

DIGESTIBILIDAD Y ENERGIA DIGESTIBLE DE ALGUNOS

SUBPRODUCTOS DEL TROPICO

Por

OLGA FRESNILLO MOLINA

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados

Turrialba, Costa Rica

Julio de 1962

DIGESTIBILIDAD Y ENERGIA DIGESTIBLE DE ALGUNOS
SUBPRODUCTOS DEL TROPICO

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar por el grado

de

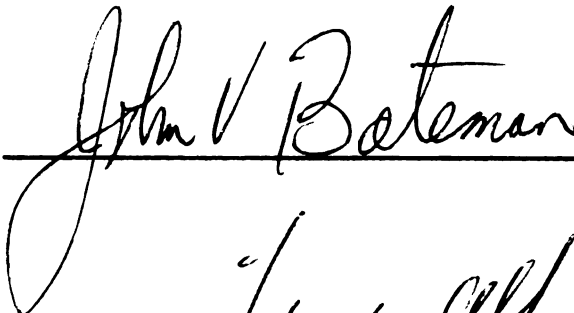
Magister Agriculturae

en el

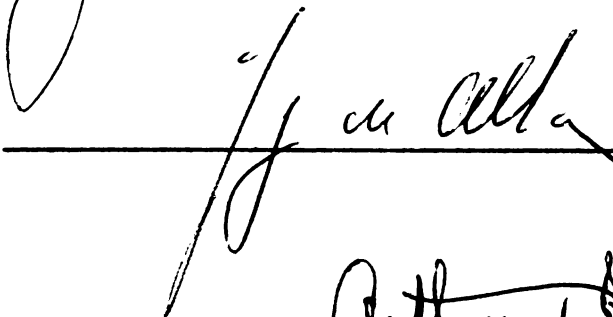
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

La publicación parcial o en cualquier forma de este trabajo,
requiere de permiso escrito de esta Institución.

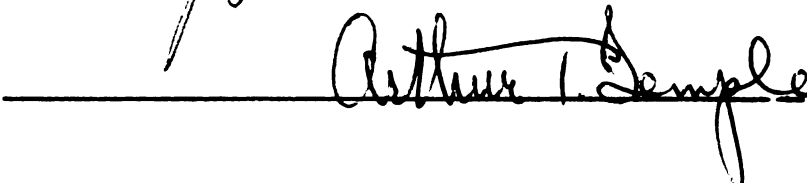
APROBADA:



Consejero



Comité



Comité

Julio de 1962

A mis Padres

A mis Hermanos

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a los Doctores John V. Bateman y Jorge de Alba, a los Ingenieros Joel Maltos, Francisco Morillo y Héctor Muñoz, por sus consejos y ayuda para la realización de este trabajo.

A la Fundación Rockefeller por brindarme la oportunidad de realizar estudios posgraduados.

Se agradece la cooperación del personal del Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola en Costa Rica, que proporcionó la cáscara de cacao que se usó en esta prueba.

BIOGRAFIA

La autora nació en la ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas, México, el 7 de Abril de 1931. Hizo sus estudios primarios, secundarios y de bachillerato en su ciudad natal. Realizó su carrera de Ingeniero Agrónomo de 1953 a 1958 en la Escuela de Agricultura del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores en Monterrey, N. L., México.

En Julio de 1960, ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, como estudiante graduado en el Departamento de Industria Animal.

Terminó sus estudios en Julio de 1962.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	vii
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA	3
MATERIALES Y METODOS	12
RESULTADOS Y DISCUSION	18
CONCLUSIONES	35
RESUMEN	36
SUMMARY	37
LITERATURA CITADA	38

INDICE DE CUADROS

Cuadro Nº		Página
1	Subproductos del arroz en español, inglés y francés	7
2	Composición química del afrecho de arroz	9
3	Análisis químicos de la cáscara de cacao según métodos de secado	11
4	Composición media total de los subproductos usados	13
5	Análisis proximal de las 12 raciones	14
6	Consumo de las 12 raciones en kilogramos de materia seca por 100 kilogramos de peso vivo	19
7	Análisis de varianza de los consumos de materia seca de las 12 raciones y comparaciones	20
8	Resumen de los datos de digestibilidad de las 12 raciones	21
9	Análisis de varianza de los coeficientes de digestibilidad de la materia seca de las 12 raciones, y comparaciones	22
10	Análisis de varianza de los coeficientes de digestibilidad de la proteína cruda de las 12 raciones, y comparaciones	23
11	Análisis de varianza de los coeficientes de digestibilidad de la fibra cruda de las 12 raciones, y comparaciones	24
12	Costos de NDT para las diferentes mezclas de afrechos y energía ingerida a voluntad	26
13	Coefficientes de digestibilidad de la harina de cáscara de cacao, calculados por diferencia	30
14	Análisis de varianza de los coeficientes de digestión de la cáscara de cacao calculados por diferencia	31
15	Resumen de la composición química y coeficientes de digestibilidad de la cáscara de cacao	33

INTRODUCCION

En nutrición animal aplicada, es de primordial importancia conocer los valores nutritivos de los ingredientes con que se elaboran las raciones, para poder balancearlas y hacerlas más eficientes y económicas. Gran parte de la economía dependerá de las fuentes de alimentación que el hombre no utilice directamente.

La producción en los bovinos puede ser limitada por insuficiente ingestión de proteína, pero más a menudo de energía, calcio o fósforo (8), factores a los cuales debemos poner atención en la práctica.

La escasez de cereales en el trópico es un problema que se trata de resolver con subproductos que puedan reemplazarlos en raciones para bovinos y principalmente, en concentrados para vacas lecheras cuyos requerimientos de energía no pueden ser llenados por los pastos.

La experiencia obtenida en otros lugares no puede ser aplicada sin que sufra una modificación para el trópico. Diferentes condiciones de producción, sistemas de almacenamiento y métodos de obtención, son factores que contribuyen en la calidad de los productos y hacen necesario su estudio en cada localidad; así, al tener un mejor conocimiento de su valor nutritivo, podremos convertirlos en fuentes de producción más económicas.

Sabemos que falta información del valor específico de subproductos tropicales, algunos nunca estudiados. En otros, los análisis químicos publicados son muy diferentes a los obtenidos durante cuatro años en Turrialba.

Este trabajo forma parte del Proyecto "Valor Nutritivo de los Forrajes" del Departamento de Industria Animal del I.I.C.A.; sus objetivos principales fueron:

1. Determinar la digestibilidad y la energía digestible de dos calidades del afrecho de arroz.
2. Determinar la digestibilidad y la energía digestible de la cáscara de las bayas o mazorcas del cacao.
3. Determinar la digestibilidad y la energía digestible del afrecho de arroz (dos calidades) y la cáscara de cacao mezclados con suplementos proteicos, de origen vegetal y animal, producidos en la región.
4. Comparar los valores nutritivos y económicos de esos subproductos.

REVISION DE LITERATURA

La energía es el primer factor limitante en el valor nutritivo de los forrajes según afirma Crampton (10). Este autor opina que el valor alimenticio de un forraje depende primeramente de la magnitud de su contribución a la energía necesitada diariamente por un animal, y que las diferencias en este respecto entre forrajes, son casi una consecuencia de las cantidades relativas en las cuales ellos son consumidos voluntariamente.

Desde hace más de un siglo el método de Weende sirve como base para hacer el análisis proximal de los alimentos, y poder evaluar su energía por los métodos de menor costo.

Nutrientes Digestibles Totales (NDT)

Están basados en pruebas de digestión convencionales. Su cálculo se hace multiplicando la cantidad de proteína cruda, fibra cruda, extracto no nitrogenado y extracto etéreo, por los coeficientes de digestión de sus respectivos constituyentes y asignando un valor de "1" a la energía de la proteína digestible, fibra y extracto no nitrogenado, y de 2.25 a la energía digestible del extracto etéreo (12).

Lindahl (29) opina que teóricamente el NDT es el sistema básico menos exacto comparado con el de la Energía Neta y el de la Energía Metabolizable. Los métodos de análisis son de índole empírica, y la rutina práctica de asignar los valores de 1 y 2.25, abren una seria duda. Sin embargo, la objeción más seria desde el punto de vista práctico, es que el NDT sobrestima los valores productivos de los forrajes y concentrados de baja calidad, en comparación con los concentrados de alta calidad.

Aunque el NDT tiene serias limitaciones es fácil de determinar; los valores son útiles para un gran número de alimentos diferentes y sirven de base para las normas de alimentación empleadas corrientemente. En los Estados Unidos, sin duda alguna será el sistema básico para evaluar la energía en este país durante algunos años más (29).

Energía Digestible (ED)

Para expresar el contenido de energía de los alimentos sobre bases más científicas y más exactas que el NDT, algunos investigadores en la última década han empezado a determinar y usar la energía digestible (12, 30, 41).

La energía total es determinada en un calorímetro de bomba, y de la diferencia entre la energía total ingerida como alimento y la energía total excretada en las heces, resulta la energía digestible total o energía digestible del alimento. Algunos investigadores (20, 33, 35, 37, 41) también han calculado la energía digestible de los alimentos con los datos existentes expresados en NDT usando el factor 1 gr. de NDT igual a 4.45 kilocalorías de energía digestible. Han propuesto y encontrado un valor similar en el cual una libra de NDT es igual a 2000 kilocalorías (2 termas) de energía digestible.

Crampton et al (12) y Barth y otros (5) están de acuerdo en que aunque la determinación de la energía digestible debe ser recomendada como una estimación más científica del valor energético de los alimentos que el NDT, existe una alta correlación entre la ED y el NDT, y la energía digestible también sobrestima el valor productivo de los forrajes toscos en comparación con los concentrados.

Oxido crómico en la determinación de la digestibilidad

Para evitar la colección total de heces en las determinaciones de digestibilidad, varios investigadores (9, 11, 13, 23, 39), han propuesto el uso de materiales inertes como indicadores. Los cálculos de la digestibilidad se hacen determinando la concentración del indicador en el alimento y en las heces. Las sustancias indicadoras que han encontrado mayor aceptación son óxido crómico, lignina y cromógenos de las plantas.

Kane et al en 1950 (24), hicieron una comparación de los tres métodos: colección total de heces, lignina y óxido crómico; compararon estadísticamente los resultados y las diferencias encontradas no fueron significativas.

Estos mismos autores en 1952 (25), para averiguar la variación en la excreción de óxido crómico y lignina, hicieron un ensayo dando alimentos con el marcador y tomaron muestras de heces en la mañana y en la tarde. Encontraron diferencias significativas al 5% en el contenido de óxido crómico entre las muestras tomadas en la mañana y las tomadas en la tarde.

Hardison et al en 1956 (19), estudiaron la variación de la excreción del óxido crómico. Dieron el indicador a diferentes intervalos de tiempo: una vez al día, dos veces al día a la hora de las comidas, y dos veces al día entre las horas de comida. Tomaron dos muestras al día y submuestras cada dos horas. Encontraron una variación en la excreción de 91-111%; al suministrar el indicador dos veces al día hubo una variación de 97-103%. La variación podría reducirse con dosis más frecuentes, teóricamente. Encontraron una variación en la excreción altamente significativa entre animales.

Kameoka y colaboradores (22), efectuaron un experimento donde observaron que el movimiento del óxido crómico en el canal digestivo, no es modificado por el tipo de alimento usado, y que al muestrear dos veces al día se obtienen heces representativas de la excreción diaria.

Recientemente Putnam, Loosli y Warner (38), llevaron a cabo un experimento para estudiar los efectos del horario de alimentación, y varias relaciones de forraje-concentrado sobre las muestras de excreción del óxido crómico. De esto se concluyó que el tiempo de administración fue de importancia primordial con respecto a las relaciones tiempo-concentración del óxido crómico fecal. Además, que al tomar muestras fecales cada doce horas, el procedimiento debería ser más exacto que al tomar muestras fecales desiguales más de dos veces al día. Estos autores hicieron estas conclusiones: que el método del indicador deberá dar resultados finales tan o más exactos como los obtenidos con el promedio de los valores de digestibilidad calculados, y su uso preferible deberá ser evidente donde las condiciones no permiten el procedimiento de la colección total, y se desean los valores de digestibilidad.

Determinación química del óxido crómico

Putnam et al (38), citan varios autores y métodos para determinar el óxido crómico: el método originalmente empleado que fue lento y laborioso, y entonces propusieron al ácido perclórico como oxidante; éste fue más rápido pero no fue considerado tan exacto como el primero. Otros trabajadores (26) modificaron el método del ácido perclórico: oxidaron el Cr_2O_3 con ácidos nítrico y perclórico con molibdato como catalizador, calentaron 15 a 20 minutos, después de lo cual se efectuó

la oxidación completa sin efecto detrimento. Este fue el método que usamos para hacer nuestras determinaciones.

Afrecho de arroz

En la elaboración y almacenamiento del arroz es evidente la necesidad de contar con un glosario multilingüe de los términos utilizados para comprender más claramente los muchos problemas técnicos que surgen. En nutrición animal nos interesa saber qué subproducto es y cómo se ha obtenido, para que al hacer una referencia de su valor nutritivo podamos hacer comparaciones del mismo subproducto y no de distintos. Borasio y Gariboldi (6), han publicado un glosario ilustrado de máquinas para la elaboración del arroz con sus subproductos, en español, inglés y francés que se anotan en seguida, Cuadro Nº 1.

Cuadro Nº 1. Subproductos del arroz en español, inglés y francés.

Español	Inglés	Francés
Cáscara	Husks	Balles
Salvado Afrecho	Bran (Stone bran)	Son
Germen	Gern	Germes
Salvado y germen	Bran and gern	Issues de riz
Pulimento	Polish	Issues de polissage
Salvado puro	Pure bran	Son pur
Pulimento puro	Pure polish	Issues pures
Arrocillos (quebrado menudo)	Screenings	Criblures

Estos mismos autores (6) describen los subproductos que se obtienen con las distintas operaciones y máquinas que se usan en la elaboración del arroz: del descascarado del arroz (de Palay a arroz descascarado) se obtienen: a) cáscara, con la descascaradora de discos; b) salvado, con la descascaradora de rodillos de caucho; c) germen con la descascaradora de correa de caucho; y d) arrocillos, con las zarandas, que pueden ser separadoras, clasificadoras vibratorias o de compartimientos.

Al blanquear o perlar el arroz con cáscara (de arroz descascarado a arroz blanco o perlado), se obtienen como subproductos: a) salvado y germen cilindro primera y segunda de la máquina blanqueadora y b) salvado y cilindro tercera con la blanqueadora de diseño americano que puede utilizarse también para descascarar y blanquear en una sola operación. También se puede usar la máquina blanqueadora y pulimentadora de tipo americano que puede descascarar, blanquear y pulir a la vez.

El pulimento es el subproducto que se obtiene al pulir el arroz elaborado (de arroz blanco o perlado a arroz pulido). Este proceso se ejecuta con una pulimentadora o cepilladora, o con la blanqueadora y pulimentadora de diseño americano que puede descascarar, blanquear y pulir en una sola operación.

Al separar el salvado y el cilindro (de una mezcla de moyuelo a salvado puro y cilindro), se obtienen: a) salvado puro; b) pulimento puro; c) germen; y d) arrocillos. Todos estos subproductos se separan con una zaranda clasificadora vibratoria.

En la literatura encontramos que el afrecho o salvado de arroz es un subproducto muy utilizado en la alimentación de cerdos, aves y

bovinos (15, 40); sin embargo, si comparamos los análisis de su composición química, vemos que son muy variables (Cuadro Nº 2).

Cuadro Nº 2. Composición química del afrecho de arroz.

	B a s e S e c a							
	MS %	PC %	EE %	FC %	ELN %	Cenizas %	Ca %	P %
Morrison (34)	90.1	12.8	13.4	13.0	41.1	10.8	.08	1.36
Low grade (34)	90.1	10.0	7.9	20.2	36.8	15.2		
Afrecho "A"*	93.2	6.3	4.0	23.1	45.4	16.2	.01	.23
Afrecho "B"*	94.4	8.6	8.4	17.2	46.6	19.2	.02	.15
Maymone (31)	89-91	11-15	9-18	11-19	42-44	11-16		

* Análisis de muestras locales efectuados en el laboratorio del Departamento de Industria Animal del IICA.

Maymone et al (31), informan que el promedio de los coeficientes de digestibilidad del afrecho de arroz, estimados en dos novillos, fueron: materia orgánica 59.5, proteína cruda 60.2, grasa cruda 79.5, fibra cruda 31.2 y extracto no nitrogenado 62.5; no dan la composición química del afrecho que se usó en esta prueba.

Cáscara de cacao

La utilización de la cáscara de la mazorca o baya del cacao, ha sido motivo de estudio en el campo de la nutrición animal. Uno de sus usos ha sido el de agregarla al suelo como abono (32). Pearman (36) reporta que como fuente de furfural parece ser demasiado baja para una producción económica, así como también sus otros componentes se

encuentran en cantidades no industrializables.

Las primeras observaciones del uso de la cáscara de cacao como alimento fueron hechas en Turrialba, Costa Rica por de Alba y Basadre (1) en 1952. Experimentaron la cáscara en una engorda de porcinos; sustituyeron el 50 por ciento de una ración testigo que contenía 73 por ciento de maíz. En cuanto a aceptación por los animales, los resultados obtenidos, aunque inferiores al testigo, fueron bastante satisfactorios, y los aumentos de peso estadísticamente similares.

De Alba y otros en 1954 (2), en Turrialba, alimentaron vacas lecheras con una ración testigo con 50 por ciento de maíz y otra ración igual donde el maíz era sustituido por la cáscara. Al comparar los resultados obtuvieron diferencia altamente significativa a favor de la ración con cáscara de cacao. Otra segunda prueba similar favoreció nuevamente a la cáscara aunque no con significancia estadística.

En observaciones empíricas y no experimentales Haines y Echeverría (18) de la United Fruit Co. en Honduras, informan en 1955, que efectuaron pruebas en "El Rancho" y "Puerto Arturo", compararon raciones con cáscara de cacao y raciones que contenían 28 y 35.9 por ciento de maíz. El consumo y la producción fueron ligeramente menores en las que contenían cáscara y tuvieron menor aceptación. Calcularon que la cáscara tendría de 96 a 97 por ciento del valor alimenticio del maíz. Estos autores informan que por cada libra de semilla seca de cacao, se producen dos libras de cáscara seca de las bayas.

Larragán en 1958 (28) en Turrialba, efectuó un engorde de bovinos: usó dos raciones, una con 40 y otra con 60 por ciento de cáscara de cacao; comparados los incrementos de peso vivo no dieron significancia

estadística, pero las eficiencias de utilización de alimentos y economía favorecieron al grupo con 40 por ciento de cáscara. Reporta que no es tóxica en vacunos al consumir más de 7 Kgs. diarios, pero sí notó un ligero y persistente efecto diurético. Como concentrado demostró ser bajo en valor nutricional y eficiencia alimenticia.

En el Cuadro Nº 3 se anota la composición química de la cáscara de cacao según dos métodos de secado: lento, con calor solar bajo techo transparente o con exposición directa.

Cuadro Nº 3. Análisis químicos de la cáscara de cacao según métodos de secado.

	Secado lento			Secado rápido			
Cita Bibliográfica Nº	(*)	(2) ^{**}	(16)	(16)	(16)	(18)	(2) ^{***}
Humedad	9.0	12.3	14.9	15.1	15.6	12.6	4.3
Proteína total	3.6	6.8	8.5	6.0	8.9	8.1	8.2
E. L. N.	44.5	39.3	36.1	34.9	33.9	33.6	49.0
Fibra bruta	35.8	33.8	37.1	31.3	28.8	34.8	29.7
Extracto etéreo	0.7	0.8	3.7	2.7	3.1	3.3	1.8
Ceniza	15.4		9.6	10.1	9.6	7.6	
Calcio en la ceniza			0.39	0.19	0.56		
Teobromina							0.04

* Cáscara de cacao quebrada a mano y molida en molino de martillos con cal al 1%, prensada y secada al sol. Análisis del Departamento de Industria Animal del IICA.

** Cáscara fresca quebrada con el pie en piso de cemento y secada a calor solar. Análisis hecho en la Escuela de Nutrición de la Universidad de Cornell, Ithaca, New York.

*** Cáscara fresca, hervida 30" y secada a 60°C. Análisis hecho por la United Fruit Co., New York.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el cuarto para pruebas de digestión y en el laboratorio de análisis químicos, ambos del Departamento de Industria Animal del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas en Turrialba, Costa Rica. Se inició en Setiembre de 1960 y se terminó en Mayo de 1961.

Subproductos usados

Todos los subproductos experimentados fueron de los que se producen y venden en escala comercial en la región, excepto la cáscara de cacao que fue suministrada por el Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola de Costa Rica. Ellos procesaron las mazorcas en la finca "Las Mercedes"^{*} bajo condiciones de prueba y con equipo experimental (14): quebraron a mano las mazorcas y las pasaron primero por un molino de martillos junto con un chorro de agua de cal al 1 por ciento, la cal se usó para ayudar a la expulsión de la humedad, y después, por un cedazo. La mazorca triturada se dejaba en barriles para continuar el tratamiento con cal. El material se puso en sacos, fue prensado y después secado al sol. Nuevamente la cáscara fue molida hasta harina en otro molino antes de mezclarla con los otros ingredientes.

Los análisis proximales de los subproductos se muestran en el Cuadro Nº 4 y el análisis de las raciones en el Cuadro Nº 5.

* Con la cooperación del Sr. Mario Guardia Carballo, Gerente de R. Gutiérrez y Cía. Ltda.

Cuadro Nº 4. Composición media total de los subproductos usados.

Subproducto	B a s e S e c a							
	MS %	PC %	EE %	FC %	Ceniza %	ELN %	Ca %	P %
A [*]	93.2	6.3	4.0	28.1	16.2	45.4	0.01	.23
B	94.4	8.6	8.4	17.2	19.2	46.6	0.02	.15
C	95.23	5.9	0.4	29.2	19.4	45.1	9.8	.15
H	98.7	42.5	9.3	18.5	9.5	20.2		
T	94.2	44.3	11.1	1.7	31.7	11.2		

- ^{*} A = Afrecho
 B = Afrecho fino
 C = Harina de cáscara de cacao
 H = Harina de torta de semilla de algodón o harinolina
 T = Harina de carne o carnarina

Mezclas usadas

A [*]	B
A H	B H
A H T	B H T
A C	B C
A C H	B C H
A C H T	B C H T

En una mezcladora de gusano o tornillo sinfin fueron preparados los alimentos. Para las raciones que llevaban ingredientes proteicos, estas fueron calculadas para que contuvieran 15 por ciento de proteína cruda; a todas las raciones se les agregó 1 por ciento de sal común.

Cuadro No 5. Análisis proximal de las 12 raciones.

Ración	Base Seca									
	M.S.	Cenizas	P.C.	E.E.	F.C.	E.L.N.	Ca	P	Energía Kcal./Kg.	
A	93.2	16.2	6.3	4.0	28.1	45.4	0.01	.23	3,922.480	
A + H	95.0	13.4	15.7	5.6	23.1	42.2	2.31	.17	4,076.920	
A + H + T	96.1	16.3	15.0	5.7	20.4	42.6	1.58	.43	3,933.930	
A + C	95.7	19.9	6.1	1.7	28.8	43.5	4.70	.14	3,345.180	
A + C + H	93.7	14.5	19.5	2.5	19.9	43.6	3.84	.24	3,999.860	
A + C + H + T	93.5	19.6	16.9	2.4	23.1	38.0	5.46	.65	3,474.000	
B	94.4	19.2	8.6	8.4	17.2	46.6	0.02	.15	3,830.340	
B + H	94.8	12.4	16.5	9.6	13.4	48.1	2.00	.20	4,328.160	
B + H + T	94.4	14.3	15.5	8.1	13.1	49.0	1.27	.42	4,098.390	
B + C	93.2	16.1	11.6	3.5	22.5	46.3	4.83	.16	3,678.010	
B + C + H	93.6	13.4	15.9	3.9	19.1	47.7	5.69	.21	4,032.040	
B + C + H + T	94.4	14.3	15.5	8.1	13.1	49.0	5.81	.67	3,730.780	

A = Afrecho de arroz alto en fibra
 B = Afrecho de arroz bajo en fibra
 C = Cáscara de bayas de cacao
 H = Harina de torta de semilla de algodón
 T = Carnarina (tankage).

La cáscara de cacao y el afrecho se mezclaban en iguales proporciones en las raciones que los contenían, asimismo la harinolina y la carnarina.

Animales y manejo

Se escogieron 6 novillas de la raza Criollo Tropical lechera, de 13 a 20 meses de edad. Antes de iniciar el experimento hubo un período de 30 días para acostumbrarlas al consumo de sólo concentrados. Se les dieron 10 gramos de Fenotiazina por cada 100 Kgs. de peso vivo para los parásitos intestinales, y durante el período experimental se les bañó con Asuntol cuando tenían garrapata.

Los alimentos se les proporcionaron "ad libitum" dos veces al día: a las 6 a. m. y a las 4 p. m.

Las 6 novillas criollas fueron distribuidas al azar en los cepos, con comederos individuales, donde permanecían los 12 días de cada prueba. Se les dejaba pastar durante 3 días para suministrarles vitamina A y que además descansaran. Los animales siempre ocuparon el mismo cepo para todas las raciones.

Se dieron alternadamente: una ración con y otra sin suplemento proteico para que los animales no llegaran a un estado de desnutrición por falta de proteínas.

Al terminar cada prueba se pesaban los animales para relacionar el consumo de materia seca con el peso vivo, además de conocer cuándo aumentaban o disminuían de peso y su condición de salud.

Muestreo de heces

Cada prueba de digestibilidad tuvo un período preliminar de 7

días y 5 de colección. El muestreo de heces se hacía directamente del recto a cada animal y su manejo de la manera siguiente: en frascos de vidrio con tapa se tomaba una muestra de 100 gramos entre 6 y 7 a. m. y se guardaba en refrigeración; en la tarde, 5 a 6 p. m., se tomaba otra cantidad igual. Los 200 gramos diarios colectados se mantenían en congelación hasta el final de cada prueba. En una batidora eléctrica se mezclaron las muestras de los 5 días para formar una muestra compuesta que se deshidrató en una secadora de aire a 65°C durante 24 horas.

Determinación de la digestibilidad

Para la determinación de la digestibilidad se usó el método indirecto de sustancias marcadoras utilizando óxido crómico al 0.2 por ciento en los alimentos. Este fue analizado por el método del ácido perclórico descrito por Kimura y Miller (26).

Para el cálculo de la digestibilidad se aplicó la siguiente fórmula (23):

$$\% \text{ Digestibilidad} = 100 - \left(100 \frac{\% \text{ indicador en alimento}}{\% \text{ indicador en heces}} \times \frac{\% \text{ nutrientes en heces}}{\% \text{ nutrientes en alimento}} \right)$$

Los animales no aceptaron consumir la cáscara de cacao molida cuando se les ofreció sola. Por esta razón, el cálculo de su coeficiente promedio de digestibilidad fue obtenida por diferencia de la manera siguiente:

Consumo de alimento conocido	X	Su indigestibilidad	=	Heces de alimento conocido
Heces totales	-	Heces de alimento conocido	=	Heces de alimento en prueba

$$\frac{100 - \text{Heces de alimento en prueba}}{\text{Consumo de alimento en prueba}} \times 100 = \% \text{ Digestibilidad de alimento en prueba}$$

Energía digestible

Se usó un calorímetro de bomba de oxígeno marca Parr, con empaque isotérmico, para medir la energía de los alimentos y heces. La energía digestible se calculó con esta fórmula:

$$\% \text{ Energía Digestible} = \frac{\text{Energía ingerida} - \text{Energía excretada en heces}}{\text{Energía ingerida}} \times 100$$

Análisis químicos

Las muestras de alimentos y heces fueron pasados por un molino Wiley con criba de 1 mm.; se hicieron análisis proximales usando los métodos oficiales de la AOAC (4).

Análisis estadístico de los datos

Con los datos obtenidos de los coeficientes de digestibilidad de materia seca, de proteína cruda y de fibra cruda, se hizo la comparación de las raciones analizando como factorial 3 x 2 x 2 (3 fuentes de proteína, 2 niveles de cáscara, 2 clases de afrecho).

Las raciones se agruparon en la forma siguiente:

Fuentes de Proteína											
Sin I				Harinolina II				Harinolina y carnarina III			
C ₀		C ₁		C ₀		C ₁		C ₀		C ₁	
A	B	AC	BC	AH	BH	AHC	BHC	AHT	BHT	ACHT	BCHT

C₀ = Sin cáscara de cacao

C₁ = Con cáscara de cacao

RESULTADOS Y DISCUSION

Los animales estuvieron en condiciones de buena salud a través del experimento. Se eliminaron únicamente los datos de un animal en la prueba A C H T por mostrar diarrea y consumo bajo. El comportamiento en general fue uniforme en todas las pruebas. Entre animales no hubo diferencia significativa en los consumos, pero sí entre raciones ($P < 0.01$).

Consumo

Durante el experimento no hubo dificultad para que se consumieran las mezclas finas de poco volumen hasta con 28.8 por ciento de fibra cruda. Esto mismo había sido encontrado por Flatt (17) quien dio una ración mucho más baja en fibra (4.99%). La rumia se efectuó ligeramente en las raciones consumidas en mayor cantidad; en general puede decirse que la rumia fue casi nula.

El Cuadro N^o 6 nos muestra los resultados obtenidos respecto al consumo, dado en kilogramos de materia seca por 100 kilogramos de peso vivo. Analizando los datos de consumo, el análisis de varianza nos da diferencia significativa al 1 por ciento entre raciones, y no entre animales. En seguida del análisis de varianza se muestran los contrastes de los consumos de las raciones, (Cuadro N^o 7).

Cuadro Nº 6. Consumo de las 12 raciones en kilogramos de materia seca por 100 kilogramos de peso vivo.

Ración	Consumo Kgs./100 Kgs. de peso vivo	Ración	Consumo Kgs./100 Kgs. de peso vivo
A	1.3	B	2.6
A H	2.8	B H	3.2
A H T	3.3	B H T	3.8
A C	2.1	B C	2.4
A C H	3.0	B C H	3.0
A C H T	1.9	B C H T	2.5

El resumen de los datos de digestibilidad de las 12 raciones está en el Cuadro Nº 8.

Los análisis de varianza de los coeficientes de digestibilidad en materia seca, proteína cruda y fibra cruda de las 12 raciones y sus comparaciones se anotan en los cuadros Nos. 9, 10 y 11.

Afrecho A

1. Consumo

El consumo del afrecho A fue el menor de todos los alimentos dados, (1.3%). Aumentó su consumo con la cáscara hasta 2.1% ($P < 0.01$) y con la harinolina a 2.8% ($P < 0.01$). Mezclado con HT aumentó aún más, hasta 3.3% ($P < 0.01$).



Cuadro Nº 7. Análisis de Varianza de los consumos de materia seca de las 12 raciones y comparaciones.

Fuente de variación	G. de L.	Cuadrados medios	F calculada
Total	71		
Animales	5	0.1932	0.7636 N.S.
Raciones	11	3.0512	10.0600 **
Error	55	0.2530	

Ración	Promedio de consumo de M.S. Kg./100 Kg. de peso		Ración	Promedio de consumo de M.S. Kg./100 Kg. de peso
AH	(2.8)	vs.	A	(1.3) **
AHT	(3.3)	vs.	A	(1.3) **
AHT	(3.3)	vs.	AH	(2.8) N.S.
AC	(2.1)	vs.	A	(1.3) **
ACH	(3.0)	vs.	AC	(2.1) **
ACH	(3.0)	vs.	AH	(2.8) N.S.
ACH	(3.0)	vs.	ACHT	(1.9) **
ACHT	(1.9)	vs.	A	(1.3) **
BH	(3.2)	vs.	B	(2.6) **
BHT	(3.8)	vs.	B	(2.6) *
BHT	(3.8)	vs.	BH	(3.2) *
B	(2.6)	vs.	BC	(2.4) N.S.
BH	(3.2)	vs.	BCH	(3.0) N.S.
BCH	(3.0)	vs.	B	(2.6) N.S.
BHT	(3.8)	vs.	BCHT	(2.5) **
BHT	(3.8)	vs.	BCH	(3.0) N.S.

** = Significativa al 1%
 * = Significativa al 5%
 N.S. = No significativa

Cuadro No 8. Resumen de los datos de digestibilidad de las 12 raciones.

Ración	Coeficiente de Digestión						Energía Digestible KCal./Kg.				
	M.S. D.E. ±	Proteína D.E. ±	Fibra D.E. ±	Energía	D.E. ±	NDT		D.E. ±			
A	45.4	2.4	57.7	4.9	28.7	3.6	48.6	2.5	44.7	1.7	1906.130
A + H	47.3	5.7	76.3	3.1	21.8	5.5	51.6	6.4	50.0	3.9	2101.790
A + H + T	51.5	5.2	78.3	1.7	27.8	7.0	53.0	4.2	50.1	4.2	2084.130
A + C	36.9	3.5	37.9	3.7	25.0	14.6	37.0	6.7	35.2	4.6	1238.670
A + C + H	45.1	1.8	70.7	3.8	20.4	12.3	50.0	2.1	44.1	1.9	2001.460
A + C + H + T	49.3	5.2	74.3	3.5	38.2	7.1	49.9	4.0	44.1	2.6	1734.500
B	53.8	2.1	71.8	1.3	15.6	5.5	56.1	2.1	54.7	1.7	2149.840
B + H	64.0	5.6	76.3	3.2	33.8	10.4	66.6	2.6	68.3	4.8	2883.130
B + H + T	60.0	1.7	72.1	2.9	23.6	3.9	60.5	1.6	61.7	2.3	2478.910
B + C	42.9	3.3	58.6	2.2	25.3	8.2	43.3	3.2	42.8	3.1	1592.150
B ÷ C + H	53.1	3.0	71.6	2.0	20.6	3.7	56.7	2.9	52.8	2.1	2285.61
B + C + H + T	52.7	3.7	67.4	4.7	34.4	7.0	53.9	7.0	49.3	2.6	2013.010
Desviación estandard \bar{X}		3.9		3.3		8.1		4.2		3.3	

Cuadro Nº 9. Análisis de varianza de los coeficientes de digestibilidad de la materia seca de las 12 raciones, y comparaciones.

Fuente de variación	G. de L.	Cuadrados medios	F calculada
Total	71		
Animales	5	9.7040	0.6060
Raciones	11	332.9901	20.1712 **
Error	55	16.0124	
Fuentes de proteína	2	546.3594	34.12 **
A vs. B	1	1350.5271	85.34 **
Con cáscara vs. Sin cáscara	1	1244.1256	77.70 **
Con fuente de proteína vs. Sin fuente de proteína	2	1005.0881	62.77 **

Ración	Promedio de Dig. de M.S.		Ración	Promedio de Dig. de M. S.
AH	(47.3)	vs.	A	(45.4) N.S.
AHT	(51.1)	vs.	A	(45.4) **
AHT	(51.1)	vs.	AH	(47.3) N.S.
A	(45.4)	vs.	AC	(36.9) **
ACH	(45.1)	vs.	AC	(36.9) **
AH	(47.3)	vs.	ACH	(45.1) N.S.
ACHT	(49.3)	vs.	ACH	(45.1) N.S.
AHT	(51.1)	vs.	ACHT	(49.3) N.S.
BH	(64.0)	vs.	B	(53.8) **
BHT	(60.0)	vs.	B	(53.8) **
BH	(64.0)	vs.	BHT	(60.0) N.S.
B	(53.8)	vs.	BC	(42.9) **
BH	(64.0)	vs.	BCH	(53.1) **
BCH	(53.1)	vs.	BCHT	(52.7) N.S.
BCH	(53.1)	vs.	BC	(42.9) **
BHT	(60.0)	vs.	BCHT	(52.7) **

** = Significativa al 1%
 * = Significativa al 5%

N. S. = No significativa

Cuadro Nº 10. Análisis de varianza de los coeficientes de digestibilidad de la proteína cruda de las 12 raciones, y comparaciones.

Fuente de variación	G. de L.	Cuadrados medios	F calculada
Total	71		
Animales	5	11.38	0.72
Raciones	11	753.08	77.45 **
Error	55	15.87	
A vs. B	1	248.16	15.64 **
Con cáscara vs. Sin cáscara	1	1325.18	83.50 **
Fuentes de Proteína	2	2206.77	139.05 **

Ración	Promedio de Dig. de P.C.		Ración	Promedio de Dig. de P. C.
AH	(76.3)	vs.	A	(57.7) **
AHT	(78.3)	vs.	A	(57.7) **
AHT	(78.3)	vs.	AH	(76.3) N.S.
A	(57.7)	vs.	AC	(37.9) **
ACH	(70.7)	vs.	AC	(37.9) **
AH	(76.3)	vs.	ACH	(70.7) *
AHT	(78.3)	vs.	ACHT	(74.3) N.S.
ACHT	(74.3)	vs.	ACH	(70.7) N.S.
BH	(76.3)	vs.	B	(71.8) N.S.
BHT	(72.1)	vs.	B	(71.8) N.S.
BH	(76.3)	vs.	BHT	(72.1) N.S.
B	(71.8)	vs.	BC	(58.6) **
BCH	(71.6)	vs.	BC	(58.6) **
BCH	(71.6)	vs.	BCHT	(67.4) N.S.
BH	(76.3)	vs.	BCH	(71.6) *
BHT	(72.1)	vs.	BCHT	(67.4) *

** = Significativa al 1%
 * = Significativa al 5%
 N.S. = No significativa

Cuadro Nº 11. Análisis de varianza de los coeficientes de digestibilidad de la fibra cruda de las 12 raciones y comparaciones.

Fuente de variación	G. de L.	Cuadrados medios	F calculada
Total	71		
Animales	5	200.00	2.87 *
Raciones	11	254.73	3.65 **
Error	55	69.7710	
A vs. B	1	555.4194	7.9606 **
Con cáscara vs. Sin cáscara	1	394.0092	5.6471 *
Fuentes de proteína	2	228.3123	3.2723 *
Fuentes de proteína x afrechos	2	901.9176	12.9260 **
Afrechos x cáscara	1	425.9496	6.1049 *
Fuentes de proteína x cáscara	2	679.2019	9.8762 **
Fuentes x afrs. x cáscara	2	1836.4191	40.6532 **

Ración	Promedio de Dig. de F.C.		Ración	Promedio de Dig. de F. C.
A	(28.7)	vs.	AH	(21.8) N.S.
A	(28.7)	vs.	AHT	(27.8) N.S.
AHT	(27.8)	vs.	AH	(21.8) N.S.
AC	(25.0)	vs.	A	(28.7) N.S.
AC	(25.0)	vs.	ACH	(20.4) *
ACHT	(38.2)	vs.	AC	(25.0) *
ACHT	(38.2)	vs.	AHT	(27.8) *
ACHT	(38.2)	vs.	ACH	(20.4) **
BH	(33.8)	vs.	B	(15.6) **
BHT	(23.6)	vs.	B	(15.6) N.S.
BH	(33.8)	vs.	BHT	(23.6) *
BC	(25.3)	vs.	B	(15.6) N.S.
BH	(33.8)	vs.	BCH	(20.6) N.S.
BCHT	(34.4)	vs.	BC	(25.3) N.S.
BCHT	(34.4)	vs.	BCH	(20.6) N.S.
BCHT	(34.4)	vs.	BHT	(23.6) *

** = Significativa al 1%
* = Significativa al 5%

N. S. = No significativa

2. Digestibilidad

a. Materia seca. La digestibilidad de la materia seca del afrecho A no aumentó con la harinolina (1.9%). Con cáscara de cacao disminuyó su digestibilidad 8.5% ($P < 0.01$). Con HT aumentó 5.7 ($P < 0.01$).

b. Proteína. El Afrecho A aumentó la digestibilidad de su proteína con harinolina 8.6% ($P < 0.01$). En cambio, con cáscara de cacao la disminuyó 19.8% ($P < 0.01$). Con HT la aumentó 20.6% ($P < 0.01$).

c. Fibra. No hubo diferencia significativa entre la digestibilidad de la fibra de A C y A aunque en la primera fue 3.7% mayor. La digestibilidad de la fibra de A fue mayor 6.9% que la de A H aunque sin significancia. H T la disminuyó 0.9% (N.S.).

Afrecho B

1. Consumo

El consumo de B aumentó con la harinolina 0.6% ($P < 0.01$). En cambio disminuyó 0.2% (N.S.) con la cáscara de cacao. Con H T aumentó el consumo 2.0% ($P < 0.01$) más que dado solo.

2. Digestibilidad

a. Materia seca. La digestibilidad de la materia seca del afrecho B aumentó 10.2% ($P < 0.01$) con harinolina; con la cáscara de cacao disminuyó 10.9% ($P < 0.01$). Mezclado con H T la aumentó 6.2% diferencia significativa al 1%.

b. Proteína. El coeficiente de digestibilidad de la proteína del B aumentó 4.5% (N.S.) con la harinolina. Con cáscara de cacao la disminuyó 13.2% ($P < 0.01$). Con H T la diferencia fue de 0.3% (N.S.).

c. Fibra. La fibra del afrecho B aumentó 18.2% ($P < 0.01$) con

la harinolina y también con la cáscara 9.7% (N.S.). Con H T la diferencia fue de 8%, tampoco significativa.

Afrecho A vs. Afrecho B

En el Cuadro Nº 12 se resumen los valores de NDT de las raciones a base de los afrechos, sus costos, y la energía total ingerida de acuerdo con los consumos totales voluntarios de las raciones y los requisitos de energía según las normas de alimentación del Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos (35).

Cuadro Nº 12. Costos de NDT para las diferentes mezclas de afrechos y energía ingerida a voluntad.

Ración	Costo de 100 lbs. de la mezcla	NDT	Costo de 100 lbs. de NDT	E. D. ingerida de los requi- sitos
	¢ C. R.*	%	¢ C. R.	%
A	7.00	47.7	15.66	32.8
A H	11.00	50.0	22.00	80.1
A H T	11.09	50.1	22.14	97.7
B	11.00	59.7	18.43	74.8
B H	13.02	68.3	19.06	130.5
B H T	12.78	61.7	20.71	141.2

* ¢ 1.00 C. R. = \$ 0.15 U. S.

Costo individual de ingredientes

A = ¢ 7.00/100 lbs.

B = 11.00 "

H = 23.00 "

T = 23.00 "

Observados los datos del Cuadro N^o 12 se hace evidente la mejor calidad y menor costo del afrecho B sobre el A, cuando se mezcla con harinolina ó con harinolina más carnarina, pues es mayor su digestibilidad a medida que se mezcla con los suplementos proteicos, en cambio, en el afrecho A sucede lo contrario, aumenta su digestibilidad pero no en la cantidad suficiente como para justificar su aumento en el costo.

Fuentes de Proteína

Harinolina = H (harina de semilla de algodón). Con el afrecho A, aumenta su consumo, la digestibilidad de su proteína pero no la de su materia seca ni fibra cruda.

Con afrecho B aumenta también el consumo, la digestibilidad de su materia seca, debido a que aumentó la digestibilidad de la fibra aunque no la de la proteína.

La harinolina aumenta también el consumo de A C, la digestibilidad de su materia seca y proteína, y disminuye la de la fibra cruda.

En B C la harinolina tiene un efecto favorable en el consumo y las digestibilidades de su materia seca y proteína pero no en la de su fibra.

Carnarina = T (tankage). El consumo de A H aumentó, aunque no fue significativo, cuando se agregó T. No disminuye la digestibilidad de su materia seca, ni aumenta la digestibilidad de proteína cruda, pero en cambio, sí aumenta la digestibilidad de la fibra cruda.

T aumentó consumo de B H, no disminuyó la digestibilidad de su materia seca, ni aumentó la digestibilidad de la proteína. Sin embargo, bajó la digestibilidad de la fibra cruda.

Sobre A C H la carnarina tuvo estos efectos: disminuyó el consumo, no aumentó la digestibilidad de la materia seca, ni disminuyó la digestibilidad de la proteína cruda, sí aumentó la digestibilidad de la fibra cruda.

Los efectos de la carnarina en B C H fueron: bajó su consumo 0.5% (N.S.); la digestibilidad de la materia seca la disminuyó 0.4% (N.S.). Disminuyó la digestibilidad de la proteína 4.2% (N.S.), y aumentó la de la fibra cruda 13.8%, diferencia tampoco significativa.

Harinolina = H vs. Carnarina = T

El consumo de A fue mayor con H T que con H (N.S.), y mayor también su digestibilidad de materia seca pero sin significancia. Para proteína y fibra tampoco hubo diferencias.

Los efectos del suplemento H comparados con los de H T en el afrecho B dieron: mayor consumo de B H T que de B H ($P < 0.05$), digestibilidad de materia seca, no significativa, ligeramente mayor en B H. Sin diferencia significativa en la digestibilidad de la proteína cruda, pero sí con diferencia significativa al 5% a favor de H vs. H T en la fibra cruda.

En A C el consumo con H fue significativamente mayor que con H T ($P < 0.01$). Las diferencias (N.S.) en las digestibilidades de la materia seca y proteína cruda fueron ligeramente mayores con H T que con H. Para digestibilidad de fibra cruda hubo diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) a favor de H T.

Para la mezcla B C con H o con H T resultó el consumo de materia seca y su digestibilidad ligeramente mayores con H (N.S.). No hubo diferencias significativas para las digestibilidades de proteína cruda

y fibra cruda, aunque la poca diferencia para la proteína cruda favoreció a H y la de la fibra cruda a H T.

Resumidos los resultados para fuentes de proteína muestran que la harinolina aumenta más el consumo y las digestibilidades de materia seca y proteína que la mezcla de H con T. Esto está de acuerdo con Wilson y Wright (42) que encontraron menor aceptación por los bovinos de raciones con 17 por ciento de tankage cuando lo compararon con otros suplementos proteicos. Probablemente la carnarina (tankage) no debe formar más de 10 por ciento de una ración para que pueda ser consumida satisfactoriamente.

La mezcla de H y T es mejor que la T, pues esta, en porcentajes de 10 y 13 por ciento, disminuyó consumos de las raciones y sus digestibilidades.

Con estas consideraciones y el precio de la harinolina igual que la de la carnarina, encontramos que la harinolina es mejor suplemento proteico que la carnarina.

Cáscara de cacao

Los coeficientes de digestibilidad calculados por diferencia, de la materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno de la cáscara de cacao se dan en el Cuadro N^o 13. Los valores de NDT también se anotan en el mismo.

Cuadro Nº 13. Coeficientes de digestibilidad de la harina de cáscara de cacao, calculados por diferencia.

Ración	M.S.	P.C.	E.E.	F.C.	E.L.N.	TDN/100
A + C	32.6	18.4	Neg.	9.4	52.9.	30.0
A + C + H	39.7	17.4	7.7	15.9	37.7	32.9
A + C + H + T	46.1	43.5	Neg.	63.1	35.6	47.9
\bar{X} Ración A ^{★★}	38.5	23.1	Neg.	23.1	42.9	35.5
B + C	32.3	18.1	Neg.	30.6	59.4	31.3
B + C + H	35.4	42.8	Neg.	28.0	39.3	28.9
B + C + H + T	40.9	51.4	53.4	41.2	57.7	36.1
\bar{X} Ración B ^{★★}	36.0	37.0	53.3 ^{***}	32.9	51.7	34.6
Promedio general ^{★★}	36.7	31.6	14.5 ^{***}	29.1	48.3	35 [*]

* Cuando el NDT se calculó usando el promedio individual de los coeficientes de digestibilidad el valor fue de 32.3

★★ Obtenido de las determinaciones individuales.

*** Los valores negativos se consideraron como ceros.

Al hacer el análisis de varianza para las digestibilidades de la cáscara de cacao, ver Cuadro Nº 14, son significativas entre las raciones ($P < 0.05$) pero no entre animales. Debe hacerse notar que las digestibilidades de la cáscara calculadas por diferencia con el afrecho A, son mayores que las obtenidas con el afrecho B. Esas diferencias son altamente significativas dentro de las raciones del afrecho A y no dentro de las del B.

En el Cuadro Nº 14 puede observarse también la interacción de la

cáscara con la carnarina en las mezclas, y las diferencias altamente significativas a favor de la cáscara con T sobre la cáscara sin T.

Cuadro Nº 14. Análisis de varianza de los coeficientes de digestión de la cáscara de cacao calculados por diferencia.

Fuente de variación	G. de L.	Cuadrados medios	F calculada
Total	35		
Animales	5	104.8877	1.64 N.S.
Raciones	5	234.9227	3.68 *
Error	25	638.704	
Con cáscara vs. Sin cáscara	1	777.86	12.18 **

** = Significativa al 1%
 * = Significativa al 5%
 N.S. = No significativa

Efecto de la cáscara de cacao

Con afrecho A. La cáscara de cacao aumenta el consumo del afrecho A por los animales, pero disminuye la digestibilidad de su materia seca ($P < 0.01$), también la de su proteína pero no la de su fibra cruda.

La cáscara con la H no aumenta el consumo ni disminuye la digestibilidad de la materia seca. Disminuyó digestibilidad de la proteína cruda y no aumentó digestibilidad de la fibra cruda.

La cáscara disminuyó el consumo de A H T, no bajó la digestibilidad de su materia seca, tampoco la de su proteína, pero sí la de la fibra cruda.

Con afrecho B. La cáscara no disminuye el consumo de B

significativamente; baja la digestibilidad de su materia seca ($P < 0.01$) y también la de la proteína ($P < 0.01$) pero no la de la fibra cruda.

Con B H la cáscara afectó de esta manera: disminuyó ligeramente el consumo (N.S.), no bajó su digestibilidad de materia seca. La digestibilidad de la proteína cruda la disminuyó ($P < 0.05$), pero no la de la fibra cruda.

Los resultados del efecto de la cáscara con B H T fueron: disminuir su consumo y digestibilidad de su materia seca ($P < 0.01$); y también bajó tanto la digestibilidad de la proteína como la de la fibra cruda ($P < 0.05$).

En el Cuadro N^o 15 se muestran las composiciones químicas de la cáscara de cacao sin tratar con cal y la tratada que se usó para hacer las pruebas de digestibilidad. Puede verse la gran cantidad de cenizas totales (19.4%) de la tratada comparada con la no tratada (9.7%). La diferencia es casi de 10 por ciento y se debe principalmente a la cal que quedó como residuo cuando se trató con agua de cal al 1 por ciento.

Puede ser factible que el alto contenido mineral se traduzca en un descenso del NDT de la cáscara; sin embargo, si hacemos uso de los coeficientes de digestibilidad obtenidos para la cáscara con cal, para calcular el NDT de la cáscara de cacao sin cal, nos da también un valor de 35.4. Este es muy bajo y explica la baja eficiencia de la cáscara reportada por Larragán (28), pero no para lo encontrado por de Alba (2) cuando la comparó con maíz en vacas.

Por otra parte, podríamos pensar en que el alto contenido de cal tuvo algún efecto positivo o negativo en la digestibilidad de los

Cuadro Nº 15. Resumen de la composición química y coeficientes de digestibilidad de la cáscara de cacao.

Análisis	B a s e S e c a									
	M.S.	Cenizas	P.C.	E.E.	F.C.	E.L.N.	Ca	P	NDT	E. D. KCal./Kg.
Cáscara seca no tratada	93.27	9.7	6.8	1.5	35.4	46.6	0.63	0.17	35.4	3,059.530
Cáscara tratada con cal usada en la prueba	95.23	19.4	5.9	0.4	29.2	45.1	9.80	0.15	32.3	2,757.519
Coeficiente de digestión										
Cáscara tratada con cal	36.6	--	31.6	14.5	29.1	48.3	--	--	32.3	----

nutrientes, pues Keener (citado por Ammerman) (3), ha reportado descenso en las digestibilidades de la proteína y energía del ensilaje del pasto cuando dio 100 gramos de carbonato de calcio por cabeza por día a bovinos de engorde; pero Byers (7) informa haber encontrado aumentos significativos de las digestibilidades de la energía, proteína cruda y fibra cruda del heno de alfalfa cuando agregó 100 gramos de carbonato de calcio por cabeza. En otro trabajo de Ammerman y otros (3), averiguaron el efecto de aumentar el nivel de calcio de 1.5 a 3.5 por ciento, en la digestibilidad de la pulpa de cítricos, y encontraron un valor de NDT significativamente más bajo para el 3.5 por ciento de calcio, debido a que los coeficientes de digestibilidad afectados negativamente fueron el E.E. y el E.L. N. Ahora, si comparamos la composición de la pulpa de cítricos con la de la cáscara de cacao de la prueba, ésta no disminuiría probablemente su NDT, pues sólo contiene 0.4% de E.E. y 45.1 por ciento de E.L.N. En nuestras raciones tuvimos porcentajes hasta de 5.81 por ciento de calcio en donde las digestibilidades de la F.C. fueron de las más altas. Nos inclinamos más a pensar que el alto contenido de calcio de la cáscara no haya reducido la digestibilidad de su fibra cruda, pues Iwata (21) en Japón, reporta haber remojado paja durante 48 horas en agua con cal al 1 por ciento, y obtenido resultados satisfactorios al mejorar su digestibilidad.

Por lo expuesto anteriormente y por la cantidad tan grande de cáscara de cacao que se produce, consideramos que deberán hacerse otros trabajos relacionados con el secado de la cáscara, y hacer una evaluación económica con los costos y su eficiencia como alimento.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este experimento, se hacen las siguientes conclusiones:

1. El afrecho bajo en fibra es más aceptado por los bovinos, más digestible y más económico que el afrecho alto en fibra.
2. La harina de bayas o mazorcas del cacao por su alto contenido en fibra y su baja digestibilidad, no puede usarse como ingrediente básico de concentrados de calidad; su utilización económica dependerá de los costos del secado y transporte.
3. A mayor porcentaje de proteína en el alimento se aumentan el consumo y las digestibilidades de la materia seca y de la proteína.
4. La harina de torta o pasta de semilla de algodón (harinolina), es mejor suplemento proteico que la mezcla de harinolina con carnarina (tankage).
5. Con los subproductos experimentados se pueden obtener raciones más bajas en energía digestible que el maíz (de NDT = 80), pero 30 por ciento más económicas.
6. Con algunos de los concentrados, como los experimentados, se pueden llenar los requisitos de energía y proteína de los bovinos.
7. El contenido de fibra cruda disminuye la digestibilidad de la materia seca, pero no la digestibilidad de la fibra.

RESUMEN

Se hicieron pruebas de la digestibilidad del afrecho de arroz con 17.2 y 28.1 por ciento de fibra cruda, y de la cáscara de las bayas de mazorcas del cacao. Las pruebas se hicieron con 6 novillas Criollo Tropicales. Se usó el método del óxido crómico, y para determinar este, el método de Kimura y Miller.

Los afrechos se dieron solos y mezclados con harinolina (harina de torta de semilla de algodón), y con carnarina (harina de carne o tankage). La digestibilidad de la cáscara se calculó por diferencia.

Los valores de NDT promediados para el afrecho fueron: con 28.1 por ciento de fibra cruda, 44.7, y para el afrecho con 17.2 por ciento, 59.7. La cáscara de cacao dio valores de 35.5 y 34.6 con las mezclas del afrecho alto en fibra y el bajo en fibra respectivamente. Se determinaron Ca y P de las raciones. Las determinaciones de energía se hicieron en un calorímetro de bomba.

De los resultados se hicieron las siguientes conclusiones: El afrecho bajo en fibra es más aceptado por los bovinos, más digestible y más económico que el afrecho alto en fibra. La harina de bayas o mazorcas del cacao por su alto contenido en fibra y su baja digestibilidad, no puede usarse como ingrediente básico de concentrados de calidad. La harina de torta o pasta de semilla de algodón (harinolina), es mejor suplemento proteico que la mezcla de harinolina con carnarina (tankage). Con los subproductos experimentados se pueden obtener raciones más bajas en energía digestible que el maíz (de NDT = 80), pero 30 por ciento más económicas. Con algunos de los concentrados, como los experimentados, pueden hacerse mezclas que llenan los requisitos de energía y proteína de los bovinos.

SUMMARY

Two grades of rice bran with 17.2 and 28.2 per cent fiber were used as reference feeds. Each was fed alone to determine its digestibility, and then fed in various combinations with cacao pod meal (husks of Theobroma cacao L.), cottonseed meal and tankage. Six Criollo heifers were used in each trial. Chromic oxide was used to determine the feces voided. Energy determinations were made using a bomb calorimeter.

Total digestible nutrients averaged 44.7 for the bran with 28.1 per cent fiber, and 59.7 for the bran with 17.2 per cent. Cacao pod meal digestibilities were found by difference and averaged. TDN values were 35.5 when fed with high fiber bran, and 34.6 when fed with low fiber bran.

Cottonseed meal proved to be a better source of protein than tankage.

The rations used contained less energy than corn (TDN = 80) but it was demonstrated that a ration could be mixed, from the by-products used, that would be 30 per cent more economical than corn and still fill the requirements for energy and protein.

LITERATURA CITADA

1. ALBA, J. de & BASADRE, J. Ensayos de engorde de cerdos con raciones a base de cáscara de cacao, maíz y bananos. Turrialba 2(3):106-109. 1952.
2. _____ & OTROS. Valor nutritivo de la cáscara de cacao para producción de leche en comparación con maíz molido y harina de yuca. Turrialba 4(1):29-34. 1954.
3. AMMERMAN, C. B. & OTHERS. Nutritive value of dried citrus pulp for steers. Presented at the Animal Husbandry Section of Association of Southern Agricultural Workers Meeting. Jackson Mississippi. 1961.
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 8th. ed. Washington, D. C. 1955. 1008 p.
5. BARTH, K. M., VANDER NOOT, G. M. & CASON, J. L. The quantitative relationship between total digestible nutrients and digestible energy values of forages. Journal of Animal Science 18(2):690-693. 1959.
6. BORASIO, L. & GARIBOLDI, F. Glosario ilustrado de máquinas para la elaboración del arroz. Roma, F.A.O., 1957. 49 p.
7. BYERS, J. H. The digestibility of alfalfa hay by dairy steers as influenced by calcium and phosphorous supplements. Abstract p. 95. Journal of Dairy Science 42(5):935. 1959.
8. CONSO, P. Fattori limitanti la produzione nella alimentazione della vacca da latte. Riv. Zootec., 33:21-24. 1960. (Original not available for examination; abstracted in Nutrition Abstracts and Reviews 30(3):1098. 1960).
9. COUP, M. R. & LANCASTER, R. J. The measurement of feed intake by grazing in cattle and sheep. New Zealand Journal Science Tech. A., 34:347. 1952.
10. CRAMPTON, E. W. Interrelations between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake, and the overall value of forages. Journal of Animal Science 16(3):546-551. 1957.
11. _____ & LLOYD, L. E. Studies with sheep on the use of chronic oxide as an index of digestibility of ruminant rations. Journal of Nutrition 45(3):319-327. 1951.
12. _____, LLOYD, L. E. & MACKAY, V. G. The caloric value in TDN. Journal of Animal Science 16(3):541-545. 1957.

13. CHRISTIAN, K. R. & COUP, M. R. Measurement of feed intake by grazing cattle and sheep. VI. The determination of chromium oxide in feces. New Zealand J. Sci. Tech. A., 36(4):328-330. 1954.
14. DESROSIERS, R. Comunicación personal. Ministerio de Agricultura e Industrias STICA, C. R. 1961.
15. EMASIRI, S. A comparative study of corn and rice bran as constituents of rations for growing market pigs. Phillippine Agriculturist 28:848-855. 1940.
16. FERRAO, J. E. M. Farinhas de cascas de cacau na alimentacao do gado. Agros (Portugal) 40(6):305-316. 1957.
17. FLATT, W. P. Comunicación privada. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Animal Husbandry Research Division, Beltsville, Maryland. Dairy Cattle Research Branch. 1960.
18. HAINES, C. E. & ECHEVERRIA, A. J. Cacao pods as a substitute for corn in tropical dairy rations. Foreign Agriculture 19(5):99-101. 1955.
19. HARDISON, W. A. & OTHERS. Fecal chromic oxide concentration in 12 dairy cows as related to time and frequency of administration and to feeding schedule. Journal of Nutrition 58(1):11-17. 1956.
20. HOPSON, J. D. & OTHERS. Utilization of rations containing different proportions of roughage and concentrate as measured by TDN and DE. Journal of Animal Science 19(3):910-915. 1960.
21. IWATA, H. Effects of urea and its derivatives on milk production and quality. Reprinted from the Proceedings of XV International Dairy Congress. 1959.
22. KANEOKA, K., TAKAHASHI, S. & MARIMOTO, H. Variation in the excretion of chromic oxide by ruminants. Journal of Dairy Science 39(4):462-467. 1956.
23. KANE, E. A. & OTHERS. A comparison of various digestion trial techniques with dairy cattle. Journal of Dairy Science 36(4):325-333. 1953.
24. _____, JACOBSON, W. C. & MOORE, L. A. A comparison of techniques used in digestibility studies with dairy cattle. Journal of Nutrition 41(4):583-596. 1950.
25. _____, JACOBSON, W. C. & MOORE, L. A. Diurnal variation in the excretion of chromic oxide and lignin. Journal of Nutrition 47(2):263-273. 1952.

26. KIMURA, F. T. & MILLER, V. L. Improved determination of chromic oxide in cow feed and feces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 5(3):216. 1957.
27. KING, K. W. & MOORE, W. E. C. Density and size as factors affecting passage rate of ingesta in the bovine and human digestive tracts. *Journal of Dairy Science* 40(5):528-536. 1957.
28. LARRAGAN Z., ARMANDO. La cáscara de cacao en el engorde de bovinos. Tesis sin publicar. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1958. 74 p. illus. (mimeografiada).
29. LINDAHL, ION L. Methods employed in nutrition research. *Techniques and Procedures in Animal Production Research*. Beltsville, Maryland. American Society of Animal Production. 1959. 173-193 p.
30. LOFGREEN, G. P. The use of digestible energy in the evaluation of feeds. *Journal of Animal Science* 10(2):344-351. 1951.
31. MAYMONE, B., TIBERIO, M. & BATTAGLINI, A. Valore nutritivo dei sottopodotti della lavorazione del riso. Reprint from *Alimentazione Animale* August-September 1958. pp. 32. (Original not available for examination; abstracted in *Nutrition Abstracts and Reviews* 30(4):1502. 1960).
32. MILLER M., R. Preparación de compost en cacaotales. *Cacao en Colombia* 2:163-166. 1953.
33. MOORE, L. A., IRVIN, H. M. & SHAW, J. C. Relationship between TDN and energy values of feeds. *Journal of Dairy Science* 36(1):93-97. 1953.
34. MORRISON, F. B. *Feeds and feeding; a handbook for the student and stockman*, 22nd ed. Ithaca, N. Y., Morrison Publishing Co., 1956. 1050 p.
35. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. No. III. Washington, D. C. 1958. 30 p.
36. PEARMAN, R. W., RAYMOND, W. D. & SQUIRES, J. A. Cocoa husks from the Gold Coast as a source of furfural. *Colonial Plant and Animal Products (England)* 2(3):209-210. 1951.
37. PUTNAM, P. A. & LOOSLI, J. K. Effect of feeding different ratios of roughage to concentrate upon milk production and digestibility of the ration. *Journal of Dairy Science* 42(2):1070-1078. 1959.

38. PUTNAM, P. A., LOOSLI, J. K. & WARNER, R. G. Excretion of chromium oxide by dairy cows. *Journal of Dairy Science* 41(3):1723-1729. 1958.
39. SCHURCH, A. F., LLOYD, L. E. & CRAMPTON, E. W. The use of chromium oxide as an index for determining the digestibility of a diet. *Journal of Nutrition* 41(4):629-636. 1950.
40. SMITH, R. M. The use of rice and rice by products in the laying ration. *Univ. Arkansas Agric. Exp. Sta. Bull. No. 478.* 1948. pp. 30.
41. SWIFT, R. W. The caloric value of TDN. *Journal of Animal Science* 16(3):753-756. 1957.
42. WILSON, J. W. & WRIGHT, T. Tankage, a protein supplement for fattening beef calves. *S. Dakota Agric. Exp. Stat. Bull. No. 329,* 1939. pp. 15.