EFECTOS DE LA MELAZA SOBRE EL CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE RACIONES BALANCEADAS PARA BOVINOS EN EL TROPICO

Por

David Hernández Núñez

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

Centro de Enseñanza e Investigación

Turrialba, Costa Rica

Enero de 1968

EFECTOS DE LA MELAZA SOBRE EL CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE RACIONES BALANCEADAS PARA BOVINOS EN EL TROPICO

Por

David Hernández Núñez

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

Centro de Enseñanza e Investigación

Turrialba, Costa Rica

Enero de 1968

6

EFECTOS DE LA MELAZA SOBRE EL CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE RACIONES BALANCEADAS PARA BOVINOS EN EL TROPICO

Tesis

Sometida al Consejo de Estudios Graduados como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA: _____ Consejero
Karel Vohnout, Ph.D.

_____ Comité
John V. Bateman, Ph.D.

_____ Comité
John Blydenstein, Ph.D.

_____ Comité
Vinton Plath, Ph.D.

Enero de 1968

A mis padres

A mis hermanos

A Gilda

BIOGRAFIA

El autor nació en Olanchito, Departamento de Yoro, Honduras, C. A. el 25 de marzo de 1941. Realizó sus estudios primarios en la Escuela "Balbino Bustillo" de la ciudad de Langue, en el Departamento de Valle, y los secundarios en la "Escuela Normal Asociada" en Tegucigalpa, D. C., graduándose de Maestro de Educación Primaria Urbana en 1959.

En 1960 ingresó a la Escuela Agrícola Panamericana, Valle de El Zamorano, Honduras, donde obtuvo el título de Agrónomo, en 1962.

Posteriormente viajó a los Estados Unidos de Norteamérica donde recibió adiestramiento en Educación Agrícola y Ciencia Animal en The University of Arizona, Tucson, Arizona, y "Colorado State University, Fort Collins, Colorado, respectivamente. El título de Bachelor of Science en Zootecnia lo obtuvo en New Mexico State University, University Park, New Mexico, en agosto de 1965.

En el mismo año empezó a trabajar en la Escuela Agrícola Panamericana, desempeñando el cargo de profesor en el Departamento de Industria Animal.

En 1966 ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA para realizar estudios de postgraduado en la Disciplina de Zootecnia, egresando en enero de 1968.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero agradecimiento:

Al Centro de Enseñanza e Investigación por haberme otorgado a través de la Zona Norte del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, la beca para la realización de mis estudios de postgraduado.

Al Dr. Karel Vohnout, consejero principal, por su entusiasmo, sugerencias y eficiente cooperación en el desarrollo del presente estudio.

Al Dr. John Bateman, por su interés y ayuda apreciable durante las etapas de mi tesis.

A los Doctores John Blydenstein y Vinton Plath, integrantes de mi Comité Consejero, por su colaboración desinteresada.

A todos los profesores del IICA, especialmente los de la Disciplina de Zootecnia por sus enseñanzas y consejos que me proporcionaron.

A Guillermo Ramírez y al personal de campo de la Disciplina de Zootecnia por la eficiente ayuda en los laboratorios y en el campo.

A mis compañeros.

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS

INTRODUCCION

En las áreas tropicales por lo general la alimentación de los bovinos se hace exclusivamente a base de pastoreo. Este sistema de alimentación en el mejor de los casos dificilmente llena los requisitos de crecimiento de los animales. Es más, existen zonas en las que todos los años se registran prolongadas épocas de sequía que contribuyen a la escasez de alimentos y a causar pérdidas en las empresas ganaderas. Los cereales y otros productos que se usan para el balance de las raciones del ganado bovino en las regiones templadas son utilizados en los trópicos casi exclusivamente para la alimentación humana, de aves y de porcinos. Por lo tanto, la cantidad de los mismos que se puede usar en las raciones para bovinos se ve limitada por el costo de estos alimentos.

Con el fin de hacer frente a estas situaciones, existe un creciente interés por encontrar la manera económica de alimentar los bovinos usando como ingredientes básicos de las raciones aquellos productos más accesibles en la localidad y cuyo costo permita al ganadero obtener un beneficio mayor de su empresa. La melaza como un subproducto de la industria del azúcar de caña, puede adquirirse en las áreas tropicales a un precio muy inferior al de los cereales. Por el factor económico y además por su contenido energético se ha pensado que pudiera sustituir parcial o totalmente a los cereales en las raciones para bovinos en engorde, y en producción lechera. Se hace pues imperioso [illegible] nar su valor como reemplazo de los cereales en el medio tropical.

En los trabajos realizados hasta la fecha, la melaza era siempre un componente relativamente menor en las raciones suplementarias. Consecuentemente se necesitaba información de su utilización como un constituyente mayor en estas raciones. El objetivo del presente experimento fue determinar la cantidad máxima de melaza que se puede añadir a la ración para bovinos estabulados, sin afectar el consumo y con la menor inversión de dinero. Por esta razón se incluyeron niveles de melaza considerados extremos para raciones básicas en la alimentación de bovinos.

REVISION DE LITERATURA

Composición Proximal de la Melaza

En el Manual del Azúcar de Caña (39) se define a la melaza como "el líquido pesado y viscoso separado de la masa cocida de la cual no se puede cristalizar más azúcar por los métodos usuales en la industria del azúcar de caña". La composición de la melaza varía con la variedad de caña y la forma de industrialización de la misma. Esta variabilidad se puede observar al comparar los análisis de la composición química de la melaza presentados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición proximal de la melaza, en base seca.

	MS %	PC %	EE %	FC %	ELN %	Ceniza %	NDT %	Energía Kcal/Ka
N.R.C. (33)	74,5	4,3	-	-			54,9	
Morrison (32)	73,4	4,1	-	-	84,0	11,7	53,7	
Hernández*	71,5	5,3	2,2	0,7	81,3	10,5	--	5633,4

* Datos colectados en los laboratorios del Departamento de Zootecnia del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.

MS: Materia seca

PC: Proteína cruda

EE: Extracto etéreo

FC: Fibra cruda

ELN: Extracto libre de nitrógeno

NDT: Nutrimentos Digestibles totales

Efectos de la Melaza sobre el Consumo de Alimentos

El consumo de alimentos es un concepto que ha adquirido mucha atención al evaluar mezclas alimenticias para bovinos, especialmente cuando se pretende conocer los efectos de un alimento sobre el consumo total de la ración.

Se ha reportado que niveles de melaza de 33% (6), 64% (42) y ofrecida ad libitum (10) inducen un aumento del consumo de concentrados mientras que disminuye el de los forrajes. Este último resultado no ha sido confirmado por otros estudios en los que la melaza constituyó el 10% de la ración (35), 50% (22) y de 2-8 libras de melaza por cabeza por día (38); en estos estudios se encontró un consumo igual o ligeramente superior de concentrado y forrajes cuando se agregó melaza a la parte concentrada de las raciones. Otros investigadores (4, 22) señalan que las raciones compuestas de pasto y concentrados, con 50% o más de melaza, fueron consumidas en menor proporción que aquellas con menor cantidad de melaza; el consumo de pasto en este caso fue igual o superior al de los animales alimentados con la ración basal de pasto más concentrado, sin melaza.

Efectos de la Melaza sobre la Digestibilidad de las Raciones

El conocimiento de la digestibilidad asociado con el del consumo de las raciones constituyen las bases principales al estudiar los efectos de un alimento sobre la ración total, por lo tanto, es conveniente conocer ambos conceptos antes de iniciar

experimentos para estudiar la eficiencia de las raciones.

Se ha informado que la melaza produce disminución en la digestibilidad de la fibra cruda (4, 5, 7, 8, 22, 30), materia seca (5, 22, 30), proteína cruda (5, 7, 13, 16, 26, 41) y extracto etéreo (5, 7, 17, 22). En contraste se ha encontrado aumento de la digestibilidad de la materia seca (8, 28) y extracto no nitrogenado (4, 6, 7, 8, 16, 26); otros reportes indican que la melaza no influye o afecta ligeramente la digestibilidad de la fibra cruda (17, 26, 38), proteína cruda (6, 22, 30) y del extracto etéreo (6, 26). Esta aparente contradicción posiblemente es debida a condiciones experimentales específicas de cada experimento y especialmente a la sensibilidad de dichos experimentos para detectar diferencias "significativas".

Efectos de la Melaza sobre Aumentos de Peso de los Bovinos

A pesar de la abundancia de trabajos de investigación relacionados con el uso de la melaza en la alimentación animal, los resultados encontrados son variados y no conclusivos. Algunos investigadores (2, 24, 25, 27, 38) han encontrado en bovinos alimentados mediante raciones balanceadas con melaza aumentos de peso comparables y hasta ligeramente superiores a los obtenidos con raciones similares que no la contenían. De acuerdo con los resultados obtenidos por Wayman y colaboradores (44) parece que los aumentos de peso son progresivamente mejores en períodos largos de alimentación de bovinos, posiblemente por la adaptación de

estos al consumo de la melaza. Además, los mejores resultados han sido obtenidos cuando la melaza sustituyó 25-50% de los carbohidratos del concentrado, con mantenimiento de una cantidad de nitrógeno proporcional al aumento de la melaza en la ración (18, 32, 34). En otros estudios (10, 11, 25, 40, 43) no se encontraron diferencias significativas en los aumentos de peso al utilizar niveles comprendidos entre 10-65% de melaza en las raciones. La literatura también informa (3, 20, 21) que niveles superiores al 50% de melaza en las raciones para bovinos, produjeron aumentos de peso menores a los alcanzados en animales que consumieron la ración basal sin melaza. En los estudios realizados en Turrialba los resultados también han sido variados y no conclusivos; Garza (22) encontró que diferentes niveles de melaza en raciones balanceadas no tuvieron efecto sobre los aumentos de peso; sin embargo raciones con 35% de melaza fueron las más eficientemente utilizadas por los animales. Por el contrario, Carrera (9) halló mayores aumentos de peso en novillos alimentados con raciones conteniendo 37% de melaza comparados con aquellos que consumieron raciones con 63% de este alimento. Sin embargo, la primera ración contenía afrecho de arroz, mientras que la segunda contenía bagazo de caña; ambas fueron suplementadas con harina de semilla de algodón como fuente de proteína.

Efectos de la Melaza sobre la Eficiencia de Utilización de las raciones

La eficiencia de las raciones para engorde generalmente se mide por la proporción de alimento requerido por cada unidad de aumento de peso de los animales. En los estudios realizados con raciones hasta con 50% de melaza (2, 35, 38, 40) se ha encontrado aumentos de peso comparables, pero con mayor consumo del alimento, a los producidos por raciones sin melaza.

En resumen, parece que el uso ventajoso de la melaza es dependiente de su concentración en la ración, de la concentración de proteína (18) y del precio de su adquisición.

MATERIALES Y METODOS

Localización

El presente estudio se llevó a cabo en las dependencias y laboratorios del Departamento de Zootecnia del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica. El estudio se inició en junio de 1967 y terminó en diciembre del mismo año.

Manejo de los Animales

En la realización del presente estudio se utilizaron 18 toretes de 12-15 meses de edad, de los cuales 15 fueron Romo Sinuano y tres fueron Criollo. Los animales pertenecían al Departamento de Zootecnia del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Los toretes se mantuvieron en corrales de ceba provistos de comederos individuales. Durante 30 días preliminares a la colección de datos todos los animales fueron sometidos a un período de entrenamiento para acostumbrarlos a permanecer atados, a comer en pesebre y a consumir alimento concentrado. Durante este período los toretes fueron tratados con Fenotiazina y una solución de Neguvón para controlar los parásitos internos y externos. La alimentación pre-experimental consistió en concentrado y pasto ofrecidos ad libitum; dicho concentrado tuvo la fórmula indicada en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición del concentrado para el período pre-experimental.

Alimento	%
Harina de pasta de algodón	33,3
Sorgo	33,3
Cascarilla de semilla de algodón	33,3

Durante todo el experimento, los animales fueron atados a los comederos individuales durante 20 horas diarias, rotando de pesebre cada día para distribuir los efectos del lugar; se les soltó en las cuatro horas restantes para que hicieran ejercicio y bebieran agua.

Fue observado el siguiente horario de trabajo: A las 6 a.m., se pesó los rechazos de pasto del día anterior y se soltó a los animales. A las 10 a.m. se ató nuevamente a los animales en su nuevo lugar y se les dio la ración de concentrado. A las 5 p.m. se pesó los rechazos del concentrado del día y se dio a los toretes la ración de pasto. Tanto el pasto como el concentrado fueron ofrecidos ad libitum, llevándose registro diario de la cantidad de concentrado y de pasto ofrecido y rechazado por cada animal.

Los toretes fueron pesados al inicio del experimento y de cada período, observándose un ayuno previo de 24 horas para redu-

cir la variabilidad debida al contenido de la panza. Todos los pesos se efectuaron siempre a la misma hora.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Tratamientos

Las tres raciones empleadas que corresponden a los tratamientos A, B y C, fueron balanceadas por programación linear para tener igual contenido de materia seca (M.S.), proteína cruda (P.C.) y nutrimentos digestibles totales (N.D.T.). Para dicho balance se utilizó las tablas de composición de alimentos de Morrison (32) y los datos de requerimientos del Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos (33). Los detalles de la composición de las raciones se indican en los Cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Constituyentes de los concentrados ofrecidos. Por ciento en base seca.

Alimento	A	B	C
Cascarilla de semilla de algodón	39,6	23,5	7,6
Harina de pasto de algodón	7,9	13,7	19,5
Sorgo	52,5	26,3	--
Melaza	--	36,5	72,9
Sal*	1,0	1,0	1,0
Hueso*	1,0	1,0	1,0
Total	102,0	102,0	102,0

* Suplementos minerales de las raciones.

Cuadro 4. Principios nutritivos de los concentrados ofrecidos. Por ciento en base seca.

Concentrado	PD	NDT
A	8,6	72,2
B	8,6	72,2
C	8,6	72,2

PD: Proteína digestible
NDT: Nutrimentos digestibles totales.

Para evitar el deterioro por fermentación y enranciamiento, el concentrado C fue mezclado diariamente; los concentrados A y B fueron mezclados semanalmente.

Datos Colectados

Consumo de materia seca:

El consumo del pasto se calculó substrayendo de la cantidad ofrecida, la cantidad del pasto rechazado diariamente por cada animal. Ambas cantidades fueron convertidas a base seca para realizar los análisis estadísticos. En la misma forma se procedió para determinar el consumo de concentrado. El consumo total de alimento fue la suma del consumo neto de concentrado y de pasto.

Consumo de energía digestible:

Para determinar el consumo de energía digestible se realizó

pruebas de digestibilidad con los mismos animales y en los mismos tres períodos experimentales, totalizando tres pruebas de digestibilidad con cada ración. Cada prueba fue de 10 días de duración con un período de preparación de cinco días y otro para colección, también de cinco días.

Para determinar la producción de heces se usó el método del Oxido Crómico (Cr_2O_3). El indicador fue mezclado en el concentrado en la proporción de 0,3% en base seca. La estimación de la producción de heces se basó en la fórmula siguiente:

$$\% \text{ indigestibilidad} = \frac{\% \, Cr_2O_3 \text{ en el alimento}}{\% \, Cr_2O_3 \text{ en las heces}} \times 100 \qquad 1)$$

$$\text{Producción fecal} = \% \text{ indigestibilidad} \times \text{Consumo neto de materia seca de los alimentos} \qquad 2)$$

El muestreo de fecales se realizó directamente del recto de los animales, tomando a las 6 a.m. y a las 5 p.m. muestras de heces de 100 gramos. Dichas muestras fueron mezcladas formando una muestra compuesta diaria por cada animal. De la muestra compuesta diaria se tomaron 100 gramos que fueron secados en un horno Unithern a 100ºC de temperatura por espacio de ocho horas para obtener el dato de materia seca. El resto de cada muestra compuesta diaria fue colocado en bolsas de plástico y se conservó congelado hasta el final de la prueba de digestibilidad, haciéndose luego una muestra compuesta de los cinco días con porciones proporcionales de acuerdo a la materia seca encontrada

diariamente de las mismas. De esta muestra compuesta de cinco días se tomaron 200 gramos que fueron secados en el horno, al igual que las muestras compuestas diarias. Las muestras secas fueron molidas en un molino marca Wiley con criba de 1 mm., y almacenadas hasta que los análisis químicos fueron realizados.

En vista de que el Cr_2O_3 fue mezclado con el concentrado y el alimento total consumido estaba compuesto de concentrado y pasto, el contenido de Cr_2O_3 en el alimento total fue estimado del siguiente modo:

$$\text{Total } Cr_2O_3 \text{ alimento} = \text{\% de } Cr_2O_3 \text{ en concentrados x M.S. concentrados} \qquad 3)$$

$$\text{\% } Cr_2O_3 \text{ alimento} = \frac{\text{Total } Cr_2O_3 \text{ alimento}}{\text{Total MS concentrados + Total MS pastos}} \qquad 4)$$

La digestibilidad de la materia seca (MS) se estimó con la fórmula siguiente:

$$\text{\% digestibilidad materia seca} = 100 - \text{\% de indigestibilidad} \qquad 5)$$

La digestibilidad de los nutrimentos se estimó con el uso de la fórmula que sigue:

$$\text{\% digest.} = 100 - 100 \left(\frac{\text{\% indicador alimento}}{\text{\% indicador en heces}}\right)\left(\frac{\text{\% nutrimento en las heces}}{\text{\% nutrimento en alimento}}\right) \qquad 6)$$

La energía de las muestras de alimentos y fecales se determinaron mediante un calorímetro de bomba de oxígeno marca Parr; la energía digestible se estimó con la fórmula:

$$\% \text{ energía digestible} = \frac{\text{Total energía ingerida} - \text{Total energía excretada en heces}}{\text{Total energía ingerida}} \times 100 \qquad 7)$$

Los nutrimentos digestibles totales (N.D.T.) se calcularon como sigue (32):

% NDT = (% proteína en alimento x Coeficiente digestibilidad x 1,36) + (% carbohidratos alimento x Coeficiente digestibilidad) + (% extracto etéreo alimento x coeficiente digestibilidad x 2,25). 8)

Aumentos de peso:

El aumento total de peso de los animales fue la diferencia entre el peso al inicio y el peso al final de cada período luego de un ayuno de 24 horas.

Arreglo de campo:

Los toretes fueron distribuidos en seis grupos de tres animales homogéneos cada uno, constituyendo una secuencia ortogonal de seis cuadrados latinos de 3 x 3. Los tratamientos fueron asignados al azar entre los animales de cada grupo, en la forma como se indica en el Cuadro 5 (12).

Cada animal pasó por los tres tratamientos, en tres diferentes períodos, siendo en esta forma su propio testigo. La duración de cada período fue de 15 días. Este diseño permitió aislar la variabilidad entre y dentro de animales, así como los efectos

residuales del tratamiento inmediatamente anterior.

Cuadro 5. Distribución de los animales de acuerdo a los tratamientos y los períodos experimentales*.

Períodos	Grupos					
	1			2		
	Animales					
	1	2	3	1	2	3
I	A	B	C	A	B	C
II	B	C	A	C	A	B
III	C	A	B	B	C	A

* Los cuatro grupos restantes fueron distribuidos como el 1 y 2.

Análisis planeados

En el Cuadro 6 se describe el análisis de la variancia que se utilizó para comparar los datos del consumo de materia seca del concentrado, del pasto, del alimento total, del consumo de (E.D.) del alimento total, así como de los aumentos de peso de los toretes.

Para las comparaciones individuales entre los tratamientos se usó la prueba de Rango Múltiple de Duncan (19).

Cuadro 6. Esquema del análisis de la variancia.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad
Secuencias (toretes)	17
Períodos dentro de cuadros	12
Efectos directos (eliminando efectos residuales)	2
Efectos residuales (ignorando efectos directos)	2
Efectos residuales (eliminando efectos directos)	2
Efectos directos (ignorando efectos residuales)	2
Error	20
Total	53*

* Grados de libertad para tratamientos: Efectos directos (eliminando efectos residuales) + Efectos residuales (ignorando efectos directos), o Efectos directos (ignorando efectos residuales) + Efectos residuales (eliminando efectos directos).

Análisis de Laboratorio

Para los análisis proximales de las muestras compuestas de concentrado, heces, pasto ofrecido y pasto rechazado, se utilizaron los métodos recomendados por la Asociación Oficial de Químicos Agrícolas (A.O.A.C.) (1). Las muestras de la ración C (con 73% de melaza) fueron secadas mediante bombillos infrarojos de 250 vatios a una temperatura de 70ºC durante 48 horas.

Para compensar las pérdidas de nitrógeno durante el secado de las heces se usó la ecuación (23): $Y = 1.1252X + 0,12$, en que

Y = % de proteína cruda, determinada en heces húmedas por el método del Macro Kjeldahl y X = % de proteína cruda, determinada en heces secas por el método del Micro Kjeldahl.

El Oxido Crómico (Cr_2O_3) en el alimento y en las heces fue determinado usando el método de Kimura y Miller modificado por Czarnocki (15).

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición de las Raciones

El análisis proximal y energético en base seca de los tres concentrados así como del pasto ofrecido se presenta en el Cuadro 7. Se nota alguna diferencia entre la composición verdadera de los concentrados con la calculada por programación linear, Cuadro 4, utilizando las tablas de composición de alimentos de Morrison (32); esto se debe fundamentalmente a que la composición de los alimentos de la localidad no fue exactamente igual a la de las tablas. Además, en la programación linear se utilizaron valores de proteína digestible. Es un hecho conocido que la composición de los alimentos de origen vegetal está sugeta a variación entre variedades de la especie de que provienen y a las prácticas culturales que se efectúan en su cultivo. La mayor variabilidad fue producida por el sorgo y posiblemente por la cascarilla de algodón. El sorgo apenas tuvo 7,6% de proteína cruda mientras que en las tablas de composición de alimentos de Morrison se indica que tiene 12,2%. Sin embargo, la mayor concentración proteínica de las raciones con melaza no pudo afectar el balance nutricional; el requisito de proteína cruda para estos animales fue de sólo 10%, mientras que las tres raciones presentaron concentraciones más elevadas.

Cuadro 7. Análisis proximal y energético en base seca de los concentrados y del pasto. Valores en por ciento.

Composición	Raciones A	B	C	Pasto
Materia seca	88,4	88,3	75,8	90,0
Proteína cruda	12,2	15,0.	17,0	6,4
Extracto etéreo	4,3	4,4	2,0	2,9
Fibra cruda	19,8	13,5	12,5	34,
Extracto libre de nitrógeno	59,8	59,4	57,4	46,5
Ceniza	4,8	7,6	11,0	10,1
Energía bruta Kcal/Kg. de MS	4461,5	4329,4	4986,4	4151,4

Para poder obtener información sobre las fuentes de error en el método, se hizo un análisis de variancia con los datos de análisis de proteína y fibra de las muestras. Se hizo dicho análisis únicamente para proteína y para fibra cruda, porque se les consideró las estimaciones más críticas entre las realizadas en el análisis proximal. En los Cuadros 8 y 9 se resumen los resultados del análisis de variancia para las determinaciones de proteína cruda y de fibra cruda respectivamente.

Cuadro 8. Análisis de la variancia para proteína cruda. Datos del análisis proximal.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Coeficiente de variación	n
Total	161			
Entre muestras	53	6,74		
Entre replicaciones (dentro de muestras)	108	0,65	6,4	3-4

n = número de replicaciones por muestra para reducir el error experimental al 10% con límites de confianza del 95%.

Cuadro 9. Análisis de la variancia para fibra cruda. Datos del análisis proximal.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Coeficiente de variación	n
Total	103			
Entre muestras	51	10,37		
Error (entre duplicados)	52	3,43	6,2	3-4

n = número de replicaciones por muestra para reducir el error experimental al 10% con límites de confianza del 95%.

De estos resultados se desprende que la variabilidad del muestreo fue similar en los dos análisis, con coeficiente de variación de

6,4% y 6,2% para PC y FC respectivamente. Es posible que la fuente más grande de error en la determinación de PC sea el muestreo, pues el tamaño de la muestra en el método de Micro Kjeldal es 0,1 g. En contraste, en la determinación de FC la mayor parte de error sería la digestión por N_aOH y H_2SO_4. Con la varianza encontrada tanto para PC como para FC y fijando límites de confianza del 95%, se encontró que se requieren 3 a 4 replicaciones por muestra para restringir el error experimental al 10%. La fórmula utilizada para la estimación fue (37):

$$n = \frac{t^2 \times C\ V^2}{e^2} \qquad 9)$$

en donde:

n = número de repeticiones

e = error "permisible"

t = valor tabulado de la distribución de "t", para n-1 repeticiones

C V = coeficiente de variación

Digestibilidad de las raciones

Por definición, la digestibilidad de la materia seca o de algún constituyente de los alimentos, "es aquella fracción de la ingesta que no es recobrada en las heces" (14). Cuando esta fracción no recuperada se expresa como por ciento de la ingesta, recibe el nombre de coeficiente de digestibilidad. Actualmente se considera el estudio de la digestibilidad de los alimentos como uno de los medios más prácticos y eficaces disponibles en

la evaluación de raciones para los animales en producción. El Cuadro 10 resume los coeficientes de digestibilidad de las fracciones, así como los valores de nutrimentos digestibles totales y energía digestible; se acompañan las respectivas desviaciones estandar, correspondiendo estos resultados a la mezcla pasto-concentrado. Se puede observar que los coeficientes de

Cuadro 10. Coeficientes de digestibilidad para las fracciones proximales y porcentajes de nutrimentos digestibles totales y ED de las raciones.

Coeficiente de Digestibilidad	Raciones*		
	A ±	B ±	C ±
Materia seca	44,4 ± 1,4	51,4 ± 1,6	50,3 ± 1,5
Proteína cruda	28,3 ± 3,0	37,7 ± 4,0	35,9 ± 3,8
Extracto etéreo	53,9 ± 4,3	65,5 ± 5,2	40,2 ± 3,2
Fibra cruda	32,7 ± 3,4	27,0 ± 2,8	43,1 ± 4,5
Ceniza	27,7 ± 6,0	37,1 ± 8,0	30,1 ± 6,5
Extracto libre nitrógeno	53,9 ± 5,1	64,0 ± 6,0	61,0 ± 5,8
Energía	45,1 ± 1,4	52,8 ± 1,7	54,6 ± 1,7
Nutrimentos digestibles totales/100 Kg. de MS	46,4 ± 1,4	53,2 ± 1,6	49,3 ± 1,5

* Los errores estandar se refieren a n = 18

digestibilidad de estas raciones son relativamente bajos y menores que los reportados en la literatura (33, 18) para los constituyentes de las raciones cuando se consideran estos separadamente.

Esto puede obedecer a la alta proporción de pasto de bajos porcentajes de nutrimentos consumidos ad libitum por los animales durante el experimento. En todos los casos los valores del análisis proximal para la ración B fueron mayores que aquellos de las raciones A y C. Además, la mezcla C presentó la mayor concentración de energía digestible. Al comparar los coeficientes de digestibilidad de las fracciones proximales, los valores de nutrimentos digestibles totales y de energía digestible de las tres raciones, se encontró lo que se detalla a continuación. Nótese que en algunos casos se utilizó una transformación logarítmica de los datos antes de realizar los análisis de la variancia. Esta transformación fue necesaria (37) para romper la dependencia de la variancia con los promedios, por ser éstos expresados en por ciento. Sin embargo, cuando los valores de los datos no diferieron mayormente, la transformación no se consideró estrictamente necesaria pues la falta de aditividad en el modelo no afectaría mayormente el resultado del análisis.

En términos generales hubo una diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$) entre los coeficientes de digestibilidad de la materia seca de las raciones, según puede verse en el Cuadro 11. Las raciones con melaza fueron más digestibles que las sin melaza ($P \leq 0,01$). Entre las raciones B y C, con melaza, no hubo diferencias significativas. La baja digestibilidad de la ración A se considera que fue debida al alto contenido de cascarilla de semilla de algodón en el concentrado y al menor consumo de pasto por los animales bajo este tratamiento. Según Maynard (31) los

Cuadro 11. Análisis de la variancia de los coeficientes de digestibilidad de la materia seca de las raciones. (a)

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Total	53		
Raciones	2	0.0210**	13,0
Error	51	0.0029	

Ración	Dig. de MS		Ración	Digest. de MS
A	(44,4)	vs.	B	(51,4)**
A	(44,4)	vs.	C	(50,3)**
B	(51,4)	vs.	C	(50,3)

** = Significativa $P \leq 0,01$.

(a) Datos transformados a logaritmos.

alimentos que escapan a una masticación completa, lo que incluye la rumia, se mantendrán más largamente indigeridos en su pasaje a través del tracto digestivo de los bovinos. Este es el caso de la cascarilla, que además de que estuvo medianamente molida es un alimento cuya parte fibrosa es muy consistente y de difícil digestión (32). Lo contrario sucedió en las raciones B y C en las que el consumo de pasto fue mayor y en las que la cascarilla constituyó una menor proporción de los concentrados, ayudando posiblemente a retardar el paso de la ingesta a través del tracto digestivo. Los resultados están de acuerdo con los de Calvo (8)

y Konkris (26) quienes registraron aumentos en la digestibilidad de la materia seca de las raciones con melaza en comparación con las raciones testigo sin melaza; difieren de los resultados de Garza (22), Martin (30) y de Bohman (5), quienes señalan reducción en la digestibilidad de la materia seca a medida que se añade melaza a las raciones. Sin embargo las condiciones experimentales en todos estos experimentos no fueron las mismas.

La energía digestible fue mayor en las raciones con melaza que en las sin melaza ($P \leq 0,01$), correspondiendo a la ración C, con 72,9% de melaza, el mayor contenido de energía digestible. Sin embargo la diferencia encontrada entre B y C no fue significativa. Los resultados del análisis de la variancia están tabulados en el Cuadro 12. La mayor concentración de la energía digestible de las raciones B y C probablemente tiene algún origen en la diferencia del contenido de cascarilla de algodón, pues las raciones fueron balanceadas con datos de las tablas de composición de alimentos de Morrison (32), no teniéndose datos previos del material local. Este aspecto fue ya discutido para digestibilidad de materia seca. Los presentes resultados concuerdan con los de Colobos et al (13) quienes encontraron una mayor digestibilidad de la energía cuando agregaron melaza a la ración basal sin melaza, aunque las diferencias no fueron significativas; por el contrario, Lofgreen (29) encontró menor energía digestible ($P \leq 0,01$) cuando agregó melaza a las raciones.

Cuadro 12. Análisis de la variancia de los porcentajes de energía digestible de las raciones.[a]

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Coeficiente de variación
Total	53		
Raciones	2	0.0345**	13,0
Error	51	0.0029	

Ración	Digest. energía		Ración	Digest. energía
A	(45,1)	vs.	B	(52,8)**
A	(45,1)	vs.	C	(54,6)**
B	(52,8)	vs.	C	(54,6)

** Significativa $P \leq 0.01$

(a) Datos transformados a logaritmos

El contenido de nutrimentos digestibles totales fue el mayor en la ración B, siguiéndole C, siendo el menor A. Los detalles se encuentran en el Cuadro 13. Hay que aclarar que siendo los nutrimentos digestibles totales sólo una aproximación a los valores de energía digestible, se consideró más conveniente estos últimos, cuya discusión se hizo ya anteriormente.

Cuadro 13. Análisis de la variancia de los nutrimentos digestibles totales de las raciones.[a]

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Total	53		
Raciones	2	0.0163**	13,0
Error	51	0.0028	

Ración	Aporte NDT		Ración	Aporte NDT
A	(46,4)	vs.	B	(53,2)**
A	(53,2)	vs.	C	(49,3)
B	(53,2)	vs.	C	(49,3)*

* Significativa $P \leq 0,05$

** Significativa $P \leq 0,01$

(a) Datos transformados a logaritmos

Como se puede ver en el Cuadro 14 la digestibilidad de la proteína cruda fue mayor en la ración B que en la A ($P \leq 0,05$). No se encontró diferencia significativa entre B y C, tampoco entre A y C, aunque la digestibilidad fue mayor en 9,4% en esta última. Los resultados son parecidos a los encontrados previamente en Turrialba (8, 22), pero diferentes a los hallados por otros investigadores (4, 7, 13, 17, 26) que señalan una reducción en la digestibilidad de la proteína cruda cuando se agregan altas cantidades de melaza a las raciones para bovinos. Las

divergencias habidas entre las raciones se atribuyen fundamentalmente a la variabilidad de los subproductos utilizados en el presente experimento, asi como también al diferente origen de los mismos, comparado con los de las tablas de composición de alimentos de Morrison (32). Esta diferencia en composición de los sub-productos fue especialmente notable en el sorgo; en este caso es difícil deducir si las diferencias se debieron al contenido de melaza de las raciones.

Cuadro 14. Análisis de la variancia de los coeficientes de digestibilidad de la proteína cruda de las raciones.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Total	53		
Raciones	2	0.0956*	
Error	51	0.0264	45,0

Ración	Digestibilidad Proteína cruda		Ración	Digestibilidad Proteína cruda
A	(28,3)	vs.	B	(37,7)*
A	(28,3)	vs.	C	(35,9)
B	(37,7)	vs.	C	(35,9)

* Significativa $P \leq 0,05$

Las raciones con melaza presentaron mejor digestibilidad del extracto libre de nitrógeno ($P \leq 0,05$) con respecto a la digestibilidad de la ración A, como puede verse en el Cuadro 15. Esto corrobora los resultados reportados en la literatura (8, 17, 26, 28) los cuales concuerdan en que hay un aumento significativo en la digestibilidad del extracto libre de nitrógeno cuando se agrega melaza a las raciones. Se explican las diferencias encontradas entre las raciones por la naturaleza de los carbohidratos de las mismas, ya que la melaza constituyó la fuente principal de carbohidratos para las raciones B y C, mientras que para la ración A fue el sorgo.

Cuadro 15. Análisis de la variancia de los coeficientes de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno de las raciones.[a]

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Total	53		
Raciones	2	0.0784	40,0
Error	51	0.0213	

Ración	Digest. Extracto libre de nitrógeno		Ración	Digest. Extracto libre de nitrógeno
A	(53,9)	vs.	B	(64,0)*
A	(53,9)	vs.	C	(61,0)*
B	(64,0)	vs.	C	(61,0)

* Significativa $P \leq 0,05$
(a) Datos transformados a logaritmos

En el Cuadro 16 se puede ver que no hubo diferencia significativa entre los coeficientes de la digestibilidad de la ceniza de las tres raciones, a pesar de su origen diverso.

Cuadro 16. Análisis de la variancia de los coeficientes de digestibilidad de la ceniza de las raciones.[a]

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Total	53		
Raciones	2	0.1038n.s.	92,0
Error	51	0.0799	

Ración	Coeficiente Digest. Ceniza		Ración	Coeficiente Digest. ceniza
A	(27,7)	vs.	B	(37,1)
A	(27,7)	vs.	C	(30,1)
B	(37,1)	vs.	C	(30,1)

(a) Datos transformados a logaritmos

La digestibilidad del extracto etéreo, según puede verse en el Cuadro 17, fue la menor en la ración C, y la mayor en la ración B. Tanto las diferencias entre B y C como entre A y C fueron significativas ($P \leq 0,01$ y $P \leq 0,05$ respectivamente). Por el contrario, no se encontró diferencias significativas entre las raciones A y B. Este resultado es justificable al considerar que la ración C estuvo compuesta en su mayor parte de melaza,

alimento que tiene menor proporción de extracto etéreo que los otros constituyentes de las raciones. Además, los animales en el tratamiento C consumieron más pasto que en los otros dos tratamientos; es conocido que el extracto etéreo de los pastos está constituido por cantidades apreciables de pigmentos y otras ceras y mucílagos que son poco digeribles.

Cuadro 17. Análisis de la variancia de los coeficientes de digestibilidad del extracto etéreo de las raciones.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Total	51		
Raciones	2	1294,45*	
Error	49	316,51	33,5

Ración	Promedio de Digest. de MS		Ración	Promedio de Digest. de MS
A	(53,9)	vs.	B	(65,5)
A	(53,9)	vs.	C	(40,2)*
B	(65,5)	vs.	C	(40,2)**

* Significativa $P \leq 0,05$

** Significativa $P \leq 0,01$

Observando los resultados del Cuadro 18, se encuentra que la digestibilidad de la fibra cruda fue mayor en la ración C que en las raciones A y B ($P \leq 0,01$). No se observó diferencia signifi-

cativa entre A y B. Este resultado contrasta con los informes anteriores (4, 5, 7, 8, 22, 29) y los de Garza (22) y Calvo (8) en Turrialba, en los que se encontró disminución en la digestibilidad de la fibra cruda al agregar melaza a las raciones. Sin embargo, en el presente experimento, en la ración C más fibra consumida provino del pasto, mientras que en las otras raciones, con un mayor consumo de concentrado, hubo más consumo de fibra proveniente de la cascarilla de semilla de algodón.

Cuadro 18. Análisis de la variancia de los coeficientes de digestibilidad de la fibra cruda de las raciones.[a]

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Total	53		
Raciones	2	0.2278**	43,0
Error	51	0.0244	

Ración	Digest. fibra cruda	Ración	Digest. fibra cruda
A	32,7	B	27,0
A	32,7	C	43,1**
B	27,0	C	43,1**

** Significativa $P \leq 0,01$

(a) Datos transformados a logaritmos.

Los análisis de variancia de los datos de digestibilidad de la materia seca y de la energía digestible se presentaron en los Cuadros 13 y 14. Con esta información, para la estimación del número de repeticiones se utilizó la fórmula siguiente (37):

$$n = \frac{(Q_{a,f})^2 \ (C\ V)^2 \ F_{(f,\ fo)}}{\delta^2} \qquad 10)$$

en donde:

n = número de replicaciones

$Q_{(a,f)}$ = factor tomado de la tabla de rango múltiple "estudentizado", con a número de tratamientos y f grados de libertad del error.

C V = coeficiente de variación

$F_{(f,fo)}$ = distribución F, con (f, fo) grados de libertad para tratamientos y para el error respectivamente.

δ = diferencia detectable mínima.

Según puede verse en el Cuadro 19, la variabilidad fue similar tanto en las determinaciones de la digestibilidad de la materia seca como de la energía digestible de las raciones; por consiguiente, se encontró que fijando límites de confianza del 95% se requieren 56 repeticiones por determinación para restringir el error al 10%. Esto demuestra que el presente estudio, que constó de 18 repeticiones por tratamiento, no tuvo la sensibilidad para medir diferencias en digestibilidad, entre tratamientos, menores al 10%.

Cuadro 19. Variabilidad en las determinaciones de digestibilidad de la materia seca y energía digestible de las raciones.

Concepto	C V	n
Digestibilidad de la materia seca	13,0	56
Digestibilidad de la energía	13,0	56

n = número de repeticiones por determinación para restringir el error al 10% dejando límites de confianza del 95% en las fuentes de digestibilidad de raciones.

Consumo de las Raciones

En todos los análisis de la variancia de los datos del consumo de las raciones se pudo observar que los efectos residuales de los tratamientos inmediatos anteriores no fueron significativos, evidencia de que las diferencias se debieron fundamentalmente a los efectos directos de los tratamientos.

En los Cuadros 20 y 21 se puede apreciar el consumo diario de alimento por animal, y el consumo de materia seca y de energía digestible por 100 kilogramos de peso vivo, respectivamente. El consumo de energía digestible no alcanzó en ninguno de los casos las cifras de los requerimientos recomendadas por el Consejo Nacional de Investigaciones (33) según puede verse en el Cuadro 26. Sin embargo, el consumo de materia seca por 100 kilogramos de peso vivo de los animales en los tratamientos A y B sí estuvo

dentro de los límites aconsejados por dicho Consejo. No así con la ración C. Esto es una consecuencia del alto consumo de pasto, el mismo que además fue considerado bajo en calidad por ser un pasto maduro alto en fibra. En vista de que interesaba también conocer el efecto de diferentes niveles de melaza sobre el consumo de forraje verde, todos los alimentos fueron administrados *ad libitum*. Consecuentemente, para incrementar el nivel calórico de la ración total y lograr consumos acordes con las recomendaciones de NRC, se debería limitar la administración de pasto.

Cuadro 20. Consumo diario de alimento (kilogramos).

		Raciones		
		A	B	C
Concentrado:				
	Como fue ofrecido	4,0	4,4	2,0
	Materia seca	3,8	1,5	1,5
Total:				
	Como fue ofrecido	12,9	13,9	14,8
	Materia seca	5,4	5,7	4,0
	Energía digestible Megcal.	10,2	12,93	9,2

Cuadro 21. Consumo de materia seca y energía digestible de las tres raciones.

	Raciones		
	A	B	C
Consumo Kg. MS/100 Kg. de peso vivo	2,65	2,89	2,11
Consumo de energía Megcal/ 100 Kg. de peso vivo	5,38	6,68	5,07

Al comparar los datos del consumo de materia seca del concentrado de las tres raciones (presentados en el Cuadro 22) se puede ver que el concentrado C fue consumido en menores cantidades que el concentrado A y el B ($P \leq 0,01$). No se encontró diferencias significativas entre el consumo de materia seca del concentrado A y del B. Este resultado parece estar de acuerdo con lo reportado por Snapp (36) quien indica que un excesivo contenido de humedad en el alimento produce disminución del consumo de materia seca. Los resultados dan soporte a los resultados encontrados anteriormente en Turrialba (22) los cuales señalan una reducción en el consumo de concentrados a medida que se aumentó el nivel de melaza en las raciones para bovinos estabulados.

Cuadro 22. Análisis de la variancia para consumo de materia seca de concentrados. Datos en kilogramos por período.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Animales	17	209,05**	
Período dentro de grupos	12	73,44	
Efectos directos (no ajustados)	2		
Efectos residuales (ajustados)	2	9,85	
Efectos residuales (no ajustados)	2		
Efectos directos (ajustados)	2	4735,33**	
Error	20	67,40	6,66
Total	53		

Ración	Promedio consumo por período		Ración	Promedio consumo por período
A	(50,0)	vs.	B	(53,8)
A	(50,0)	vs.	C	(20,9)**
B	(53,8)	vs.	C	(20,9)**

** Significativa $P \leq 0,01$

Se puede observar en el Cuadro 23 que los animales bajo el tratamiento C consumieron más materia seca de pastos que aquellos en los tratamientos A y B ($P \leq 0.01$). Este resultado es lógico puesto que los animales del tratamiento C, al disminuir el

Cuadro 23. Análisis de la variancia para consumo de materia seca del pasto. Datos en kilogramos por período.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Animales	17	114,07**	
Períodos dentro de grupos	12	56,05*	
Efectos directos (no ajustados)	2		
Efectos residuales (ajustados)	2	23,00	
Efectos residuales (no ajustados)	2		
Efectos directos (ajustados)	2	501,08**	
Error	20	22,66	16,5
Total	53		

Ración	Promedio consumo pasto		Ración	Promedio consumo pasto
A	(24,45)	vs.	B	(26,46)
A	(24,45)	vs.	C	(35,39)**
B	(26,46)	vs.	C	(35,39)**

* Significativa $P \leq 0,05$ ** Significativa $P \leq 0,01$

consumo de concentrado, tuvieron que aumentar el consumo de pasto en un intento de balancear sus respectivos requerimientos alimenticios.

Juntando los consumos de materia seca del concentrado y del pasto, se encontró una diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$)

entre los consumos de materia seca total por los animales de los tratamientos A y B comparados con C. Entre los tratamientos A y B la diferencia fue sólo significativa al nivel de $P \leq 0,05$. Los detalles se pueden apreciar en el Cuadro 24. El bajo consumo en el tratamiento C es consecuencia directa del extremadamente bajo consumo de concentrado que tuvieron los animales bajo este tratamiento.

Cuadro 24. Análisis de la variancia del consumo de materia seca total. Datos en kilogramos por período.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Animales	17	471,01**	
Períodos dentro de grupos	12	142,28**	
Efectos directos (no ajustados)	2		
Efectos residuales (ajustados)	2	61,55	
Efectos residuales (no ajustados)	2		
Efectos directos (ajustados)	2	2380,96**	
Error	20	43,27	9,36
Total	53		

Ración	Promedio consumo alimento		Ración	Promedio consumo alimento
A	(74,5)	vs.	B	(81,1)*
A	(74,5)	vs.	C	(56,3)**
B	(81,1)	vs.	C	(56,3)**

* Significativa $P \leq 0,05$ ** Significativa $P \leq 0,01$

El consumo de energía digestible de las raciones fue mayor en el tratamiento B que en los tratamientos A y C ($P \leq 0,01$). Las diferencias entre A y C no fueron significativas, según se puede ver en el Cuadro 25. El alto consumo de pasto por los animales del tratamiento C, así como el mayor contenido de energía de dicha ración (ver Cuadros 23 y 27) condicionaron una cierta

Cuadro 25. Análisis de la variancia de consumo de energía digestible del total de alimento. Datos en Megcal. por período.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Animales	17	1962,96**	
Períodos dentro de grupos	12	1010,06*	
Efectos directos (no ajustados)	2		
Efectos residuales (ajustados)	2	250,60	
Efectos residuales (no ajustados)	2		
Efectos directos (ajustados)	2	7892,91**	
Error	20	432,37	13,5
Total	53		

Ración	Promedio consumo de ED		Ración	Promedio consumo de ED
A	(142,88)	vs.	B	(181,02)**
A	(141,88)	vs.	C	(138,43)
B	(181,02)	vs.	C	(138,43)**

* Significativa $P \leq 0,05$ ** Significativa $P \leq 0,01$

compensación en el consumo de energía digestible. Esta compensación fue suficiente para poner los tratamientos A y C al mismo nivel, pero no fue suficiente para nivelar B y C. En la literatura son pocos los informes al respecto, por cuanto generalmente los informes se refieren al consumo de materia seca por los animales. Sin embargo, Colobos (13) reporta un aumento no significativo en la digestibilidad de la energía de las raciones con melaza con respecto a los testigos sin melaza, que se tradujo en un ligero aumento en el consumo de energía digestible.

Para estimar la sensibilidad del experimento se hizo un análisis de variación con los datos de consumo de materia seca y de energía digestible, según puede verse en los Cuadros 24 y 25, obteniéndose en esta forma el respectivo coeficiente de variación. Esta información fue utilizada en la fórmula que se describe a continuación, obtenida de la fórmula No. 10 utilizada anteriormente para encontrar el número de repeticiones en los análisis de digestibilidad:

$$\delta = \frac{(Q_{a,f})\ (C\ V)\sqrt{F_{f,fo}}}{\sqrt{n}} \qquad 11)$$

en donde:

δ = diferencia detectable mínima

$Q_{(a,f)}$ = factor tomado de la tabla de rango múltiple "estudentizado", con a número de tratamientos y f grados de libertad del error.

C V = coeficiente de variación

$F_{(f,fo)}$ = distribución F, con (f, fo) grados de libertad para tratamientos y para el error respectivamente.

Según puede verse en el Cuadro 26, en el presente experimento no fue posible detectar diferencias menores de 21,3% en el consumo de energía digestible, y menores de 14,8% en el consumo de materia seca, con un intervalo de confianza del 95%.

Cuadro 26. Diferencias significativas mínimas detectables en el consumo de materia seca y energía digestible de las raciones.

Concepto	δ
Consumo total de materia seca	14,8%
Consumo de energía digestible	21,3%

δ = Diferencia detectable mínima.

Consecuentemente, diferencias entre tratamientos menores a las indicadas no pueden ser significativas. El experimento fue más sensitivo para consumo de materia seca que para consumo de energía digestible como consecuencia del hecho que en la determinación de este último parámetro se incluyen todos los errores de la metodología en la determinación de energía digestible; dichos errores no existen en la determinación del consumo de materia seca. Por consiguiente, para poder detectar diferencias menores, dentro del mismo criterio de significancia, sería necesario aumentar el denominador de la ecuación No. 11. En otras palabras, se requeriría aumentar el número de animales por tratamiento. Con el diseño experimental utilizado, ésto sería

posible simplemente aumentando el número de cuadrados latinos (grupos de animales).

Aumentos de Peso

A pesar de que el experimento no fue diseñado para medir aumentos de peso, es interesante anotar que en la ración C los aumentos de peso fueron significativamente menores que los de las raciones A y B ($P \leq 0,01$). No se registró diferencia significativa entre A y B. Estos resultados deben tomarse con reserva, pues el experimento fue diseñado únicamente para medir consumo de alimento. Los detalles se presentan en el Cuadro 28. El resumen de los aumentos de peso por período, así como el incremento diario están tabulados en el Cuadro 27. Los resultados de

Cuadro 27. Resumen de los aumentos de peso de los animales. Datos en kilogramos.

	Raciones		
	A	B	C
Peso inicial	190,3	190,1	192,4
Peso final	198,1	198,2	194,6
Aumento total*	7,8	8,1	2,2
Aumento diario	0,55	0,58	0,16

* Por período de 15 días.

los aumentos de peso están en contradicción con los de consumo de energía digestible, en especial cuando se comparan las raciones A y C. En otras palabras, el aumento de la concentración de la melaza redujo la eficiencia de la energía digestible de las raciones. Es importante anotar que algunos animales perdieron peso cuando estuvieron en el tratamiento C.

Cuadro 28. Análisis de la variancia para aumentos de peso de los animales. Datos en kilogramos por período.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Coeficiente de variación
Animales	17	9,56	
Períodos dentro de grupos	12	36,80	
Efectos directos (no ajustados)	2		
Efectos residuales (ajustados)	2	18,11	
Efectos residuales (no ajustados)	2		
Efectos directos (ajustados)	2	127,36*	
Error	20	31,94	93,5
Total	53		

Ración	Promedio Aumentos de peso		Ración	Promedio Aumentos de peso
A	(7,80)	vs.	B	(8,10)
A	(7,80)	vs.	C	(2,20)**
B	(8,10)	vs.	C	(2,20)**

* Significativa $P \leq 0,05$ ** Significativa $P \leq 0,01$

Los resultados obtenidos con la ración B, con 36% de melaza confirmarían algunos informes de la literatura (18, 32, 34) en los que se indica que mejores resultados en el engorde de bovinos con raciones con melaza han sido obtenidos cuando este alimento sustituyó no más del 50% de los carbohidratos del concentrado. También se confirma el hecho de que niveles superiores al 50% de melaza en las raciones producen menores aumentos de peso comparados a los producidos por raciones con cantidades moderadas de este constituyente (2, 20, 21).

Aunque los datos no son concluyentes al considerar la eficiencia de las raciones, el tratamiento B, con 36,5% de melaza tuvo una eficiencia similar a la de la ración testigo sin melaza. El tratamiento C, por tener los mayores consumos de alimento por kilogramo de incremento de peso fue el menos eficiente de los tres tratamientos.

Estimación económica de las raciones

En el Cuadro 29 se indican los costos de las tres raciones asi como la estimación del valor de las mismas en el engorde de bovinos.

La ración B resultó ser la que produjo los aumentos de peso más baratos. Se debe anotar que ninguna de las raciones pagó el gasto. Nuevamente se hace enfasis señalando que estos resultados deben tomarse con cautela por el hecho de que el experimento no se planeó para medir aumentos de peso y eficiencia de las raciones.

Cuadro 29. Estimación económica de las tres raciones.

	Raciones		
	A	B	C
Costo de los concentrados ¢/Kg.	0,37	0,27	0,19
Costo del pasto*	0,03	0,03	0,03
MS consumida por kilogramo de aumento de peso (promedio)	9,81	9,65	25,50
Alimento total como fue ofrecido 1 Kg. de peso (promedio)	23,45	23,94	92,50
Costo por 1 Kg. de aumento de peso ¢	3,16	2,53	4,78
Precio de venta ¢/Kg.	1,50	1,50	1,50
Diferencia	-1,66	-1,03	-3,28

* El costo del pasto incluye únicamente el valor de corte y acarreo del material ofrecido a los toretes.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este estudio se concluye que:

1. Los mayores consumos de Energía Digestible se obtuvieron con concentraciones de 36,5% de melaza, encontrándose que niveles de 72,9% de melaza en el concentrado de las raciones fueron inadecuadas.
2. Como consecuencia del bajo consumo de concentrado, los altos niveles de melaza de la ración C condujeron a un aumento significativo en el consumo de pasto.
3. Ninguna de las tres raciones cubrió los requisitos de energía digestible de los animales, aconsejándose consecuentemente restringir el consumo del pasto para producir mayor concentración calórica en el consumo total de alimento.
4. Ninguna de las tres raciones cubrió el gasto, debido a la aparente baja eficiencia de las raciones.
5. La digestibilidad de la materia seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno y energía, fue significativamente mayor en las raciones con melaza que en las sin melaza. Lo contrario sucedió con el extracto etéreo posiblemente por el mayor consumo del pasto en las raciones con melaza.
6. Se requiere por lo menos 3-4 replicaciones por muestra en los análisis proximales de los alimentos para reducir el error experimental al 10% dentro de niveles de confianza del 95%.

7. En las pruebas de digestibilidad realizadas por el método del óxido crómico (Cr_2O_3), para restringir el error experimental al 10% con límites de confianza del 95% se requiere un mínimo de 56 animales, en las condiciones experimentales del presente trabajo.

8. Se aconseja que en una etapa posterior se diseñe un experimento para medir eficiencia de las raciones con melaza, pero restringiendo el consumo de pasto o mejorando su calidad.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Zootecnia del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica. Su objetivo fue determinar la cantidad máxima de melaza que se puede añadir a las raciones para bovinos engordados en establo, sin afectar negativamente el consumo de nutrimentos y con la menor inversión de dinero.

Para la evaluación del consumo y la digestibilidad se utilizaron tres raciones con niveles de melaza entre 0 y 72,9%. Los animales experimentales fueron 18 toretes de 12-15 meses de edad. Después de un período preliminar de entrenamiento de 30 días, los toretes fueron distribuidos en seis grupos asignando los tratamientos al azar entre los tres animales de cada grupo. El diseño constituyó un conjunto ortogonal de cuadrados latinos de 3 x 3. Los tratamientos consistieron en la administración *ad libitum* de raciones con 0,0 (A), 36,5 (B) y 72,9 (C) por ciento de melaza, manteniendo iguales materia seca, proteína digestible y nutrimentos digestibles totales. Además, los animales tuvieron libre consumo de pasto cortado. Los toretes se alternaron en cada tratamiento en períodos de 15 días, siendo así su propio testigo.

El consumo de materia seca del concentrado fue mayor en los animales bajo raciones A y B ($P \leq 0,01$) mientras que el consumo de pasto, fue significativamente mayor en la ración C ($P \leq 0,01$). El consumo de energía digestible de la ración B fue mayor que

los de A y C ($P \leq 0,01$); en ninguno de los tratamientos los consumos de energía digestible llenaron los requisitos de los animales. El consumo de materia seca total fue adecuado unicamente para los tratamientos A y B.

La digestibilidad de la materia seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno y energía, fue significativamente mayor en las raciones con melaza que en las sin melaza. Lo contrario sucedió con el extracto etéreo posiblemente por el mayor consumo del pasto en las raciones con melaza.

Los aumentos de peso producidos por la ración C fueron menores que los de las raciones A y B ($P \leq 0,01$), pero estos resultados no son concluyentes puesto que el experimento se diseñó para medir consumo y digestibilidad de las raciones, mas no aumentos de peso ni costos-beneficios.

Se concluyó que niveles de melaza de 72,9% de las raciones son inadecuadas, pues reducen excesivamente el consumo de concentrado.

En consecuencia, la ración con 36,5% de melaza fue la más adecuada por el mayor consumo de energía digestible, teniendo un precio intermedio entre la ración central y la ración con 72,9% de melaza. Además indujo los mejores aumentos de peso a menor costo que las otras raciones. Sin embargo el análisis sencillo de costos-beneficios mostró pérdidas para todas las raciones.

SUMMARY

The present study was carried out in the Department of Animal Industry of the Inter-American Institute of Agricultural Sciences of the OAS in Turrialba, Costa Rica. The objectives was to determine the maximum quantity of molasses that could be added to the bovine fattening ration without decreasing consumption or digestibility. The costs of rations with different levels of molasses were studied.

To evaluate consumption and digestibility, three rations with 0.0, 36.5, and 72.9 percent molasses were utilized. Eighteen bull calves from 12 to 15 months of age were used in the experiment. A preliminary period of 30 days was used to allow the bull calves to adjust to the dry-lot feeding regime. The animals were divided into six similar groups based on weight. Each group was randomly assigned a molasses level in a 3 x 3 Latin Square change-over design for three 15-day periods. Orthogonal comparisons were utilized. The three levels of molasses in the concentrates were (A) 0.0, (B) 36.5, and (C) 72.9%. The concentrates were standarized to the same level of dry matter, TDN, and digestible protein. Feeding was ad libitum. The animals also had free access to green chop forage throughout the experiment.

Consumption of concentrate dry matter was higher for animals fed rations A and B ($P \leq 0.01$). Consumption of forage dry matter was highest for animals fed ration C ($P \leq 0.01$). None of

the rations furnished sufficient digestible energy to meet the animals' requirements.

The digestibility of dry matter, crude protein, crude fiber, nitrogen free extract, and energy, was higher in the ration with molasses than in the control ration without molasses. The opposite occurred in the digestibility of the ether extract, probably due to the higher consumption of pasture by animals which were fed the rations with molasses.

The weight of animals fed ration C was less than for those fed rations A and B ($P \leq 0.01$). These results, however, cannot be considered conclusive because the experiment was designed to measure consumption and digestibility but not weight gain nor cost-benefits.

It was concluded that rations containing 72.9% molasses were unsatisfactory for fattening because they reduce the consumption of concentrates. Consequently, rations containing 36.5% molasses were considered more adequate to induce a higher consumption of digestible energy. The weight gains were most economical for animals fed this ration. However, the tentative cost-gain analysis showed net losses for all three rations.

LITERATURA CITADA

1. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Methods of analysis. 9th. ed. Washington, D. C., Association of Agricultural Chemists, 1960. 832 p.

2. BARNETT, E., y GOODELL, C. J. Preliminary reports of experiments with feeding steers, using cottonseed meal and molasses. Mississippi Agricultural Experiment Station. Circular no. 48. 1923. 12 p.

3. BATES, J. P. A comparison of feeding ground corn cobs and a liquid urea-molasses mix with and without ethyl alcohol to yearling dairy heifers. Journal of Dairy Science 43:1820-1825. 1960.

4. BEARNES, R. M. Bagomolasses as the basis of a fattening ration for cattle. Queensland Journal of Agricultural Science 18(3):425-436. 1961.

5. BOHMAN, V. R. et al. The utilization of molasses and urea in the rations of growing dairy cattle. Journal of Dairy Science 37(3):284-293. 1954.

6. BRAY, C. I. et al. Feeding blackstrap molasses to fattening steers. Louisiana Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 394. 1945. 43 p.

7. BRIGGS, H. M. y HELLER, U. G. The effect of adding blackstrap molasses to a lamb-fattening ration. Journal of Agriculture Research 60(1):65-72. 1940.

8. CALVO CEDEÑO, H. Determinación de la digestibilidad de heno de pangola y de una mezcla suplementaria con alto contenido de melaza de caña. Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, 1966. 45 p.

9. CARRERA, C. Melaza de caña de azúcar en la alimentación de bovinos de leche y carne. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1955. 79 p. (mecanografiada).

10. CHAPMAN, H. L., KIDDER, R. W. y PLANT, S. W. Comparative feeding value of citrus molasses, cane molasses, ground snapped corn and dried citrus pulp for fattening steers an pasture. Florida Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 531. 1953. 16 p.

11. CLAMOHOY, L. L., CALO, L. L. y PALAD, O. A. The feeding value of cane molasses. Philippine Agriculturist 41(4): 197-203. 1957.

12. COCHRAN, W. G., AUTREY, C. M. y CANNON, C. V. A double changeover design for dairy cattle feeding experiment. Journal of Dairy Science 24(11):937-951. 1941.

13. COLOBOS, N. F. et al. The nutritive value of wood molasses as compared with cane molasses. Journal of Dairy Science 32(11):907-913. 1949.

14. CRAMPTON, E. W. Nutrición animal aplicada. Trad. del inglés por Andrés Marcos Barrado y Miguel Angel Gavín. Zaragoza, Editorial Acribia, 1962. 415 p.

15. CZARNOCKI, J., SIBBALD, I. R. y EVANS, E. V. The determination of chromic oxide in samples of feed and excreta by acid digestion, and spectrophotometry. Canadian Journal of Animal Science 41(1):167-169. 1961.

16. DAVIS, C. L., BYERS, J. H. y LUBER, L. E. An evaluation of the chromic acide method for determining digestibility. Journal of Dairy Science 41:152-159. 1958.

17. DAVIS, R. F. et al. Feeding value and digestibility of cane molasses nutrients for dairy heifers. New York (Cornell) Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 914. 1955. 27 p.

18. DE ALBA, J. Alimentación del ganado en América Latina. México, La Prensa Médica Mexicana, 1958. 337 p.

19. DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11(1):1-42. 1955.

20. DYER, A. J. y WEAVER, L. A. Corn substitutes for fattening cattle. Missouri Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 641. 1955. 12 p.

21. GALLUP, W. D., WHITEHAIR, C. K. y BELL, M. C. Utilization of urea and protein nitrogen by ruminants fed high-molasses and sugar rations. Journal of Animal Science 13:594-600. 1954.

22. GARZA, R. Efecto de diferentes niveles de melaza en la ceba de novillos. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1960. 50 p. (mecanografiada).

23. JUKO, C. D., BREDON, R. M. y MARSHAL, B. The nutrition of Zebu cattle. II. The techniques of digestibility trials with special reference to sampling, preservation and daying of faeces. Journal of Agricultural Science 56(1):93-98. 1961.

24. KIRK, W. G. et al. Feeding value of citrus and blackstrap molasses for fattening cattle. Florida Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 575. 1956. 23 p.

25. KLOSTERMAN, E. W. et al. Relationships between level of protein, molasses and quality of hay in rations for fattening cattle. (Abstract). Journal of Animal Science 13:990. 1954.

26. KOMKRIS, T., STANLEY, R. W. y MORITA, K. Effect of feeds containing molasses fed separately and together with roughage an digestibility of rations, volatile fatty acids produced in the rumen, milk production and milk constituents. Journal of Dairy Science 48:714-719. 1965.

27. LANTOW, J. L. Steer fattening rations build largely around ground corn fodder and silage with cottonseed meal and molasses as the added concentrates. New Mexico Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 211. 1933. 8 p.

28. LEVITT, M. S., TAYLOR, J. J. y HEGARTY, A. Studies an grass silages from predominantly Paspalum dilatatum pastures in South Eastern Queensland. I. A comparison and evaluation of the additives metabisuphite and molasses. Queensland Journal of Agricultural Science 19(2):153-175. 1962.

29. LOFGREEN, G. P. y OTAGAKI, K. K. The net energy of blackstrap molasses for fattening dairy cows. Journal of Dairy Science 43(2):220-230. 1960.

30. MARTIN, R. J. y WING, J. M. Effect of molasses level an digestibility of a high concentrate ration and an molar proportions of volatile fatly acids produced in the rumen of dairy steers. Journal of Dairy Science 49: 846-849. 1966.

31. MAYNARD, L. A. Animal nutrition. 5th. ed. New York, Mc Graw-Hill, 1962. 533 p.

32. MORRISON, F. B. Feeds and feeding; a handbook for the student and the stockman. 22th. ed. Ithaca, N. Y., Morrison, 1956. 1050 p.

33. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requeriments of beef cattle. IV. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1963. 30 p.

34. SCOTT, M. L. Use of molasses in the feeding of farm animals. Sugar Journal 16(4):29-32. 1953.

35. SKINNER, J. H. y KING, F. G. Cattle feeding, 1936-1937: cane molasses. Indian Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 430. 1938. 8 p.

36. SNAPP, R. R. y NEUMANN, A. L. Beef cattle. 5th. ed. New York, Wiley, 1965. 684 p.

37. SNEDECOR, G. W. Métodos de estadística su aplicación a experimentos en agricultura y biología. Traducido de la 5a edición en inglés por Angel Reynosa Fuller. México, Continental, 1964. 626 p.

38. SNELL, M. G. Blackstrap molasses and corn soybean silage for fattening steers. Louisiana Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 266. 1935. 22 p.

39. SPENCER, G. L. y MEADE, G. P. Manual del azúcar de caña para fabricantes de azúcar en caña y químicas especializadas. 9a. ed. 1963. Traducido del inglés por Mario G. Monocal. Barcelona, Mantaner & Simon, 1967. 940 p.

40. TILLMAN, A. D. et al. Methods of feeding cane molasses and urea to beef cattle. Journal of Animal Science 10(4): 939-946. 1951.

41. _____ et al. Utilization of ammoniated industrial products by cattle. Journal of Animal Science 16:179-189. 1957.

42. WAYMAN, O. y IWANAGA, I. I. Further studies on the use of rations high in molasses for fattening beef cattle. Hawaii Agricultural Experiment Station. Progress Notes no. 110. 1956. 8 p.

43. _____, HEWKE, I. A. y IWANAGA, I. I. Further studies in the use of cane molasses rations for dry-lot fenishing of beef cattle. Hawaii Agricultural Experiment Station. Progress notes no. 103. 1954. 10 p.

44. _____ et al. Fattening steers an sugar cane by-products. Hawaii Agricultural Experiment Station. Circular no. 43. 1953. 18 p.