; asimismo, es un producto industrial de múltiples aplicaciones.

En el Cono Sur se produce un volumen importante de mandioca, principalmente a nivel de las pequeñas propiedades donde es utilizada como alimento de subsistencia.

Por sus características, la planta de mandioca puede ser totalmente aprovechada para la alimentación animal (rumiantes y monogástricos). Para hacer más eficiente su uso debe recibir un procesamiento simple y de bajo costo que la transforme en producto almacenable, que reduzca su nivel de toxicidad, y que facilite su manejo.

La raíz, que es fuente energética, y la parte aérea, que es fuente de proteína y de fibra, pueden utilizarse como materia prima para raciones, o simplemente aisladas, en la dieta de los animales.

El uso de productos de mandioca en la alimentación animal puede representar una significativa reducción de los costos de ésta, y una mejora de la rentabilidad de los productores.

Secuencia 1

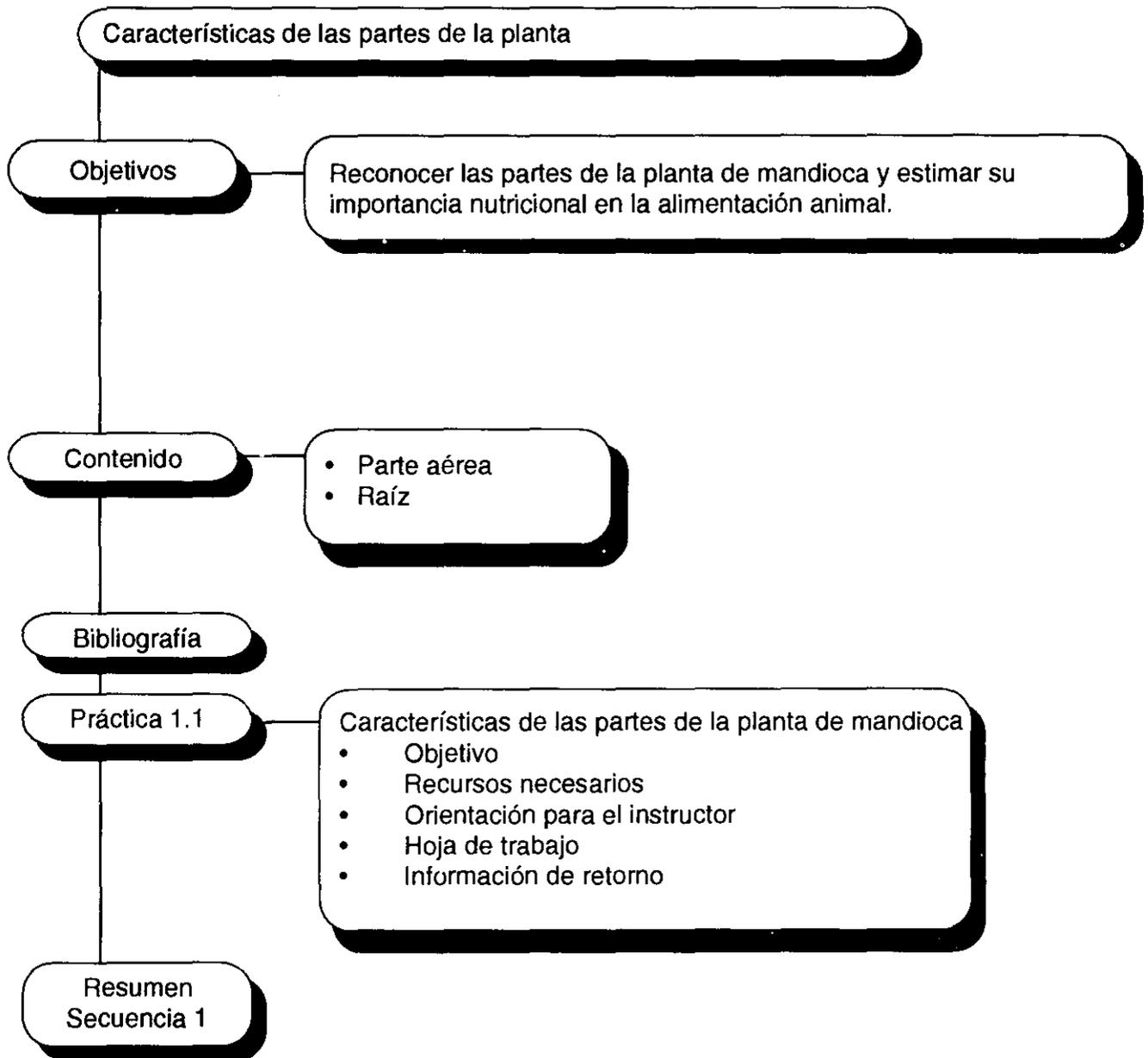
Características de las partes de la planta

Contenido

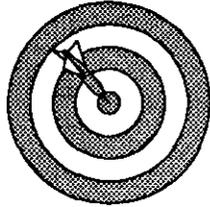
	Página
Objetivos	1-7
Información	1-9
• Parte aérea	1-9
• Componentes nutricionales	1-10
• Proteínas	1-11
• Fibra	1-13
• Extracto no nitrogenado (ENN)	1-13
• Extracto etéreo (grasa)	1-13
• Valor energético	1-14
• Vitaminas y minerales	1-14
• Raíz	1-14
• Nutrientes mayores	1-15
• Proteína	1-16
• Extracto no nitrogenado (ENN)	1-17
• Fibra	1-17
• Extracto etéreo (grasa)	1-17
• Calcio y fósforo	1-18
• Componentes energéticos	1-18
• Nutrientes menores: vitaminas y minerales	1-19
• Acido cianhídrico	1-19
• Efectos del ácido cianhídrico en el animal y mecanismos de desintoxicación	1-19
Bibliografía	1-22

Práctica 1.1. Características de las partes de la planta de mandioca	1-23
• Objetivo	
• Recursos necesarios	
• Orientación para el instructor	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 1	1-26p

Flujograma Secuencia 1



Objetivos



- ✓ Al finalizar el estudio de esta secuencia los participantes estarán en capacidad de reconocer las partes de la planta de mandioca, y estimar su importancia nutricional en la alimentación animal.

Información

Tanto las raíces como el follaje de mandioca (hojas, pecíolos y tallos tiernos) son productos primarios de la planta que se pueden utilizar como alimento para animales, si bien las raíces aportan la mayor cantidad de nutrientes totales.

La variedad de condiciones de suelo y de ambiente afecta las proporciones en que se encuentra cada una de estas partes (u órganos) en la planta madura; en general, ésta se distribuye así: 50% para raíces, 40% para tallos y 10% para hojas (Figura 1.1).

Parte aérea

La planta de mandioca puede dividirse en dos partes: parte aérea y raíz; así se facilita la caracterización de éstas según su composición química y nutricional.

La parte aérea es la porción de la planta que crece desde la superficie del suelo hacia arriba, y representa alrededor del 50% de la planta. Algunos autores consideran aprovechable para la alimentación animal solamente el tercio superior del follaje, ya que éste es más rico desde el punto de vista nutricional.

La masa de parte aérea producida depende del clima, de la edad de la planta, de la fertilidad del suelo, del espaciamiento, y del cultivar; puede alcanzar 32 t/ha de materia fresca entre los 14 y 19 meses después de plantada (de Carvalho, 1985). Este rendimiento, expresado como materia seca, equivale a 10 t/ha, aproximadamente.

En el Cuadro 1.1 se presenta la composición nutricional de la parte aérea de la mandioca y su contenido de nutrientes mayores calculado en diferentes formas.

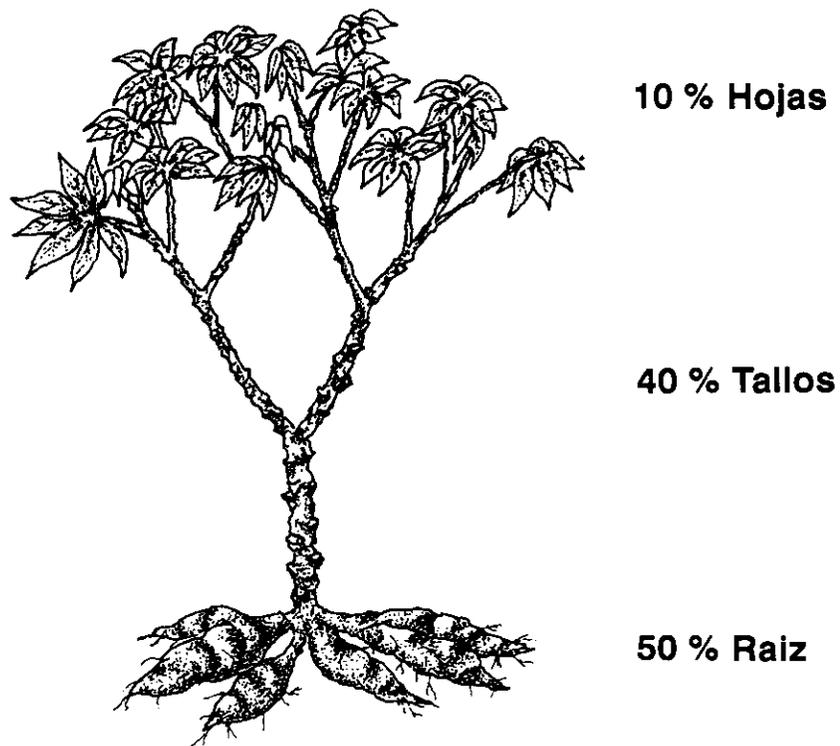


Figura 1.1 Porcentaje correspondiente a hojas, tallos y raíces en la mandioca.

Componentes nutricionales

La composición nutricional tiene gran variación en calidad y en cantidad porque depende de factores como la variedad, la edad de la planta, la época del año, la fertilidad del suelo, y el clima. Estos factores influyen en la proporción de tallos y hojas.

Cuadro 1.1. Contenido de nutrientes mayores en el follaje de la mandioca calculados en base húmeda o fresca, en base seca, y con la humedad del equilibrio ambiental.

Nutrientes	Contenido ^{a/} (%) en el follaje ^{b/}		
	B. húmeda	B. seca	Hum. ambiente
Materia seca	28.00	100.00	90.00
Proteína cruda	6.80	24.00	22.00
ENN	10.60	37.70	34.00
Extracto etéreo	1.80	6.50	5.90
Fibra cruda	5.80	20.60	18.60
Ceniza	1.70	6.20	5.60
Calcio	0.43	1.50	1.40
Fósforo	0.08	0.27	0.25

Fuente: J.A. Buitrago 1990.

^{a/} B. húmeda = base húmeda
 B. seca = base seca
 Hum. ambiente = con la humedad de equilibrio ambiental

^{b/} Follaje = Hojas y tallos tiernos. Los tallos representan menos del 20% del peso del follaje.

A mayor edad, el contenido de proteínas es menor, y el contenido de materia seca y de fibra es mayor. Si la proporción de hojas respecto a tallos y pecíolos es mayor, habrá mayor concentración de proteínas y menor concentración de fibra.

Proteínas

El contenido de proteína y fibra determina, en gran parte, la calidad del producto final que se emplea en alimentación animal, especialmente en animales monogástricos. La calidad nutricional se incrementa a medida que se logran mayores porcentajes de proteína y menores porcentajes de fibra.

Debido al mayor contenido de proteína de la parte aérea, los valores de ésta tienen mayor importancia relativa que la proteína de las raíces.

Las proteínas están conformadas por aminoácidos, elementos nutricionales que el organismo animal utiliza para sus funciones. En las aves y en los cerdos (monogástricos) existen 10 aminoácidos esenciales,

es decir, que no pueden ser sintetizados por el organismo y, por tanto, deben suministrarse a éste en la alimentación diaria. Estos aminoácidos son: metionina, fenilalanina, valina, treonina, triptófano, isoleucina, histidina, arginina, lisina y leucina.

Dentro de los aminoácidos, la metionina y la cistina están en niveles bajos en la parte aérea; ésta por ello, tiene una limitante para los monogástricos. Por tanto, cuando se alimentan los monogástricos con niveles elevados de parte aérea de mandioca, es necesario incluir en las raciones productos ricos en metionina. Estos no sólo permiten equilibrar las deficiencias de metionina, sino que tienen un efecto importante en los mecanismos de desintoxicación del ácido cianhídrico.

Normalmente, las hojas contienen más del doble de proteína que los tallos, y además son más ricas en caroteno, calcio y fósforo.

El contenido de proteína de las hojas, comparadas éstas con las raíces, representa un potencial de gran importancia, tanto cuantitativa como cualitativamente. El nivel de proteína en las hojas es distinto según la edad, la variedad, la época de cosecha y la calidad de suelo.

En el Cuadro 1.2 se verifican las diferencias en el porcentaje de proteína y de otros nutrientes que hay en la harina de diversas fracciones de la parte aérea de la mandioca.

Cuadro 1.2. Composición química de diferentes clases de harina obtenida del follaje de la mandioca (base seca)

Componentes	Composición según el origen de la harina (%)		
	De hojas	De hojas, tallos tiernos y pecíolos	De tallos tiernos y pecíolos
Materia seca	100.00	100.00	100.00
Proteína cruda	28.90	13.10	7.60
Carbohidratos	43.70	48.50	51.80
Extracto etéreo	5.90	1.20	1.30
Fibra cruda	13.80	30.90	32.80
Ceniza	7.50	6.20	6.40

Fuente: Gramacho, 1973 (tomado de J.A. Buitrago; 1990)

Práctica 1.1 Características de las partes de la planta de mandioca

Objetivo

- ✓ Al finalizar la práctica, los participantes estarán en capacidad de identificar las partes de la planta de mandioca, por su valor nutritivo y por su potencial de uso en la alimentación animal.

Recursos necesarios

- Diez plantas de mandioca cosechadas
- Calculadoras (2)
- Balanzas (2)
- Bolsas (4)
- Papelógrafo
- Marcadores
- Hoja de trabajo

Orientación para el instructor

- Escoger un sitio para la práctica que esté cerca del lugar donde se están realizando las actividades del curso.
- Formar grupos de 5 a 10 personas con los participantes y nombrar en cada uno un relator.
- Pedir a los participantes que desarrollen los pasos descritos en la hoja de trabajo.
- Una vez terminada la práctica, los participantes se reúnen para discutir los resultados y el relator los presentará ante todos los participantes.
- Entregar la información de retorno.

**Instrucciones
para el
participante**

- Separar las partes de la planta: parte aérea (hojas, ramas y pecíolos, tallos) y raíces, y pesarlas.
- Calcular, en porcentaje, lo que representa el peso de cada parte de la planta respecto al peso total de ésta. Registrar los datos en el cuadro adjunto.
- El relator de cada grupo presentará ante todos los participantes los resultados obtenidos.

Partes de la planta	Peso (kg)	Porcentaje (%)
Raíces		
Tallos		
Hojas, ramas, pecíolos		
Total		

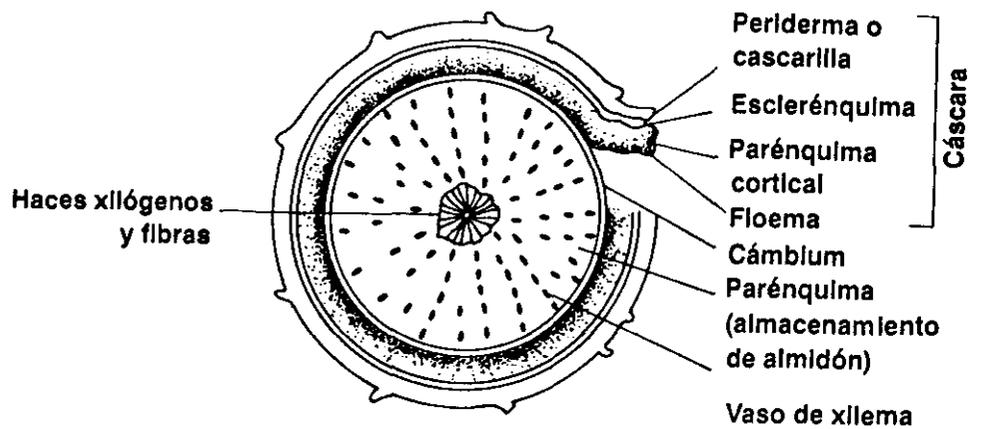


Figura 1.2. Corte transversal de la raíz de mandioca. (Tomado de: C. Wheatley, 1983).

El análisis de los principales componentes nutritivos de la raíz los clasifica como nutrientes mayores, aminoácidos, valores energéticos, y nutrientes menores (vitaminas y trazas de minerales).

Nutrientes mayores

Como nutrientes mayores se consideran la proteína bruta (N x 6,25), la fibra cruda, el extracto etéreo, el extracto no nitrogenado (ENN), el calcio, el fósforo y la ceniza.

En el Cuadro 1.3 se presentan los valores promedio de estos nutrientes calculados según la concentración original (base húmeda), después de secado el producto (base seca), y con la humedad del equilibrio ambiental.

Las cifras relativas a la raíz corresponden a la edad normal de cosecha de la mandioca.

Cuadro 1.3 Contenidos de materia seca y de los principales nutrientes en las raíces de mandioca.

Nutrientes	Contenido (%) en:		
	Base húmeda	Base seca	Humedad ambiente
Materia seca	35.00	100.00	90.00
Proteína bruta	1.10	3.10	2.80
Extracto no nitrogenado, ENN	31.70	90.50	81.50
Extracto etéreo	0.47	1.30	1.20
Fibra cruda	1.10	3.10	2.80
Cenizas	0.70	1.90	1.70
Calcio	0.10	0.33	0.30
Fósforo	0.15	0.44	0.40

Fuente: Buitrago, J. A. 1990.

Los resultados de los análisis sobre la composición nutricional de las raíces son generalmente muy constantes, aunque se presentan algunas diferencias menores asociadas con la variedad de mandioca; estas diferencias tienen que ver principalmente con los contenidos de proteína, de fibra y de humedad.

Es importante notar que la cáscara o corteza representa del 15% al 20% del peso total de la raíz, del cual la pulpa o cilindro central tiene del 80 al 85% restante, aproximadamente. La corteza contiene mayor porcentaje de proteína, grasa, fibra y minerales (ceniza), mientras que los carbohidratos se localizan principalmente en la pulpa.

Proteína

Las raíces de mandioca se caracterizan por su bajo contenido de proteína bruta y de aminoácidos; es especialmente notable su deficiencia en los aminoácidos esenciales: metionina y cistina. Por otro lado, las raíces presentan un ligero exceso en la concentración de arginina, ácido aspártico y ácido glutámico con respecto a la de los aminoácidos restantes.

La metionina y la cistina son aminoácidos azufrados, y su bajo nivel en las raíces resulta limitativo para la nutrición de monogástricos; por tanto, si en la alimentación de este tipo de animales se emplean cantidades apreciables de raíces, es necesario incluir otros ingredientes con alto contenido de metionina o bien metionina sintética.

Esta práctica no sólo permite equilibrar la deficiencia de metionina, sino que tiene un efecto importante en los mecanismos con que el animal se desintoxica del ácido cianhídrico de la raíz de mandioca.

Aproximadamente el 50% de la proteína bruta de la raíz corresponde a proteína verdadera (nitrógeno proteico) mientras que el otro 50% (a veces más) está constituido por aminoácidos en forma libre (ácidos aspártico y glutámico) y por componentes no proteicos, entre los cuales se destacan los nitritos, los nitratos y el ácido cianhídrico.

Aunque la mayoría de las variedades comerciales tienen un contenido total de proteína bruta que fluctúa entre 2% y 4% (sobre base seca), se han encontrado variedades con niveles mayores que este rango.

Extracto no nitrogenado (ENN)

Los componentes principales del extracto no nitrogenado de la raíz de mandioca son los carbohidratos solubles, constituidos por almidones y azúcares. El almidón representa el 80% de este extracto, por lo cual es el nutriente de las raíces de mandioca que genera la mayor cantidad de energía.

Fibra

El nivel de fibra cruda de la raíz de mandioca presenta pequeñas diferencias en una u otra variedad, y según la edad de la raíz; sin embargo, normalmente este valor no es superior a 1.5% en la raíz fresca.

La hemicelulosa y la celulosa son los componentes principales de la fracción fibrosa; el otro componente es la lignina que, en su mayor parte, forma con la celulosa un complejo conocido como lignocelulosa, que es un compuesto carente de valor nutricional.

La lignocelulosa tiene en la raíz con cáscara un valor (4.85%) mayor que en la raíz sin cáscara, lo cual indica una menor disponibilidad de carbohidratos en el primer caso (Buitrago, 1990).

Extracto etéreo (grasa)

Los nutrientes grasos se encuentran en una concentración mínima en la raíz de mandioca; están constituidos principalmente por galactosildiglicéridos y por ácidos grasos saturados. La concentración de grasas es mayor en la cáscara que en la pulpa. Nutricionalmente, las grasas (o lípidos) se caracterizan por el alto nivel de energía que aportan al organismo animal.

Calcio y fósforo

Al comparar los contenidos de calcio y fósforo de la raíz se observa que el calcio presenta mayor variación, y que su concentración es mayor en la cáscara que en la pulpa. El nivel de fósforo en las diferentes partes de la raíz (de 0.10% a 0.15%) es más constante.

Se debe tener en cuenta que el valor de las concentraciones de calcio, fósforo y demás minerales puede resultar alterado en la raíz, ya que ésta se contamina con suelo y materiales extraños durante el proceso de recolección y procesamiento.

Componentes energéticos

En el Cuadro 1.4 se comparan los valores de energía metabolizable de las raíces y de la parte aérea para tres principales especies de animales domésticos.

Cuadro 1.4. Energía metabolizable de las raíces y del follaje de mandioca, tanto frescos como secos, respecto a tres especies de animales domésticos.

Producto	Base	Energía metabolizable (Mcal/kg) en:		
		Aves	Cerdos	Bovinos
Raíces	Húmedo	1.30	1.40	1.20
	Seca	3.25	3.60	3.25
Follaje	Húmedo	0.34	0.36	--
	Seco	1.59	1.68	--

Fuente: Hutagalung, 1977 (citado por Buitrago, J. A. 1990).

Por el alto contenido de humedad de las raíces frescas de mandioca, los niveles de energía metabolizable y de los demás nutrientes están muy diluidos, en contraste con lo que ocurre en los productos secos; por esta razón, en la mayoría de los monogástricos el uso de los productos frescos está limitado.

**Nutrientes
menores:
vitaminas y
minerales**

En general, el contenido de vitaminas y de minerales en las raíces de mandioca es mínimo, especialmente si lo comparamos con el de otras materias primas de uso común en la alimentación animal.

Acido cianhídrico

Los tejidos de la planta de mandioca contienen diferentes concentraciones de linamarina y lotaustralina, glucósidos cianogénicos que, al hidrolizarse mediante la acción de la enzima linamarasa (una glicosidasa), liberan ácido cianhídrico.

El ácido cianhídrico libre produce efectos tóxicos en el organismo animal; el ácido cianhídrico ligado a los glucósidos cianogénicos no es tóxico, a menos que sea hidrolizado y desarrolle su acción nociva.

El nivel de glucósidos cianogénicos, o de ácido cianhídrico total, presentes en la raíz de mandioca determina la diferencia entre variedades amargas (de mayor toxicidad) y variedades dulces. Aunque no existe una medida precisa, se consideran variedades amargas aquellas cuyo contenido de ácido cianhídrico es superior a 100 mg/kg de pulpa, o parénquima, fresca (o sea, 100 ppm), y como variedades dulces aquellas con un nivel inferior de dicho ácido. Bolhuis, 1954, citado por Buitrago, 1990, clasifica los valores de ácido cianhídrico en el parénquima fresco de la mandioca según la siguiente escala:

No tóxico:	< de 50 mg/kg	Tóxico:	80 a 100 mg/kg
Poco tóxicos:	50 a 80 mg/kg	Muy tóxico:	>100 mg/kg

En las variedades dulces la mayor proporción de ácido cianhídrico se encuentra en la corteza, mientras que en las variedades amargas, éste se distribuye más uniformemente en la corteza y en el parénquima.

La dosis letal mínima de ácido cianhídrico en aves y cerdos no se ha establecido en forma definitiva, pero se ha demostrado que toleran hasta 150 mg/kg de alimento.

**Efectos del ácido
cianhídrico en el
animal y
mecanismos de
desintoxicación.**

Cuando el alimento para animales se elabora con productos derivados de mandioca cuyo contenido de ácido cianhídrico es alto, los animales disminuyen drásticamente el consumo, y eso afecta su peso y su rendimiento.

Con temperaturas no inferiores a 40°C es posible eliminar hasta cerca de 80% del ácido cianhídrico libre, y cuando la temperatura es superior a 60°C se puede eliminar más del 90%. El calentamiento a temperaturas mayores que 70°C, con poca o ninguna humedad, elimina el ácido cianhídrico libre; más aún, con este método también se destruye la enzima linamarasa que permite a los glucósidos continuar transformándose en ácido cianhídrico libre.

El proceso de cocción en agua también es efectivo para eliminar el ácido cianhídrico libre; es posible destruir más de 90% del tóxico cocinando la mandioca durante 15 minutos. Si se sumergen los trozos en agua fría, se puede eliminar la mayor parte de su ácido cianhídrico libre después de 4 a 5 horas, aunque el ácido cianhídrico ligado permanece casi intacto.

La deshidratación natural por acción de los rayos solares es quizás el sistema más seguro para destruir el ácido cianhídrico libre. El método se basa, de una parte, en que el ácido se volatiliza fácilmente con la temperatura solar y por acción del viento, y de otra parte, a que no siendo esa temperatura suficientemente alta para desactivar la acción de la linamarasa, ésta continúa la transformación de glucósidos en ácido cianhídrico que se elimina enseguida.

Bibliografía

- BUITRAGO, J.A. 1990. La yuca en la alimentación animal. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical . 446 p.
- COCK, J.H. 1989. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 240 p.
- DE CARVALHO, J.L.H. 1985. A mandioca; raíz e parte aérea per alimentação animal. Planaltina, D.F. Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Circular técnica 17. 36 p.
- WHEATLEY, C. 1983. Almacenamiento de raíces frescas de yuca. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 35 p.

Práctica 1.1 Características de las partes de la planta de mandioca

Objetivo

- ✓ Al finalizar la práctica, los participantes estarán en capacidad de identificar las partes de la planta de mandioca, por su valor nutritivo y por su potencial de uso en la alimentación animal.

Recursos necesarios

- Diez plantas de mandioca cosechadas
- Calculadoras (2)
- Balanzas (2)
- Bolsas (4)
- Papelógrafo
- Marcadores
- Hoja de trabajo

Orientación para el instructor

- Escoger un sitio para la práctica que esté cerca del lugar donde se están realizando las actividades del curso.
- Formar grupos de 5 a 10 personas con los participantes y nombrar en cada uno un relator.
- Pedir a los participantes que desarrollen los pasos descritos en la hoja de trabajo.
- Una vez terminada la práctica, los participantes se reúnen para discutir los resultados y el relator los presentará ante todos los participantes.
- Entregar la información de retorno.

**Instrucciones
para el
participante**

- Separar las partes de la planta: parte aérea (hojas, ramas y pecíolos, tallos) y raíces, y pesarlas.
- Calcular, en porcentaje, lo que representa el peso de cada parte de la planta respecto al peso total de ésta. Registrar los datos en el cuadro adjunto.
- El relator de cada grupo presentará ante todos los participantes los resultados obtenidos.

Partes de la planta	Peso (kg)	Porcentaje (%)
Raíces		
Tallos		
Hojas, ramas, pecíolos		
Total		

Práctica 1.1 - Información de retorno

A continuación se presenta un ejemplo hipotético de los resultados que se pueden obtener en esta práctica:

Partes de la planta	Peso (kg)	Porcentaje (%)
Raíces	40.0	50
Tallos	35.0	40
Hojas, ramas, pecíolos	10.0	10
Total	85.0	100

Resumen de la Secuencia 1

En esta secuencia se caracterizan las partes de la planta de mandioca (parte aérea y raíz) que tienen importancia en la alimentación animal.

Se ofrece información sobre los contenidos cualitativo y cuantitativo de la parte aérea y de la raíz de la planta de mandioca; éstos se usan como parámetro para verificar el potencial nutritivo de la planta y el modo de usarla en la alimentación animal.

Se presentan los componentes nutricionales de la parte aérea y de la raíz, así como el valor energético de cada una; finalmente, se estudia el contenido de ácido cianhídrico y los mecanismos de desintoxicación del organismo animal.

Todo lo anterior se complementa con una práctica que concreta los objetivos de la Secuencia.

Secuencia 2

Procesamiento

Contenido

	Página
Objetivo	2-7
Información	2-9
• Corte y deshidratación de las raíces	2-11
• Factores que intervienen en el secado	2-11
• Geometría de los trozos	2-11
• Carga por área de secado	2-11
• Condiciones del aire	2-11
• Humedad inicial de la raíz	2-12
• Sistemas de secado	2-12
• Natural	2-12
• Artificial	2-13
• Cálculos matemáticos del secado	2-14
• Preparación de productos	2-17
• Raíz	2-17
• Raíces frescas	2-17
• Raíces en ensilaje	2-17
• Trozos secos (raspas)	2-18
• Harina de trozos secos	2-22
• Proceso de secado	2-23
• Secado artificial	2-24
• Parte aérea	2-25
• En ensilaje	2-27
• Como heno	2-27
• Como harina de heno	2-29

	Página
Bibliografía	2-30
Práctica 2.1 Técnicas de procesamiento para el secado de raíces	2-31
Práctica 2.2 Sistema de secado artificial	2-35
Práctica 2.3 Secado de trozos (raspas) en pistas (patios) y en bandejas.....	2-37
Práctica 2.4 Procesamiento del heno y de la harina de heno	2-41
Práctica 2.5 Ensilaje de las raíces y de la parte aérea	2-44
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Orientación para el instructor	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 2	2-48

Flujograma Secuencia 2

Procesamiento

Objetivos

Preparar diversos productos con las partes de la planta de mandioca, manteniendo los parámetros de calidad requeridos en la alimentación animal.

Contenido

- Corte y deshidratación de las raíces
- Preparación de productos

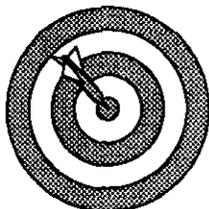
Bibliografía

Prácticas

- 2.1 Técnicas de procesamiento para el secado de raíces.
- 2.2 Sistema de secado artificial.
- 2.3 Secado de trozos (raspa) en pistas (patios) y en bandejas
- 2.4 Procesamiento de heno y de harina de heno.
- 2.5 Ensilaje de raíces y de la parte aérea.

Resumen Secuencia 2

Objetivo



- ✓ Al finalizar el estudio de esta secuencia los participantes estarán en capacidad de preparar diversos productos con las partes de la planta de mandioca, manteniendo los parámetros de calidad requeridos en la alimentación animal.

Información

En la actualidad, el aprovechamiento integral de la mandioca no se ha desarrollado suficientemente en el Cono Sur. Las cualidades nutritivas de este cultivo, tanto energéticas como proteicas, sugirieron la realización de estudios de investigación; se obtuvo así la información necesaria para transformar la materia prima en productos y subproductos de mayor valor nutritivo, de mejor conservación, y de fácil manejo, destinados a la producción de carne, leche y huevos.

En la raíz se encuentra la mayor concentración de carbohidratos de la planta, y puede ser utilizada en estado fresco, deshidratada o ensilada.

La parte aérea es bien aceptada por los animales rumiantes; con ellas se pueden obtener excelentes forrajes ricos en proteína, ya sea usándola fresca, ensilada o deshidratada como heno y como harina de heno.

Mediante el procesamiento de la materia prima se elimina o disminuye, en gran parte, el principio tóxico que contienen hojas y raíces. Aquellas variedades denominadas amargas o 'bravas' pueden aprovecharse, con tecnologías sencillas y económicas que están utilizando los productores. En la Figura 2.1. se presenta un flujograma de los principales productos elaborados con la planta de la mandioca.

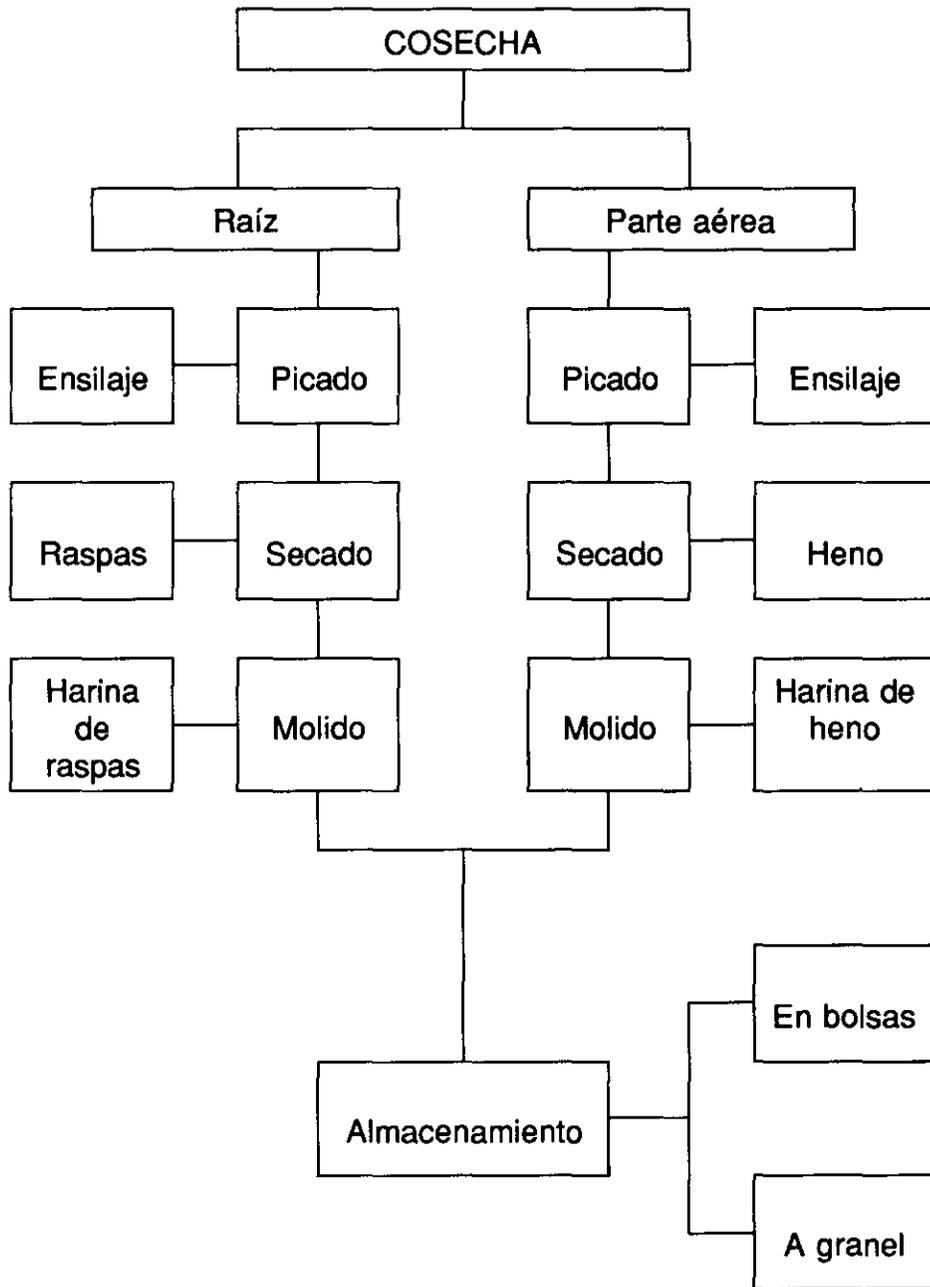


Figura 2.1. Flujograma del proceso de los principales productos elaborados con la planta de mandioca.

Corte y deshidratación de las raíces

La deshidratación es necesaria para conservar la calidad de la materia prima después de cosechada y para facilitar la fabricación de alimentos balanceados. Esta operación se realiza mediante sistemas naturales, como el secamiento al sol, o por sistemas artificiales, utilizando otras fuentes de energía; todo depende de las condiciones climáticas de cada región, de los volúmenes que se secan y de los costos de producción.

Para hacer una buena deshidratación, las raíces se deben dividir en fragmentos pequeños. Se utilizan máquinas picadoras de distintos tipos. Los modelos desarrollados en Malasia y Tailandia son similares; están basados en un disco giratorio de láminas de acero que produce trozos de tamaño uniforme.

Otro modelo es la picadora de martillos móviles giratorios; en ella se obtiene un material que no puede secarse artificialmente por el tamaño desuniforme de los trozos.

Factores que intervienen en el secado

Geometría de los trozos

La velocidad del secado está directamente relacionada con la superficie total de los trozos. Se puede abreviar el tiempo de secado cuando los fragmentos son regulares y permiten una circulación libre del aire (Best, 1978)

Carga por área de secado

La cantidad de fragmentos por unidad de superficie afecta la velocidad de secado.

En el sistema tradicional de secado, sobre pisos de concreto, la carga puede llegar hasta 12 kg/m², mientras que en los secadores artificiales se pueden lograr densidades mucho mayores.

Condiciones del aire

El aire influye en la rapidez del secado por su velocidad, su temperatura y su contenido de humedad. En las etapas iniciales del secado, los trozos pierden más rápidamente la humedad; la velocidad del aire, por tanto, es aquí muy importante. Con menos de 30% de humedad en los trozos, la deshidratación de éstos es muy lenta y se necesitan temperaturas más elevadas para eliminar el agua residual. En la etapa final del sistema de secado natural es muy importante el contenido de humedad del aire o del ambiente; cuando hay en él más de 65% de humedad relativa, el proceso se hace muy lento.

Humedad inicial de la raíz

A mayor contenido de humedad de los trozos es necesario evaporar más agua; el proceso requiere por tanto, mayor energía y mayor tiempo de secado. Sin embargo, en los sistemas artificiales se puede mantener el tiempo de la operación aumentando el flujo de aire a la temperatura que tenga.

Se designa como factor de conversión la cantidad de unidades de mandioca fresca que se necesita para producir una unidad de mandioca seca; la humedad influye en este factor. El contenido inicial de humedad de la raíz es directamente proporcional al factor de conversión, e inversamente proporcional a la mandioca seca obtenida, según se aprecia en el Cuadro 2.1.

Sistemas de secado

Natural

Es el método más rudimentario para deshidratar los trozos de mandioca; consiste en esparcirlos sobre una superficie plana y exponerlos al sol y al aire. Se utilizan patios de cemento o bandejas de madera con fondo de malla de alambre de gallinero y malla fina de plástico. La densidad de carga es reducida, solo 10 kg/m² y hasta 15 kg/m² respectivamente. Figuras 2.2.A y 2.2.B.

Cuadro 2.1 Efecto de la humedad de la mandioca sobre el factor de conversión.

Humedad inicial ^{a/} (%)	Mandioca seca por kg de mandioca fresca (g)	Factor de conversión ^{b/}
75	280	3.6
70	335	3.0
65	390	2.6
60	445	2.2
55	500	2.0

^{a/} Cifras en base húmeda.

^{b/} Unidades de mandioca fresca requeridas para obtener una unidad de mandioca seca.

Lo importante de este sistema es que los rayos solares son muy efectivos para eliminar el ácido cianhídrico de los trozos. Otro factor positivo del sistema es el costo, tanto de energía como de la operación.

Artificial

Hay diferentes equipos para deshidratar, y su elección depende de varios factores, especialmente del costo del combustible, de las instalaciones, los equipos, y el volumen del material para deshidratar.

Entre los principales sistemas o modelos están el secador de capa o lecho fijo que consta de una cámara de ladrillo con láminas de hierro galvanizado colocadas a cierta altura del piso. Estas láminas están perforadas en el 23% de su área con agujeros de 1.5 mm de diámetro, y forman un piso falso, sobre el cual se esparcen los trozos a razón de 100 a 200 kg/m². El material se debe remover de vez en cuando para facilitar un secado homogéneo (Figura 2.3).

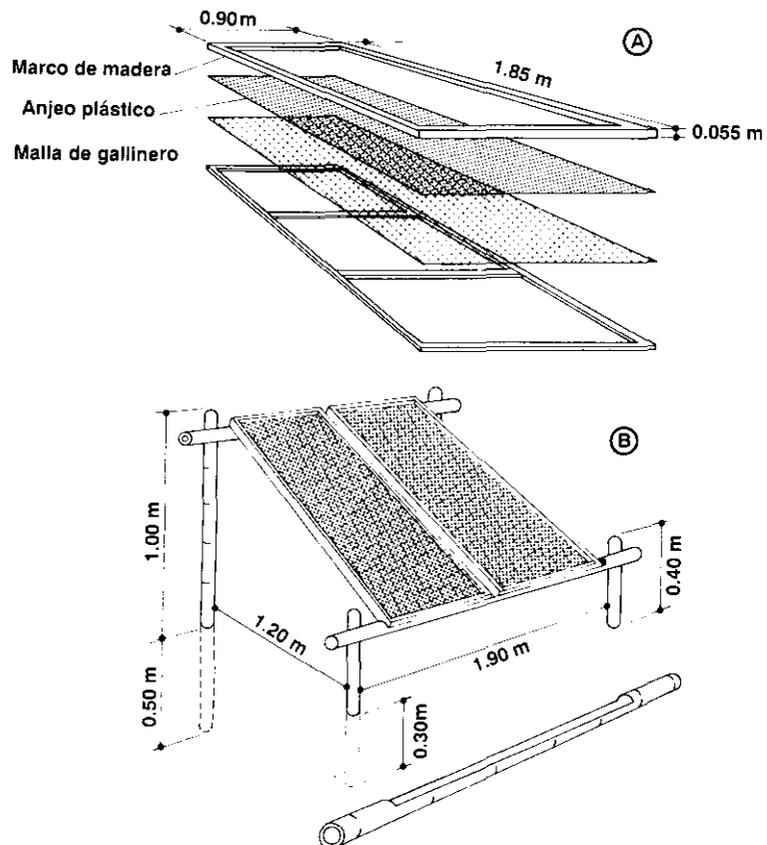


Figura 2.2. Detalles y dimensiones de los materiales usados en la construcción de las bandejas (A) y de su colocación sobre soportes de bambú (B). Fuente: Gómez & Best, 1983.

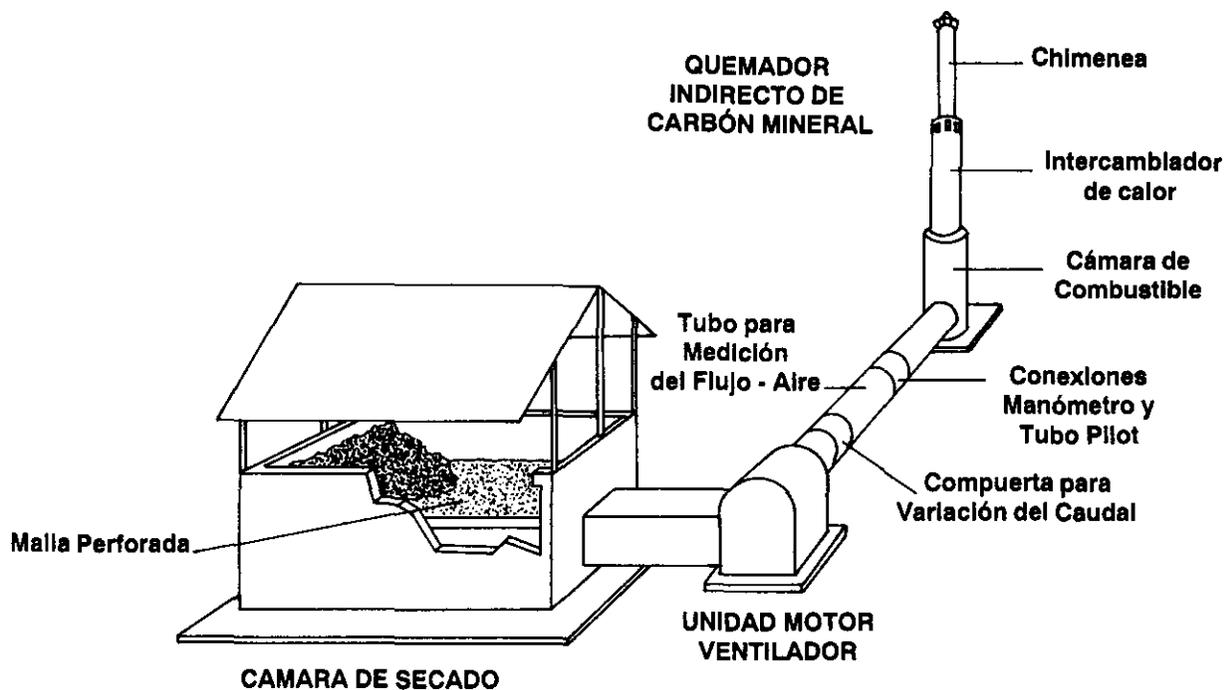


Figura 2.3. Secador de lecho fijo.

Hay otros sistemas de secado como: la cámara con bandejas y el secador rotativo.

Cálculos matemáticos del secado.

La mandioca se seca para obtener productos a partir de las raíces y de la parte aérea, mediante sistemas de secado natural o artificial; este proceso es simple, y lo realizan fácilmente los agricultores. Sin embargo, es indispensable mantener parámetros de calidad para usar eficientemente los productos de mandioca en la alimentación animal; por tanto, los productores deben tener un conocimiento mínimo de estos parámetros, de los cuales el más importante es el contenido de humedad.

Humedad. Expresa la cantidad de agua presente en determinada cantidad de producto húmedo por medio de la siguiente ecuación:

$$C = \frac{MA}{MA + Ms} \times 100 \quad (1)$$

donde, C = Contenido de humedad, %

Ma = Masa de agua, g

Ms = Masa de la materia seca del producto, g

Ma + Ms = Masa total del producto.

El contenido de humedad expresado así se llama en base húmeda. Cuando el producto se seca en un horno, a temperatura constante, entonces se denomina contenido de humedad en base seca.

Con la ecuación (1) es posible determinar las siguientes variables:

- a. El contenido de humedad de la mandioca fresca. Ejemplo: Una muestra de mandioca fresca se secó en el horno; al pesarla, tenía 36 g de materia seca. ¿Cuál era el contenido de humedad de la mandioca fresca?

Los datos son:

$$Ms = 36$$

$$MA + Ms = 110$$

$$MA = 74$$

Empleando la ecuación (1) tenemos:

$$C = \frac{74}{74 + 36} \times 100 = 67.3\%$$

- b. El factor de conversión o rendimiento obtenido en el secado de mandioca hasta un contenido de humedad determinada.

Ejemplo: Una muestra de mandioca de 1000 kg se seca al sol. La humedad inicial de la mandioca era 65%. Si la humedad final de ésta será 14%, ¿cuál será el peso final de la muestra?

Hay que hacer el cálculo en dos etapas:

Etapla 1. Cálculo del peso de los componentes de la mandioca fresca. Aplicando la ecuación (1).

$$Ma + Ms = 1000 \text{ kg}$$

$$C = 65\%$$

$$Ma = \frac{65 \times 1000}{100} = 650 \text{ kg}$$

$$Ms = 1000 - 650 = 350 \text{ kg}$$

Etapla 2. Cálculo del peso de los componentes en la mandioca seca.

Sustituyendo en la ecuación (1).

$$C = 14\%$$

$$Ms = 350 \text{ (permanece constante)}$$

$$C = \frac{Ma}{Ma + 350} \times 100$$

$$14 = \frac{Ma}{Ma + 350} \times 100$$

$$14 (Ma + 350) = 100 \times Ma$$

$$Ma = 57 \text{ kg}$$

Entonces, el peso final de la mandioca seca, con contenido de humedad de 14%, será de $350 + 57 = 407 \text{ kg}$.

Es muy importante controlar el contenido final de humedad de la mandioca. De una parte, si se almacena y se utiliza con contenidos de humedad muy elevados ($>14\%$) puede deteriorarse. Por otra parte, la producción de mandioca con contenido de humedad muy bajo ($<12\%$) aumenta considerablemente los costos.

Preparación de productos

La calidad de cada uno de los productos y subproductos que se obtienen de la planta de mandioca depende básicamente de la variedad de mandioca, de la sanidad y edad del cultivo, y de los métodos de procesamiento.

Cuando se destina el follaje a la producción de harina para monogástricos, es importante eliminar de él la mayor cantidad posible de tallos y de material celulósico; si se trata de alimentar rumiantes, esta selección no es tan crítica.

En la región del Cono Sur hay áreas en que las bajas temperaturas causan la pérdida de hojas en la planta; estas hojas podrían aprovecharse empleando técnicas simples de recolección y procesamiento.

Raíz

Para obtener productos de alta calidad, es necesario procesar las raíces inmediatamente después de la cosecha, ya que su deterioro fisiológico se manifiesta a las 24 horas de la recolección en forma de estrías vasculares de color azul o pardo. A partir del tercero o cuarto día ocurre un daño microbiano que se presenta como pudrición.

El lavado de las raíces es necesario para retirar de ellas la tierra y la arena, especialmente de las cosechadas en época lluviosa y en suelo pesado.

Raíces frescas

El uso directo de las raíces es la forma elemental y más económica de ofrecer la mandioca como alimento a los animales.

La principal limitante de este suministro directo es el elevado contenido de humedad de las raíces, que implica una baja concentración de todos los nutrientes. Por otra parte, el contenido de CN⁻ en las variedades amargas puede limitar su utilización directa. Estas variedades amargas necesitan ser procesadas para reducir su toxicidad.

Raíces en ensilaje

El ensilaje es un proceso de transformación bioquímica del material vegetal utilizado en que se aprovechan la fermentación ácida desarrollada por bacterias anaeróbicas que se multiplican cuando se elimina el oxígeno por compactación del material. El ensilaje se completa en un tiempo mínimo de 15 días, y permite la conservación de los elementos nutritivos del material ensilado.

Las raíces destinadas a ensilaje deben estar sanas y recién cosechadas. Se pican en fragmentos pequeños para facilitar su compactación, es decir, de 0.5 a 1 cm de espesor y de 4 a 5 cm de longitud, aproximadamente.

El secreto de un buen ensilaje está, principalmente, en la rapidez de las operaciones, en el contenido de humedad del material, en el picado y en la compactación, y en el sellado del silo.

Las pérdidas que más sufre un ensilaje son ocasionadas por el contacto del material con el oxígeno del aire en partes expuestas del silo, y por el exceso de agua producida en el proceso, que se filtra y arrastra algunos principios nutritivos solubles.

Las características de un buen ensilaje de raíz de mandioca se miden por el grado de acidez de éste. El pH debe estar entre 4.0 y 4.5 para garantizar mayor concentración de ácido láctico y de ácido acético, y una mínima cantidad de ácido butírico; de este modo se evita el desarrollo de fermentaciones indeseables.

Trozos secos (raspas)

La deshidratación es importante para conservar la calidad de la mandioca, elevar la concentración de nutrientes, y eliminar la mayor parte del ácido cianhídrico; además, permite a los agricultores almacenar bien el producto y utilizarlo en períodos de escasez de alimento para los animales.

Las operaciones principales, después de la cosecha, son el picado o trozado de las raíces, el secado propiamente dicho, el empaque, y el almacenamiento del producto seco.

El lavado de las raíces es una operación adicional que se hace para eliminar la tierra adherida a ellas. Cuando la cosecha se realiza en épocas secas, las raíces traen poca tierra y no necesitan ser lavadas. Sin embargo, en época de lluvias y en suelos pesados las raíces traen gran cantidad de tierra que, mezclada con los trozos, reducirá la calidad de éstos por su contenido de cenizas y de arena.

Picado de las raíces. Para acelerar la velocidad del secado, las raíces deben picarse en trozos de tamaño uniforme con el fin de aumentar el área de la superficie expuesta al aire.

Esta operación se puede realizar manualmente con machete o cuchillo, o en picadoras mecanizadas. Hay varios modelos de máquinas picadoras de tamaños y de capacidad de operación variables; los más conocidos son los llamados tipo Tailandia, Malasia, Nogueira, y ensiladeira. Los de tipo Tailandia y Malasia tienen la misma armazón básica y se diferencian por las características del disco giratorio; el tipo Tailandia es un disco de lámina de hierro de 2 mm de espesor con varias filas de agujeros de bordes cortantes, en tanto que el disco de tipo Malasia está fabricado con

lámina de 10 mm de espesor y posee por lo menos cuatro cuchillas de acero. El disco tipo Tailandia corta la mandioca en tiras y el tipo Malasia en trozos.

Estos modelos pueden picar de 2 a 4 toneladas de raíces por hora, con un motor eléctrico de gasolina o diesel de 3 a 5 caballos de fuerza. Se considera que estos modelos son adecuados para plantas de secado de pequeña a mediana capacidad.

Secado. Es el proceso que elimina por evaporación casi toda el agua presente en el producto. El secado natural se puede realizar en pistas de concreto o en bandejas.

Secado en pistas de concreto. Los trozos se esparcen uniformemente sobre la superficie con un rastrillo de madera (Figura 2.4,A), de tal manera que la carga sea de 8 a 12 kg/m², según las condiciones climáticas. Con cargas menores, el tiempo de secado se reduce, pero la capacidad del piso disminuye; con cargas altas, el secado se prolonga y el volteado de los trozos se dificulta, principalmente en la etapa inicial de secado. En cualquier caso, la carga óptima dependerá de las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa.

Para obtener un secado uniforme, es necesario voltear los trozos con regularidad, especialmente durante la etapa inicial, cuando pierden la mayor cantidad de humedad. Para voltear los trozos se emplea un rastrillo de madera (Figura 2.4,B).

Los trozos expuestos al sol se deben voltear aproximadamente cada dos horas. Durante la noche, los trozos pueden quedar esparcidos sobre el piso, pero si se prevé una lluvia, o si la humedad relativa es alta (más de 60%), se aconseja apilarlos y cubrirlos con plástico; a la mañana siguiente, se deben esparcir nuevamente sobre el piso.

Los trozos se voltean así hasta que alcancen un contenido de humedad entre 10% y 14% que se puede determinar al tacto porque los trozos se quiebran con facilidad.

La recolección de los trozos secos se facilita utilizando una pala ancha de madera (Figura 2.4,C) y un embudo metálico del cual se suspende una bolsa abierta; en estas bolsas se empaacan y almacenan los trozos.

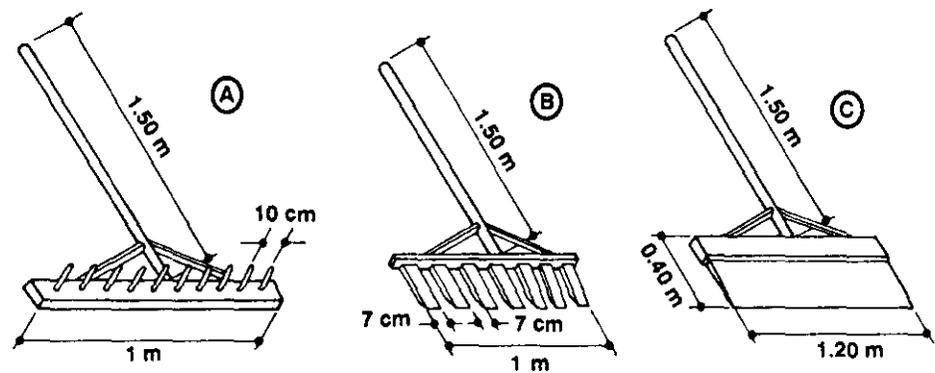


Figura 2.4. A. Rastrillo de madera para esparcir los trozos de mandioca sobre el piso de concreto. B. Rastrillo de madera para voltear los trozos de mandioca sobre el piso de concreto. C. Pala de madera para recoger los trozos de mandioca. Fuente: Gómez y Best, 1983.

El secado natural de trozos de mandioca sobre pistas de concreto es un proceso que ocupa mano de obra en forma casi constante, especialmente en las labores de picado, volteado y recolección; requiere una infraestructura sencilla, una inversión mínima, y puede ser manejado por los mismos agricultores.

Secado en bandejas. Este método aprovecha al máximo la capacidad de secamiento del viento, permitiendo su circulación a través de los trozos colocados en bandejas. Las bandejas tienen un marco de madera y una base de malla plástica que evita la pérdida de material durante el proceso. Para fortalecer la base de malla plástica es necesario agregar malla de gallinero de una pulgada (Figura 2.2,A). Las dimensiones que se muestran en la Figura 2.2.B dan un tamaño adecuado para ser manejado por dos operarios; sin embargo, pueden construirse de acuerdo con el tamaño de los materiales disponibles.

Los trozos frescos se distribuyen en las bandejas, y éstas se colocan luego sobre travesaños de tacuara o bambú soportados por dos hileras de postes. Las bandejas quedan inclinadas formando un ángulo de 25° a 30°, lo cual permite aprovechar al máximo la dirección del viento (Figura 2.2,B).

La cantidad de trozos que pueden colocarse en las bandejas depende de la velocidad del viento: cuando ésta es mayor, más densa debe ser la cama de trozos que se puede secar, y éstos no necesitan ser volteados; sin embargo, si la carga es de más de 16 kg/m², hay necesidad de hacerlo.

Las bandejas se pueden dejar sobre los soportes por la noche para aprovechar la acción del viento; si se prevén lluvias o se presenta alta humedad relativa, se deben apilar horizontalmente una encima de la otra, bajo techo o cubiertas con una lona o plástico hasta el día siguiente. La bandeja inferior se debe colocar sobre dos postes de tacuara o bambú para mantener la pila de bandejas por encima del nivel del terreno. Cuando se apilen las bandejas en la noche, a la mañana siguiente se deben colocar de nuevo sobre el soporte de bambú o tacuara. Una vez que los trozos de mandioca hayan sido secados adecuadamente, se deben recoger y empacar.

Como se ilustra en la Figura 2.5, el secado en bandejas es más rápido que el secado en pisos; una de las razones es que durante la noche continúa la pérdida de humedad de los trozos en las bandejas pues sigue en ellas la circulación del aire.

En cambio, cuando el secado se realiza sobre pisos de concreto, los trozos sólo pierden una cantidad pequeña de humedad durante la noche pues la velocidad del viento es baja a nivel del piso.

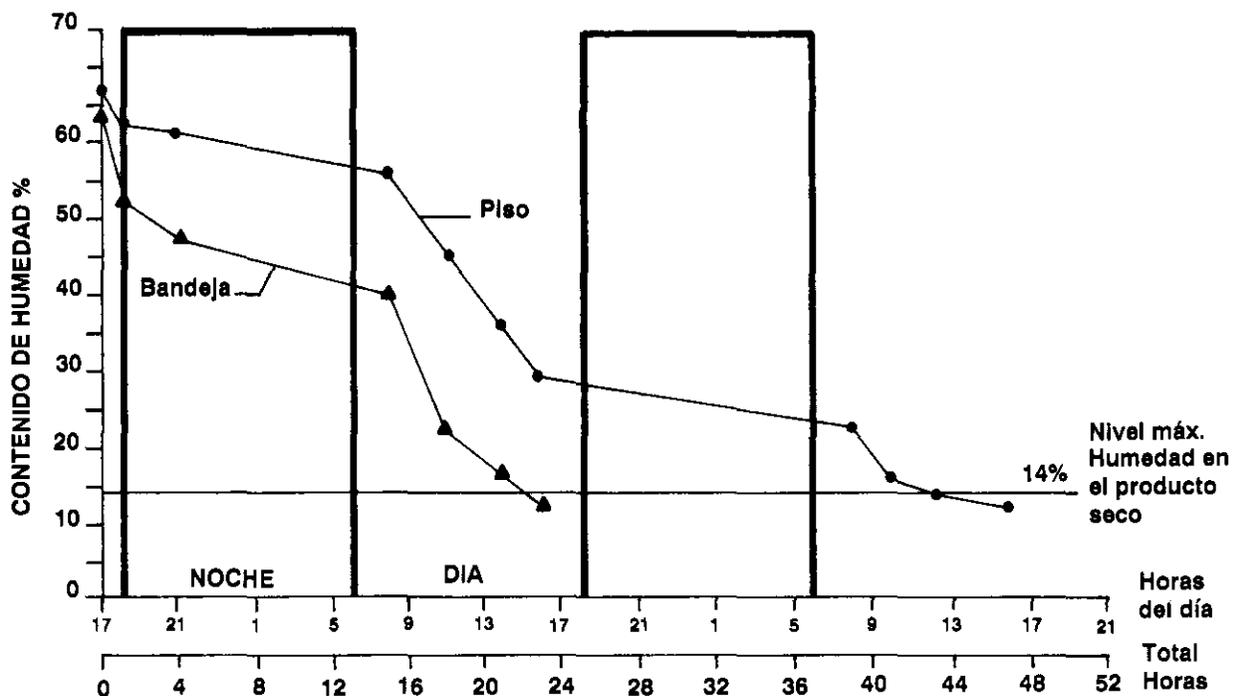


Figura 2.5 Comparación de las curvas de secado de trozos de raíces de mandioca sobre pisos de concreto y en bandejas inclinadas. Fuente: Gómez y Best, 1983.

El secado natural en bandejas requiere menos mano de obra, toda vez que no es necesario voltear los trozos y esparcirlos de nuevo, como sucede en el secado en pisos de concreto; además, las bandejas permiten secar mayores cantidades por metro cuadrado de superficie de secado. Sin embargo, este método exige un manejo más cuidadoso en lo referente a la carga por bandejas, y la vida útil de éstas es mucho menor que la de un piso.

Por consiguiente, este método se recomienda en los casos en que no es factible la construcción de pisos de concreto, y en que las cantidades por secar no son muy grandes.

Harina de trozos secos

Los trozos secos se someten a un proceso de molienda en una máquina trituradora con martillos y tamices. El material seco molido se denomina harina de trozos secos o harina de raspa, y puede almacenarse por tiempo indeterminado. La humedad de esta harina no debe exceder del 13%, de lo contrario ocurren fermentaciones que alteran la calidad del

producto. La harina de trozos secos es un componente de alta concentración energética en las raciones para animales.

Almacenamiento. El almacenamiento puede ser a granel o en bolsas, en un lugar seco, libre de humedad, y de preferencia sobre tablas de madera. Las dimensiones del depósito para almacenamiento se obtienen empleando los siguientes parámetros:

Capacidad estática	Trozos secos	Harina de trozos secos
1.0 m ³	277 kg	506 kg

En otras palabras, para 1 tonelada de trozos secos se requiere un espacio de almacenamiento equivalente a 3.6 m³, y para 1 tonelada de harina de trozos secos se requieren 2.0 m³.

Proceso de secado

Etapas. El proceso de secado natural de la mandioca, cualquiera sea el método utilizado, se puede dividir básicamente en dos etapas: una inicial, en la cual ocurre una pérdida rápida de humedad, y una final en la cual esa pérdida es lenta (Figura 2.6).

En la etapa inicial, los trozos frescos pierden humedad rápidamente: bajan desde un contenido inicial de humedad de cerca de 65% hasta un nivel de 30%. Este descenso ocurre en un tiempo equivalente a menos de la mitad del período total de secado; durante esta etapa la circulación del aire es muy importante. A partir del 30% de humedad, la pérdida de ésta es muy lenta, y para completar el proceso de secado cobran importancia la temperatura y la humedad relativa del aire ambiental.

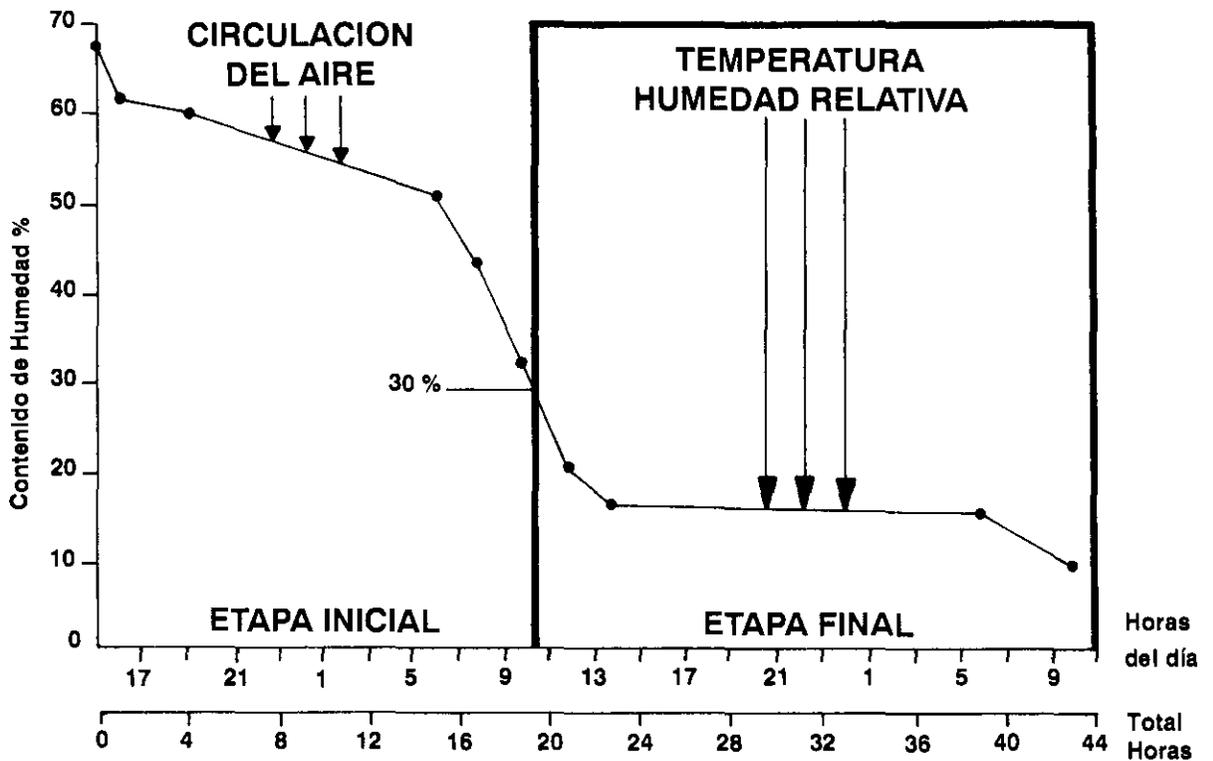


Figura 2.6 Curva característica del secado de trozos de yuca. Fuente: Gómez y Best, 1983.

La humedad relativa debe ser inferior a 65%, pues a niveles más altos, como ocurre durante la época de lluvias, el secamiento se prolonga varios días, y se corre el riesgo de que los trozos de mandioca se pudran.

Tiempo de secado El tiempo requerido para el secado depende de varios factores, como el contenido inicial de humedad de las raíces, las condiciones del aire ambiental (temperatura, humedad relativa y velocidad), la forma, el tamaño y la uniformidad de los trozos (geometría), y la carga por unidad de superficie de secado. De estos factores, es posible controlar la forma y el tamaño de los trozos, y la carga; para minimizar por ello el tiempo de secado es necesario que el nivel de estos dos factores sea óptimo.

Secado artificial

En determinadas regiones, las condiciones climáticas no permiten realizar el secado natural de los trozos o raspas de mandioca. Existen sistemas de secado artificial que pueden emplear los agricultores para secar los trozos frescos de mandioca.

Uno de ellos es el secador de lecho fijo, de capacidad variable conforme al tamaño de la cámara de secado y a la potencia del motor (Figura 2.3). El sistema consta de una hornalla, un ciclón, un ventilador y una cámara de secado.

Los trozos frescos se colocan inicialmente en la cámara de secado a razón de 500 kg/m³; se completa la capacidad de la cámara (aproximadamente 3 t de trozos frescos), y en un tiempo mínimo de 10 horas termina el secado según la época de cosecha, es decir, según el contenido de humedad de la raíz. Se deben voltear los trozos frescos con una pala cada 2.5 horas para hacer uniforme el secado. La temperatura de secado oscila entre 60 y 80°C.

Secado natural versus secado artificial El secado natural es más económico, pero presenta limitaciones. En condiciones normales, tarda de 2 a 3 días. Es necesario además terminar una tanda para iniciar la siguiente. En épocas de poca radiación solar o de lluvias eventuales el tiempo de secado se prolonga más días.

En la época de lluvias es prácticamente imposible hacer el secado natural; por lo tanto, las instalaciones se pueden utilizar solamente en la época seca del año la cual, en las regiones subtropicales, es de 4 a 5 meses.

A causa de las desventajas que presenta el secado natural, en algunos casos se puede considerar el empleo de secadores artificiales. La limitación principal de éstos es el elevado costo del equipo y el alto consumo de energía. Sin embargo, emplean menor cantidad de mano de obra y, lo que es más importante, permiten una operación continua de secado durante el año, ya que funcionan independientemente de las condiciones del clima.

En algunos lugares se puede combinar el secado natural, que aprovecha inicialmente el poder secante del aire ambiental, con alguna forma de secado artificial para terminar el proceso; de esta manera se complementa el secado de manera adecuada y económicamente viable.

Parte aérea

La parte aérea de la mandioca (ramas, pecíolos y hojas) posee alto valor nutritivo (proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales), y es muy bien aceptada por los animales.

El contenido de proteína en base fresca oscila entre 16% y 20%, según la proporción de hojas, pecíolos y ramas en la planta. Además, las hojas contienen cantidades importantes de calcio y vitamina A.

El escaso conocimiento del valor nutritivo y del procesamiento de la parte aérea de la mandioca son causas de que los agricultores pierdan este material. Considerando que apenas 20% del total de ramas producidas en un área son aprovechadas como material de siembra, el 80% de la parte aérea se pierde, es decir, no se aprovecha para la alimentación de los animales de la finca.

Cosecha de la parte aérea. En cultivos de un año, se hace una poda del tercio superior de la planta entre el quinto y sexto mes para no afectar el desarrollo de la raíz; puede hacerse otro corte al final del ciclo, antes del invierno.

En cultivos de dos ciclos, se hace la poda total de la parte aérea en una sola ocasión, antes de la primera helada.

Rendimiento. El rendimiento de la parte aérea es variable y depende de factores como la variedad, la época de corte, la edad y la densidad del cultivo (Cuadros 2.2 y 2.3).

El nivel de toxicidad se mide por la cantidad de ácido cianhídrico contenida en 1 kg de muestra, así:

Contenido de ácido cianhídrico	Nivel de toxicidad para animales
Inferior a 50 mg/kg	ninguno
Entre 50 y 100 mg/kg	moderadamente tóxico
Superior a 100 mg/kg	altamente tóxico

Cuadro 2.2. Producción de ramas y hojas conforme a la edad de la planta.

Edad de la planta	Ramas (t/ha)	Hojas (t/ha)
Cultivo de 1 ciclo	12.6 - 15.7	4.89
Cultivo de 2 ciclos	15.9 - 19.8	2.75

Cuadro 2.3. Rendimiento de materia verde y seca de la parte aérea

Parte de la planta	Materia verde (t/ha)	Materia seca (t/ha)
Ramas + hojas	35.5 - 98.4	10.7 - 26.1

El ácido cianhídrico se volatiliza rápidamente; por ello, su contenido comienza a bajar después de la cosecha. Se aconseja, por tanto, que antes de ofrecer a los animales la parte aérea de las variedades amargas, pase ésta por un proceso de deshidratación natural durante 24 horas. De este modo, el contenido de ácido cianhídrico desciende a niveles no tóxicos.

En forma de heno, harina y ensilaje, la parte aérea no representa peligro de toxicidad para los animales.

En ensilaje

El proceso de ensilaje de la parte aérea de la mandioca es semejante al empleado para el ensilaje de otros forrajes. En éste se debe aprovechar toda la parte aérea. El tallo contiene 18% a 22% de carbohidratos solubles.

La parte aérea de la mandioca es mejor alimento que la mayoría de los pastos empleados en el ensilaje. Por ello, la inclusión de un porcentaje de esa parte de la planta enriquece el valor nutritivo de los ensilajes de pastos.

Las gramíneas forrajeras de corte (pasto elefante, sorgo, etc.) pueden ensilarse mezcladas con 20% a 25% de la parte aérea de la mandioca para mejorar tanto la calidad del ensilaje como su valor nutritivo. Se puede añadir melaza u otros carbohidratos solubles en pequeños porcentajes (5% a 10%) para acelerar y mejorar el proceso de ensilaje. La mezcla ensilada puede usarse como alimento parcial o total de animales rumiantes.

La construcción de silos depende de las condiciones del terreno (plano o en declive) y de los recursos que posea el agricultor. Los principales tipos de silos son: de trinchera, de puente, y de torta (Figura 2.7).

Como heno

Durante el proceso de secado al sol de la parte aérea de la mandioca, pueden presentarse dos situaciones adversas:

- La ocurrencia de lluvias o la alta humedad ambiental puede perjudicar la calidad del material.

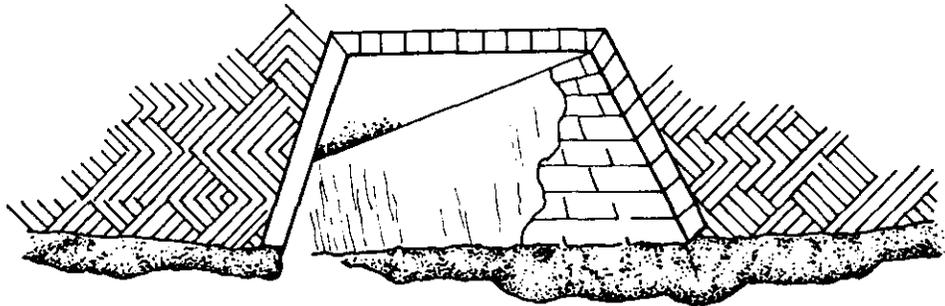


Figura 2.7 Silo de trinchera. Fuente: Carvalho, 1985.

- La pérdida de las hojas, y de su alto nivel de proteína (28% a 32%), pues cuando secas se pulverizan, y se destruyen fácilmente durante la manipulación.

Considerando estos aspectos, se deben tomar las siguientes precauciones durante el proceso de secado:

1. Cosechar la parte aérea de la mandioca sin incluir el tallo principal (tronco), para obtener mayor concentración de hojas y, por tanto, más proteína.
2. Picar en una picadora de forraje en trozos menores de 2 cm.
3. Distribuir uniformemente el material picado sobre plástico negro, lona o pistas de concreto, en una capa fina de 15 kg/m². A intervalos de 1 a 2 horas, remover el material para acelerar el secado; el tiempo de secado varía según el clima.
4. Dejar el material al sol hasta que esté completamente seco durante un tiempo de 2 a 4 horas.

Si la humedad del producto es de aproximadamente 12%, éste se conserva en buen estado nutritivo durante más tiempo.

El almacenamiento puede ser tanto a granel como en bolsas, en un lugar seco, libre de humedad, y de preferencia sobre tablas de madera.

Las dimensiones del depósito se obtienen mediante el siguiente parámetro:

Capacidad estática	Heno	Harina
1 m ³	38 kg	206 kg

Como harina de heno

El heno es sometido a un proceso de molienda en máquina trituradora con martillo y tamices. El material seco molido se denomina harina de heno, y puede almacenarse por tiempo indefinido. Con la harina de heno se preparan raciones tanto para monogástricos (cerdos, aves, etc.) como para rumiantes.

En el Cuadro 2.4 se aprecian las diferencias en la concentración de proteína y de otros nutrimentos mayores de la harina de diferentes partes del follaje de yuca. La calidad de esta proteína es comparable a la de otras de origen foliar que se utilizan en nutrición animal, especialmente la de la harina de alfalfa. Como en la raíz, también en el follaje los aminoácidos azufrados (metionina y cistina) son factores limitativos del valor nutricional de la proteína (Buitrago, 1990).

Cuadro 2.4. Composición química de diferentes clases de harina de follaje de yuca (base seca).

Componentes	Composición según origen de la harina (%)		
	Hojas	Hojas, tallos tiernos y pecíolos	Tallos tiernos y pecíolos
Materia seca	100.0	100.0	100.0
Proteína cruda	28.9	13.1	7.6
Carbohidratos	43.7	48.5	51.8
Extracto etéreo	5.9	1.2	1.3
Fibra cruda	13.8	30.9	32.8
Ceniza	7.5	6.2	6.4

Fuente: Gramacho, 1973 (citado por Buitrago, 1990).

Bibliografía

- BEST, R. 1978. Cassava processing for animal feed. In: Cassava harvesting and processing: Proceedings of a workshop. Cali, Colombia, abril 1978. Ottawa, IDRC, Canada. p. 12-20.
- BUITRAGO, J. A. 1990. La yuca en la alimentación animal. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 446 p.
- DE CARVALHO, J. L. H. 1985. A mandioca: raiz e parte aérea na alimentação animal. Planaltina, D. F. Brasil EMBRAPA Circular técnica 17. 36 p.
- GOMEZ, R. ; BEST, R. 1983. Secamiento natural de la yuca para la alimentación animal. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 27 p.

Práctica 2.1 Técnicas de procesamiento para el secado de raíces

Objetivo	<input checked="" type="checkbox"/> Al finalizar esta práctica, los participantes estarán en capacidad de aplicar las técnicas de procesamiento de la raíz.
Recursos necesarios	<input type="checkbox"/> 100 raíces de mandioca (pesadas) <input type="checkbox"/> 1 máquina picadora de raíces <input type="checkbox"/> Pista de secado (40 m ²) <input type="checkbox"/> Machete <input type="checkbox"/> Balanza <input type="checkbox"/> Bandejas de secado <input type="checkbox"/> Papelógrafo <input type="checkbox"/> Pinceles <input type="checkbox"/> Plástico negro (40 m ²) <input type="checkbox"/> Cinta métrica <input type="checkbox"/> Calculadoras <input type="checkbox"/> Hoja de trabajo
Orientación para el instructor	<ul style="list-style-type: none">• Supervisar que todos los asistentes tengan una participación activa en la práctica.• Suministrar a los participantes el peso inicial de la mandioca de cada área experimental, para el cálculo del rendimiento o factor de conversión.• Organizar en dos (2) grupos a los participantes para el desarrollo de la práctica. Cada grupo debe seguir los pasos que se indican en la hoja de trabajo.• Entregar la información de retorno y orientar la discusión del grupo según los resultados obtenidos en la práctica.

**Instrucciones
para el
participante**

- Picar las raíces de mandioca (50 kg) utilizando la máquina picadora y los machetes.
- Comparar la diferente geometría de los trozos (análisis visual).
- Comparar, en una bandeja y por grupo, una muestra de trozos de raíz secados el día anterior con una muestra de trozos recién picados, y establecer la capacidad de carga de cada una.
- Un grupo distribuirá trozos de mandioca fresca en el área indicada por el instructor aplicando una carga de 30 kg/m²; el otro grupo distribuirá una carga de 10 kg/m² en otra área. Establecer visualmente las diferencias, que hay entre las dos cargas.
- A cada grupo se asignará un área experimental con trozos de mandioca que tengan dos (2) días de secado natural al sol.
- Recoger los trozos asignados a cada grupo y pesarlos.
- Cada relator expondrá los resultados obtenidos por su grupo.
- Discutir las causas de la diferencia de rendimiento. _____

- Explicar algunas causas que puedan ocasionar diferencias en rendimientos. _____

- Completar la siguiente información:

1. Describa las diferencias visuales que causa la diversa geometría de los trozos.

2. Establezca las diferencias que hay entre una muestra de trozos de raíz secados el día anterior y una de trozos recién picados.

3. ¿Qué diferencias visuales y al tacto se observan al distribuir una carga de 30 kg/m^2 y otra de 10 kg/m^2 ?

4. Explique cómo se calcula el rendimiento o factor de conversión.

Práctica 2.1 - Información de retorno

1. Diferencias visuales: En la máquina se obtienen trozos en forma de tiras, de barras rectangulares pequeñas. Con el machete se obtienen cilindros de diferentes dimensiones.
2.
 - Muestra de trozos secados el día anterior: se observan endurecidos y secos.
 - Muestra de trozos recién picados: son blandos y húmedos.
 - Los trozos secados el día anterior pierden volumen al deshidratarse.
3. La capa de 30 kg/m² es más gruesa y el proceso de secado más lento. En cambio, en la carga de 10 kg/m² los trozos quedan más separados y se observa menor humedad al tacto.
4. Aplicando la relación:

$$\frac{\text{Peso mandioca fresca}}{\text{Peso mandioca seca}} = \text{Factor de conversión}$$

Práctica 2.2 Sistema de secado artificial

Objetivo

- ✓ Al finalizar esta práctica los participantes estarán en capacidad de utilizar un sistema de secado artificial teniendo en cuenta los rendimientos, y la viabilidad técnica y económica de su instalación.

Recursos necesarios

- Mandioca: 200 kg de raíces y 200 kg de ramas (tallos y hojas)
- 2 m³ de leña para combustión
- Secador de lecho fijo (hornallas, ventilador, ciclón y cámara de secado)
- Mano de obra para el proceso
- Hoja de trabajo
- Bolsas para empaque y almacenamiento

Orientación para el instructor

- Supervisar el funcionamiento del secado de lecho fijo y el modo como lo usan los participantes.
- Preparar suficiente leña para la combustión. Ejemplo: para 1 t de raíces se necesita 0.85 m³ de leña.
- Tener raíces y ramas picadas cercanas al secador.
- Organizar a los participantes en un grupo y designar cuatro de ellos para realizar la práctica; pedirles que sigan los pasos indicados en la hoja de trabajo.
- Colocar leña en la hornilla y luego encenderla. Para ahorrar tiempo, la hornilla se puede encender con anticipación a la práctica.
- Al finalizar, orientar una discusión con los participantes sobre el desarrollo de la práctica.

**Instrucciones
para el
participante**

Se coloca leña o cepa de mandioca en la hornalla para la combustión; ese calor es accionado por un ventilador, y el aire caliente es empujado hacia la cámara de secado.

El ciclón sirve para separar el aire caliente del humo.

- Poner en funcionamiento el ventilador, accionado por motor (diesel, de gasolina o eléctrico).
- Distribuir el material picado sobre la malla de la cámara de secado; el espesor del material inicial debe ser de 8 a 10 cm para facilitar la circulación del aire caliente y el secado.
- Al cabo de dos horas se completa la capacidad de la cámara de secado, que se llena entonces hasta 60 cm de altura (espesor)
- Verificar la temperatura con el termómetro fijo instalado en la entrada de la cámara de secado.
- Regular la temperatura por medio de dos aberturas, una de entrada y otra de salida del aire, ubicadas encima del ciclón, y manteniendo una temperatura de 60° a 80°C.

Práctica 2.3 Secado de trozos (raspas) en pistas (patios) y bandejas

Objetivo

Al finalizar la práctica los participantes serán capaces de:

- ✓ Comparar los sistemas de secado de trozos en pistas y en bandejas.
- ✓ Idear técnicas de secado natural que den productos de buena calidad.
- ✓ Diferenciar esta forma de secado de un sistema artificial.

Recursos necesarios

- Pista de secado $8 \times 5 = 40 \text{ m}^2$
- Plástico negro de 200 micras = 40 m^2
- 4 bandejas de $2 \times 1 = 2 \text{ m}^2$
- Trozos frescos de raíces (100 kg).
- Hoja de trabajo
- Rastrillo de madera
- Palas de madera
- Bolsas

Orientación para el instructor

Esta práctica se realizará en dos partes:

- Secado en pistas
- Secado en bandejas
- Organizar a los participantes en dos grupos para desarrollar los procesos descritos en la hoja de trabajo (secado en pistas y en bandejas). Nombrar un relator por grupo.
- Entregar la información de retorno y orientar la discusión del grupo.

**Instrucciones
para el
participante**

I Secado en pistas

- Distribuir uniformemente el material en la pista de secado a razón de 10 kg/m² empleando un rastrillo de madera, como aparece en la Figura 2.4,A.
- Voltear los trozos empleando el rastrillo que aparece en la Figura 2.4,B.
- Con el material de raspa seca, determinar el punto óptimo de secado quebrando un trozo con las manos y raspando con él el piso de cemento (como con una tiza).
- Reunir las raspas con las palas de la Figura 2.4,C.
- Empacar en bolsas, o moler en molino para hacer harina de raspa.

II Secado en bandejas

- Distribuir uniformemente el material picado en las bandejas, cubriendo la superficie de la bandeja con una cama fina (15 kg/m²).
- Empacar en bolsas, o moler en molinos para hacer harina de raspa.
- Almacenar en local limpio, bien aireado, sobre una base de tablas de madera que protejan de la humedad.
- Después de terminar la práctica, cada grupo debe contestar las siguientes preguntas:

1. Indicar tres (3) diferencias entre el secado en pistas y de secado en bandejas. _____

2. Definir las técnicas que se aplican en el secado natural para obtener productos de buena calidad.

3. Formular las ventajas y desventajas del sistema de secado artificial y del sistema de secado natural.

Sistema artificial

Ventajas

Desventajas

Sistema natural

Ventajas

Desventajas

4. El relator de cada grupo presentará los resultados de su grupo ante todos los participantes, para su discusión.

Práctica 2.3 - Información de retorno

1. **Secado en pistas**
 - Más mano de obra en labores de picado, volteado y recolección.
 - Muy económico, pues se requiere infraestructura sencilla.
 - Menor capacidad de secado
 - Mayor superficie
 - Se puede secar mayor cantidad por metro cuadrado de superficie de secado.
- Secado en bandejas**
 - Aprovechamiento del viento que circula entre los trozos esparcidos en las bandejas.
 - Se pierde poco material durante el proceso
 - Menos mano de obra
 - Tiempo de secado es mayor
 - La vida útil de las bandejas es limitada.
2.
 - Picado o trozado homogéneo de las raíces
 - Exposición al sol de los trozos para secarlos, y volteo de los trozos cada 2 horas con regularidad
 - Obtener el punto óptimo de humedad
 - Distribuir en camas uniformes
3. Sistema artificial
 - Ventajas**
 - Mejor control de calidad
 - Menor área ocupada
 - Desventajas**
 - Mayores costos
 - Dependencia de materiales que a veces son difíciles de conseguir (combustible, leña)
 - Poca eliminación del cianuro
4. Sistema natural
 - Ventajas**
 - Más económico
 - Buena eliminación de cianuro
 - Desventajas**
 - Mayor tiempo de secado
 - Dependencia de las condiciones ambientales.

Práctica 2.4 Procesamiento del heno y de la harina de heno

Objetivo

- ✓ Al finalizar esta práctica los participantes estarán capacitados para elaborar un producto de buena calidad conforme a este proceso.

Recursos necesarios

- 100 kg de ramas de mandioca (tallos, pecíolos y hojas)
- Picadora
- Molino de martillos, con tamices
- Plástico negro (200 micras): 40 m²
- Pista de secado (40 m²)
- Bolsas plásticas
- Balanza
- Hilo (30 m)
- Hoja de trabajo

Orientación para el instructor

- Organizar a los participantes en dos grupos, nombrar un relator en cada uno, y solicitarles que desarrollen los pasos descritos en la hoja de trabajo.
- Preparar 50 kg de heno de la parte aérea para hacer harina
- Pedir al relator de cada grupo que presente las respuestas de su grupo de trabajo. Entregar la información de retorno y orientar la discusión.

Práctica 2.5 Ensilaje de las raíces y de la parte aérea

Objetivo

- ✓ Al finalizar esta práctica los participantes estarán en condiciones de preparar ensilaje de raíces y de parte aérea de mandioca, de calidad adecuada para la alimentación animal.

Recursos necesarios

- Mandioca: 100 kg de raíces, 100 kg de tallos y hojas
- Bolsas plásticas (4 para raíces y 4 para parte aérea)
- Compactador de madera
- Hilo (20 m)
- Machete
- Pala
- Plástico negro de 3 x 3 m (para silo trinchera)
- Hoja de trabajo
- Picadoras (2)
- Tambores
- Muestras de 15 y 30 días
- Ensilaje con diferentes niveles de deterioro
- Raíces al aire libre para establecer diferencias entre ensilaje aeróbico y anaeróbico.

Orientación para el instructor

- Supervisar el desarrollo de la práctica y pedir a los participantes que sigan los pasos descritos en la hoja de trabajo.
- Construir silos 30 días antes de la práctica.
- Organizar dos grupos y nombrar un relator en cada uno.
- Pedir a cada relator que presente las respuestas de su grupo. Entregar la información de retorno y orientar la discusión.

Práctica 2.4 - Información de retorno

1. 12%
2.
 - Cosechar la parte aérea de la mandioca, desechando el tallo principal (tronco); así habrá mayor porcentaje de hojas y, por lo tanto, más proteínas.
 - En una picadora de forraje, cortar el follaje en pedazos menores de 2 cm.
 - Distribuir uniformemente el material picado sobre plástico negro, lona o pistas de concreto, en una capa fina; voltearlo a intervalos de 1 a 2 horas para acelerar el secado, tiempo que varía según el clima.
 - Dejar al sol hasta que esté completamente seco.
3. Con buena deshidratación (menos de 12%) el tiempo de almacenamiento es indeterminado.

**Instrucciones
para el
participante**

- Triturar la parte aérea en una picadora y someter el material a secado artificial al sol (en pistas o en plástico negro).
- Distribuir uniformemente el material picado, cubriendo la superficie con una cama fina de 4 a 5 kg/m.
- Pasar el material seco por un molino para fabricar harina de heno.
- Almacenar el heno o la harina en bolsas o a granel.

Al terminar el proceso, cada grupo deberá responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el porcentaje de humedad con que se conserva el heno en buen estado nutritivo? _____

2. Describir las etapas de elaboración del heno. _____

3. ¿Por cuánto tiempo se puede almacenar la harina de heno? _____

- Cada relator expondrá los resultados ante el grupo.

**Instrucciones
para el
participante**

1. Limpiar las raíces sacudiéndolas o lavándolas con agua para eliminar la tierra adherida.
2. Picar las raíces en la máquina picadora; o picarlas manualmente con machete (en trozos de hasta 2 cm de longitud).
3. Cargar el silo con el material, en camas de 20 cm.
4. Compactar el material tanto como sea posible.
5. Llenar rápidamente y cerrar luego herméticamente con plástico; echar encima una cama de tierra de 15 cm aproximadamente (silo de trinchera). Silos en bolsas plásticas: cerrar herméticamente con hilos.
6. Hacer una canaleta para proteger el silo de trinchera del agua que podría entrarle.
7. Tomar muestras del material ensilado de 15 y 30 días para verificar la consistencia y el aroma del producto.
8. Utilizar tambores y seguir la metodología ya descrita.
9. El ensilaje puede ser complementario: otros componentes, como el pasto elefante, pueden mezclarse con 25% de parte aérea de mandioca.

Al finalizar el proceso práctico, responder las siguientes preguntas:

1. Diga los aspectos que se deben tener en cuenta para lograr un buen ensilaje. _____

2. ¿Cuál es el pH ideal de un buen ensilaje de raíz?

3. ¿En qué tiempo se completa el proceso de ensilaje?

4. ¿De qué tamaño se deben cortar los trozos para el ensilaje?

Al finalizar, cada relator presentará los resultados de su grupo ante todos los participantes.

Práctica 2.5 - Información de retorno

1.
 - Rapidez de las operaciones
 - Contenido de humedad del material picado
 - Compactado
 - Sellado del silo
2. 4.0 y 4.5
3. Después de 15 días para conservar los elementos nutritivos.
4. De 0.5 a 1 cm de espesor y de 4 a 5 cm de longitud, para facilitar la compactación.

Resumen de la Secuencia 2

En esta secuencia la audiencia fue capacitada sobre los procesos de elaboración de materias primas a partir de la planta de mandioca; tales materias son heno y harina de heno, trozos (o raspas) y harina de raspas, y ensilaje de raíz y de parte aérea. Aprendió también a desarrollar técnicas viables que permiten mantener la calidad de los productos así como aprovechar porciones importantes de la planta que desconocen los agricultores y no las usan.

En esta secuencia se presentan los pasos que se siguen en la elaboración de productos para la alimentación animal, basados en las diferentes partes de la planta de mandioca.

Se ofrece información sobre el manejo de la raíz y de la parte aérea desde el momento de la cosecha, así como sobre el procedimiento que se sigue en el picado, el secado y el molido; se obtienen así productos ensilados, raspas y harina de raspas con la raíz, y ensilaje, heno y harina de heno con la parte aérea.

El contenido se complementa con cinco prácticas que demuestran técnicas viables y permiten mantener la calidad de los productos.

Secuencia 3

Preparación de raciones basadas en mandioca; aspectos económicos

Contenido

	Página
Objetivos	3-7
Información	3-9
• Raciones con ensilaje de raíz y de parte aérea	3-9
• Raciones para cerdos en crecimiento y acabado	3-10
• Raciones para ganado lechero	3-12
• Raciones con raspas y harina de raspas	3-15
• Raciones con harina de trozos secos (raspas de mandioca)	3-16
• Raciones para ganado lechero	3-16
• Raciones con heno y harina de la parte aérea	3-17
• Consumo de la parte aérea por los animales	3-17
• Raciones para aves	3-19
• Formulación de raciones en las fincas	3-21
• Elementos para el cálculo de raciones	3-21
• Procedimientos para elaborar raciones	3-22
• Métodos simples de formulación de raciones	3-24
• Método de las tentativas	3-24
• Método del cuadrado de Pearson	3-25
• Aspectos económicos	3-30
• Contenido teórico	3-30
• Costo de los productos	3-30
• Costo de las raciones	3-37
Bibliografía	3-41

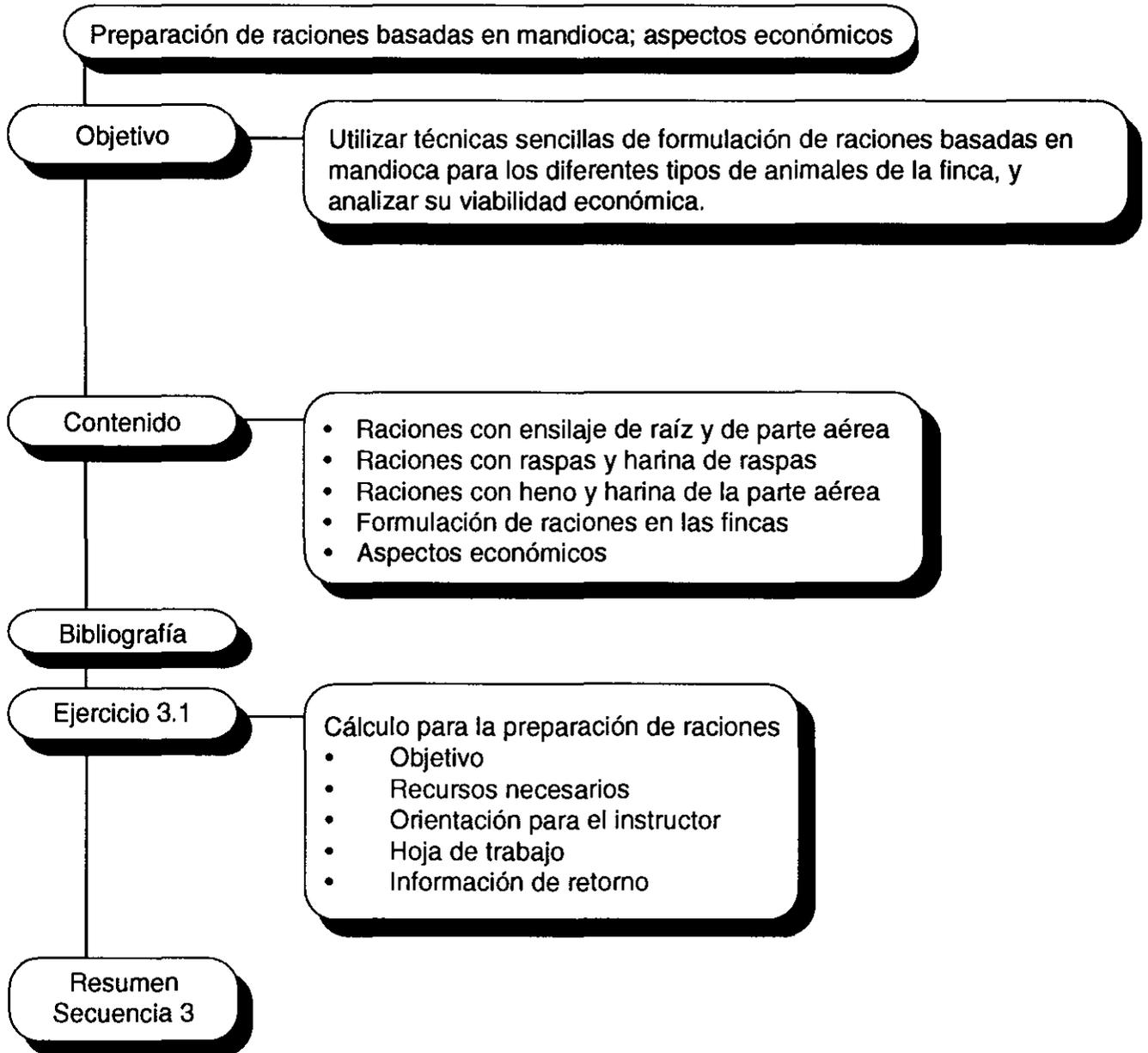
Ejercicio 3.1. Cálculo para la preparación de raciones 3-42

- Objetivo
- Recursos necesarios
- Orientación para el instructor
- Hoja de trabajo
- Información de retorno

Resumen de la Secuencia 3 3-58

Evaluación final de conocimientos 3-59

Flujograma Secuencia 3



Objetivos



- ✓ Al finalizar el estudio de esta secuencia, los participantes estarán en capacidad de utilizar técnicas sencillas de formulación de raciones basadas en mandioca, para los diferentes tipos de animales de la finca, y analizar su viabilidad económica.

Información

Aunque la mayor parte de las raíces de mandioca se destinan a la alimentación humana, su uso en la alimentación animal ha aumentado considerablemente durante los últimos años.

En el Cono Sur de América, la mandioca ofrece grandes posibilidades de uso en la alimentación humana y animal; se adapta bien a diferentes tipos de suelo y clima, produce grandes volúmenes de alimento por área, y su costo es bajo en relación con otros cultivos.

El aprovechamiento de la raíz y de la parte aérea de la mandioca es una alternativa viable para abaratar los costos de producción de la carne, la leche y los huevos en las fincas.

Raciones con ensilaje de raíz y de parte aérea

Para utilizar mandioca ensilada en raciones para animales se pueden aplicar métodos muy similares a los que se usan cuando se da mandioca fresca.

Las características del ensilaje de mandioca, especialmente su alto contenido de humedad y su bajo nivel de energía, orientan este producto principalmente hacia la alimentación de rumiantes. También se usa en la alimentación de cerdos aunque en menor grado; en este caso, el potencial de utilización varía, teniendo en cuenta los factores limitativos de las diferentes fases de producción de la especie. En orden descendente para hembras gestantes, cerdos de acabado, hembras en lactancia y cerdos en crecimiento. El ensilaje no se debe utilizar en raciones para lechones antes del destete ni en dietas de preiniciación.

El ensilaje de mandioca ofrece importantes ventajas para la alimentación de cerdos en crecimiento y engorde cuando está suplementado con proteínas, vitaminas, minerales y energía. Cuando se da ensilaje o mandioca fresca es importante controlar el suministro del suplemento para impedir un consumo excesivo, evitando así elevar innecesariamente los costos de la ración. En la práctica, se debe buscar que el animal consuma la cantidad mínima necesaria de estos nutrientes y el máximo de la fuente energética, constituida en este caso primordialmente por el ensilaje de mandioca. Con este propósito, el sistema más ventajoso consiste en suministrar el ensilaje a voluntad y el suplemento nutricional en cantidades controladas diariamente, bien sea con alimento energético adicional o sin él.

Las aves no están en condiciones de ser alimentadas con ensilaje de mandioca, excepto cuando se les puede suministrar deshidratado en forma de harina.

De manera semejante a como se usa la mandioca fresca, el ensilaje se puede usar en programas de alimentación animal en dos formas: mezclado con los demás productos de la ración o separado de ellos.

La diferencia principal entre la composición nutricional del ensilaje de mandioca y de las raíces frescas está en su contenido de humedad, ya que éste es más variable en el ensilaje; cuanto mayor sea la duración del proceso de ensilaje, menor es la humedad del producto y, por lo tanto, mayor su concentración de energía.

Los factores que limitan la utilización del ensilaje de raíces de mandioca en la alimentación porcina son: bajo nivel de energía, alto contenido de humedad, poca gustosidad, y su contenido de ácido cianhídrico, aunque es menor aquí que en la mandioca fresca.

No se recomienda utilizar mandioca fresca para alimentar lechones antes de que hayan alcanzado un peso de 18 a 20 kg; si se usa para otras fases de la producción porcina, se debe suplementar con proteínas, energía, vitaminas y minerales.

Raciones para cerdos en crecimiento y acabado

Consideraciones prácticas sobre la nutrición y alimentación de los cerdos

Los cerdos son animales monogástricos cuyo aparato digestivo está diseñado de forma tal, que la mayor parte de las funciones digestivas y de absorción son realizadas en el tracto intestinal, mediante mecanismos enzimáticos y bioquímicos. En estas condiciones, la alimentación de los cerdos debe lograrse con productos que se puedan digerir enzimáticamente a nivel intestinal, y los principios nutricionales (almidones, azúcares, grasas y proteínas) resultantes deben ser fácilmente desdoblados y absorbidos en ese lugar. Las consideraciones anteriores permiten hacer algunas generalizaciones acerca de la nutrición y alimentación de los cerdos:

- La naturaleza de su aparato digestivo determina que, por regla general, ellos sean alimentados con raciones concentradas. Sin embargo, es común agregar 5% a 10% de alfalfa a raciones de cerdas gestantes que no tienen acceso al pasto.

- Los cerdos ganan peso más rápido, en relación con el peso vivo, que otros animales domésticos. Por eso sufren fácilmente cuando reciben raciones mal balanceadas nutricionalmente.
- El maíz es la fuente energética por excelencia; sin embargo, es deficiente en varios nutrientes, tales como 6 de los 10 aminoácidos esenciales para los animales en crecimiento, especialmente en lisina y triptófano.

También es deficiente en 10 elementos minerales esenciales, especialmente en calcio, y en 8 de las 10 vitaminas. Por tanto, tiene que ser suplementado con una proteína que corrija las deficiencias de los aminoácidos esenciales, y con otras fuentes de minerales y vitaminas. Normalmente, el maíz es sustituido en las raciones para cerdos por: sorgo, trigo, mandioca y otros subproductos, según su precio en el mercado.
- La torta de soja es la principal fuente de proteína en las raciones para cerdos. A pesar de estar muy bien equilibrada en aminoácidos, es deficiente en metionina. No puede ser suplementada a voluntad porque los animales tienden a consumir más de lo necesario a causa de su alta palatabilidad.
- De la proteína total de su ración, 10% debe provenir de alimentos de origen animal (proteína de alta calidad) necesaria para sostener el crecimiento acelerado de los cerdos.
- Las raciones para lactación tienen que contener altos niveles de energía (3400 kcal ED-energía digestible/kg MS-materia seca), bajos niveles de fibra, y proteína cruda entre 13% y 15%.
- Las raciones para crecimiento y engorde deben contener de 12 a 20% de PC (proteína cruda) y de 3395 a 3500 kcal ED/kg MS.
- Las cerdas en gestación deben recibir forrajes como una forma de restringir el consumo de alimento. La restricción sólo debe hacerse sobre la energía; los otros nutrientes tienen que estar debidamente cubiertos. En esta fase, la utilización de heno de parte aérea de mandioca es recomendada por su excelente composición en relación con la proteína y los aminoácidos.
- Todos los productos de la planta de mandioca (raíces, hojas y follaje) pueden ser utilizados eficientemente por cerdos que estén en crecimiento, engorde, gestación o lactación.

- Después de 14 días de lactación, los lechones pueden utilizar en forma eficiente raciones de iniciación que tengan niveles moderados de harina de mandioca (10% a 20%).
- A partir del destete, los cerdos superan la dificultad para digerir la mayoría de los carbohidratos (almidones de la mandioca); por ello, el uso potencial de la harina aumenta notablemente durante las etapas de crecimiento y engorde.
- En general, se recomienda utilizar hasta 20% de harina de mandioca en las raciones de iniciación, 40% en las raciones de crecimiento, y hasta 60% en las de engorde para cerdas en lactación.

Suponiendo un consumo a voluntad de mandioca ensilada, existe la posibilidad de usar suplementos nutricionales, ya sea un alto o bajo contenido de proteína, y así determinar la cantidad diaria de ésta que debe suministrarse.

Una guía para evitar el desperdicio del ensilaje suministrado a voluntad son los consumos óptimos deseables que se presentan en el Cuadro 3.1; sin embargo, en la práctica el consumo de ensilaje puede ser 20% a 30% inferior al indicado en el cuadro.

Raciones para ganado lechero

Consideraciones prácticas sobre la nutrición y alimentación de los rumiantes

Los rumiantes domésticos (bovinos, caprinos y ovinos) poseen una serie de características anatomofisiológicas que les permiten ocupar un nicho ecológico particular en relación con el ocupado por los animales monogástricos.

Por estas características, los rumiantes pueden utilizar en su alimentación materias primas que otras especies no pueden consumir, y lo que es más importante, pueden producir alimentos para el hombre en condiciones en que otras especies no sobrevivirían.

Cuadro 3.1. Consumos óptimos deseables de ensilaje, y suplemento nutricional para cerdos en crecimiento y terminación.

Peso del cerdo (kg)	Cantidad (kg) según suplemento			
	De alta proteína (40%)		De baja proteína (25%)	
	Ensilaje	Suplemento	Ensilaje	Suplemento
20	2.3	0.50	1.8	0.84
40	3.4	0.50	2.7	0.98
60	4.7	0.63	3.5	1.14
80	5.6	0.75	4.2	1.36
100	6.2	0.90	4.8	1.58

Fuente: J. A. Buitrago (1990)

Las condiciones anteriores han permitido hacer algunas consideraciones acerca de la nutrición y alimentación de los rumiantes:

- Las especies rumiantes poseen un aparato digestivo relativamente grande en relación con el de otras especies domésticas; su estómago está dividido en cuatro compartimientos: rumen, retículo, omaso y abomaso.
- Dentro de estos compartimientos se desarrollan procesos digestivos y de fermentación microbiana que permiten la utilización de alimentos con alto contenido de fibra, los cuales en general no pueden ser aprovechados por el hombre o por otras especies animales domésticas.
- La fermentación microbiana posibilita la transformación de carbohidratos complejos (celulosa, hemicelulosa, pectina, etc.) en ácidos grasos volátiles y en glucosa, los cuales son utilizados por el animal como fuente de energía.
- Los microorganismos presentes en el rumen tienen la capacidad de transformar compuestos nitrogenados no proteicos (urea, biuret, etc.) en proteína verdadera, la cual es digerida y absorbida luego en el intestino. Para realizar esta tarea los microorganismos necesitan de carbohidratos que ofrezcan tanto energía como cadenas de carbono.
- Todos los productos de la planta de mandioca (raíces, hojas y tallos) pueden ser utilizados por los rumiantes. Sin embargo, los productos húmedos y con alto contenido de fibra, como las raíces frescas, el follaje y el ensilaje de yuca, son de mayor importancia en la alimentación de rumiantes.

- La raspa de mandioca tiene un alto contenido de energía digestible, lo que favorece su utilización en la alimentación de vacas lecheras de alta producción. Estos animales presentan en el primer tercio de la lactancia (entre la 4a. y 6a. semanas después del parto) una elevada demanda de energía para cubrir el gasto generado por la síntesis de la leche.
- En los terneros menores de un año se recomienda utilizar niveles bajos de raspa de mandioca (20%) porque estos animales no poseen las enzimas necesarias para digerir eficientemente algunos componentes nutricionales presentes en ella.
- La raspa de mandioca ofrece un gran potencial como fuente de energía y de cadenas de carbono durante la transformación de urea en proteína microbiana. Es necesario además que se logre una correcta sincronización entre la liberación de la energía proveniente de la raspa y la liberación del nitrógeno proveniente de la urea.
- Aunque la yuca fresca se puede suministrar a los rumiantes en cualquier fase del crecimiento de éstos, se prefiere usarla para las fases de mayor demanda de nutrientes (especialmente de energía) que son las vacas lactantes y los novillos en ceba intensiva.
- El follaje fresco de yuca tiene mayor potencial de utilización en la alimentación de rumiantes en los sistemas de producción estabulados o semi estabulados. Cuando el follaje de yuca constituya un porcentaje alto de la ración, es necesario asegurarse de que el contenido de ácido cianhídrico no ofrezca un peligro potencial. En la práctica, se recomienda utilizar el follaje sólo 12 a 24 horas después de cosechado.
- Los rumiantes presentan un amplio potencial para la utilización de ensilaje de yuca, ya sea como componente energético principal de la dieta o como un suplemento para otro tipo de forrajes.

El ensilaje de mandioca puede ofrecerse al ganado a voluntad o en forma controlada; esto depende de que se suministren o no otros alimentos como forrajes o suplementos.

En el Cuadro 3.2 se presenta una guía para calcular las cantidades de ensilaje y de suplemento nutricional que se usan en diferentes niveles de producción láctea, y que son requeridas por el animal para satisfacer sus necesidades nutricionales.

Los monogástricos son incapaces de convertir la MS eficientemente cuando ésta se encuentra asociada con altos contenido de material

celulósico; por esto, la mayor parte de la proteína del material verde no está disponible para ellos. Cuando se presenta en forma libre, sin el material celulósico, esta proteína puede ser usada por los animales monogástricos.

Los rumiantes, en cambio, pueden utilizar eficientemente los materiales fibrosos y la proteína asociada a ellos. Por ello, las hojas de mandioca pueden ser utilizadas eficientemente por los rumiantes, especialmente la proteína contenida en ellas; tal vez el único factor desfavorable en este uso sea el nivel de taninos, que disminuiría la digestión de la proteína.

Cuadro 3.2. Cantidades de ensilaje de raíces de mandioca y suplemento proteico (% de proteína) para ganado lechero.

Producción de leche (kg)	Requerimientos			
	Razas grandes		Razas pequeña	
	Ensilaje (kg)	Suplemento (kg)	Ensilaje (kg)	Suplemento (kg)
< 10	12.8	2.9	10.5	2.5
10 - 15	14.0	3.3	11.6	3.2
15 - 20	15.5	4.4	14.0	4.2
> 20	17.1	5.0	15.1	4.8

Razas grandes = Holanda, Pardo Suizo, etc. Raza pequeña = Jersey.
Fuente: J. A. Buitrago (1990)

Raciones con raspas y harina de raspas

La búsqueda de sustitutos energéticos más baratos para formular raciones para animales se analiza desde el punto de vista económico y nutricional.

Una alternativa importante es la mandioca, un cultivo tradicional entre los agricultores, así como los variados subproductos de su procesamiento. La alta producción de raíces por hectárea permite obtener un nivel de energía que supera el de los cereales y el de otros productos utilizados en alimentación animal.

Considerando la productividad obtenida en los cultivos de maíz y de mandioca, y el contenido de carbohidratos de ambos, la mandioca produce por unidad de área de plantación 77% más energía que el maíz.

Los trozos secos o raspas de mandioca pueden sustituir totalmente al maíz o al sorgo en las raciones para rumiantes o monogástricos, pero deben ser suplementados adecuadamente con una fuente proteica.

Un estudio pudo determinar el efecto de raíces y tubérculos en la suplementación, en la época de sequía, de vacas holandesas en lactación; se halló un aumento de 19.5% en la producción de leche por la suplementación de la mandioca en comparación con las vacas no suplementadas. La mandioca fue superior a la batata, aun siendo consumida en menor cantidad.

Se obtuvieron también producciones diarias de 7.5 y 7 kg de leche al utilizar raciones que contenían 50% de trozos de mandioca y 50% de maíz, respectivamente. Es posible sustituir el maíz, hasta en un 50%, por la raspa, pues ésta tiene buena palatabilidad y aceptación por los animales. Estas raciones pueden complementarse con 1% de harina de huesos.

**Raciones con
harina de trozos
secos (raspas de
mandioca)**

La harina de raspas, que es un producto seco y molido, se puede mezclar con otros ingredientes energéticos y proteínicos en cantidades exactas para producir una mezcla equilibrada y de fácil manejo, tanto durante el proceso de fabricación, como en su almacenamiento y en el suministro a los animales, principalmente los monogástricos (aves y cerdos).

Según datos de algunos investigadores, más de 30% de los cereales que entran en la composición de las raciones para aves pueden ser sustituidos por la raíz de mandioca. También pueden prepararse raciones mezclando 50% de harina de raspas y 20% de harina de parte aérea de mandioca.

A pollitos que tengan hasta un mes, se les puede suministrar las siguientes mezclas:

- Expeller de soja: 60%
- Harina de raíz de mandioca: 40%

**Raciones para
ganado lechero**

La raíz de mandioca puede sustituir integralmente al maíz en la ración de vacas lecheras, acompañada de un suplemento proteico conveniente. La inclusión de raspas de mandioca representa una gran economía en el costo de la ración. Se puede tomar como base el siguiente concentrado:

Concentrado básico	Porcentaje
Expeller de algodón	53.5
Maíz	11.0
Harina de raíz de mandioca	33.5
Harina de hueso	1.0
Sal común	1.0

El concentrado puede suministrarse a razón de 0.3 kg por cada litro de leche producido. Así, una vaca que produce 10 litros de leche debe comer 3 kg de concentrado, además del suplemento voluminoso (ensilaje o forrajes). La cantidad de mezcla que se suministra varía de acuerdo con la cantidad y calidad del suplemento voluminoso que el animal recibe. A vacas cuya producción es inferior a 5 kg de leche, no se les debe suministrar el concentrado.

Raciones con heno y harina de la parte aérea

El valor nutricional de la proteína presente en la parte aérea de la mandioca es un parámetro muy importante en la alimentación animal.

Algunos estudios han demostrado que hay bajos valores biológicos de utilización en esta parte aérea; pueden atribuirse al bajo contenido de fibra y a la presencia de taninos en las hojas de mandioca.

Los taninos son bien conocidos porque disminuyen la digestibilidad de la proteína y la disponibilidad de los aminoácidos, formando complejos tanino-proteicos no digestibles; además, inhiben las enzimas de la digestión.

La producción de parte aérea de mandioca puede incrementarse haciendo cosecha en los períodos de producción; aunque esta práctica tiende a afectar la producción de raíces, algunos estudios demuestran que cosechada la parte aérea, se ha obtenido una producción aceptable de raíces.

Cuando se cultiva mandioca exclusivamente para cosechar su parte aérea, la densidad del cultivo puede incrementarse y la frecuencia de cosecha puede disminuir. Si hay irrigación y fertilización adecuadas la mandioca puede soportar la defoliación o la poda durante varios años, con rendimientos superiores a 20 t/ha; éstos equivalen a una producción aproximada de 4000 kg/ha de proteína al año.

Consumo de la parte aérea por los animales

Todas las especies domésticas pueden aprovechar la parte aérea. Los ruminantes, cuyo estómago está dividido en cuatro compartimientos, tienen más posibilidad de aprovecharla nutricionalmente. Puede suministrarse en pequeñas cantidades a los monogástricos, aunque estas especies aprovechan mejor los alimentos que tienen bajos contenidos de fibra (Cuadros 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6).

Cuadro 3.3. Cantidad de parte aérea de mandioca recomendable en las raciones de animales domésticos.

Espece	Nivel de inclusión en la dieta (%)
Cerdos	5 - 15 (20)
Aves	5 - 10
Poligástricos	20 - 40

Fuente: Webb *et al.*, 1974.

Se suelen preparar tres raciones para cerdos con harina de raspas y de la parte aérea:

Cuadro 3.4. Ración inicial para cerdos

Ingredientes	Cantidad (%)
Raspa	10
Maíz molido	54
Expeller de soja	32
Polivitamínico	4

Cuadro 3.5. Ración para cerdos en crecimiento

Ingredientes	Cantidad (%)
Raspa	40
Maíz molido	18
Expeller de soja	29
Harina de parte aérea	10
Polivitamínico	3

Cuadro 3.6. Ración para cerdos en terminación.

Ingredientes	Cantidad (%)
Raspa	50
Maíz molido	10
Expeller de soja	22.5
Harina de parte aérea	15
Polivitamínico	2.5

Fuente: Gerhard, L., 1986.

Raciones para aves

Consideraciones prácticas sobre nutrición y alimentación de aves

La industria avícola ha alcanzado, en los últimos 20 años, un gran desarrollo, gracias al efecto combinado del mejoramiento genético, de la nutrición animal, y de las prácticas de manejo. Esto ha producido inevitablemente animales con mayor tasa de crecimiento y mayor productividad, y ha aumentado paralelamente las exigencias nutricionales y los cuidados sanitarios de los animales.

Los conocimientos actuales sobre nutrición de aves han permitido elaborar algunos conceptos básicos sobre la adecuada formulación de raciones; los principales son los siguientes:

- Las aves regulan su consumo de alimento, en primer lugar, para cubrir sus requerimientos de energía. Para permitir entonces el crecimiento y la producción normales, este consumo debe contener suficiente proteína (aminoácidos).
- La calidad de la proteína es tan importante como su cantidad. El equilibrio de aminoácidos esenciales es difícil de alcanzar con los alimentos naturales; por ello se adicionan normalmente aminoácidos sintéticos en las raciones.
- La torta de soya y otros subproductos de origen vegetal son las principales fuentes de proteína. Los subproductos de origen animal son fuentes de proteína, minerales y vitaminas, y su utilización en las raciones dependerá del precio del ingrediente. En general, se considera que cuando la suma de las fuentes proteicas de origen animal está entre 6% y 10% del costo de la ración, es ventajoso utilizarlas.
- Los subproductos de origen animal (harina de carne o de pescado) y de origen vegetal (subproductos de granos) no suministran cantidades adecuadas de vitaminas del complejo B; por tanto, hay que agregar vitaminas sintéticas a las raciones. De la misma forma, las vitaminas liposolubles tienen que ser administradas como polivitamínicos adicionados a las raciones.
- La sal, la harina de conchas, los minerales menores, y las vitaminas y aditivos deben ser incluidos en las raciones a un nivel de 0.5% de la ración.
- El calcio y el fósforo deben ser adecuadamente suministrados en las raciones para aves, porque solamente 30% del fósforo presente en los alimentos de origen vegetal es aprovechado por ellas.

- Las raciones de pollitos(as) deben contener coccidiostatos y antibióticos para disminuir la mortalidad y promover el crecimiento de las aves.
- Las raciones de pollos de engorde deben tener altos niveles de energía (3200 kcal EM/kg MS) y de proteína (entre 18% y 23%). En estas dietas es posible utilizar 3% a 5% de grasa animal para aumentar la densidad calórica de la ración.
- Las raciones para ponedoras deben contener altos niveles de calcio (3% a 25%) y de vitamina D.
- Las características fisiológicas del aparato digestivo de las aves indican que, de los productos de la mandioca, la harina (raspas) ofrece más posibilidades para equilibrar las raciones a estos animales. Este producto es de fácil mezcla con otros ingredientes, y posee un nivel de energía comparable al de las fuentes tradicionales de energía.
- La mayoría de los resultados obtenidos en estudios de alimentación de pollos con harina de mandioca permiten recomendar niveles moderados (hasta 20%) de raciones sin peletizar. Con raciones peletizadas, los pollos responden mejor cuando hay niveles altos de harina de mandioca, durante la fase de finalización. En la fase inicial de crecimiento se deben usar niveles bajos de harina de mandioca en la ración (10% a 20%) (Buitrago, 1990).
- Las raciones para aves de postura contienen niveles de harina de mandioca mayores que los usados en raciones para pollos de engorde. En este caso, los principales factores nutricionales que deben analizarse para obtener una adecuada nutrición de las aves son el nivel de ácido cianhídrico, el contenido de metionina en la ración, la concentración de xantofilas (pigmentación), y la concentración de ácidos grasos esenciales (especialmente ácido linoleico).
- La harina de mandioca se usa generalmente en raciones que reemplazan algunos cereales cuyo nivel de energía metabolizable es superior al que la harina puede aportar; por consiguiente, es necesario suplementarla con aceites, grasas o azúcares para compensar, en parte, esa deficiencia de la harina. Esta práctica permite, además, mejorar la palatabilidad de la ración y aumentar el contenido de ácido linoleico, de especial importancia en raciones para aves de postura.

- La formulación de raciones para aves utilizando productos de mandioca necesita de la asesoría de un nutricionista o especialista en avicultura, porque en este tipo de producción animal un pequeño desequilibrio nutricional produce resultados catastróficos en la salud y la productividad de los animales, y en la rentabilidad del negocio. Se recomienda el uso de programas de computador para equilibrar raciones completas de menor costo.

Formulación de raciones en las fincas

La rentabilidad de la explotación animal está directamente relacionada con el costo de la alimentación, que representa de 70% a 80% del costo total de producción. Por tanto, actualmente es prioritario ofrecer materias primas alternativas que puedan competir, tanto nutricional como económicamente, con los ingredientes tradicionalmente empleados en la fabricación de raciones (maíz y soja), y para facilitar la crianza de animales domésticos en las fincas.

Entre los ingredientes que presentan un excelente potencial está la mandioca por su alta productividad, su adaptación a diversos climas y suelos, y la gran diversidad de usos que tiene en la nutrición animal.

Sin embargo, para que la utilización de la mandioca en las fincas sea eficiente, es necesario considerar algunos aspectos prácticos relacionados con la formulación de raciones y con las limitaciones nutricionales que presenta.

Elementos para el cálculo de raciones

El objetivo de equilibrar raciones para los animales es suministrar a éstos los nutrientes que requieran en ciertas cantidades y proporciones, de modo que se obtenga la producción más económica posible. El tipo de animal, su edad, y la cantidad o naturaleza de los productos generados por él determinarán la cantidad y la proporción de los nutrientes requeridos.

Para 'balancear' raciones son necesarias dos tablas:

- Una tabla de los requerimientos nutricionales del animal cuya ración se está elaborando. Estas tablas pueden obtenerse para cada especie en los boletines del National Research Council (NRC, USA), en las tablas de Morrison (USA), en las tablas del Agricultural Research Council (ARC, Gran Bretaña), o en publicaciones de universidades, de servicios de extensión, y de productores particulares (Anexos 4, 5 y 6).

- Una tabla de la composición química de los alimentos. Los valores encontrados normalmente en las tablas están relacionados con el contenido de materia seca (MS), de proteína cruda (PC), de energía líquida (EL), de energía metabolizable (EM), de energía digestible (ED), de nutrientes digestibles totales (NDT), y de grasa, minerales, vitaminas y aminoácidos. De preferencia, estas tablas deben referirse al ámbito local o regional, para minimizar los costos relacionados con el transporte de ingredientes. Cuando las tablas locales o regionales no están disponibles, se pueden emplear tablas nacionales o internacionales.

Procedimientos para elaborar raciones

- Preparar una lista de todos los requerimientos nutricionales del animal en cuestión.
- Averiguar cuáles son los alimentos disponibles; verificar la cantidad disponible y su precio por kilogramo.
- Hacer una lista con la composición química de cada uno de los alimentos disponibles. Nótese que cada alimento tiene un valor nutritivo diferente para un animal.
- Calcular el costo por unidad de nutriente para todos los alimentos proteicos y energéticos disponibles. Para hacerlo, utilice la siguiente fórmula:

$$\text{CUN} = \frac{a}{100 \times b \times c} \quad (2)$$

- CUN = costo unitario del nutriente
- a = precio de 100 kg de alimento
- b = porcentaje de MS del alimento
- c = porcentaje del nutriente (en base seca)

Ejemplo:

Calcular el costo de 1 kg de PC contenida en la torta de soja que tiene 89% de MS y 48% de PC, y cuesta US\$ 0.17/kg. Aplicando la expresión (2):

$$\text{CU}_{\text{pc}} = (0.17 \times 100) / (0.89 \times 0.48 \times 100) = \text{US\$ } 0.398$$

Estos cálculos nos permiten escoger los alimentos que proporcionen nutrientes (especialmente proteína y energía) al menor costo. Es importante resaltar que, además de este criterio económico, la utilización de determinada materia prima también dependerá de criterios nutricionales aplicables a la especie animal para la cual se está fabricando la ración.

En el Cuadro 3.7 puede observarse el costo unitario de la proteína y de la energía (NDT) contenidas en algunas materias primas.

Cuadro 3.7. Costo unitario de proteína y otros nutrientes en algunas materias primas utilizadas en la fabricación de raciones.

Alimentos	Precio US\$/kg	MS %	PC %	CU _{pc} US\$/kg	NDT %	CU _{ndt} US\$/kg
PROTEICOS						
Torta de soja	0.170	89.0	48.0	0.398	82.0	0.233
Harina de trigo	0.067	88.7	17.3	0.437	53.8	0.140
Torta de algodón	0.067	92.0	32.6	0.223	56.5	0.129
Harina de carne	0.190	94.0	48.0	0.421	65.0	0.311
Harina de follaje yuca	0.020	90.0	22.0	0.101	55.7	0.040
ENERGETICOS						
Maíz grano	0.087	87.5	9.7	1.025	90.5	0.110
Sorgo grano	0.061	86.8	10.1	0.696	88.5	0.079
Raspa de mandioca	0.030	85.4	3.9	0.901	76.2	0.046
Raíz de mandioca	0.015	38.0	1.4	2.820	32.0	0.123

MS = Materia seca
 PC = Proteína cruda
 CUPC = Costo de 1 kg de PC
 NDT = Nutrientes digestibles totales
 CUNDT = Costo de 1 kg de NDT.

- Calcular la ración utilizando alguno de los cuatro métodos disponibles: método de las tentativas, cuadrado de Pearson, métodos de las ecuaciones simultáneas, o programación lineal (con programas de computador). Inicialmente, calcule la proteína y la energía de la ración y después pruebe los otros nutrientes (Ca, P, vitaminas y aminoácidos) de ésta.

- Cuando la ración esté calculada, es importante comprobar si cumple con los siguientes aspectos:
 - ¿Todos los requerimientos nutricionales fueron atendidos?
 - ¿Todas las deficiencias fueron corregidas?
 - ¿Hay algún nutriente en exceso?
 - ¿Es ésta la ración más económica?
 - ¿Cuánto cuesta alimentar los animales diariamente?
 - Además de la ración, ¿es necesario agregar algo más (vitaminas, aditivos, etc.)?

Métodos simples de formulación de raciones

Método de las tentativas

Los alimentos cuyo valor de proteína o de energía es comparable pueden intercambiarse perfectamente en las raciones. La decisión de utilizar uno u otro dependerá de características como el precio por unidad de nutriente y contenido de agua.

A partir de la tabla que contiene la lista de alimentos disponibles en la región, su composición química, y el costo por kg de alimento se calcula el valor de una unidad de energía o de proteína por cada alimento.

Este cálculo nos permite saber cuál es el alimento que ofrece energía o proteína al menor costo. Así, la ración que se recomienda tendrá mayores cantidades de los productos económicos.

A partir del alimento más barato se definen los demás componentes de la ración. La cantidad de cada uno de ellos se fijará mediante tentativas, siempre con el objetivo de cubrir los requerimientos nutricionales de los animales. Contamos con la ayuda de principios generales sobre el balanceo de raciones para animales, algunos de los cuales aparecen en los Anexos 7, 8 y 9.

En los Anexos 10, 11 y 12 están los cuadros de liquidación de macrofórmulas para monogástricos y poligástricos, que ayudan mucho cuando se utiliza el método de las tentativas.

Método del cuadrado de Pearson

Este es un método simple y rápido de determinar la cantidad de alimentos energéticos y proteínicos que deben usarse en el balanceo de una ración. El procedimiento es el siguiente:

- Dibujar un cuadrado y colocar en su centro la concentración final (proteína o energía) a la que se quiere llegar.
- En el ángulo superior izquierdo del cuadrado se coloca el porcentaje de proteína del alimento proteico y en el ángulo inferior izquierdo el porcentaje de proteína del alimento energético.
- Obtener diferencias, en diagonal, entre el valor del centro y los valores colocados en los ángulos del cuadrado; colocar los resultados en los ángulos superior e inferior derechos del cuadrado. Estos valores representan las partes de cada alimento que deben estar presentes en la ración. Estos valores se transforman luego en porcentajes.
- El cuadrado de Pearson puede aplicarse sólo a dos alimentos, pero uno de ellos puede ser un concentrado. Además, el valor presente en el centro del cuadrado debe ser intermedio entre los valores escritos en los ángulos izquierdos del cuadrado.

Ejemplo:

Se necesita preparar una ración a base de maíz y torta de soja para cerdos en crecimiento (20 a 35 kg).

Siguiendo los pasos anteriores obtenidos:

Paso I

Consultando el Anexo 4, hallamos los requerimientos nutricionales de cerdos en crecimiento (20 a 35 kg).

Proteína: 16%

Energía digestible: 3380 Kcal

Calcio: 0.60%

Fósforo: 0.50%

Paso II

Alimentos disponibles	Precio (US\$/kg)
Maíz	0.087
Torta de soja	0.170
Fosfato bicálcico	0.288
Harina de ostras	0.051

Paso III

Composición química de los alimentos

Nutrientes	Materias primas			
	T. soya	Maíz	Fosfato bicálcico	H. ostras
PC (%)	44.0	8.5		
ED (Kcal/kg)	3400	3450		
Ca (%)	0.25	0.04	24.35	46.0
P (%)	0.60	0.26	18.32	
MS (%)	89.0	87.5	100.00	100.0

T = torta; H = harina

Paso IV

Costo unitario de la proteína y de la energía contenida en el maíz y en la torta de soja. En este ejemplo no es necesario calcular este costo, porque sólo disponemos de torta de soja y de maíz.

Paso V

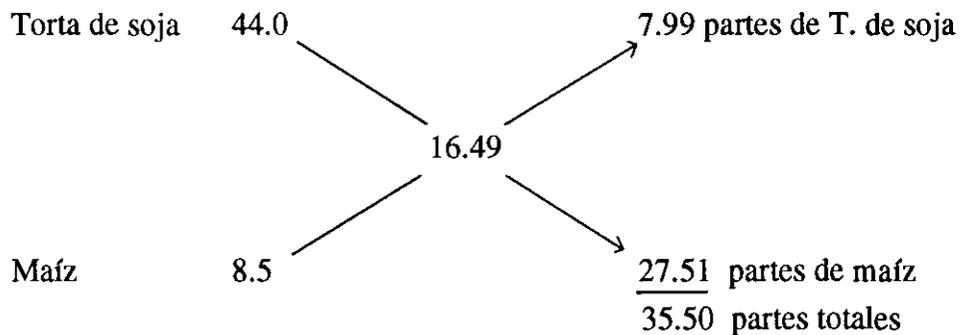
Cálculo de la ración empleando el método del cuadrado de Pearson.

Supondremos que el maíz y la torta de soja ocuparon 97% de la ración, y que el 3% restante será ocupado por las fuentes de Ca, P, sal, y por el premix vitamínico-mineral. Ahora bien, el 16% de PC de esta ración deberá estar contenida en el 97% de la ración.

$$(16 \text{ kg de PC} / 97 \text{ kg de ración}) \times 100 = 16.49\%$$

Como los 3 kg de los otros ingredientes no añaden proteína, la ración elaborada tendrá 16.49% de PC.

A continuación se dibuja el cuadrado de Pearson colocando los valores de proteína como se explicó anteriormente:



Las cantidades de maíz y de torta de soja necesarias para obtener los 97 kg de ración serán:

Si 35.5 kg de ración tienen 7.99 kg de torta de soja
 97.0 kg de ración tendrán X

$$X = (97 \times 7.99) / 35.5 = 21.83 \text{ kg de torta de soja}$$

Si 35.5 kg de ración tienen 27.51 kg de maíz
 97.0 kg de ración tendrán X

$$X = (97 \times 27.51) / 35.5 = 75.17 \text{ kg de maíz}$$

Por tanto, la ración tendrá 21.83% de torta de soja y 75.17% de maíz.

El próximo paso es calcular la cantidad de energía digestible (ED) ofrecida por esta ración:

Maíz: $75.17\% \times 3450 \text{ Kcal/kg} = 2593.36 \text{ Kcal/kg}$

Torta de soja: $21.83\% \times 3400 \text{ Kcal/kg} = \underline{742.22} \text{ Kcal/kg}$

Ración: 3335.58 Kcal/kg

Este valor de energía digestible está próximo al valor del requerimiento.

A continuación calculamos las cantidades de Ca y P ofrecidas por la ración, y hacemos los ajustes necesarios:

Calcio:

$$75.17 \text{ kg maíz} \times \frac{0.04 \text{ kg Ca}}{100 \text{ kg maíz}} + (21.83 \text{ kg T. soja} \times \frac{0.25 \text{ kg Ca}}{100 \text{ kg T. soja}}) = 0.085 \text{ kg Ca}$$

Fósforo:

$$75.17 \text{ kg maíz} \times \frac{0.26 \text{ kg P}}{100 \text{ kg maíz}} + (21.83 \text{ kg T. soja} \times \frac{0.60 \text{ kg P}}{100 \text{ kg T. soja}}) = 0.326$$

Como los requerimientos de Ca y de P son 0.60% y 0.50%, respectivamente, es necesario adicionar lo que está faltando en forma de un suplemento. En general, el P se corrige con fosfato bicálcico. La cantidad necesaria se calcula del modo siguiente:

Cantidad de P que será suplementado:

$$0.50 - 0.326 = 0.174 \text{ kg de P por } 100 \text{ kg de ración}$$

La cantidad de fosfato bicálcico que proporciona esta cantidad de P es:

100 kg de fosfato bicálcico tienen	18.32 kg de P
X tiene	0.174 kg de P

$$X = (0.174 \times 100) / 18.32 = 0.95 \text{ kg de fosfato bicálcico}$$

Esta cantidad de fosfato bicálcico proporcionará:

$$0.95 \times 0.2435 = 0.231 \text{ kg de Ca}$$

Cantidad de Ca que será suplementado:

$$0.60 - (0.85 + 0.231) = 0.284 \text{ kg de Ca}$$

La harina de ostras que proporciona esta cantidad de Ca será:

100 kg de H. de ostras tienen	36.0 kg de Ca
X tienen	0.284 kg de Ca

$$X = (0.284 \times 100)/36.0 = 0.789 \text{ kg Harina de ostras.}$$

La ración lleva además 0.3 kg de sal y 0.5 kg de Premix (vitamínico-mineral); la fórmula de la ración será entonces:

Alimento	kg
Maíz	75.17
Torta de soja	21.83
Fosfato bicálcico	0.95
Harina de ostras	0.79
Sal	0.30
Premix	<u>0.50</u>
Total	99.54

Se observa que la ración no totaliza exactamente 100%; por tanto, es necesario adicionar $100 - 99.54 = 0.46$ kg de alguno de los alimentos. En este caso se añade maíz, porque los requerimientos de energía no fueron totalmente cubiertos. La ración final será, por tanto:

Alimento	kg
Maíz	75.63
Torta de soja	21.83
Fosfato Bicálcico	0.95
Harina de ostras	0.79
Sal	0.30
Premix	<u>0.50</u>
Total	100.00

Para confirmar que la ración esté bien formulada, consultamos el cuadro de liquidación de macrofórmula del Anexo 10. Colocando los valores en este cuadro, se observa que la ración cubre los requerimientos nutricionales exigidos y, además, que su precio por kg es de US\$ 0.106 (Cuadro 3.8).

Aspectos económicos

Contenido teórico

La utilización de la mandioca y de sus derivados como componentes de raciones para animales en las fincas depende básicamente del costo de producción del cultivo, y del costo de elaboración del producto; el resultado es el costo total del producto. Ahora bien, los insumos, la mano de obra, y los equipamientos que participan en la producción y elaboración también tienen influencia en el costo final; su empleo correcto puede reducir los costos.

El costo de los productos de mandioca depende básicamente del precio de los insumos normalmente utilizados en las fórmulas de las raciones, de la composición bromatológica, y de los límites que pueden establecerse para ellos en la formulación de las raciones.

Cuando se hace la evaluación económica de raciones en que participa algún producto de mandioca, es necesario considerar que el contenido de la ración dará un desarrollo al animal que no es diferente del que lograría con una ración testigo. Así se pueden hacer comparaciones considerando solamente la variación en el costo de la ración a base de mandioca.

Costos de los productos

La información para el cálculo de costos debe extraerse de la producción de materia prima en la región, de la superficie cultivada, del uso de la mano de obra, del grado de mecanización, del transporte, del tipo de energía utilizada, del rendimiento promedio de la mandioca y de la infraestructura disponible en la finca.

Cuadro 3.8 Cuadro de liquidación de macrofórmula

Por: _____ Fecha: _____

Ración para: Cerdos en crecimiento % de proteína: 16.0 Energía: ED Kcal/kg: 3380

Ingredientes	kilos	US\$/kg	Costo	Proteína		Grasa		E.L.N.		Energía	Fibra		Ceniza		Calcio		Fósforo	
				%	kg	%		%			kcal/kg	%		%		%	kg	%
Maíz	75.63	0.087	6.58	8.5	6.43					2593.36					0.04	0.030	0.26	0.197
Torta de soja	21.83	0.170	3.71	44	9.61					742.22					0.25	0.054	0.60	0.131
Fosfato bicálcico	0.95	0.288	0.27												24.35	0.231	18.32	0.174
Harina de ostras	0.79	0.051	0.04												36.0	0.284		
Sal	0.30																	
Premix	0.50																	
Total	100.0		10.60		16.04					3351.46						0.599		0.502
Porcentaje (o cantidad/kg)			0.160		16.04					3351.46						0.599		0.52
Requerimientos					16.0					3380						0.60		0.50

Observaciones: _____

Por los datos obtenidos y por los cálculos realizados, el costo de producción de trozos secos o de raspas, en las condiciones de Paraguay donde se emplea el sistema de secado natural y la tecnología tradicional de cultivo, es de US\$ 0.042.

A continuación se presentan dos ejemplos en los que se calculan los costos de las raciones que contienen mandioca.

Ejemplo 1.

Precios de las materias primas en el mercado:

Productos	Precio (US\$/kg)
Harina de raspas (raíz)	0.04
Harina de heno (follaje)	0.02
Expeller de soja	0.24
Maíz molido	0.13
Polivitamínico para cerdos	6.01
Polivitamínico para aves	5.31
Expeller de algodón	0.11
Harina de huevo	0.26
Sal mineral	0.26

- Características del ganado lechero que se tratará:

Peso vivo: 500 kg

Consumo total de MS: 15 kg (3% del peso vivo)

Consumo de pasto: 11 kg

Consumo de concentrado: 4 kg (0.4 kg/litro de leche)

Rendimiento: 10 litros de leche por día

Consumo anual de ración: 4.0 kg x 200 días = 800 kg/año

Ingreso bruto de leche: 10 litros x 200 días x US\$ 0.33/litro = US\$ 660/año

- Raciones:

- Ración con harina de raíz de mandioca:

Expeller de algodón	53.3 kg x 0.11 US\$/kg = 6.06 US\$
Maíz molido	11.0 kg x 0.13 US\$/kg = 1.47 US\$
Harina de raspas	33.5 kg x 0.04 US\$/kg = 1.34 US\$
Harina de hueso	1.0 kg x 0.27 US\$/kg = 0.27 US\$
Sal común	1.0 kg x 0.30 US\$/kg = 0.30 US\$
Total:	9.44 US\$

$$\text{Costo unitario} = 9.44 = \frac{0.094}{100} \text{ US\$/kg}$$

$$\text{Costo de ración anual} = 800 \text{ kg} \times 0.094 \text{ US/kg} = \text{US\$ } 75/\text{animal por año}$$

- Ración con heno de parte aérea y trozos de raíz:

Maíz molido	30 kg x 0.13 US/kg = 4.00 US\$
Heno	35 kg x 0.03 US/kg = 0.93 US\$
Trozos de raíz	35 kg x 0.04 US/kg = 1.40 US\$
Total:	6.33 US\$

$$\text{Costo unitario} = \frac{6.33}{100} \text{ US/kg} = 0.063 \text{ US\$/kg}$$

$$\text{Costo de ración anual} = 800 \text{ kg/año} \times 0.063 \text{ US\$/kg} = \text{US\$ } 50.4/\text{animal por año}$$

- Ración sin mandioca:

Expeller de algodón	46 kg x 0.113 US/kg = 5.21 US\$
Maíz molido	52 kg x 0.130 US/kg = 6.93 US\$
Harina de hueso	1 Kg x 0.27 US/kg = 0.27 US\$
Sal común	1 kg x 0.30 US/kg = 0.30 US\$
Total	12.71 US\$

$$\text{Costo unitario} = \frac{12.71}{100} = 0.1271 \text{ US\$/kg}$$

Costo anual de ración sin mandioca = 800 kg/año x 0.127 US\$/kg = US\$ 101.6

En resumen:

Ración	Costo anual (US\$)	Diferencia (US\$/año por animal)	Reducción costo (%)
Sin mandioca	101.6	-	-
Con raíz de mandioca	75.0	26.6	26
Con raíz y parte aérea de mandioca	50.4	51.2	50

Ración	Costo anual (US\$)	Retorno capital US\$/año:animal	Diferencia US\$
Sin mandioca	101.6	660.0	558.4
Con raíz de mandioca	75.0	660.0	585.0
Con raíz y parte aérea de mandioca	50.4	660.0	609.6

Con base en este ejemplo se puede concluir lo siguiente:

- Empleando raciones comerciales, el retorno de capital para el productor representa una ganancia de US\$ 2.8 por animal y por día de lactancia.
- Con la utilización de raíces de mandioca, el retorno de capital para el productor representa una ganancia de US\$ 2.9 por animal y por día de lactancia.
- Con la utilización de la raíz y de la parte aérea de mandioca, el retorno de capital para el productor es de US\$ 3.05 por animal y por día de lactancia.

Ejemplo 2. Establecer la dimensiones del área de cultivo.

- Ración para ganado lechero:

Maíz 30%

Heno, parte aérea 35%

Trozos de raíz 35%

Consumo de alimento por vaca/día = 4 kg

Consumo anual = 800 kg/año

- Para los trozos de raíz de mandioca:

100% 800 kg alimento

35% X

X = 250 kg para raciones

La productividad media de raíces de mandioca en la región es de 15 t/ha. Considerando que el rendimiento de MS de los de trozos procesados es de 40%, tenemos:

$15.000 \text{ kg} \times 40 \% = 6.000 \text{ kg/ha}$

Ahora bien:

6,000 kg en 10.000 m²

280 kg X

X = 466.67 m² = 500 m²

Se necesitan, por tanto, 500 m² cultivados con mandioca para alimentar una vaca lechera en un año.

- Para el heno, parte aérea:

Consumo de alimento por vaca/año = 800 kg/año

Producción de parte aérea de mandioca: 1350 kg/ha

100% 800 kg

35% X

X = 280 kg para raciones

1350 kg en 10.000 m²

280 kg X

X = 2074.07 m² = 0.21 ha

Se necesitan por tanto, 0.21 ha de mandioca para alimentar a una vaca con heno de follaje durante un año.

- Para el maíz:

Rendimiento de maíz en la región: 2.4 t/ha

100% 800 kg

30% X

X = 240 kg de maíz para raciones

2400 kg en 10.000 m²

240 kg X

X = 1000 m² = 0.1 ha

Se necesita, por tanto, 0.1 ha cultivada con maíz para alimentar una vaca durante un año.

Costo de las raciones

En todo programa de alimentación de animales, es necesario obtener información sobre los costos de las principales materias primas que intervienen en las raciones y compararlos. (Cuadro 3.9).

Al analizar el costo de una materia prima para alimentación animal, debe darse la máxima importancia al contenido de materia seca de ésta, puesto que aporta la totalidad de la energía, la proteína, las vitaminas y los minerales en un programa convencional de alimentación. Hay materias primas disponibles en la finca que difieren entre sí por el costo de un nutriente contenido en su materia seca; esa diferencia se obtiene calculando el costo unitario del nutriente (CUN), como se hizo anteriormente. En los monogástricos, mucho más que en otras especies animales la concentración de la materia seca en las raciones debe ser grande, porque su alto contenido de energía es necesario en la alimentación de ese grupo de animales.

Al calcular el costo de las raciones, las materias primas disponibles tienen que ser consideradas como fuentes de varios nutrientes; por tanto, debe ponderarse el valor que tienen los diferentes nutrientes cuando se analice una de ellas.

En las condiciones de una finca es común evaluar el costo de las materias primas según su contenido de proteína y de energía. En situaciones más complejas, en que se considera un número mayor de nutrientes, es necesario usar un computador para evaluar matemáticamente el precio que debe tener un producto para que pueda incluirse en la ración.

El método más simple para seleccionar económicamente los productos disponibles se basa en ecuaciones simultáneas que pueden resolverse empleando calculadoras comunes. Se siguen los pasos siguientes:

- Dos ecuaciones satisfacen un modelo en que hay dos productos básicos específicos. Los modelos básicos más utilizados son maíz-torta de soja para raciones de aves, y sorgo-torta de soja para raciones de cerdos. Las ecuaciones son:

$$K = b_1 X_1 + b_2 Y_1 \quad (3)$$

$$L = b_1 X_2 + b_2 Y_2 \quad (4)$$

donde:

K y L : Costo por unidad de los productos básicos (US\$/kg)

X₁ y X₂ : Contenido de proteína por unidad de cada producto (g/kg)

Y₁ y Y₂ : Contenido de energía por unidad de cada producto (Mcal/kg)

b₁ y b₂ : Valores medios de una unidad de proteína o de energía (medida en g o Mcal) de los productos de la ración.

- En ambas ecuaciones se sustituyen los valores correspondientes.
- Se resuelven las ecuaciones por métodos aritméticos o algebraicos para llegar a los valores de b_1 y b_2 .
- Con los valores de b_1 y b_2 se plantea una tercera ecuación que define el costo máximo por unidad de un nuevo producto (US\$/kg):

$$M_3 = b_1 X_3 + b_2 Y_3$$

donde:

M_3 : Costo máximo unitario del nuevo producto

X_3 : Contenido proteínico (g/kg de producto)

Y_3 : Contenido energético (Mcal/kg)

Cuadro 3.9. Costo unitario y contenido de nutrientes de algunas materias primas utilizadas en la elaboración de raciones.

Materia prima	US\$/kg	MS (%)	PC (%)	EM (Kcal/kg)
Torta de algodón 30%	0.12	92.0	36.00	1800.0
Torta de algodón 40%	0.14	92.0	41.02	200.0
Salvado de arroz	0.10	89.0	13.0	2100.0
Torta de soja	0.18	90.0	43.0	2450.0
Salvado de trigo	0.07	91.0	15.0	1280.0
Harina de carne y hueso	0.19	93.5	50.0	1984.0
Melaza	0.10	78.0	2.0	1960.0
Maíz	0.12	87.0	9.6	3400.0
Sorgo	0.07	88.0	8.8	3250.0
Harina de raspas (raíz)	0.03	88.0	2.5	3410.0
Harina de heno (follaje)	0.02	90.0	22.0	1590.0
Sal mineral	0.086			
Harina de hueso	0.20			

Cuando la relación R es mayor o igual que 1.0, el producto o ingrediente en cuestión tiene un precio comercial que permite su uso en la fabricación de la ración. Ejemplos de este caso son la torta de algodón, el sorgo, la raspa de mandioca, y el heno de follaje de mandioca.

Cuando la relación es menor que 1.0 significa que el ingrediente no puede ser incluido en la ración porque su precio comercial es superior al precio base (maíz-torta de soja).

Como ejemplos podemos citar la harina de carne, la melaza y el salvado de arroz (Cuadro 3.10).

Cuadro 3.10. Costo máximo (M3) de algunas materias primas partiendo de la ración básica maíz-torta de soja.

Materia prima	P.Cm. (US\$/kg)	M3	Relación
Torta de algodón 30%	0.12	0.132	1.1
Torta de algodón 40%	0.14	0.155	1.11
Salvado de arroz	0.10	0.090	0.90
Torta de soja	0.18	0.18	1.00
Salvado de trigo	0.07	0.071	1.01
Harina de carne y hueso	0.19	0.147	0.77
Melaza	0.10	0.057	0.57
Maíz	0.12	0.120	1.00
Sorgo	0.07	0.114	1.62
Harina de raspas (raíz)	0.03	0.104	3.47
Harina de heno (follaje)	0.02	0.095	4.75

P. Cm. = Precio comercial

Relación:R = M3/precio comercial

(6)

Del Cuadro 3.10 es posible concluir que los productos de mandioca pueden competir favorablemente con el maíz y con la torta de soja cuando se preparan raciones comerciales para animales. Sin embargo, es necesario recalcar que el nivel en que se utilizan estos productos en las raciones depende tanto de criterios económicos como de criterios nutricionales. Ambos determinan finalmente buena parte de la eficiencia de producción del programa de alimentación.

- Empleando el modelo básico maíz-torta de soja, y el Cuadro 3.9 tenemos:

$$0.12 = 96 b_1 + 3.4 b_2 \quad (7)$$

$$0.18 = 480 b_1 + 2.45 b_2 \quad (8)$$

- Multiplicando por -5 la primera ecuación, tenemos:

$$-0.6 = -480 b_1 - 17 b_2$$

Sumando algebraicamente las dos ecuaciones tenemos:

$$-0.60 = -480 b_1 - 17 b_2$$

$$\underline{0.18 = 480 b_1 + 2.45 b_2}$$

$$-0.42 = 0 - 14.55 b_2$$

$$b_2 = 0.42/14.55 = 0.029 \text{ US\$/Mcal}$$

Sustituyendo el valor de b_2 en la ecuación (7), obtenemos:

$$0.12 = 96 b_1 + 3.4 \times 0.029$$

$$b_1 = \frac{0.12 - (3.4 \times 0.029)}{96} = \text{US\$ } 0.000223/\text{g}$$

De esta manera, en el modelo básico maíz-torta de soya han quedado definidos los valores medidos de cada unidad de proteína (b_1) y de energía (b_2) así:

$$b_1 = \text{US\$ } 0.000223 \text{ por g de proteína}$$

$$b_2 = \text{US\$ } 0.029 \text{ por Mcal de EM}$$

- A continuación calculamos el valor de M3 para las dos materias primas derivadas de la mandioca que aparecen en el Cuadro 3.9.

Para la harina de raspa de mandioca será:

$$M3 = (0.000223 \times 25) + (0.029 \times 3.41) = 0.104$$

Para la harina de heno de follaje será:

$$M3 = (0.000223 \times 220) + (0.029 \times 1.59) = 0.095$$

En el Cuadro 3.10 están los valores del costo máximo unitario de las otras materias primas.

Bibliografía

- BUITRAGO, J. A. 1990. La mandioca en la alimentación animal. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 446 p.
- GERHARD, L. F. 1986. Aproveitamento integral da mandioca na alimentação dos suínos. Rio Grande do Sul, Brasil.
- NRC (National Research Council). 1979. Requerimientos nutritivos del cerdo. Washington; D.C., USA. National Academy of Sciences.
- NRC (National Research Council). 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, D.C., USA. National Academy of Sciences.
- NCR. (National Research Council). 1984. Nutrient requeriments of poultry. Washington, D.C., USA. National Academy of Sciences.
- THIAGO, L.R.L. 1991. I Curso de actualización en nutrición de bovinos de corte. Campo Grande, MS, Brasil. EMBRAPA.
- TIESENHANSEN, I.M.E.V. 1978. Utilizacion de la mandioca y de subproductos del alcohol en la alimentación bovina. Lavras. ESAL/FAEPE, MG, Brasil. 27p.
- WEEB, B. H. ; GILL; K. S. 1974. Artificial heat drying of tapioca chips. Malaysia Agric. Res. 3:67-76

Ejercicio 3.1 Cálculo para la preparación de raciones

Objetivo

- ✓ Al finalizar este ejercicio los participantes estarán en condiciones de calcular y balancear raciones basadas en mandioca para la alimentación de animales; partirán del cuadrado de Pearson y analizarán la viabilidad económica de las raciones.

Recursos necesarios

- Calculadoras
- Hoja de trabajo

Orientación para el instructor

- Organizar a los participantes en cinco grupos y nombrar un relator por grupo.
- Explicar a los participantes el cálculo matemático de las raciones.
- Pedir al relator de cada grupo que presente los resultados, y entregar la información de retorno.

**Instrucciones
para el
participante**

Resolver los siguientes casos en grupo; al final, cada relator presentará los resultados ante los participantes.

Caso 1.

Incorporando un ingrediente proteínico y otro energético.

Se necesita preparar una ración para cerdos en levante que contenga 16% de PC. Se cuenta con torta de algodón (32.6% de PC) y harina de rasas de mandioca (3.8% de PC) para su elaboración.

Caso 2.

Usando dos o más ingredientes con un contenido de proteína similar.

Formular 100 kg de una ración completa para cerdos que contenga 18% de PC, empleando una mezcla de torta de soja, y harina de carne y hueso (3 partes de T. de soja por 1 parte de H. de carne), y harina de rasas de mandioca.

Caso 3.

Usando ingredientes fijos.

Preparar 100 kg de una ración que contenga 16% de PC empleando harina de rasas, torta de soja, y 10% de ingredientes fijos que no tengan proteína (vitaminas, minerales, etc.).

Caso 4.

Balancear tanto la proteína como la energía.

Se desea preparar un suplemento para vacas adultas (400 kg de peso vivo) en lactación (10 kg de leche por día), que están pastoreando guinea (*Panicum maximum*). Para preparar el suplemento disponemos de harina de carne y hueso, harina de rasas, melaza y urea.

El suplemento será suministrado a razón de 3 kg/animal por día.

Caso 5.

Balancear tanto la proteína como la energía.

Balancear una ración para novillos cruzados de 350 kg de peso que están ganando 500 g de peso por día. Disponemos de pasto elefante (*Penisetum purpureum*), heno de parte aérea de mandioca, raspas de mandioca, y harina de carne y hueso.

Ejercicio 3.1 - Información de retorno

Caso 1.

Torta de algodón: 32.6%	\		/	
		16		$12.2 \times (100/28.8) = 42.36\%$
R. de mandioca: 3.8%	/		\	
				$\frac{16.6 \times (100/28.8) = 57.54\%}{100}$
Total:			28.8	

Ración final: 42.36% de torta de algodón

57.64% de raspas de mandioca

Prueba: 42.36 kg de T. de algodón x 32.6% PC = 13.81 kg proteína

57.64 kg de R. de mandioca x 3.8% PC = 2.19 kg proteína

100.00 kg de ración: 16.00 kg proteína

Caso 2.

a. Mezclar los ingredientes que tengan porcentaje de proteína similar:

3 partes de T. de soja x 43% PC = 1.29 partes de proteína

1 parte de H. de carne x 50% PC = 0.50 partes de proteína

4 partes 1.79 partes de proteína

1.79 partes de proteína en 4 partes de mezcla

X 100 partes de mezcla

X = 100 x (1.79/4) = 44.75% de PC.

La mezcla de torta de soja y harina de carne y hueso contiene 45% PC

b. Aplicar el cuadrado de Pearson:

Mezcla: 45%	\	18	/	$14.2 \times (100/41.2) = 34.47$
H. de raspas: 3.8%	/		\	$\underline{27.0} \times (100/41.2) = \underline{65.53}$
Total				41.2 100.00%

Esto significa que en 100 kg de ración tenemos:

34.47 kg de mezcla y 65.53 kg de harina de raspas de mandioca.

En la mezcla tenemos:

$34.47 \text{ kg} \times (3/4) = 25.85 \text{ kg}$ de torta soja

$34.47 \text{ kg} \times (1/4) = 8.62 \text{ kg}$ de harina de carne y hueso

Resumiendo, la ración queda formulada así:

25.85 kg T. de soja

8.62 kg H. de carne y hueso

65.53 kg H. de raspas de mandioca

100.00 kg de ración

Caso 3.

a. Encontrar el porcentaje de PC que se usará en el cuadrado de Pearson:

Como la T. de soja y la H. de raspas aportan toda la proteína de la ración (16 kg), entonces ésta debe contener:

$(16/90) \times 100 = 17.77\%$ de PC = 18% de PC

- b. Aplicar el cuadrado de Pearson para hallar las cantidades de T. de soja y H. de raspas que se usarán:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{T. de soja: } 43\% & \swarrow & 14.2 \times (100/39.2) = 36.22\% \\
 & 18 & \\
 \text{H. de raspas: } 3.8\% & \searrow & \frac{25.0}{39.2} \times (100/39.2) = \frac{63.78}{100.00\%} \\
 \text{Total} & &
 \end{array}$$

Entonces, en 90 kg de ración tenemos:

$$90 \text{ kg} \times 36.22\% = 32.60 \text{ kg de torta de soja}$$

$$90 \text{ kg} \times 63.78\% = 57.40 \text{ kg de harina de raspas de mandioca}$$

Y en 100 kg de ración:

32.60 kg de T. de soja

57.40 kg de H. de raspas de mandioca

10.00 kg de ingredientes fijos

100.00 kg

Caso 4.

- a. Composición química de los ingredientes disponibles en la región:

Ingrediente	MS (%)	PC (%)	NDT (%)
Pasto guinea	21.00	10.00	53.00
H. de carne y hueso	96.00	39.20	56.90
H. de raspas de mandioca	88.00	2.50	80.70
Melaza	76.00	4.00	54.00
Urea	100.00	26.80	

Del análisis de este cuadro y del Anexo 9 se ve que el pasto disponible permite a la vaca hacer un consumo de MS igual a 2.5% de su peso vivo.

Por tanto:

$$400 \text{ kg} \times 2.5\% = 10 \text{ kg día de MS}$$

Esto significa que el pasto permite un consumo diario de PC y NDT igual a:

$$10 \text{ kg de MS} \times 0.10 \text{ kg de proteína por kg MS} = 1.0 \text{ kg día de PC}$$

$$10 \text{ kg de MS} \times 0.53 \text{ NDT/kg MS} = 5.3 \text{ kg día de NDT}$$

b. Requerimientos nutricionales de la vaca:

Requerimientos	Proteína cruda (g/día)	NDT (kg/día)
Mantenimiento	379.00	3.15
Producción	670.00	3.26
Total	1249.00	6.41

c. Balance de nutrientes:

Requerimientos	Proteína cruda (g/día)	NDT (kg/día)
Tomados del pasto	1000.00	5.30
Totales	1249.00	6.41
Balance	-249.00	-1.11

Esto significa que es necesario suplementar las vacas con una ración que cubra los 249 g de PC y los 1.11 kg de NDT que faltan para llenar sus requerimientos diarios.

d. Cálculo de la composición del suplemento que debe prepararse

Como el suplemento será ofrecido a razón de 3.0 kg/día, calculamos la cantidad de proteína y energía que esta ración debe contener:

En 3 kg suplemento hay 0.249 kg proteína

En 100 kg suplemento X

$$X = (0.249/3.0) \times 100 = 8.3\% \text{ de PC}$$

En 3 kg suplemento hay 1.11 kg NDT

100 kg suplemento X

$$X = (1.11/3.0) \times 100 = 37\% \text{ NDT}$$

- e. Aplicar el cuadrado de Pearson para calcular la mezcla más adecuada, combinando los alimentos en que haya más contraste de los nutrientes calculados:

Mezcla 1

R. de mandioca: 2.5%	8.3	$259.7 \times (100/265.5) = 97.82\%$
Urea: 268%		$5.8 \times (100/265.5) = 2.18\%$
Total		$\frac{265.5}{100.00\%}$

Mezcla 2

H. carne 39.2%	8.3	$4.3 \times (100/35.2) = 12.22\%$
Melaza 4%:		$30.9 \times (100/35.2) = 87.78\%$
Total		$\frac{35.2}{100.00\%}$

Para cada una de estas mezclas de ingredientes calculamos el contenido de NDT:

Mezcla 1

$$\begin{aligned} 97.82 \times 80.7\% &= 78.94\% \\ 2.18 \times 0.0\% &= 0\% \\ \hline &78.94\% \text{ NDT} \end{aligned}$$

Mezcla 2

$$\begin{array}{rcl} 12.22 \times 56.90\% & = & 6.95\% \\ 87.78 \times 54.0\% & = & 47.40\% \\ \hline & & 54.35\% \text{ NDT} \end{array}$$

El cuadrado de Pearson para el NDT de las mezclas será:

$$\begin{array}{rcl} \text{Mezcla 1: } 78.94\% & \swarrow & 17.35 \times (100/60.39) = 28.73\% \\ & 37 & \\ \text{Mezcla 2: } 54.35 & \searrow & 41.94 \times (100/60.39) = 69.45\% \\ \text{Total} & & \hline & & 59.29 \qquad \qquad \qquad 100.00\% \end{array}$$

El suplemento tendrá entonces 28.73% de la mezcla 1 y 69.45% de la mezcla 2. Estos porcentajes corresponden a su vez, a los siguientes porcentajes de cada uno de los ingredientes:

$$\begin{array}{rcl} \text{R. de mandioca:} & 97.82 \times 28.73\% & = 28.10\% \\ \text{H. de carne y hueso:} & 12.22 \times 69.45\% & = 8.49\% \\ \text{Melaza:} & 87.78\% \times 69.45\% & = 60.96\% \\ \text{Urea:} & 2.18\% \times 28.73\% & = \underline{0.63\%} \\ & & 98.18\% \text{ o sea, } 100\% \end{array}$$

En los 3 kg de suplemento que los animales recibirán por día estos porcentajes equivalen a:

$$\begin{array}{rcl} \text{R. de mandioca:} & 3.0 \times 0.2810 & = 0.8430 \text{ kg} \\ \text{H. de carne y hueso:} & 3.0 \times 0.0849 & = 0.2547 \text{ kg} \\ \text{Melaza:} & 3.0 \times 0.6096 & = 1.83 \text{ kg} \\ \text{Urea:} & 3.0 \times 0.0063 & = 0.0189 \text{ kg} \\ & & \hline & & 2.9446 \text{ kg o sea, } 3.0 \text{ kg} \end{array}$$

Expresando ahora estas cantidades de los ingredientes en base húmeda, tenemos:

Pasto guinea:

$$10 \text{ kg MS pasto} \times \frac{100 \text{ kg pasto}}{90 \text{ kg MS}} = 11.11 \text{ kg}$$

Raspa de mandioca:

$$0.843 \text{ kg MS raspa} \times \frac{100 \text{ kg raspa}}{88.0 \text{ kg MS}} = 0.96 \text{ kg}$$

Harina de carne y hueso:

$$0.2547 \text{ kg MS H. carne} \times \frac{100 \text{ kg H. carne}}{96.0 \text{ kg MS}} = 0.26 \text{ kg}$$

Melaza:

$$1.83 \text{ kg MS melaza} \times \frac{100 \text{ kg melaza}}{76.0 \text{ kg MS}} = 2.41 \text{ kg}$$

Urea:

$$0.0189 \text{ kg MS urea} \times \frac{100 \text{ kg urea}}{100 \text{ kg MS}} = 0.0189 \text{ kg}$$

La ración final, por tanto, estará compuesta de:

Ingredientes	Base seca (kg/día)	Base húmeda (kg/día)
Pasto guinea	10.0	11.11
Raspa de mandioca	0.8430	0.96
Harina de carne y hueso	0.2547	0.26
Melaza	1.83	2.41
Urea	0.0189	0.0189
Total	12.947	14.7589

Para confirmar si esta ración está bien balanceada, utilizamos el cuadro de liquidación de macrofórmula que adjuntamos.

Caso 5.

a. Composición química de los ingredientes disponibles en la región:

Ingredientes	MS (%)	PC (%)	NDT (%)
Pasto elefante	15.00	8.00	60.00
Harina de parte aérea mandioca	89.00	20.00	65.00
Raspas de mandioca	88.00	3.81	80.70
Harina de carne	96.00	42.00	56.9

b. Nutrientes obtenidos por el animal mediante el consumo de los forrajes:

Del análisis del cuadro sobre la composición química de los ingredientes y del Anexo 9 se ve que el pasto elefante permite al animal un consumo de MS igual a 1.5% de su peso vivo. Por tanto:

$$350 \times 0.015 = 5.25 \text{ kg día de MS}$$

La harina de la parte aérea de la mandioca proporciona un consumo de MS igual a 0.76% del peso vivo del animal:

$$350 \times 0.76\% = 2.67 \text{ kg día de MS}$$

Por consiguiente, los forrajes permiten al animal hacer un consumo total de MS igual a:

$$5.25 + 2.67 = 7.92 \text{ kg día de MS}$$

El consumo de proteína y NDT contenidos en esa MS es, respectivamente:

Cuadro para liquidación de régimen alimenticio de poligástricos

Tipo de animal: Vaca lactación

Liquidado por: _____ Fecha: _____

Ingredientes	kilos B.F.	M.S. %	M.S. kg.	Datos y cálculos al 100% de materia seca (MS)															
				Proteína B		Prot. Dig.		Fibra		ELN		Energía Megcalorías ^{1/}		NDT		Calcio		Fósforo	
				%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	por kg	Total	%	kg	%	kg	%	kg
Pasto guinea	11.11	21.0	10.0	10	1.0									53	5.3				
Total forrajes	11.11		10.0		1.0										5.3				
Requerimientos			13.0		1.249										6.41				
Diferencia ^{2/}			-3.0		-0.249										-1.11				
Raspa de mandioca	0.96	88.0	0.8448	2.5	0.022									80.7	0.72				
Harina de carne y hueso	0.26	96.0	0.2547	39.2	0.00998									56.9	0.14				
Melaza	2.41	76.0	1.83	4.0	0.073									54.0	0.99				
Urea	0.0189	100.0	0.0189	26.8	0.053														
Total	14.80		13.0009		1.248										7.15				

^{1/} La energía puede ser digestible, metabolizable o neta.

^{2/} Cuando la diferencia es un deficit de requerimiento, esas cantidades tienen que ser aportadas por "X" kg de alimento concentrado suministrado diariamente.

Observaciones: _____

Consumo de proteína:

Pasto elefante:	5.25 kg MS/día x 0.08 =	0.420 kg día de PC
Harina de parte aérea:	2.67 kg MS/día x 0.20 =	0.534 kg día de PC
Total:		0.954 kg día de PC

Consumo de NDT:

Pasto elefante:	5.25 kg MS/día x 0.60 =	3.15 kg día de NDT
H. de parte aérea:	2.67 kg MS/día x 0.65 =	1.74 kg día de NDT
Total:		4.89 kg día de NDT

c. Requerimientos nutricionales del animal

Peso vivo (kg)	Gan. peso (g/día)	MS (kg/día)	PC (kg/día)	NDT (kg/día)
50.0	500.00	9.24	1.14	5.85

Gan. = ganancia

Fuente: Thiago, L.R.L., 1991.

d. Balance de nutrientes

Nutrientes	MS(kg/día)	PC (g/día)	NDT(kg/día)
Consumidos en los forrajes	7.92	954.00	4.89
Requerimientos	- 9.24	-1140.00	- 5.85
Balance	- 1.32	- 186.00	- 0.96

Esto significa que debemos suministrar al animal un suplemento que complete 1.32 kg de MS, 0.186 kg de PC y 0.96 kg de NDT que están faltando. Tal suplemento debe contener:

En 1.32 kg suplemento hay 0.186 kg PC

100.00 kg suplemento X

$$X = (0.186 \times 1.32)/100 = 14.09\% \text{ de PC}$$

En 1.32 kg suplemento hay 0.96 kg NDT

100.00 kg suplemento X

$$X = (0.96/1.32) \times 100 = 72.73\% \text{ de NDT}$$

- e. Ahora se aplica el cuadrado de Pearson para calcular la cantidad de cada ingrediente que entra en el suplemento:

H. de carne 60% NDT	72.73	$7.97 \times (100/20.7) = 38.51\%$
R. de mandioca 80.7% NDT	72.73	$12.73 \times (100/20.7) = 61.49\%$
Total:	20.70	100%

Los 1.32 kg de MS que están faltando tienen que estar compuestos por 38.50% de harina de carne y 61.49% de rasas de mandioca. Esto es equivalente a:

$$1.32 \text{ kg de MS} \times 0.3851 = 0.5083 \text{ kg de harina de carne}$$

$$1.32 \text{ kg de MS} \times 0.6149 = 0.8117 \text{ kg de rasas de mandioca}$$

Expresando finalmente esas cantidades de los ingredientes en base húmeda, tenemos:

Pasto elefante:

$$5.25 \text{ kg MS pasto} \times \frac{100 \text{ kg Pasto elefante}}{15.0 \text{ kg MS}} = 35.0 \text{ kg}$$

Harina de parte aérea mandioca:

$$2.67 \text{ kg MS parte aérea} \times \frac{100 \text{ kg parte aérea}}{89.0 \text{ kg MS}} = 3.0 \text{ kg}$$

Harina de carne:

$$0.51 \text{ kg MS H. de carne} \times \frac{100 \text{ kg H. carne}}{90.0 \text{ kg MS}} = 0.57 \text{ kg}$$

Raspa de mandioca:

$$0.81 \text{ kg MS de raspas} \times \frac{100 \text{ kg raspa}}{87.0 \text{ kg MS}} = 0.93 \text{ kg}$$

La ración, finalmente, estará compuesta por:

Ingrediente o producto	Base seca (kg/día)	Base húmeda (kg/día)
Pasto elefante	5.25	35.00
H. de parte aérea mandioca	2.67	3.00
H. de carne y hueso	0.51	0.57
Raspas de mandioca	0.81	0.93
Total	9.24	39.5

Para confirmar que la ración esté bien balanceada utilizamos el cuadro de liquidación de régimen alimenticio de poligástricos que adjuntamos.

Cuadro para liquidación de régimen alimenticio de polígástricos

 Tipo de animal: Novillo 350 kg

Liquidado por: _____ Fecha: _____

Ingredientes	kilos	M.S. %	M.S. kg.	Datos y cálculos al 100% de materia seca - "MS"															
				Proteína B		Prot. Dig.		Fibra		ELN		Energía Megacalorías 1/		NDT		Calcio		Fósforo	
				%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	por kg	Total	%	kg	%	kg	%	kg
Pasto elefante	35.0	15.0	5.25	8.0	0.42									60	3.15				
H. de parte aérea mandioca	3.0	89.0	2.67	20.0	0.53									65	1.74				
Total forrajes	38.0		7.92		0.95										4.89				
Requerimientos			9.24		1.14										1.85				
Diferencia ^{2/}			-1.32		-0.19										- 0.96				
Raspas de mandioca	0.93	87.8	0.81	3.81	0.031									80.7	0.65				
Harina de carne	0.57	90.0	0.51	42.0	0.214									60.0	0.31				
Total	39.5		9.24		1.195										5.85				

La energía puede ser digestible, metabolizable o neta.

Quando la diferencia es un deficit al requerimiento, estas cantidades tienen que ser aportadas por "X" kg de alimento concentrado suministrado diariamente.

Observaciones: _____

Resumen de la Secuencia 3

En esta secuencia se presenta la forma de utilizar las diferentes partes de la planta de mandioca en las raciones para aves, cerdos y ganado de leche.

Esta información básica para preparar raciones basadas en mandioca en la alimentación de animales de finca se complementa mediante las tablas de necesidades nutricionales, la composición química de los alimentos, y los ejemplos de raciones formuladas en la investigación; este es un argumento válido en pro del aprovechamiento integral de la planta de mandioca.

También se ofrece información acerca del cálculo económico que acompaña el empleo de mandioca en una ración, así como métodos simples de formulación y balanceo de raciones.

Todo lo anterior se complementa con un ejercicio de estudio de casos donde los participantes practican el uso del cuadrado de Pearson y el método de las tentativas.

Los participantes están así en condiciones de argumentar con los productores sobre la viabilidad económica del uso integral de la planta de mandioca en la alimentación animal, comparada ésta con otros productos comúnmente utilizados en las raciones.

Evaluación final de conocimientos

Orientaciones para el instructor

Al finalizar el estudio de la Unidad de Aprendizaje, el instructor realizará la evaluación final de conocimientos. El propósito de ésta es conocer el grado de aprovechamiento logrado por los participantes, es decir, en qué medida se han cumplido los objetivos.

Cuando los participantes terminen la prueba, el instructor ofrecerá la información de retorno. Hay dos maneras de manejar esta información:

1. El instructor revisa las respuestas de los participantes, les asigna un puntaje, y devuelve la prueba a éstos. Inmediatamente después inicia una discusión acerca de las respuestas. Esta fórmula se emplea cuando la intención del instructor es hacer una evaluación global.
2. El instructor presenta las respuestas correctas a las preguntas, para que cada participante las compare con aquellas que él escribió. El participante se califica, y el instructor recoge luego la información de los puntajes obtenidos por todo el grupo. Enseguida entabla una discusión sobre las respuestas dadas por los participantes, haciendo mayor énfasis en aquellas en las cuales la mayoría de ellos incurrieron en error. Esta fórmula se emplea cuando la intención del instructor es hacer una evaluación formativa.

De una u otra manera, el instructor debe comparar el resultado obtenido en la exploración inicial de conocimientos con el de esta evaluación final; de esta forma determinará el aprovechamiento general logrado por el grupo.

Evaluación final de conocimientos

Instrucciones para el participante

Esta evaluación contiene una serie de preguntas relacionadas con diferentes aspectos de la Unidad de Aprendizaje cuyo estudio usted ha terminado. Tiene por objeto saber hasta dónde se han logrado los objetivos, y estimar el progreso alcanzado por los participantes durante la capacitación.

Nombre: _____

Fecha: _____

1. Mencionar la parte de la planta de mandioca que contiene el mayor porcentaje de proteína. _____

2. Describir tres métodos para eliminar total o parcialmente el contenido de ácido cianhídrico de la mandioca. _____

3. Mencione los pasos que se siguen en el secado natural de la mandioca. _____

4. ¿Cuál es el porcentaje de humedad en que el heno se conserva en buen estado nutritivo? _____

5. Establezca tres diferencias entre el secado en pistas de cemento y el secado en bandejas. _____

6. ¿En cuánto tiempo se completa el proceso de ensilaje? _____

7. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del sistema de secado artificial? _____

8. ¿Por cuánto tiempo se puede almacenar la harina de heno?

9. Describa las etapas de preparación del heno. _____

10. Mencione algunos aspectos que deben tenerse en cuenta para la elaboración de programas de alimentación animal basados en los productos de mandioca. _____

11. Indicar las ventajas que le trae a un productor el uso de las raíces y de la parte aérea de la mandioca en las raciones para animales.

Evaluación final de conocimientos - Información de retormo

1. En el follaje.
2.
 - Deshidratación artificial de la raíz con temperaturas superiores a 40°C
 - Cocción en agua
 - Deshidratación por radiación solar
3.
 - Picado o trozado homogéneo de las raíces
 - Exponer al sol los trozos y voltearlos cada dos horas
 - Supervisar el punto óptimo de humedad
 - Distribuir los trozos en camas uniformes

4. 12%

5.

Secado en pistas

- Más mano de obra en labores de picado, volteado y recolección
- Muy económico, pues se requiere infraestructura sencilla
- Más tiempo de secado
- Menor capacidad de secado
- Mayor superficie

Secado en bandejas

- Aprovecha el viento que circula entre los trozos extendidos sobre las bandejas
- Se pierde poco material durante el proceso
- Menos tiempo de secado
- Menos mano de obra
- Mayor cantidad por metro cuadrado de superficie de secado
- La vida útil de las bandejas es limitada

6. Después de 15 días para conservar los elementos nutritivos.

7.

Ventajas

- Mejor control de la calidad
- Menor área ocupada
- Secado más rápido

Desventajas

- Mayores costos
- Dependencia de materiales a veces difíciles de conseguir en la zona (combustible, leña etc.)
- Poca eliminación del cianuro

8. Con buena deshidratación, el tiempo es indeterminado.

- 9.
- Cosechar la parte aérea de la mandioca sin tomar el tallo principal; esto permite obtener mayor concentración de follaje y por lo tanto más proteína.
 - En una picadora de forraje, picar la mandioca en trozos menores de 2 cm.
 - Distribuir uniformemente el material picado sobre plástico negro, lona o pistas de concreto, en una capa fina; voltearlo a intervalos de 1 a 2 horas para acelerar el secado.
 - Dejar al sol hasta que esté completamente seco.

10. Disponibilidad de mandioca en la zona, costos de los productos obtenidos de la mandioca, costos de productos alternativos, y requerimientos nutricionales del animal que se está criando.

11. El uso de mandioca en las raciones para animales le representa al productor el doble de ganancia comparando éstas con las raciones en que no se utiliza mandioca; porque los productos de mandioca tienen menores costos en el mercado.

Anexos

Anexos

	Página
Anexo 1. Evaluación del evento de capacitación	A-5
Anexo 2. Evaluación del desempeño de los instructores	A-8
Anexo 3. Evaluación de los instructores	A-10
Anexo 4. Requerimientos nutritivos para cerdos (cantidad de nutriente por cada kilogramo de alimento)	A-14
Anexo 5. Contenido de nutrientes recomendada por la NCR, 1988, para dietas de vacas en lactancia	A-15
Anexo 6. Requerimientos nutritivos para pollos de engorde	A-16
Anexo 7. Fórmula típica de alimentos balanceados	A-17
Anexo 8. Clasificación de materias primas según la concentración de algunos nutrientes y de otros compuestos	A-18
Anexo 9. Consumo estimado de MS de diferentes forrajes, expresado como porcentaje de peso vivo	A-19
Anexo 10. Cuadro de liquidación de macrofórmula	A-20
Anexo 11. Cuadro de liquidación de aminoácidos	A-21
Anexo 12. Cuadro de liquidación de régimen alimenticio de poligástricos	A-22
Anexo 13. Diapositivas que complementan la Unidad.....	A-23
Anexo 14. Transparencias para uso del instructor	A-25

Anexo 1 Evaluación del evento de capacitación

Nombre del evento: _____ Evento N° _____

Sede del evento: _____ Fecha: _____

Instrucciones

Deseamos conocer sus opiniones sobre diversos aspectos del evento que acabamos de realizar, con el fin de mejorarlo en el futuro.

No necesita firmar este formulario; de la sinceridad en sus respuestas depende en gran parte el mejoramiento de esta actividad.

La evaluación incluye dos aspectos:

a) La escala 0, 1, 2, 3 sirve para que usted asigne un valor a cada una de las preguntas .

0= Malo, inadecuado.

1= Regular, deficiente.

2= Bueno, aceptable

3= Muy bien, altamente satisfactorio.

b) Debajo de cada pregunta hay un espacio para comentarios de acuerdo con el puntaje asignado. Refiérase a los aspectos POSITIVOS y NEGATIVOS y deje en blanco los aspectos que no aplican en el caso de este evento.

1.0 Evalúe los objetivos del evento:

1.1 Según hayan correspondido a las necesidades (Institucionales y personales) que usted traía

0 1 2 3

Comentario: _____

1.2 De acuerdo con su logro en el evento

0 1 2 3

Comentario: _____

2.0 Evalúe los contenidos del curso según ellos hayan llenado los vacíos de conocimiento que usted traía al evento.

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: _____

3.0 Evalúe las estrategias metodológicas empleadas:

3.1 Exposiciones de los instructores

0	1	2	3
---	---	---	---

3.2 Trabajos en grupo

0	1	2	3
---	---	---	---

3.3 Cantidad y calidad de los materiales de enseñanza

0	1	2	3
---	---	---	---

3.4 Sistema de evaluación

0	1	2	3
---	---	---	---

3.5 Prácticas en el aula

0	1	2	3
---	---	---	---

3.6 Prácticas de campo/laboratorio

0	1	2	3
---	---	---	---

3.7 Ayudas didácticas (papelógrafo, proyector, videos etc)

0	1	2	3
---	---	---	---

3.8 Giras/visitas de estudio

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: _____

4.0 Evalúe la aplicabilidad (utilidad) de lo aprendido en su trabajo actual o futuro

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: _____

5.0 Evalúe la coordinación local del evento

5.1 Información a participantes

0	1	2	3
---	---	---	---

5.2 Cumplimiento de horarios

0	1	2	3
---	---	---	---

5.3 Cumplimiento de programa

0	1	2	3
---	---	---	---

5.4 Conducción del grupo

0	1	2	3
---	---	---	---

5.5 Conducción de actividades

0	1	2	3
---	---	---	---

5.6 Apoyo logístico (equipos, materiales papelería)

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: _____

6.0 Evalúe la duración del evento en relación con los objetivos propuestos y el contenido del mismo

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: _____

7.0 Evalúe otras actividades y/o situaciones no académicas que influyeron positiva o negativamente en el nivel de satisfacción que usted tuvo durante el evento

7.1 Alojamiento

7.2 Alimentación

7.3 Sede del evento y sus condiciones logísticas

7.4 Transporte

0	1	2	3
0	1	2	3
0	1	2	3
0	1	2	3

Comentario: _____

8.0 Exprese sugerencias precisas para mejorar este evento.

8.1 Académicas (conferencias, materiales, prácticas)

a. _____

b. _____

c. _____

8.2 No académicas (transporte, alimentación, etc)

a. _____

b. _____

c. _____

ACTIVIDADES FUTURAS

9.0 ¿Durante el desarrollo de este curso los participantes planificaron la aplicación o la transferencia de lo aprendido al regresar a sus puestos de trabajo?
¿En qué forma? _____

10.0 ¿Qué actividades realizará usted a corto plazo en su institución para transferir o aplicar lo aprendido en el evento? _____

11.0 ¿De qué apoyo (recursos) necesitará para poder ejecutar las actividades de transferencia o de aplicación de lo aprendido? _____

Anexo 2 Evaluación del desempeño de los instructores¹

Fecha _____

Nombre del instructor _____

Tema(s) desarrollado(s) _____

Instrucciones:

A continuación aparece una serie de descripciones de comportamientos que se consideran deseables en un buen instructor. Por favor, señale sus opiniones sobre el instructor mencionado en este formulario, marcando una "X" frente a cada una de las frases que lo describan.

Marque una **X** en la columna **SI** cuando usted esté seguro de que ese comportamiento estuvo presente en la conducta del instructor.

Marque una **X** en la columna **NO** cuando usted esté seguro de que no se observó ese comportamiento.

Este formulario es anónimo para facilitar su sinceridad al emitir sus opiniones:

1. Organización y claridad

El instructor...

- | | SI | NO |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1.1 Presentó los objetivos de la actividad | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.2 Explicó la metodología para realizar la(s) actividad(es) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.3 Respetó el tiempo previsto | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.4 Entregó material escrito sobre su presentación | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.5 Siguió una secuencia clara en su exposición | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.6 Resumió los aspectos fundamentales de su presentación | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.7 Habló con claridad y tono de voz adecuados | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.8 Las ayudas didácticas que utilizó facilitaron la comprensión del tema | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.9 La cantidad de contenido presentado facilitó el aprendizaje | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2. Dominio del tema

- | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 2.10 Se mostró seguro de conocer la información presentada | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.11 Respondió las preguntas de la audiencia con propiedad | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

¹ Para la tabulación y elaboración del informe acerca de la evaluación del desempeño de los instructores referirse al Anexo 3 en donde se encuentran las instrucciones

	SI	NO
2.12 Dio referencias bibliográficas actualizadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.13 Relacionó los aspectos básicos del tema con los aspectos prácticos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.14 Proporcionó ejemplos para ilustrar el tema expuesto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.15 Centró la atención de la audiencia en los contenidos más importantes del tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Habilidades de interacción		
3.16 Estableció comunicación con los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.17 El lenguaje empleado estuvo a la altura de los conocimientos de la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.18 Inspiró confianza para preguntarle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.19 Demostró interés en el aprendizaje de la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.20 Estableció contacto visual con la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.21 Formuló preguntas a los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.22 Invitó a los participantes para que formularan preguntas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.23 Proporcionó información de retorno inmediata a las respuestas de los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.24 Se mostró interesado en el tema que exponía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.25 Mantuvo las intervenciones de la audiencia dentro del tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Dirección de la práctica² (Campo/Laboratorio/Taller/Aula)		
La persona encargada de dirigir la práctica...		
4.26 Precisó los objetivos de la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.27 Seleccionó/acondicionó el sitio adecuado para la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.28 Organizó a la audiencia de manera que todos pudieran participar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.29 Explicó y/o demostró la manera de realizar la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.30 Tuvo a su disposición los materiales demostrativos y/o los equipos necesarios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.31 Entregó a los participantes los materiales y/o equipos necesarios para practicar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.32 Entregó a los participantes un instructivo (guía) para realizar la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.33 Supervisó atentamente la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.34 Los participantes tuvieron la oportunidad de practicar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

² Se evalúa a la persona a cargo de la dirección de la práctica. Se asume la dirección general de la misma por parte del instructor encargado del tema en referencia.

Anexo 3 Evaluación de los instructores

Instrucciones

La evaluación del instructor --en general, dirigida por él mismo-- representa una información de retorno valiosa que le indica cómo ha sido percibido por la audiencia. El formulario que aparece en el Anexo 2 (Evaluación del desempeño de los instructores) contiene un total de 34 ítems que se refieren a cuatro áreas sobre las cuales se basa una buena dirección del aprendizaje. Todo instructor interesado en perfeccionar su desempeño debería aplicar a los capacitandos un formulario como éste. En los cursos que cuentan con muchos instructores, y donde cada uno de ellos tiene una participación limitada, de dos horas o menos, será necesario aplicar -esta vez por parte del coordinador del curso- un formulario más breve. En todos los casos la información recolectada por este medio beneficiará directamente al instructor.

Tabulación de datos y perfil de desempeño

En la página A-13 se presenta una reproducción de la hoja en que el instructor o el coordinador del curso escribe los datos que se obtienen del formulario de evaluación de instructores mencionado anteriormente (Anexo 2). Para esta explicación vamos a asumir que el formulario se ha aplicado a un total de 10 participantes.

Para tabular los datos se procede de la siguiente manera:

1. Por cada respuesta afirmativa se asigna un punto en la respectiva casilla. Sabiendo que fueron 10 los que contestaron el formulario, esto quiere decir que cada vez que se observen casillas con seis puntos o menos, el instructor podría mejorar en ese aspecto. Siguiendo el ejemplo, si el total de puntos para la primera fila de "Organización y Claridad" es 90 (100%) y un instructor es evaluado con un puntaje de 63 puntos (70%) indicaría que ésta es un área donde puede mejorar.
2. Con base en los datos de la tabulación se tramita el casillero central de la hoja, para establecer el porcentaje obtenido por el instructor en cada área evaluada.

En las casillas de 100% anote el puntaje que se obtendría si todos los participantes respondieran SI en todos los ítems. Para el caso de N = 10 tendríamos:

100%

90
60
100
90

En las casillas Número de Puntos se anota el puntaje "real" obtenido por el instructor en cada área, por ejemplo:

100%	No. puntos
90	45
60	40
100	80
90	60

Finalmente, se establece el porcentaje que el número de puntos representa frente al "puntaje ideal" (100%) y se escribe en las casillas de %.

Cuando n=10

100%	No. puntos	%
90	45	50
60	40	67
100	80	80
90	60	67

3. En la rejilla del lado derecho se puede graficar la información que acabamos de obtener para un instructor determinado. También se puede indicar, con una línea punteada, el promedio de los puntajes de los otros instructores en el mismo evento de capacitación:

Este perfil le indicaría al instructor un mejor desempeño en “habilidades de interacción” y su mayor debilidad en la “organización y claridad”. También le indicaría que en las cuatro áreas evaluadas su puntaje es menor que el promedio del resto de los instructores del mismo evento.

4. El coordinador del curso puede escribir sus comentarios y enviar el informe, con carácter confidencial, a cada instructor. Así, cada uno podrá conocer sus aciertos y las áreas en las cuales necesita realizar un esfuerzo adicional si desea mejorar su desempeño como instructor.

Una buena muestra para evaluar está constituida por 10 participantes. En un grupo grande ($N = 30$) no todos los participantes deben evaluar a cada uno de los instructores. El grupo total puede así evaluar tres de ellos.

Evaluación de los Instructores*

Informe

Nombre del instructor: _____ Tema(s): _____

Fecha: _____ Desarrollado (s): _____

	Nº									100% Puntos			%				100	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	100%	Puntos	%	1	2	3	4		
Organización y Claridad																	90	
Conocimiento del Tema	10	11	12	13	14	15											80	
Habilidades de Interacción	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25								70
Dirección de la Práctica	26	27	28	29	30	31	32	33	34								60	
																	50	
																	40	

Comentarios del Coordinador _____

*Promedio de Instructores se indica con una línea roja

 Firma Coordinador Curso

Anexo 4. Requerimientos nutritivos para cerdos (Cantidad de nutrimento por cada kilogramo de alimento)

Ciclo de vida	Preiniciación		Iniciación	Levante	Desarrollo	Ceba	Gestac. ^{1/}	Lactancia
	1-5	5-10	10-20	20-35	35-60	60-100	110-250	140-250
Peso corporal, kg	1-5	5-10	10-20	20-35	35-60	60-100	110-250	140-250
Ganancia diaria, kg	0.20	0.30	0.50	0.60	0.70	0.80	0.35	
Consumo diario, kg	0.25	0.50	1.00	1.50	2.00	3.00	2.00	5.00
Energía digest., kcal	3700	3500	3370	3380	3390	3395	3400	3395
Proteína cruda, %	27	20	18	16	14	13	12	13
Aminoácidos (%):								
Arginina	0.33	0.25	0.23	0.20	0.18	0.16		0.40
Histidina	0.31	0.23	0.20	0.16	0.16	0.15	0.15	0.25
Isoleucina	0.85	0.63	0.56	0.50	0.44	0.41	0.37	0.39
Leucina	1.01	0.75	0.68	0.60	0.52	0.48	0.42	0.70
Lisina	1.28	0.95	0.79	0.70	0.61	0.57	0.43	0.58
Metionina + Cistina	0.76	0.56	0.51	0.45	0.40	0.30	0.23	0.36
Fenilalan. + Tirosina	1.18	0.88	0.79	0.70	0.61	0.57	0.52	0.85
Treonina	0.76	0.56	0.51	0.45	0.39	0.37	0.34	0.43
Triptófano	0.20	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.12
Valina	0.85	0.63	0.56	0.50	0.44	0.41	0.46	0.55
Minerales								
Calcio, %	0.90	0.80	0.65	0.60	0.55	0.50	0.75	0.75
Fósforo, %	0.70	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.60	0.50
Sal, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fe, ppm	150	140	80	60	50	40	80	80
Cu, ppm	6.0	6.0	5.0	4.0	3.0	3.0	5.0	5.0
Mg, ppm	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
K, %	4.0	4.0	3.0	2.0	2.0	2.0	10	10
I, ppm	0.30	0.26	0.26	0.23	0.20	0.17	0.20	0.20
Se, ppm	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Zn, ppm	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.10	0.15	0.15
	100	100	80	60	50	50	50	50
Vitaminas								
A, U.I.	2200	2200	1750	1300	1300	1300	4000	2000
D, U.I.	220	220	200	200	150	125	200	200
E, mg	11	11	11	11	11	11	10	10
Tiamina, mg	1.3	1.3	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
Riboflavina, mg	3.0	3.0	3.0	2.6	2.2	2.2	3.0	3.0
Niacina, mg	22	22	18	14	12	10	10	10
Acido pantoténico, mg	13	13	11	11	11	11	12	12
	1.5	1.5	1.5	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
B6, mg	1100	1100	900	700	550	400	1250	1250
Colina, mg	22	22	15	11	11	11	15	15
B12, mg								

Adaptado del N.R.C. 1979. Requerimientos nutritivos del cerdo. National Academy of Sciences. Washington. USA.

^{1/} = También se aplica para machos reproductores.

Anexo 5. Contenido de nutrientes recomendados por la NCR, 1988, para dietas de vacas en lactancia

Peso vaca (kg)	Ganancia peso (kg/día)	Grasa leche (%)	Producción de leche (kg/animal por día)				
			7 (10.36) ^{b/}	13 (13.00)	20 (15.35)	26 (17.44)	33 (20.30)
400	0.220	5.0	7 (10.36) ^{b/}	13 (13.00)	20 (15.35)	26 (17.44)	33 (20.30)
500	0.275	4.5	8 (11.84)	17 (15.20)	25 (18.16)	30 (20.79)	40 (24.44)
600	0.330	4.0	10 (13.20)	20 (17.19)	30 (20.69)	40 (23.78)	50 (28.03)
700	0.385	3.5	12 (14.86)	24 (19.34)	36 (23.26)	48 (26.72)	60 (31.48)
800	0.440	3.5	13 (16.78)	27 (21.59)	40 (25.82)	53 (29.57)	70 (34.72)
Energía							
EL (Mcal/kg)			1.42	1.52	1.62	1.72	1.72
EM (Mcal/kg)			2.35	2.53	2.71	2.89	2.89
ED (Mcal/kg)			2.77	2.95	3.13	3.31	3.31
TDN (% MS)			63	67.00	71.00	75.00	75.00
Proteína cruda							
PC (%)			12.00	15.00	16.00	17.00	18.00
PC no degradable (%)			4.4	5.2	5.7	5.9	6.2
PC degradable (%)			7.8	8.7	9.6	10.3	10.4
Fibra mínima (%)							
Fibra bruta (%)			17.00	17.00	17.00	15.00	15.00
FDN (%)			28.00	28.00	28.00	25.00	25.00
FDA (%)			21.00	21.00	21.00	19.00	19.00
Minerales							
Calcio (%)			0.43	0.51	0.58	0.64	0.66
Fósforo (%)			0.28	0.33	0.37	0.41	0.41
Potasio (%)			0.90	0.90	0.90	1.00	1.00
Sodio (%)			0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Cloro (%)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Magnesio (%)			0.20	0.20	0.20	0.25	0.25
Vitaminas							
A (UI/kg)			3.200	3.200	3.200	3.200	3.200
D (UI/kg)			1.000	1.00	1.00	1.00	1.00
E (UI/kg)			15	15	15	15	15

^{a/} Adaptado del NRC, 1989. Nutrient requirements of Dairy Cattle National Academy of Sciences, Washington, USA.

^{b/} Consumo diario de materia seca (MS) (kg MS/día)

Anexo 6. Requerimientos nutritivos para pollos en engorde

Semanas de vida	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso corporal (g)	130	320	560	860	1250	1690	2100	2520	2925
Consumo (g/semana)	120	260	390	535	740	980	1095	1210	1320
Energía metab. (kcal/kg)		3200			3200			3200	
Proteína cruda (%)		23			20			18	
Aminoácidos (%)		1.44			1.20			1.00	
Arginina		1.50			1.00			0.70	
Glicina + Serina		0.35			0.30			0.26	
Histidina		0.80			0.70			0.60	
Isoleucina		1.35			1.18			1.00	
Leucina		1.20			1.00			0.85	
Lisina		0.93			0.72			0.60	
Metionina + Cistina		0.50			0.38			0.32	
Metionina		1.34			1.17			1.00	
Fenilalanina + Tirosina		0.72			0.63			0.54	
Fenilalanina		0.80			0.74			0.68	
Treonina		0.23			0.18			0.17	
Triptofano		0.82			0.72			0.62	
Valina									
Acido linoleico		1.0			1.0			1.0	
Minerales									
Calcio (%)		1.0			0.9			0.8	
Fósforo disponible (%)		0.45			0.40			0.35	
Potasio (%)		0.40			0.35			0.30	
Sal (%)		0.30			0.30			0.30	
Magnesio (mg)		600.0			600.0			600.0	
Manganeso (mg)		60.0			60.0			60.0	
Zinc (mg)		40.0			40.0			40.0	
Hierro (mg)		80.0			80.0			80.0	
Cobre (mg)		8.0			8.0			8.0	
Yodo (mg)		0.35			0.35			0.35	
Selenio (mg)		0.15			0.15			0.15	
Vitaminas									
A (UI)		1500			1500			1500	
D (UI)		200			200			200	
E (UI)		10			10			10	
K (mg)		0.50			0.50			0.50	
Riboflavina (mg)		3.60			3.60			3.60	
Acido pantoténico (mg)		10.0			10.0			10.0	
Niacina		27.0			27.0			11.0	
B12 (mg)		0.009			0.009			0.003	
Colina (mg)		1300.0			850.0			500.0	
Biotina (mg)		0.15			0.15			0.10	
Folacina (mg)		0.55			0.55			0.25	
Tiamina (mg)		1.80			1.80			1.80	
Piridoxina (mg)		3.0			3.0			3.0	

Adaptado del NRC, 1984. Nutrient Requirements of poultry. National Academy of Sciences. Washington, USA.

Anexo 7. Fórmula típica para alimentos balanceados

	Aves, %	Porcinos, %	Rumiantes, %
Granos (1)	50 a 55	40 a 45	5 a 10
Tortas oleaginosas (g)			
Torta de soya	12 a 15	2 a 5	0
Torta de algodón	5 a 8	5 a 8	15 a 20
Harina de pescado (2)	5 a 10	2 a 5	0
Subproductos de arroz (3)	5 a 10	10 a 20	15 a 20
Subproductos de maíz (3)	0 a 5	10 a 20	15 a 20
Subproductos de trigo (3)	0 a 5	10 a 20	20 a 30
Carb. de calcio (4)	2 a 6	2 a 3	2 a 3
Hueso o fosfato (Bicálcico) (4)	1 a 2	1 a 2	1 a 2
Sal	0 a 4	0 a 4	<u>5 a 10</u>
Melaza (1)	0 a 4	0 a 8	10 a 15
Vitaminas y minerales (5)	1 a 0	1 a 0	1 a 0

- 1) Fuentes principales de energía (carbohidratos). Sorgo o maíz (reemplazable parcial o totalmente por arroz integral) y parcialmente por harina de yuca (10%), aceite vegetal o grasa animal (5% a 8%). Harina de banano (10%).
- 2) Fuente principalmente de proteína (aminoácidos). Sustituibles uno por otro, parcial o totalmente. Con excepción de la torta de soya que no es totalmente sustituible en avicultura (pollos de engorde). Parcialmente sustituible por harina de carne o harina de sangre.
- 3) Fuentes mixtas principalmente de energía y proteína (aminoácidos). Sustituibles unos por otros, total o parcialmente.
- 4) Fuentes de calcio y fósforo respectivamente (no sustituible uno por otro)
- 5) Contiene vitaminas, minerales menores y aditivos (antibióticos, antioxidantes, coccidiostatos, peletizantes).

Anexo 8. Clasificación de materias primas según la concentración de algunos nutrientes y de otros compuestos

Categoría	Agua (H ₂ O)	Fibra	Cenizas (ASN)	Proteína (N x 6.25)	E.L.N. (NFE)	E.E. (fat)	T.N.D. (TDN)	PARA: Ca y P.
	Porcentaje (%)							
Muy baja	0 a 3.9	0 a 3.9	0 a 1.5	0 a 5.9	1 a 19.9	0 a 0.5	0 a 25	0 a 0.29
Baja	4 a 11.9	4 a 7.9	1.6 a 4.5	6 a 11.9	20 a 34.9	0.6 a 2.5	25.1 a 40	0.3 a 0.59
Media	12 a 23.9	8 a 15.9	4.6 a 9.0	12 a 35.9	35 a 49.9	2.6 a 7.5	40.1 a 55	0.6 a 0.89
Alta	24 a 47.9	16 a 31.9	9.1 a 13.5	36 a 47.9	50 a 64.9	7.6 a 10.0	55.1 a 70	0.9 a 1.19
Muy alta	48 o más	32 o más	13.6 o más	48 o más	65 o más	10.1 o más	70.1 o más	1.2 o más
Ejemplos:								
Torta de soya (al 48%)	11 Bajo	6.0 Bajo	6.0 Medio	48.0 Muy alto	29.0 Bajo	1.0 Bajo	78 Muy alto	Ca = 0.30 P = 0.65 Bajo/medio
Harina de carne y de hueso	7 Bajo	3 Muy bajo	25 Muy alto	55 Muy alto	2 Muy bajo	8 Alto	68 Alto	Ca = 7.86 P = 4.11 Muy altos
Maíz amarillo, en grano	11.5 Bajo	2.5 Muy bajo	1.5 Muy bajo	9.5 Bajo	71 Muy alto	4.0 Medio	80 Muy alto	Ca = .02 P = .27 Muy bajo
Torta de soya	12 Medio	8.0 Medio	5.0 Medio	14 Medio	57 Alto	4.0 Medio	70 Alto	Ca = 0.10 P = 0.90 Muy b./alto
Harina de parte aérea	24 Alto	0.25 Muy bajo	8.5 Medio	2.0 Muy bajo	65 Muy alto	0.25 Muy bajo	55 Medio	Ca = 0.80 P = 0.08 Medio/muy b.
Yuca fresca, raíz	65 Muy alto	1.5 Muy bajo	1.5 Muy bajo	1.25 Muy bajo	30.5 Bajo	0.25 Muy bajo	32 Bajo	Ca = 0.047 P = 0.062 Muy bajo
Yuca, raíz de harina	10 Bajo	3.75 Muy bajo	3.25 Bajo	3.5 Muy bajo	79 Muy alto	0.5 Muy bajo	78 Muy alot	Ca = 0.12 P = 0.16 Muy bajo

Anexo 9. Consumo estimado de MS de diferentes forrajes, expresado como porcentaje de peso vivo

Forraje	Consumo MS (% del PV)	N.D.T. %	E.D. Mcal/kg	E.M. Mcal/kg
Pasto en crecimiento	30 o más	60 - 65	2.750	2.250
Ensilaje de pasto o de maíz	3.0	55 - 60	2.550	2.075
Heno de buena calidad Ensilaje de calidad regular	2.5 - 3.0	50 - 55	2.350	1.900
Heno de calidad media, ± maduros, pastos semillados	1.5	45 - 50	2.100	1.725
Heno con malezas, maduros	1.5 - 1.0	40 - 45	1.850	1.525
Henos de pastos lignificados pajas de cereales, gramíneas de mala calidad	1.0 o menos	35 - 40	1.650	1.350

Fuente: Crampton & Harris, 1969

Anexo 10. Cuadro para liquidación de macrofórmula

Categoría	Agua (H ₂ O)	Fibra	Cenizas (ASN)	Proteína (N x 6.25)	E.L.N. (NFE)	E.E. (fat)	T.N.D. (TDN)	PARA: Ca y P.
	Porcentaje (%)							
Muy baja	0 a 3.9	0 a 3.9	0 a 1.5	0 a 5.9	1 a 19.9	0 a 0.5	0 a 25	0 a 0.29
Baja	4 a 11.9	4 a 7.9	1.6 a 4.5	6 a 11.9	20 a 34.9	0.6 a 2.5	25.1 a 40	0.3 a 0.59
Media	12 a 23.9	8 a 15.9	4.6 a 9.0	12 a 35.9	35 a 49.9	2.6 a 7.5	40.1 a 55	0.6 a 0.89
Alta	24 a 47.9	16 a 31.9	9.1 a 13.5	36 a 47.9	50 a 64.9	7.6 a 10.0	55.1 a 70	0.9 a 1.19
Muy alta	48 o más	32 o más	13.6 o más	48 o más	65 o más	10.1 o más	70.1 o más	1.2 o más
Ejemplos:								
Torta de soya (al 48%)	11 Bajo	6.0 Bajo	6.0 Medio	48.0 Muy alto	29.0 Bajo	1.0 Bajo	78 Muy alto	Ca = 0.30 P = 0.65 Bajo/medio
Harina de carne y de hueso	7 Bajo	3 Muy bajo	25 Muy alto	55 Muy alto	2 Muy bajo	8 Alto	68 Alto	Ca = 7.86 P = 4.11 Muy altos
Maíz amarillo, en grano	11.5 Bajo	2.5 Muy bajo	1.5 Muy bajo	9.5 Bajo	71 Muy alto	4.0 Medio	80 Muy alto	Ca = .02 P = .27 Muy bajo
Torta de soya	12 Medio	8.0 Medio	5.0 Medio	14 Medio	57 Alto	4.0 Medio	70 Alto	Ca = 0.10 P = 0.90 Muy b./alto
Harina de parte aérea	24 Alto	0.25 Muy bajo	8.5 Medio	2.0 Muy bajo	65 Muy alto	0.25 Muy bajo	55 Medio	Ca = 0.80 P = 0.08 Medio/muy b.
Yuca fresca, raíz	65 Muy alto	1.5 Muy bajo	1.5 Muy bajo	1.25 Muy bajo	30.5 Bajo	0.25 Muy bajo	32 Bajo	Ca = 0.047 P = 0.062 Muy bajo
Yuca, raíz de harina	10 Bajo	3.75 Muy bajo	3.25 Bajo	3.5 Muy bajo	79 Muy alto	0.5 Muy bajo	78 Muy alot	Ca = 0.12 P = 0.16 Muy bajo

Anexo 13. Diapositivas que complementan la Unidad

Secuencia 1

- 1.1 Parte aérea de la planta de mandioca
- 1.2 Raíces de mandioca
- 1.3 Corte transversal de la raíz de mandioca

Secuencia 2

- 2.1 Máquina picadora de mandioca tipo Tailandia - Detalle del disco
- 2.2 Corte de raíces de mandioca en la máquina picadora tipo Tailandia
- 2.3 Detalle del disco de la máquina picadora tipo Malasia
- 2.4 Máquina picadora de martillos móviles giratorios
- 2.5 Detalle de los martillos
- 2.6 Pisos de cemento (patios)
- 2.7 Carga trozos frescos de mandioca y su distribución en pisos de cemento
- 2.8 Rastrillo y pala de madera utilizados para esparcir y voltear los trozos de mandioca en los pisos
- 2.9 Volteado de los trozos de mandioca con ayuda de la pala de madera
- 2.10 Prueba al tacto del contenido de humedad de los trozos de mandioca
- 2.11 Recolección y empaque de los trozos secos
- 2.12 Protección nocturna de los trozos de mandioca con plástico cuando están en proceso de secado en pisos de cemento
- 2.13 Detalle de las bandejas utilizadas en el secado de mandioca

- 2.14 Posición de las bandejas para secar bien los trozos frescos de mandioca
- 2.15 Almacenamiento de las bandejas durante la noche
- 2.16 Secador artificial
- 2.17 Secado de la parte aérea de la mandioca que se pica para ensilaje
- 2.18 Demostración del cierre hermético del ensilaje de la parte aérea
- 2.19 Final del ensilaje bajo tierra de la parte aérea-Prueba de calidad
- 2.20 Final del ensilaje bajo tierra de las raíces-Prueba de calidad
- 2.21 Muestra de tres ensilajes: de parte aérea, de raíces y de ambos.
- 2.22 Cerdo alimentándose de trozos de mandioca

Anexo 14. Transparencias para uso del instructor

1. Objetivo Terminal
2. Flujograma de la Unidad
3. Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno

Secuencia 1

- 1.1. Flujograma de la Secuencia 1

Secuencia 2

- 2.1 Flujograma de la Secuencia 2
- 2.2. Flujograma de los principales productos elaborados con la planta de mandioca

Secuencia 3

- 3.1 Flujograma de la Secuencia 3
- 3.2 Evaluación final de conocimientos - Información de retorno