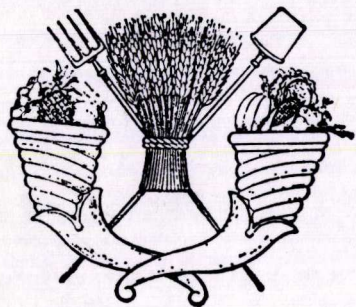




UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
POSTGRADO EN PRODUCCION ANIMAL

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE BOVINOS HOLSTEIN Y BRAHMAN ALIMENTADOS CON DOS DIETAS CONTENIENDO RASTROJO DE MAIZ



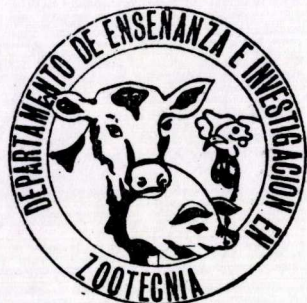
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

P R E S E N T A :

HERMILO SUAREZ DOMINGUEZ

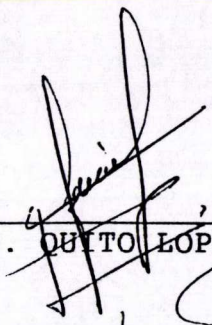


CHAPINGO, MEXICO; MARZO DE 1995

IX63146
-101431

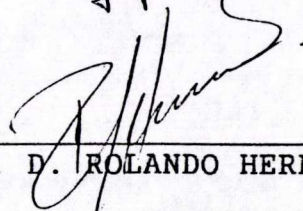
ESTA TESIS SE REALIZO BAJO LA DIRECCION DEL DR. QUITO
LOPEZ TIRADO, Y FUE REVISADA Y APROBADA POR LOS MIEMBROS
DEL JURADO EVALUADOR

PRESIDENTE



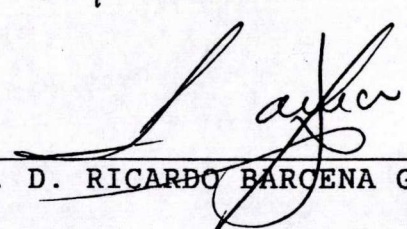
Ph. D. QUITO LOPEZ TIRADO

SECRETARIO



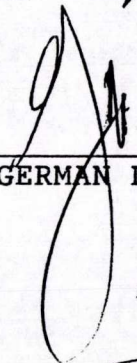
Ph. D. ROLANDO HERRERA Y SALDAÑA

VOCAL



Ph. D. RICARDO BARCENA GAMA

SUPLENTE



Ph. D. GERMAN D. MENDOZA MARTINEZ

SUPLENTE



M. Sc. MAXIMINO HUERTA BRAVO

Chapingo, México; marzo 24 de 1995.

27662

**"Aquí estamos nosotros, los muertos de siempre, murieron
otra vez pero ahora para vivir"**

EZLN, 1994.

**"... Bajo el ala de ese sombrero, ví el rostro triste de los
humillados y olvidados que tienen peor cara que los muertos;
pero al fin, el águila devoró a la serpiente"**

M. Monte C. y los Veinticinco, 1995.

**"Es dado a algunos hombres, algunas veces, atacar los dere-
chos de los otros, apoderarse de sus bienes, amenazar la vida
de los que defienden su nacionalidad, hacer que las más altas
virtudes parezcan crímenes y a sus propios vicios darles el
lustre de la verdadera virtud"**

Benito Juárez a Maximiliano de Habsburgo, en respuesta a una carta confidencial donde Maximiliano le propone una negociación secreta y participar en su gobierno.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por la oportunidad otorgada para acrecentar mi formación personal.

Al Dr. Angel Martínez Garza, por la atención amable para plantear el diseño estadístico de los datos experimentales.

A los CC. Ph D. Rolando Herrera y Saldaña, Ricardo Bárcena Gama y Germán D. Mendoza Martínez, por el apoyo que en todo momento me brindaron.

Al M. Sc. Maximino Huerta Bravo, por los valiosos comentarios vertidos en torno a hacer más destacado el trabajo experimental.

Al Ph. D. Quito López Tirado, Director de la Tesis, por sus apreciaciones respecto a la redacción de la presente y sus sugerencias para mejorarla, así como por la amistad inmerecidamente concedida hacia mi persona.

A José, Octavio, Vicente y María, por su paciencia en el desarrollo del trabajo experimental.

A Karla, "Pollito Go-Gó", mi madre y mis hermanos.

CONTENIDO

	Página
Indice de Cuadros	<i>vi</i>
Indice de Figuras	<i>vii</i>
Indice de Cuadros del Apéndice	<i>viii</i>
Resumen	<i>ix</i>
Summary	<i>x</i>
1. Introducción	1
2. Revisión de Literatura	2
2.1 Consumo de Alimento y Eficiencia Alimenticia.	3
2.1.1 Diferencias en el consumo de alimento y eficiencia alimenticia atribuibles al genotipo	6
2.1.2 Manipulación del volumen de alimento ingerido	7
2.1.3 Restricción alimenticia y crecimiento compensatorio	9
2.2 Producción Intensiva de Carne con Animales Holstein y Brahman	11
2.2.1 Holstein vs. genotipos productores de carne	11
2.2.2 <i>Bos indicus</i> vs. otros genotipos productores de carne	16
2.2.3 Holstein vs. Brahman	21
2.3 Cinética de la Digestión Ruminal en Bovinos	23
2.3.1 Tasa de ingestión de alimento	24
2.3.2 Reducción en el tamaño de las partículas	25
2.3.2.1 Masticación y rumia	26
2.3.3 Tasa de digestión	28
2.3.4 Depresión en la digestión ruminal de la fibra	30
2.3.5 Tasa de pasaje	32
2.4 Objetivos e Hipótesis	35
3. Materiales y Métodos	37
3.1 Ingestión de Fibra Detergente Neutro.	37

3.2 Digestión Ruminal Aparente <i>in Situ</i>	40
3.2.1 Tasa de digestión	41
3.2.2 Tasa de pasaje	42
3.3 Comportamiento en Corral	46
4. Resultados y Discusiones	49
4.1 Ingestión de Fibra Detergente Neutro (FDN).	49
4.1.1 Consumo de FDN	49
4.1.2 Tiempo dedicado a la ingestión de FDN	51
4.1.3 Duración de la rumia	52
4.1.4 Tiempo dedicado a la masticación total	53
4.2 Cinética de la Digestión Ruminal	56
4.2.1 pH ruminal	56
4.2.2 Tasa de digestión ruminal de la FDN	58
4.2.2.1 Rastrojo de maíz	58
4.2.2.2 Grano de sorgo	61
4.2.3 FDN potencialmente digerible.	62
4.2.3.1 Rastrojo de maíz	62
4.2.3.2 Grano de sorgo.	63
4.2.4 Tasa de pasaje ruminal de la digesta.	64
4.2.4.1 Rastrojo de maíz	64
4.2.4.2 Grano de sorgo.	65
4.2.5 Digestión ruminal aparente de la FDN	67
4.2.5.1 Rastrojo de maíz	67
4.2.5.2 Grano de sorgo.	68
4.3 Comportamiento en Corral.	69
4.3.1 Alimentación con la dieta de restricción	69
4.3.2 Alimentación con la dieta testigo	70
4.3.3 Planes de alimentación	80
4.4 Discusión General	83
4.5 Conclusiones.	87
5. Literatura Citada.	88
6. Apéndice	100

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Composición y análisis químico de las dietas (base seca)	38
2	Peso metabólico (PM), medias mínimo cuadráticas para consumo de FDN y actividades de la masticación en bovinos Holstein y Brahman	50
3	Medias mínimo cuadráticas para consumo de FDN y pH ruminal, según el genotipo de los animales y el tipo de dieta, considerando el consumo de FDN como covariable	57
4	Medias mínimo cuadráticas para tasa de digestión, fibra detergente neutro (FDN) potencialmente digerible y digestión ruminal aparente (DRA) de la FDN, para el rastrojo de maíz, considerando el consumo de FDN como covariable	59
5	Medias mínimo cuadráticas para tasa de digestión, fibra detergente neutro (FDN) potencialmente digerible y digestión ruminal aparente (DRA) de la FDN, para grano de sorgo, considerando el consumo de FDN como covariable	61
6	Medias mínimo cuadráticas para consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia cuando los animales fueron alimentados con la dieta de restricción durante 60 d	70
7	Medias mínimo cuadráticas para consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia cuando los animales fueron alimentados con la dieta testigo durante 110 d	71
8	Medias mínimo cuadráticas para consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia cuando los animales previamente restringidos recibieron la dieta testigo durante 110 d	75
9	Medias mínimo cuadráticas para consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia, durante la fase de engorda, de acuerdo con el genotipo y el plan de alimentación	80

INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Consumo de alimento en bovinos Holstein y Brahman, sin restricción alimenticia previa	72
2	Ganancia de peso en bovinos Holstein y Brahman, sin restricción alimenticia previa	73
3	Eficiencia alimenticia en bovinos Holstein y Brahman, sin restricción alimenticia previa	74
4	Consumo de alimento en bovinos Holstein y Brahman, con restricción alimenticia previa	76
5	Ganancia de peso en bovinos Holstein y Brahman, con restricción alimenticia previa	77
6	Eficiencia alimenticia en bovinos Holstein y Brahman, con restricción alimenticia previa	78

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro	Título	Página
1	Base de datos para las actividades de la masticación en bovinos Holstein (1) y Brahman (2), con alimentación restringida (1) o testigo (2). . . .	100
2	Base de datos para las variables de la digestión ruminal aparente, en bovinos Holstein (1) y Brahman (2) alimentados con la dieta testigo (1) o restringida (2)	101
3	Base de datos para la prueba de comportamiento de bovinos Holstein (1) y Brahman (2), testigos (1) y restringidos (2)	102

RESUMEN

Se condujo un experimento con el objetivo de cuantificar diferencias en las actividades de masticación [durante la ingestión (MI), la rumia (MR) y masticación total (MT)] y la digestión ruminal (DR) de la fibra detergente neutro (FDN) *in situ*, así como de la eficiencia alimenticia [ganancia diaria de peso (GDP):consumo de materia seca (CMS)], en bovinos Holstein (H) y Brahman (B), engordados bajo dos estrategias de alimentación. La primera estrategia consistió en ofrecer durante 60 d, a siete animales de cada genotipo, una dieta para mantenimiento (dieta para mantenimiento), y en realimentarlos durante 110 d con otra dieta (dieta para ganancia de peso) basada en rastrojo de maíz (31%) y grano de sorgo (58%). La segunda estrategia consistió en alimentar *ad libitum* una misma cantidad de animales con la dieta para ganancia, durante 110 d.

Las actividades de masticación y la prueba de digestión ruminal se evaluaron cuando se ofrecieron las dos dietas, sólo que en esta última únicamente se utilizaron tres animales por genotipo. La asignación de los animales a cada tratamiento se hizo completamente al azar, y la comparación de medias se efectuó mediante los Modelos Lineales Generalizados.

La MI de la FDN difirió con el genotipo de los animales ($P=0.06$) y el tipo de dieta ($P<0.01$), sin diferencias atribuibles a la interacción genotipo*dieta ($P>0.81$). Por el contrario, tanto la MR como la MT fueron afectadas únicamente por el tipo de dieta ($P<0.01$) y la interacción genotipo*dieta ($P<0.09$). Por otra parte, el pH ruminal no fue influenciado ni por el genotipo ni por el tipo de dieta ($P>0.24$), aunque sí existieron diferencias atribuibles al tipo de dieta únicamente en los animales B ($P<0.05$). Asimismo, la DR de la FDN del rastrojo de maíz fue afectada únicamente por el tipo de dieta, lo mismo entre genotipos ($P<0.01$) que dentro de los animales H ($P<0.05$). En cuanto al grano de sorgo, el genotipo de los animales no influenció la DR ($P>0.89$).

En los animales sin la restricción alimenticia, no se observaron diferencias en CMS ($P>0.21$), GDP ($P>0.15$) y eficiencia alimenticia ($P>0.24$), sólo que para misma GDP los animales H requirieron 8% menos alimento. En cambio, cuando se aplicó la restricción alimenticia, los animales H mostraron no sólo un mayor CMS ($P<0.01$) sino que, además, tuvieron mejores GDP diarias ($P<0.01$) y totales ($P<0.01$), que su contraparte B, si bien la eficiencia alimenticia no fue diferente ($P>0.67$). Estas observaciones parecen indicar que, bajo un buen plan de alimentación, tanto los animales H como los B mostrarían una respuesta cuantitativamente similar pero que, después de periodos con alimentación restringida, los H mostrarían un crecimiento compensatorio más rápido que los B, aunque con eficiencias alimenticias similares.

SUMMARY

A trial was conducted in order to evaluate differences in chewing activities [during ingestion (IF), rumia (RF) and total chewing (TCF)] and *in situ* ruminal digestion (RD) of neutral detergent fiber (NDF), and the feeding efficiency [daily weight gain (DWG):dry matter intake (DMI)] in Holstein (H) and Brahman (B) bulls being fattened under two feeding strategies. A first strategy consisted in offering to seven animals per genotype a diet planned for no weight gain during 60 days (maintenance diet), and then realimenting them with an experimental diet (fattening diet) based on corn stover (31%) and sorghum grain (58%) during 110 days. The second one consisted in feeding *ad libitum* the same number of animals during 110 days only with the fattening diet.

Chewing activities and the ruminal digestion were evaluated using the seven animals referred above, but with digestion ruminal trial were used only three animals per genotype. The animals were allotted *at random* of each of the treatments, and the means comparison was made by the General Linear Models.

In the IF differences were observed between genotypes ($P=0.06$) and diets ($P<0.01$), but not for by the genotype*diet interaction ($P>0.81$). On the contrary, RF and TCF were only affected by the diets ($P<0.01$) and the genotype*diet interaction ($P<0.09$). PH ruminal was neither influenced by genotypes nor by diet ($P>0.24$), with significative differences ($P<0.05$) due to the diets only in the B animals. Also, RD of corn stover NDF was only affected by the diet type, the same between genotypes ($P<0.01$) and H animals ($P<0.05$). In relation with sorghum grain, RD of NDF was not influenced by animals genotype ($P>0.89$).

When no restricted feeding period was applied, there were not statistical differences for the DMI ($P>0.21$), DWG ($P>0.15$) and feeding efficiencies ($P>0.24$). But, for the same DWG, the H required 8% less feed. The findings seems to indicate that under good feeding conditions both H and B showed a similar response, but after restricted feeding the H animals showed a faster compensatory growth than the B. However, neither unrestricted nor restricted feeding affected feed efficiency. On the contrary, when a period of restricted feeding was applied, the H showed not only a higher DMI ($P<0.01$) but they also had better WDG ($P<0.01$) and total weight gain ($P<0.01$) than the B, although feed efficiency was not different ($P>0.67$).

1. INTRODUCCION

En los años recientes se ha incrementado la atención puesta en los aspectos del valor biológico de las pajas de los cereales, debido a que en la mayoría de los países pobres estos alimentos frecuentemente constituyen la principal fuente de forraje en las dietas de los rumiantes. Además, la justificación para continuar usando a estos animales como productores de carne, leche y pelo, se fundamenta en su habilidad para utilizar fuentes de carbohidratos que no son digeribles por los no rumiantes, incluido entre estos el humano.

Por otra parte, la fermentación ruminal de los alimentos lignocelulósicos es un sistema complejo que involucra interacciones dinámicas entre el animal, la dieta y la población microbiana (Reid *et al.*, 1980). Además, algunos factores propios del animal, tales como su capacidad de consumo, y la duración de la masticación y la rumia afectan la digestión ruminal de las paredes celulares, en tanto que factores propios de la dieta, como las características físicas y químicas de la fibra, afectan también la velocidad de la digestión ruminal (Van Soest, 1983; Orskov *et al.*, 1988).

A pesar de que los animales cebuinos son muy tolerantes a las condiciones adversas, tanto nutricionales como ambientales, con frecuencia se les considera como poco productivos, razón por la cual no son bien aceptados en los corrales de engorda (Wellington, 1971). De manera muy similar, a los animales Holstein, tradicionalmente explotados sólo por su potencial lechero, se les considera animales con canales de muy bajo rendimiento y con una capacidad para producir carne poco susceptible de explotar comercialmente (Cole *et al.*, 1963).

Por lo anterior, se desarrolló el presente trabajo con el fin de evaluar la capacidad de animales Holstein y Brahman para

utilizar dos dietas constituidas por un forraje tosco, tratando de cuantificar posibles diferencias existentes entre estos dos tipos de animales, a partir de la evaluación del tiempo dedicado a la masticación, la digestión ruminal aparente y la eficiencia en el uso del alimento para ganancia de peso. La hipótesis que se planteó fue que los bovinos de genotipos europeos utilizan las dietas ricas en fibra de manera más eficiente que los genotipos cebuinos, debido a que los primeros tienen un mayor consumo que los segundos.

2. REVISION DE LITERATURA

Los animales difieren, unos de otros, en la arquitectura de su tracto gastrointestinal, en la naturaleza y acción de sus agentes digestivos y en los sitios principales de digestión y absorción. Estas características determinan la naturaleza físico-química de la dieta ingerida por un animal, la tasa y el grado máximo de la digestión y la naturaleza química de los productos absorbidos (Reid *et al.*, 1980). De esta manera, la estrecha asociación genética entre los requerimientos para mantenimiento y la capacidad de ingestión de los animales domésticos, impone la necesidad de lograr tipos genéticamente diferentes para distintas condiciones nutricionales y sistemas de producción. Por supuesto, bajo sistemas en los que el mantenimiento de animales improductivos representa el costo principal de la producción, el prototipo de animal ideal para estas condiciones es muy distinto de aquél requerido en sistemas que dependen principalmente de animales que tienen un mayor consumo o un mayor potencial para la producción. Entonces, es probable que el descuido de la interacción genotipo-nutrición conduzca a la selección de animales inapropiados para un sistema de producción dado.

2.1 Consumo de Alimento y Eficiencia Alimenticia

Las comparaciones genéticas del crecimiento y la producción de los animales bajo regímenes de alimentación *ad libitum* son aceptadas de manera amplia. Desafortunadamente, la alimentación libre con dietas de excelente calidad nutricional conduce a niveles indeseables de grasa corporal (Taylor y Murray, 1987), sobre todo cuando se alimentan animales adultos con raciones altamente energéticas o con un desbalance en la relación energía:proteína. Lo anterior puede explicarse por la estrecha relación existente entre la cantidad de energía consumida por un animal y la cantidad de energía depositada en sus reservas corporales.

Si se mantiene constante la forma física de una ración y se disminuye la densidad de los nutrientes de una dieta suministrada *ad libitum*, la ingestión de energía podrá ser reducida y el consumo restringido, debido a que el volumen del material inerte ingerido por el animal excederá los límites físicos de su sistema digestivo. Por otra parte y en dependencia del estado fisiológico del animal, el consumo elevado de energía se asocia con mayores ganancias diarias de tejido magro o con una mayor pérdida de calor, intensa actividad o elevada deposición de grasa. En cambio, un menor consumo podría asociarse con una mayor eficiencia alimenticia, pero también con una menor tasa de crecimiento (Taylor *et al.*, 1986). Puede entonces entenderse la dificultad que existe para predecir si un consumo elevado representa una ventaja económica o no.

Por lo tanto, la selección de animales que hagan un uso más eficiente del alimento está biológica y económicamente justificada, pues el consumo de energía representa el costo principal en cualquier sistema de producción (Jensen *et al.*, 1992). Por otra parte, los estimadores tradicionales de la

eficiencia alimenticia, como lo es la conversión de alimento a carne, tienen estrecha correlación con el nivel de producción, concretamente con la velocidad del crecimiento (Jensen *et al.*, 1991). Entonces, es esencial que los requerimientos nutricionales para el mantenimiento de animales de distinto genotipo sean explicados de manera precisa, de modo que sea posible evitar la obtención de resultados sesgados en la evaluación de la eficiencia energética o alimenticia.

El consumo residual de energía se define como la diferencia entre el consumo observado y el predicho, y puede calcularse sin tener que corregir por la composición corporal de animales que, de acuerdo con su genotipo, tienen una baja deposición de grasa (Jensen *et al.*, 1992). A partir de la consideración de que la energía consumida es particionada, en su uso, para cubrir las funciones de mantenimiento y producción, y que una proporción importante se destina para cubrir funciones no productivas (Andersen, 1978), Jensen *et al.* (1992) sugirieron al consumo residual de energía como un estimador de la eficiencia, debido a que es independiente del nivel de producción.

Por lo tanto, puesto que el consumo de energía residual se relaciona positivamente con la ingestión de alimento, la selección dirigida para incrementar el consumo podría aumentar la ingestión residual, lo que conduciría a la obtención de animales menos eficientes (Jensen *et al.*, 1992). Es decir, la selección para incrementar el consumo de alimento podría conducir a animales más magros (Jensen *et al.*, 1991), en tanto que la selección para disminuir el consumo residual podría tender a incrementar la grasa de la canal. Entonces, los animales que depositen más grasa, como una proporción de la ganancia corporal, serían energéticamente más eficientes (Thonney *et al.*, 1981), aunque esto no necesariamente indica que sean los más productivos.

El consumo de alimento se incrementa conforme avanza el período de engorda. Para el ganado típico del corral de engorda se esperaría que el máximo consumo de alimento ocurra entre los días 60 y 100 del período, y que subsecuentemente disminuya conforme los animales se aproximan al peso de sacrificio (Thonney *et al.*, 1981). Expresado en g de materia seca (MS) por unidad de peso metabólico de los animales, el consumo empieza a disminuir a partir de los 350 kg de peso (Fox y Black, 1984), debido a que el grado de gordura y(o) la reducción en las demandas para el crecimiento influyen el consumo voluntario (NRC, 1987), tal que resulta claro que el efecto de la grasa corporal sobre el consumo deberá ser tomado en cuenta cuando se efectúan proyecciones de la ganancia diaria y del peso final esperado de los animales. Esta reducción en el consumo comúnmente se relaciona con la composición corporal, tal que cuando la grasa del cuerpo vacío comprende el 32%, el consumo de alimento disminuye (Hicks *et al.*, 1990b).

Entonces, si el consumo se encuentra regulado por la composición corporal, puede esperarse que difiera con los genotipos y que la composición corporal a una edad dada, independientemente del plan seguido para alcanzarla, sea quien determine el consumo (Wright *et al.*, 1987) y, en consecuencia, la ganancia de peso (GDP). Así, debido a que el consumo de MS es la base sobre la cual se formulan las dietas para cubrir los requerimientos nutricionales, y es con base en ella que se estima la GDP de los animales, la información concerniente al impacto del tipo genético sobre el consumo es críticamente importante.

2.1.1 Diferencias en el consumo de alimento y la eficiencia alimenticia atribuibles al genotipo

Los genotipos difieren en varios aspectos y la mayoría de las diferencias importantes tienen como base las variaciones en la edad requerida para alcanzar el peso adulto. Parece ser que, independientemente de la edad de los animales, el consumo está estrechamente determinado por el tiempo permitido para la ingestión, y cuando el consumo se restringe limitando el tiempo disponible para la realización de esta actividad, el consumo voluntario está determinado genéticamente por la talla de los animales (Taylor y Murray, 1987). Esto quiere decir que los animales que genéticamente tienen una complexión mayor consumen relativamente más alimento, sobre todo durante la fase inicial del crecimiento.

Por otra parte, la madurez a la cual los animales son sacrificados influencia grandemente la velocidad del crecimiento y la eficiencia de la ganancia (Elsey, 1976). En el estudio de Verde *et al.* (1976) la velocidad de crecimiento de animales Angus disminuyó en 0.14 kg.d^{-1} por cada 100 kg de aumento en el peso corporal, además de que se requirieron 2.4 kg más de alimento para lograr una misma ganancia de peso. También, en el caso de animales Holstein, Thonney *et al.* (1981) reportaron una disminución de 0.18 kg.d^{-1} por cada 100 kg de incremento en el peso corporal, mientras que el alimento requerido por unidad de ganancia se incrementó en 2.2 unidades.

Conforme los animales maduran la grasa constituye progresivamente la mayor proporción de la ganancia, por lo que en el mismo orden se incrementa la cantidad de energía requerida por unidad de ganancia corporal (Thonney *et al.*, 1981). Entonces, parece ser que la mayor parte de la variación en el consumo está explicada por el peso corporal de los animales, y que esta variación es de mayor magnitud entre

genotipos que dentro de un mismo tipo genético (Taylor *et al.*, 1986).

Las diferencias productivas entre tipos genéticos distintos dependen de la forma en que se expresa la eficiencia y de las condiciones bajo las cuales se hace la comparación. Crickenberger *et al.* (1978) expresaron sus resultados en términos de la eficiencia energética, debido a la sugerencia de que la comparación entre genotipos debería hacerse tomando como base una composición corporal similar. Sin embargo, ahora se sabe que existe poca diferencia en la eficiencia energética a un mismo grado de gordura, pues como ya se señaló, solamente los animales más grasos son energéticamente los más eficientes. Por lo tanto, la eficiencia energética puede ser un estimador poco útil de la eficiencia de la producción, pues es preferible producir canales más magras que más grasas.

2.1.2 Manipulación del volumen de alimento ingerido

Para animales finalizados en corral la eficiencia en el uso del alimento puede mejorarse controlando el consumo de MS. Los métodos para controlar el consumo varían, y en la mayoría de los estudios la cantidad de alimento se ha limitado suministrando a los animales únicamente un porcentaje específico de la cantidad consumida a libre acceso, o restringiendo el consumo de nutrientes solamente durante la fase inicial del período de finalización (Lofgreen *et al.*, 1987; Old y Garret, 1987). En el primer caso, Hicks *et al.* (1990a) concluyeron que probablemente la cantidad consumida pueda restringirse hasta un 89% del consumo observado *ad libitum*, con mejoramientos de hasta 11% en la eficiencia de utilización del alimento, sin que se causen reducciones apreciables en la tasa de crecimiento. En el segundo caso, la restricción se impone limitando no sólo el volumen de MS

consumida sino también la ingestión de nutrientes digeribles totales, durante un período breve de tiempo, para conducir posteriormente a los animales hacia respuestas compensatorias.

Es probable, entonces, que los beneficios obtenidos con la alimentación limitada puedan resultar de la disminución en las fluctuaciones diarias en el patrón de consumo del alimento (Hicks *et al.*, 1990a), con lo que se favorecería substancialmente el patrón de la fermentación ruminal. De esta manera no sólo se eficientiza la actividad microbiana, sino que también se reduce la magnitud de los trastornos fisiológicos que el animal padece cuando la fermentación ruminal se modifica continuamente a lo largo del día.

El mejoramiento en el uso del alimento cuando se restringe el consumo puede explicarse por una reducción en el tamaño del hígado, órgano metabólicamente muy activo, lo que conduce a reducciones en el requerimiento para mantenimiento (Ferrell *et al.*, 1986). Por ejemplo, Rust *et al.* (1986) notaron que el peso del hígado, en novillos Holstein, se incrementó conforme el consumo de alimento pasó de 70% del consumo *ad libitum* a consumo *ad libitum*, y Lunt *et al.* (1986) reportaron que la masa hepática de novillos productores de carne se incrementó en 0.52 kg por cada kg de diferencia en la ganancia diaria de peso. También es probable que el suministro más frecuente de energía y los demás nutrientes, como ocurre *ad libitum*, quizás cause la reducción en el tamaño de este órgano, debido que se reducirían los cambios en el flujo metabólico de los nutrientes (Hicks *et al.*, 1990a).

Por otra parte, es probable que el mejoramiento en la eficiencia alimenticia, cuando se limita el consumo, pudiera explicarse por una modificación en la conducta o gasto energético de los animales. Es decir, quizás los animales con la alimentación restringida reduzcan sus actividades

locomotoras diarias, con lo que se disminuirían sus requerimientos energéticos de mantenimiento (Hicks *et al.*, 1990a). Sin embargo, la conducta de animales alimentados en grupo no se modifica con la restricción en el consumo. Por lo tanto, la reducción en el movimiento y actividades de los animales no puede explicar el mejoramiento en la eficiencia alimenticia cuando se restringe el consumo.

Una tercera explicación para el mejoramiento en la eficiencia alimenticia, con consumo limitado, es el incremento en la digestibilidad de la dieta, pues casi siempre el consumo y la digestibilidad se relacionan inversamente. De acuerdo con esta relación, conforme se incrementa el consumo podría aumentarse la tasa de pasaje y provocarse una disminución en la digestibilidad (Owens *et al.*, 1986), pues el movimiento rápido a través del tracto gastrointestinal expone el alimento a los procesos digestivos durante un menor tiempo (Hicks *et al.*, 1990a).

2.1.3 Restricción alimenticia y crecimiento compensatorio

Las restricciones alimenticias resultan en un menor contenido de grasa corporal, excepto cuando el suministro de proteína es inadecuado. En el caso de animales que han padecido una restricción alimenticia, el incremento en el consumo observado una vez que los animales son realimentados, es una respuesta concomitante de la asociación negativa entre grasa corporal y la capacidad de consumo (Wright *et al.*, 1986).

Por otra parte, la oportunidad para manipular nutricionalmente la composición corporal está limitada por la edad de los animales y por la magnitud de la GDP durante el periodo de restricción. Al respecto, Wright *et al.* (1987) señalaron que los animales son incapaces de compensar una reducción en el

nivel nutricional si ésta se impone durante los primeros cuatro meses de vida, debido a la carencia potencial que los animales tienen para depositar grasa en este momento. Durante esta fase del crecimiento, el nivel de nutrición simplemente determina el peso vivo pero no influencia la composición corporal. Después, conforme el animal madura el potencial para la deposición de grasa es mayor y, entonces, el nivel de nutrición sí ejerce influencia sobre la composición corporal. Por lo tanto, los animales tienen habilidad para mostrar crecimiento compensatorio solamente si la restricción alimenticia se aplica cuando existe el potencial para que pueda depositarse una cantidad apreciable de grasa. De manera similar, las respuestas compensatorias ocurren cuando la GDP durante la fase de restricción nutricional son menores que 430 g.d^{-1} (Stten, 1986; Lewis *et al.*, 1990). En caso contrario, si la GDP es mayor que 430 g.d^{-1} , el animal continuará su crecimiento hasta alcanzar la madurez, en cuyo caso será poco probable que posteriormente ocurra la respuesta compensatoria. Asimismo, si durante la restricción alimenticia se presentan pérdidas considerables de peso, por un periodo prolongado, quizás la realimentación posterior sea insuficiente para la completa recuperación del animal.

Lo anterior ayuda a explicar la ausencia frecuente del crecimiento compensatorio cuando se impone una restricción alimenticia durante el crecimiento inicial de los animales. Esto significa que el nivel previo de alimentación *per se* es poco importante en la determinación del comportamiento subsecuente de los animales, y que es la composición corporal de un animal a una edad cualquiera la que influencia su respuesta posterior.

2.2 Producción Intensiva de Carne con Animales Holstein y Brahman

Recientemente, algunos ganaderos han mostrado interés en la producción intensiva de carne a partir de animales tradicionalmente seleccionados y explotados por su potencial lechero. Sin embargo, esta tendencia aún no se ha generalizado y tampoco comprende la totalidad de los animales, sino únicamente a machos Holstein desechados en las explotaciones lecheras; la razón es la aparente dificultad que la crianza de los lactantes representa, pero sobre todo la supuesta mala calidad y el bajo rendimiento de las canales obtenidas de estos animales. No obstante lo anterior, existen reportes que señalan que cuando los animales Holstein son sacrificados a un mismo peso tienen menos grasa en la canal, un menor marmoleo y una menor calidad, pero un mayor rendimiento de carne magra que animales Angus y Hereford. Por ejemplo, Cole *et al.* (1964) observaron que las canales de animales Holstein tuvieron 60.1% de músculos separables, en comparación con 54.5% y 52.7% en animales Hereford y Angus, respectivamente.

Lo anterior tiende a confirmar la posibilidad de obtener exitosamente canales de buena calidad y con un buen rendimiento cuando los animales, sin importar grandemente el genotipo, son finalizados bajo un esquema apropiado de alimentación.

2.2.1 Holstein vs. genotipos productores de carne

Parece existir una tendencia generalizada en considerar a los animales Holstein como energéticamente menos eficientes que los genotipos productores de carne. La razón principal es que los animales que genéticamente son de complexión grande, como los Holstein, tienden a ganar más proteína y menos grasa que el promedio de los genotipos de talla pequeña, como los Angus

(Crickenberger *et al.*, 1978). Sin embargo, si bien los primeros son energéticamente menos eficientes también es cierto que tienen un mayor rendimiento que los segundos.

Hicks *et al.* (1990) observaron que para un mismo peso vivo los novillos Holstein consumieron 12% más alimento que otros de genotipos británicos, y Fox *et al.* (1988) propusieron un ajuste de +8% en el consumo de materia seca para animales Holstein en crecimiento. Considerando la anterior y si se utilizan las ecuaciones propuestas por Thonney *et al.* (1981) y se ajusta para una ganancia de un kg por día, según el tipo genético, se observa que los animales Holstein tienen un consumo 13% mayor y una eficiencia de conversión alimenticia 18% menor que los animales Angus. Estas diferencias pueden explicarse debido a que para una misma GDP los animales Holstein tuvieron un mayor peso; pero cuando el ajuste se hace para un mismo peso corporal, los animales Holstein crecieron de una manera más rápida y con mayor eficiencia que los animales Angus, principalmente porque los primeros fueron más jóvenes que los segundos, tal que tuvieron un mayor consumo y ganaron más músculo y menos grasa por unidad de GDP (Thonney *et al.*, 1981).

El mayor consumo de materia seca observado en los animales Holstein puede deberse a una mayor demanda energética para mantenimiento, pues estos animales parecen tener una mayor proporción de órganos y tejidos en su tracto gastrointestinal, por lo que su tasa metabólica se incrementa (Jones, 1985). Lo anterior probablemente sea cierto debido a que el gasto energético de los órganos vitales constituye la principal proporción del gasto energético asociado con el metabolismo basal.

Las diferencias en el consumo también podrían atribuirse a que los animales Holstein tienen una mayor talla y(o) a la selección que se les ha impuesto para una mayor producción de

leche y, por lo tanto, para un mayor consumo (Owens *et al.*, 1985). Es decir, los genotipos históricamente seleccionados para una mayor producción de leche tienen un mayor requerimiento energético de mantenimiento, en comparación con los genotipos que no han sido seleccionados para producción de carne (Taylor *et al.*, 1981). Sin embargo, otros factores, como el momento del destete y el tipo de dieta consumida antes que los animales sean llevados al corral de engorda, también pueden tener influencia sobre el consumo (NRC, 1987). Al respecto, los animales Holstein comúnmente son destetados a las 6-8 semanas de edad, momento a partir del cual reciben alimentos degradables en el rumen, cuya fermentación origina productos que estimulan el desarrollo ruminal. Por lo tanto, para esta edad, los animales Holstein tendrán mayor capacidad ruminal que los animales de genotipos típicamente productores de carne, siendo probable que esta ventaja se mantenga hasta el final del periodo de crecimiento.

La variación entre los genotipos productores de carne en cuanto a los requerimientos energéticos para mantenimiento, o en cuanto a la producción de calor durante el ayuno, ha sido señalada por Garret (1971) y Frish y Vercoe (1976). La tendencia percibida en estos reportes es la existencia de una relación entre el potencial genético para GDP y la producción de calor durante el ayuno, pues parece ser que conforme se incrementa el nivel de producción se aumenta también el requerimiento energético asociado con el metabolismo basal (Jenkins *et al.*, 1986).

De acuerdo con lo anterior, la asociación entre la tasa metabólica de un genotipo y su potencial para producir parece ser aplicable igualmente a ganado productor de carne que de leche. Así, los genotipos lecheros son más productivos que los genotipos productores de carne, por lo que tienen una mayor

tasa metabólica.

Sin embargo, si se parte de la observación de Frisch y Vercoe (1984), quienes encontraron que la diferencia entre Brahman y Hereford X Shorthorn fue mayor cuando los animales recibieron alimento que cuando fueron ayunados, en una tendencia asociada al ganado cebuino, se deduce que para pruebas de alimentación los animales cebuinos dan menores estimadores del requerimiento para mantenimiento que con pruebas conducidas bajo condiciones de ayuno, de una manera contraria a lo comúnmente encontrado para ganado lechero (Taylor *et al.*, 1986b).

Es decir, las pruebas de alimentación son útiles para obtener un buen estimador del requerimiento energético de mantenimiento, lo cual no se consigue con las pruebas conducidas bajo condiciones de ayuno. En otras palabras, el metabolismo de ayuno podría ser el mismo independientemente del genotipo. Por lo tanto, las diferencias genéticas en el requerimiento de mantenimiento podrían deberse principalmente a diferencias en la producción total de calor (Taylor *et al.*, 1986b). Esto significa que los genotipos lecheros pueden diferir de los productores de carne, en cuanto al uso de la energía metabolizable para mantenimiento, aún cuando no existan grandes diferencias en el metabolismo de ayuno entre ambos tipos de animales.

Si lo anterior es cierto, entonces las diferencias genéticas bajo un nivel particular de producción requieren valores diferentes en la eficiencia (k_m) para convertir la energía metabolizable a energía neta para mantenimiento. Es decir, si con una dieta en particular se asigna una k_m de 0.70 para genotipos productores de carne, entonces las cruas de genotipos lecheros X genotipos productores de carne deberían tener valores para k_m entre 0.64 y 0.58, y los cebuinos y las

cruzas entre genotipos productores de carne X cebuinos deberían tener valores para k_m entre 0.75 y 0.80 (Taylor *et al.*, 1986b).

Aunque Blaxter y Wainman (1966) sugirieron la existencia de diferencias genéticas en el requerimiento para mantenimiento, la evidencia general parece contradecir tal observación. El Agricultural Research Council (ARC, 1980) no señaló diferencias en el metabolismo de ayuno entre genotipos distintos, pero concluyó que existe la posibilidad de encontrar diferencias en el metabolismo del mantenimiento entre animales productores de carne y los productores de leche. Además, Russel y Wright (1983) no encontraron diferencias entre animales Blue Grey (productores de carne) y Hereford X Frisian. Sin embargo, Garrett (1971) encontró que el requerimiento para mantenimiento de novillos en crecimiento fue 30% mayor para Holstein que para Hereford; mientras que Ferrell y Jenkins (1984) encontraron que el requerimiento para el mantenimiento de animales Hereford y Angus fue menor que para sus cruzas con Jersey y Simmental. Además, Webster *et al.* (1974) predijeron un metabolismo durante el ayuno 6% mayor en genotipos frisones que en sus cruzas con Angus.

A partir de 106 estimaciones de requerimientos para mantenimiento de animales productores de carne, leche o con tendencias hacia el doble propósito, Taylor *et al.* (1986b) encontraron que los primeros tuvieron requerimientos energéticos de mantenimiento solamente 5.5% mayores que los segundos, pero sin que existiera una tendencia sistemática de un tipo sobre otro. Lo cierto fue que la mayoría de los genotipos productores de carne mostraron similares requerimientos para mantenimiento y que esto mismo ocurrió con los genotipos lecheros (Taylor *et al.*, 1986b).

Podría esperarse, entonces, que un cambio genético en la producción de leche esté acompañado por un incremento

correlacionado con el requerimiento energético de mantenimiento, lo que proporciona un buen ejemplo de adaptación genética a un ambiente en particular. Es decir, cada genotipo está adaptado para ser más eficiente a un nivel específico de producción y, a este nivel, es más eficiente que cualquier otro. Entonces, si los requerimientos para mantenimiento son similares, puede entenderse que la capacidad de ingestión de un genotipo refleja su potencial para producir.

2.2.2 Bos indicus vs. otros genotipos productores de carne

Dentro de un mismo tipo genético, la velocidad de crecimiento afecta el rendimiento de la canal y los animales que ganan peso de una manera más rápida tienen menor rendimiento de producto comestible. Aunque la tendencia no es totalmente clara, los animales que muestran rápido crecimiento contienen una mayor proporción de músculos y huesos y una menor proporción de grasa (Seebeck, 1984). Desde luego, la composición corporal varía con los genotipos y depende de la talla y la velocidad de crecimiento de los animales.

El efecto de una mayor velocidad de crecimiento, a una talla constante, es que la proporción de grasa se incrementa mientras que la de músculo disminuye. En el reporte de Seebeck (1984) se señala que los genotipos no fueron diferentes en cuanto a la proporción de músculo, pero las elevadas tasas de crecimiento condujeron a una mayor proporción de grasa en los animales Simmental X Hereford y cruzados de Africander, pero en los animales cruzados de Brahman no se observó ningún efecto.

En el reporte de Seebeck (1984) la velocidad de crecimiento de los animales cruzados de Brahman fue mayor que la de animales Simmental X Hereford, quizás porque los primeros toleran mejor que los segundos el estrés causado por la

temperatura elevada (Vercoe, 1990; Seebeck *et al.*, 1971). Este efecto de la temperatura puede explicarse como sigue. Si las condiciones medioambientales fluctúan entre un mes y otro del año, el consumo se vuelve variable y difícil de predecir, especialmente cuando los cambios son abruptos (NRC, 1987). En el caso de los bovinos, el medio ambiente afecta el consumo incrementándolo si la temperatura es menor que 15°C, y disminuyéndolo si la temperatura se eleva a más de 25°C (NRC, 1981). Así, los cambios en el consumo debidos a las variaciones ambientales variarán con los cambios en la temperatura crítica del animal, señalada esta como el punto al cual deberá disminuirse o aumentarse la producción de calor para que sea posible la regulación de la temperatura corporal (NRC, 1987).

Bajo condiciones libres de estrés, los animales cebuinos ingieren menos alimento que los Simmental X Hereford, y también podrán crecer menos cuando el alimento sea de buena calidad (Frisch y Vercoe, 1977). Sin embargo, cuando Hargrove *et al.* (1959) ajustaron la ganancia de peso para un mismo consumo de una ración basada principalmente en concentrado, los animales Brahman tuvieron una mayor ganancia diaria y una mejor eficiencia alimenticia que los animales cruzados de Brahman y animales Shorthorn.

Frisch y Vercoe (1969) ajustaron el consumo de alimento por diferencias en el peso corporal y observaron que animales Brahman consumieron menos alimento que otros del genotipo Africander o Shorthorn X Hereford; y cuando Frisch y Vercoe (1969) evaluaron la ganancia de peso ajustada por diferencias en el consumo de MS, los animales Brahman ganaron más peso que los Africander y Shorthorn X Hereford. Lo anterior indica para los cebuinos una mayor eficiencia en la conversión alimenticia para GDP, un menor requerimiento para mantenimiento, o a una combinación de estas dos suposiciones. Para un mismo consumo de alimento, la mayor eficiencia de utilización del alimento para

producción podría deberse a una mejor utilización de la energía metabolizable (Frisch y Vercoe, 1969). Alternativamente, una mayor eficiencia alimenticia a un mismo consumo podría ser el resultado de la diferencia en la composición de la ganancia corporal. Al respecto, los animales del tipo genético Brahman tienen un menor contenido de grasa corporal que animales de genotipos británicos (Damond *et al.*, 1960; Cole *et al.*, 1964), lo que quizás también ayuda a explicar sus mayores necesidades de mantenimiento.

Ledger *et al.* (1970) ajustaron el consumo de alimento de acuerdo con la edad y observaron que los animales de genotipos europeos consumieron una cantidad de alimento mayor que los animales cebuinos, y que las diferencias fueron más marcadas cuando las comparaciones se hicieron a un mayor peso. Cuando la ración estuvo constituida mayoritariamente por concentrado, los animales cebuinos no sólo ganaron menos peso sino que también fueron menos eficientes que animales del tipo genético Hereford; y cuando la dieta se basó en concentrado y heno de bermuda (1.2:1), los dos tipos de animales mostraron similar consumo, pero los animales Hereford ganaron 130% más peso que los cebuinos, en este caso del genotipo Boran (Ledger *et al.*, 1970).

Frisch y Vercoe (1977) evaluaron la ganancia de peso, ajustada por el peso corporal, entre animales cruzados de Brahman y cruzados de Hereford alimentados con heno de alfalfa ofrecido *ad libitum* o en cantidades restringidas, y observaron que la alimentación *ad libitum* permitió respuestas similares entre genotipos; pero cuando el consumo de MS se limitó a 5 kg por día, los animales cruzados de Brahman tuvieron 100% mayor GDP que los animales cruzados de Hereford.

Frisch y Vercoe (1984) observaron que animales de genotipos Brahman y Africander difirieron de animales Hereford

x Shorthorn, pues tuvieron menor tasa metabólica, un crecimiento más lento y un menor consumo de alimento, mientras que animales cruzados de Cebú se encontraron en un nivel intermedio. Cuando estos resultados se relacionan con los de Vercoe (1970), Frisch y Vercoe (1977) y Frisch (1981), el total combinado con el promedio de las pruebas metabólicas y de alimentación, y con ajustes por la tasa de crecimiento y el peso corporal, el requerimiento para mantenimiento de animales Cebú y Cebú X *Bos taurus* fue 0.90-0.95 veces el de los animales de tipos genéticos europeos. La hipótesis de estos investigadores fue que los animales cebuinos están adaptados para tolerar el estrés por calor, por lo que tienen una menor tasa metabólica, la cual está asociada con un menor consumo y un crecimiento más lento. En cambio, los animales de tipo europeo tienen mayores consumo, velocidad de crecimiento y tasa metabólica por lo que, en consecuencia, son más susceptibles al estrés por calor.

Por otra parte, Rogerson *et al.* 1968) observaron que la producción de calor durante el ayuno de cebuinos Boran fue 10% menor que la de animales Hereford y que, cuando se alimentaron libremente con concentrados, el consumo de los primeros fue 30% menor, pero con una velocidad de crecimiento 50% menor. Estas diferencias genéticas son ampliamente aceptadas cuando las diferencias en el consumo, velocidad del crecimiento y requerimientos para el mantenimiento están asociadas con variaciones en la talla corporal alcanzada a la edad adulta; desde esta concepción, los genotipos que maduran precozmente tienen una mayor eficiencia en el uso de la energía para mantenimiento (Taylor *et al.*, 1986b).

Las diferencias raciales en la eficiencia de uso de la energía para niveles de alimentación cercanos al mantenimiento son importantes en las épocas del año durante las cuales el pastoreo proporciona únicamente una ración de mantenimiento o

submantenimiento (Frisch y Vercoe, 1977). Es decir, las diferencias raciales en la capacidad para la sobrevivencia y mantenimiento del peso corporal durante la sequía están asociadas con diferencias en los requerimientos energéticos para mantenimiento (Frisch y Vercoe, 1977). Esta observación permite concebir la idea de la naturaleza intrínsecamente invariante de la eficiencia para el mantenimiento de un genotipo, pero también implica que la capacidad para proveerse de alimento, bajo condiciones de forraje poco abundante, está relacionada con los requerimientos energéticos de mantenimiento (Taylor *et al.*, 1981).

La consistencia relativa de los niveles de alimentación entre genotipos ha tenido implicaciones en la selección para ganancias rápidas de peso, bajo condiciones nutricionales ampliamente fluctuantes. Así, es probable que los genotipos desarrollados bajo condiciones de subnutrición, tales como los *Bos indicus*, hallan sido seleccionados por su capacidad de sobrevivencia, aún cuando tienen una lenta tasa de crecimiento bajo condiciones de buena alimentación (Frisch y Vercoe, 1977). Sin embargo, esto permitiría que los animales *Bos indicus* toleraran mejor las fluctuaciones alimenticias que los *Bos taurus*, que han evolucionado bajo condiciones más favorables. Es decir, los *Bos taurus* tienen un mayor consumo y una mejor ganancia de peso bajo condiciones de mínimo estrés, en comparación con los *Bos indicus*. Las tasas comparativas de crecimiento, por lo tanto, variarán dependiendo de la presencia o ausencia de estrés ambiental, afectando diferencialmente el consumo y la velocidad de crecimiento (Frisch, 1976).

2.2.3 Holstein vs. Brahman

El tipo sexual y la madurez de los animales son factores importantes que modifican la composición de la ganancia corporal (Fox y Black, 1984). Los animales, independientemente del genotipo, son menos magros conforme se aproxima su madurez, y la composición corporal de genotipos de diferente complexión es más uniforme conforme se evalúan a un mismo estado de desarrollo, mas que a un mismo peso de la canal; es decir, los animales de una talla mayor son más magros a un mismo peso de la canal que aquellos de una talla menor (Crickenberger *et al.*, 1978).

Ledger *et al.* (1970) señalaron que cuando animales de edad similar son mantenidos bajo las mismas condiciones ambientales, alimenticias y de manejo, los animales del tipo *Bos taurus* consumen más alimento, muestran una mayor eficiencia de conversión y crecen más rápidamente que los del tipo *Bos indicus*. Así, comparados con los animales Brahman, los animales del tipo genético Holstein han mostrado ganancias de peso 44% mayores, una eficiencia alimenticia 14% mayor, un mismo marmoleo, una proporción similar de músculos, 10% menos grasa y 15% más huesos separables (Cole *et al.*, 1963).

Cuando se suministran cantidades limitadas de alimento, el mayor peso mantenido por los animales del tipo cebuino, que por los animales *Bos taurus*, podría reflejar una digestión ruminal y una síntesis más eficiente de la proteína corporal en los animales cebuinos (Kennedy, 1982). También, podría pensarse que las diferencias en la digestibilidad entre animales del tipo cebuino y del tipo europeo se encuentren asociados con dietas de mala calidad. Bajo esta suposición, los animales *Bos taurus* mostrarían una digestibilidad menor debido a que han evolucionado bajo condiciones más favorables que los cebuinos, además de que tienen un mayor consumo, el cual también se

asocia con la baja digestibilidad (Howes *et al.*, 1963). Sin embargo, Vercoe (1967) observó que animales cruzados de Brahman tuvieron mayores digestibilidades del nitrógeno y la MS que otros del tipo Hereford, cuando recibieron una ración basada en heno de alfalfa, pero sin diferencias notables una vez que la ración estuvo constituida por heno de una gramínea de mala calidad. Esto evidencia que la ración basal tiene importancia primordial en la determinación y cuantificación de las diferencias entre animales de genotipo distinto, aunque el tipo de dieta probablemente tenga mayor influencia sobre la capacidad de ingestión sólo en ciertos genotipos.

En el reporte de Kennedy (1982), la partición de la digestión aparente de la MS a lo largo del tracto gastrointestinal reveló que la mayor digestión de la MS en el estómago de animales cruzados de Brahman que en los animales Hereford, alimentados con heno de pastos, estuvo compensada por una menor digestión en el intestino en estos últimos, por lo que la digestibilidad total fue relativamente similar. Estos resultados quizás fueron debidos a un mayor tiempo de retención de las partículas potencialmente menos digeribles en los animales cruzados de Brahman que en los Hereford, permitiendo la degradación más extensiva de los carbohidratos estructurales (Kennedy, 1982). La suposición aquí involucrada es que el mayor tiempo de retención ruminal favorece la síntesis de proteína microbiana y vuelve más extensivo el proceso de fermentación. Entonces, bajo un mismo nivel de consumo, las diferencias entre animales *Bos indicus* y *Bos taurus*, en cuanto al sitio de la digestión, podrían ser atribuidas al tiempo diferencial de retención de la digesta en el rumen. Sin embargo, actualmente se tienen muy pocas evidencias para sustentar esta proposición.

Marques *et al.* (1982) estudiaron la digestibilidad *in vitro* de la MO y de la fibra total en vaquillas *Bos indicus* (Gyr) y *Bos taurus* (Holstein) alimentadas con heno de gramínea

(*Melinis minutiflora*) o ensilado de *Pennisetum purpureum*, y observaron que la digestión de la fibra fue ligeramente mayor en los animales del tipo cebuino, que en los del tipo europeo, y que lo mismo sucedió cuando recibieron una ración basada en heno o en ensilado. En cambio, en el caso de la MS, únicamente existieron diferencias cuando los animales recibieron ensilado, y fueron favorables para los animales cebuinos, los cuales tuvieron una ganancia de peso de 6 kg, durante un período de 30 d, mientras que sus contrapartes perdieron 2 kg durante el mismo período.

Por lo anterior, la consistencia de las diferencias entre animales, en cuanto al flujo de partículas fibrosas y a las diferencias resultantes en la digestibilidad aparente, bajo condiciones dietéticas controladas, probablemente tienen origen genético. Consecuentemente, la habilidad de algunos animales para digerir y utilizar dietas de baja calidad podría utilizarse como indicador en la selección de animales, lo cual probablemente ha estado ocurriendo en regiones en las que las pajas y otros forrajes pobres predominan en la dieta. En otras palabras, desde el origen de los genotipos, la selección natural ha jugado un papel preponderante en la sobrevivencia de las especies, particularmente en las regiones con estacionalidad lluviosa marcada.

2.3 Cinética de la Digestión Ruminal en Bovinos

Uno de los objetivos principales de la investigación en la nutrición de los rumiantes es maximizar la capacidad de estos animales para utilizar los forrajes de una manera eficiente. En diversos estudios se ha enfatizado la posibilidad de seleccionar a los residuos de las cosechas a partir de su valor nutritivo, y se ha demostrado que el consumo y la utilización de los diferentes tipos de pajas puede predecirse a partir de

las características de la digestión de sus nutrientes (Orskov *et al.*, 1988b).

Por otra parte, la evacuación de los residuos alimenticios presentes en el retículo rumen, es un proceso determinante del consumo y la digestión de los forrajes y, consecuentemente, de la productividad de los rumiantes (Varga y Hoover, 1983; Faichney, 1986). Esta actividad depende de dos procesos ampliamente interrelacionados: la reducción en el tamaño de las partículas y el pasaje físico a lo largo del tracto digestivo (Lurette y Milligan, 1989).

2.3.1 Tasa de ingestión de alimento

La tasa potencial con la cual un alimento puede ser ingerido está determinada principalmente por las características físicas de ese alimento, tales como la facilidad de fractura, el tamaño de las partículas (Kenney *et al.*, 1984a) y el contenido de humedad (Suzuki *et al.*, 1969); pero el tamaño de la boca del animal, su grado de saciedad (Desweysen y Ehrlein, 1981) y estado fisiológico también son importantes (Kenney y Black, 1984b). Es evidente que la calidad del alimento afecta la tasa de ingestión a través de una comida, pues conforme disminuye la calidad de alimento remanente, la tasa de ingestión se reduce gradualmente (Desweysen y Ehrlein, 1981). A pesar de que Kenney y Black (1984a) indicaron lo contrario, factores tales como el olor, el sabor y la textura parecen no contribuir marcadamente en la preferencia por determinados determinados (Kenney *et al.*, 1984).

El nivel basal de nutrición, el estado fisiológico de los animales y el volumen, morfología y composición química de los

alimentos son factores que pueden afectar la velocidad del consumo (Kenney y Black, 1984a). Al respecto, es probable que un forraje con un contenido bajo de fibra requiera un menor tiempo para su ingestión (Shaver *et al.*, 1988).

2.3.2 Reducción en el tamaño de las partículas

En el caso de los rumiantes, Van Soest (1965) puntualizó que la composición y la digestibilidad de los forrajes son factores que influyen en el consumo voluntario de estos alimentos, en tanto que Balch y Campling (1965) señalaron que la tasa de pasaje de la digesta es una de los factores más importantes que afectan la eficiencia de utilización de los alimentos. Posteriormente, Thorton y Minson (1972) concluyeron que el contenido de fibra de una dieta, a través de su influencia sobre el tiempo de retención, es el principal factor limitante del consumo de MS, por lo que Waldo *et al.* (1972) propusieron que la fibra debe ser caracterizada en dos fracciones: una indigerible y otra potencialmente degradable.

Los forrajes ofrecidos enteros son reducidos hasta un tamaño dado tal que puedan ser incorporados a un bolo alimenticio y ser deglutidos. Esta reducción física es necesaria para que los nutrientes solubles sean liberados para la fermentación ruminal y las estructuras inertes del material vegetal queden expuestas para el ataque por los microbios ruminales. En este proceso, la rumia tiene una participación muy significativa (Ulyatt *et al.*, 1986).

La importancia del desarrollo de la rumia normal ha sido reconocida por varios investigadores. Así, por ejemplo, Robles *et al.* (1986) demostraron que durante la rumia ocurre una reducción significativa en el tamaño de las partículas ingeridas, y que la magnitud de esta reducción fue dependiente del contenido de paredes celulares y de las diferencias entre

especies forrajeras. Durante la masticación y la rumia, los forrajes más lignificados son fracturados hasta partículas más pequeñas que los materiales menos lignificados, razón por la cual la velocidad de su ingestión se reduce considerablemente.

2.3.2.1 Masticación y rumia

Los procesos involucrados en la reducción del tamaño de las partículas son la masticación, la fermentación microbiana y la fragmentación ruminal, y de ellos indudablemente que la masticación es el principal factor.

Investigadores diversos han establecido que la masticación durante la ingestión y la rumia es un proceso que está asociado como el consumo de alimento y sus limitaciones (Jaster y Murphy, 1983; Bailey *et al.*, 1990; Deswysen y Ellis, 1990). Sin embargo, el consumo también puede ser limitado físicamente por el llenado ruminal, particularmente en dietas basadas en forraje (Shaver *et al.*, 1988), pero sobre todo en las de menor calidad (Smith *et al.*, 1983). Por lo tanto, para que pueda ocurrir consumo posterior, el alimento residual debe escapar por digestión o por pasaje (Van Soest, 1983; desBordes y Welch, 1984).

La importancia de la forma física del material ingerido fue enfatizada inicialmente por Welch y Smith (1971a), quienes observaron que la pulpa de cítricos conteniendo 27% de paredes celulares causó una mayor duración en el tiempo de rumia que la harina de alfalfa, que contenía 48% de paredes celulares. Posteriormente, Welch (1982) observó que la rumia aumenta conforme se incrementa el consumo de fibra y que, cuando las dietas están constituidas principalmente por concentrados, la rumia disminuye de manera considerable.

Si la disminución en la calidad del forraje se asocia con un incremento en la masticación para reducir el tamaño de las partículas alimenticias, el tiempo dedicado a la rumia, por unidad de forraje ingerido, podría incrementarse con la disminución en la calidad o el incremento en el contenido de fibra (Welch y Smith, 1970). En cambio, si se mide en relación con la cantidad de fibra consumida, la rumia permanece constante, independientemente del tipo de forraje (Lughinbul *et al.*, 1989). Bajo estas consideraciones, el animal que puede rumiar más forraje por unidad de tiempo podrá consumir más alimento y ser más productivo mientras sea alimentado con dietas basadas en este tipo de alimentos (Welch, 1982). Sin embargo, con frecuencia se observan amplias variaciones individuales en cuanto el tiempo dedicado a la rumia, lo cual puede propiciar que las evidencias sean cuestionadas en cuanto a su contundencia (Welch y Smith, 1968; Welch *et al.*, 1969; Lee y Pearce, 1984).

En adición al tamaño inicial de las partículas alimenticias, la composición química y las diferencias estructurales son importantes en la determinación del grado máximo al cual serán masticadas (Troelsen y Campbell, 1968). Además, la magnitud de la reducción en el tamaño de las partículas, durante la masticación, parece estar más relacionada con el tipo de forraje, independientemente del tamaño inicial de la partícula y del contenido de MS de los forrajes (Bailey *et al.*, 1990).

Los resultados de Lee y Pearce (1984) muestran que el grado máximo de la destintegración física de los forrajes no depende sólo del tipo de dieta, sino también de las variaciones entre animales y de la magnitud y eficiencia de tal masticación. Así, dentro y entre animales, las partículas de alimento recientemente ingeridas y presentes en el retículo rumen pueden tener un tamaño altamente variable. Estas

diferencias en el tamaño de las partículas de la ingesta pueden resultar en distintas tasas de colonización y fermentación microbiana, y en la oportunidad de tasas de que ocurran tasas de pasaje variantes.

Finalmente, Deswysen y Ellis (1990) consideraron que las variaciones en la eficiencia de la masticación también pueden deberse a diferencias en la dentadura y fuerza de la masticación asociada con una mayor área de inserción de los músculos que realizan la masticación. Entonces, las diferencias anatómicas y el tamaño de la boca, los movimientos mandibulares, el área dental y su acción de molido, pueden explicarse por las diferencias en la reducción en el tamaño de las partículas, pero la significancia de tales factores parece ser difícil de cuantificar (Lee y Pearce, 1984).

2.3.3 Tasa de digestión

La tasa de digestión es un criterio importante para determinar las condiciones óptimas de los factores físicos útiles en la experimentación *in situ*, tendiente a seleccionar parámetros que permitan predecir de manera más adecuada la digestión ruminal *in vivo*. A pesar de que la utilidad de los resultados obtenidos depende de factores ligados a la porosidad de la bolsa, el tamaño de las partículas del material de interés y la contaminación microbiana, estas investigaciones ruminales *in situ* han sido reconocidas como una herramienta valiosa para la evaluación del valor nutritivo de los alimentos, por lo que su uso es muy amplio.

Las fracciones potencialmente digeribles han sido descritas por tasas constantes de cinética de primer orden (Smith *et al.*, 1972; Waldo *et al.*, 1972; Mertens, 1973). Las principales suposiciones asociadas con esta cinética es que el

sustrato en cuestión es homogéneo y que este será degradado como una función lineal del tiempo de su permanencia en el rumen (Smith *et al.*, 1971). Sin embargo, estas suposiciones básicas son violadas continuamente cuando no se determinan las fracciones solubles e insolubles, o cuando el sustrato está constituido por una mezcla heterogénea que es degradada a diferentes tasas (Nocek y English, 1986). Para resolver esta situación, Lirette y Milligan (1989) propusieron que los conglomerados de partículas pequeñas y grandes, contenidas en el rumen, pueden ser representados razonablemente como homogéneos que siguen una cinética de primer orden, pues la desaparición de fluidos, partículas y marcadores microbianos ocurre de acuerdo con este tipo de cinética.

La fase "lag" (o de retraso) es el período durante el cual no ocurre digestión u ocurre con una tasa muy lenta (Mertens, 1977), pues depende de la hidratación del sustrato y de la colonización y ataque microbiano requeridos para el inicio de la digestión. La suposición de una cinética de primer orden y la existencia de esta fase, implican un proceso intrínsecamente no lineal, y el intento por convertir en lineal la fase de retraso falla de distintas maneras (Van Milgen *et al.*, 1991). Por esta razón, es necesario distinguir entre fase de retraso y fase de digestión.

La fase de retraso de los alimentos es específica y requiere la hidratación y alteración física de la fibra antes de que ocurran el ataque microbiano y la acción enzimática (Mertens, 1977). Además, también se han observado fases de retraso asociadas con la variabilidad existente entre la tasa y grado máximo de degradación de la fibra, entre forrajes y granos, a partir de lo cual Varga y Hoover (1983) sugirieron la posibilidad de formular dietas que promuevan un mayor consumo de alimento, aunque los materiales con tasas rápidas de degradación no necesariamente tienen elevados porcentajes de

degradación total. Sin embargo, este mayor consumo está estrechamente asociado con reducciones en la tasa y grado máximo de la digestión de la fibra (Varga y Hoover, 1983). Además, la fase de retraso para la digestión de la fibra puede ser más importante con dietas basadas en forraje que en concentrado (Goetsh y Owens, 1985), pues una mayor fase de retraso implicaría un mayor tiempo de retención, un pasaje, más lento y, en consecuencia, un menor consumo de alimento.

A partir de estas observaciones, Van Milgen *et al.* (1991) propusieron el uso de un modelo bicompartimental que comprende una fase de retraso y una de digestión, asumiendo que el sustrato presente en el compartimiento de retraso está indisponible para la digestión, debido a las limitadas hidratación, colonización y ataque microbiano y concentración enzimática; conforme avanza la duración de la incubación, el sustrato se vuelve más disponible para la digestión. Sin embargo, aunque el flujo del sustrato del compartimiento de retraso al de digestión depende de distintos factores, el proceso guiado por la cinética de primer orden se propone por razones de simplicidad en las estimaciones del proceso de digestión.

2.3.4 Depresión en la digestión ruminal de la fibra

Las complejas interacciones entre los distintos componentes de la pared celular influyen en su digestión ruminal. Varga y Hoover (1986) señalaron que las concentraciones y(o) la estructura química de la lignina, fenilpropanoides, taninos, cutina y sílice son, al menos de manera parcial, responsables de las diferencias en la digestión de la fibra observadas entre distintos forrajes. Por ejemplo, el ácido ferúlico es degradado más extensamente que el p-cumárico, en tanto que la xilosa es el monosacárido menos

digerible (Bourquin *et al.*, 1990; Grant y Mertens, 1992).

Los factores que deprimen la digestión ruminal de la fibra y actúan lo mismo de manera independiente que conjugada. En su revisión, Hoover (1986) señaló que la adición de carbohidratos rápidamente fermentables a dietas basadas en forraje puede, *per se*, causar la depresión en la digestibilidad de la fibra. Las restricciones químicas responsables son el pH ruminal, la inhibición de las enzimas celulolíticas, y la concentración de lignina y compuestos fenólicos de los forrajes (Mould y Orskov, 1984; Hoover, 1986).

Mertens y Loften (1980) observaron que los incrementos en la suplementación con almidón resultan en un aumento lineal en el tiempo requerido para que se iniciara la digestión de la fibra, pero que el contenido de almidón no afectó la tasa de digestión de esta fracción. Posteriormente, Kaiser *et al.* (1983) señalaron que la tasa de degradación de la fibra sí fue deprimida por la adición de almidón. Esta última observación coincide con el señalamiento de Hannah *et al.* (1990), quienes observaron que durante las primeras 60 h de incubación *in situ*, la cantidad de MS remanente fue superior en dietas que incluían almidón que en dietas testigo, aún cuando el grado máximo de la digestión a las 72 h resultó similar entre tratamientos.

Por lo anterior, puede sugerirse que conforme se incrementa la proporción de grano en la ración disminuye la digestión ruminal *in situ* de la MS. Sin embargo, Hannah *et al.* (1990) observaron un incremento lineal en la digestión de la fibra *in vivo*, el cual lo atribuyeron al aporte de la fibra conforme se aumentó la proporción de grano en la ración. Es decir, si se asume que la fibra de los granos es degradada más rápidamente que la de un forraje, la digestión de la fibra del grano parece compensar la disminución en la digestión de la

fibra del forraje (Hannah *et al.*, 1990).

Shriver *et al.* (1986) evaluaron la digestibilidad de la fibra y encontraron que a un pH de 5.8, la digestibilidad de la fibra fue de 8.1%, comparada contra 32.5% a un pH de 6.2 a 7. También, Hoover *et al.* (1984) reportaron un pH de 6.5 como el ideal para la digestión de la materia orgánica y la fibra. En cambio, Hannah *et al.* (1990) alimentaron bovinos con heno de alfalfa y encontraron que la adición de maíz hasta un 60% permitió que el pH se mantuviera siempre por arriba de 6.2.

La mayor influencia del bajo pH ejercida sobre la digestión de la fibra parece ser el alargamiento de la fase de retraso, pero solamente para algunos forrajes (Grant y Weidner, 1992) debido a que, por las diferencias en las características tisulares de estos materiales, se requiere distinta magnitud en la reducción física o química previa al ataque microbiano y degradación subsecuente de la fibra (Mertens y Loften, 1980). El efecto del pH sobre el alargamiento de la fase de retraso puede atribuirse a la adaptación de la población microbiana a un ambiente con un pH bajo pues, teóricamente, las bacterias celulolíticas podrían ser inhibidas a un pH menor que 6.0 (Grant y Mertens, 1992).

2.3.5 Tasa de pasaje

La velocidad con que la digesta se mueve a través del tracto gastrointestinal, la tasa de fermentación del alimento y la cantidad de MS consumida, son los factores principales que determinan la proporción de nutrientes digeridos, absorbidos y utilizados por el animal (Colucci *et al.*, 1982). Por ejemplo, la tasa de remoción de las partículas ruminales determina el tiempo disponible para la fermentación, el llenado ruminal y la eficiencia de la síntesis microbiana; la fracción líquida aban-

dona el rumen antes de manera más rápida que las partículas pequeñas, y las partículas densas y pequeñas pasan más rápidamente que las partículas grandes y ligeras (Owens y Hanson, 1992).

La estimación de la tasa (o velocidad) de pasaje (k_p) de la digesta es de gran importancia en la nutrición e implementación de estrategias de alimentación de los animales, aunque los resultados obtenidos bajo condiciones de alimentación en corral no son aplicables a pruebas en pastoreo (Hatfield *et al.*, 1991). La k_p , recíproco del tiempo de retención ruminal, representa la velocidad con la cual las partículas alimenticias abandonan el retículo-rumen, y se determina a partir de la relación entre la tasa de flujo de las partículas no digeribles y la masa de partículas ruminalmente no digeridas. Esta definición permite suponer que si la tasa de flujo y la masa de las partículas no digeribles, presentes en el rumen, cambian en la misma dirección, es probable que la k_p de las partículas no sea afectada (Cochran *et al.*, 1987).

Los ingredientes constituyentes de una ración no se mueven de manera conjunta a la largo del tracto digestivo, es decir, el conocimiento de la k_p de sólo un componente parece ser insuficiente para poder emitir un juicio en relación a la k_p de la ración integral. En ovinos alimentados con dietas mixtas, Eng *et al.* (1964) reportaron que la fracción de grano permaneció en el tracto digestivo durante un período de tiempo mayor que la porción de forraje, señalando que no puede concluirse que el grano pase más rápido que el forraje a través del tracto gastrointestinal.

Por otra parte, Berger *et al.* (1979) señalaron que el conocimiento de la k_p de sólo un ingrediente, o de la ración integral, no es suficiente para estimar la proporción ruminalmente digerible, puesto que es necesario conocer también

la velocidad de la digestión. Esta observación es importante, debido a que la digesta puede desaparecer del tracto digestivo exclusivamente por digestión o por pasaje (Van Soest, 1983), lo que implica que la imposición de una vía sobre la otra definirá la magnitud de aprovechamiento de un alimento y, consecuentemente, la respuesta predecible de un animal.

Aparentemente, numerosos factores influyen la k_p de los alimentos a través del tracto digestivo: el consumo voluntario, la finura del molido y, en el caso de los forrajes, la calidad. Balch (1950) y Eng *et al.* (1964) indicaron que las fracciones de forraje y concentrado tienen distinta k_p ; Lirette y Milligan (1989) reportaron que el tamaño del contenido ruminal y el flujo de partículas están relacionados con la k_p ; en tanto que Robles *et al.* (1981) señalaron que el grado máximo y la tasa de digestión de la fibra están estrechamente relacionados con la tasa de pasaje. Además, parece ser que la k_p depende del contenido de proteína de la dieta y del estado fisiológico del animal (Faichney y Boston, 1983), aunque Gunter *et al.* (1990) reportaron que, en ovejas, la k_p se incrementó durante la gestación sin que se afectara negativamente la digestión de la MS.

En relación a lo anterior, adicionalmente el sitio de muestreo y el modelo matemático son factores importantes que deben ser considerados en la elección de la metodología apropiada para la estimación de la k_p . En un estudio conducido bajo condiciones de pastoreo, Cochran *et al.* (1987) encontraron similitud entre las constantes para k_p derivadas de la curva de excreción fecal y de aquellas obtenidas mediante regresión semilogarítmica de la concentración ruminal del material marcador, contra el tiempo. En cambio, Poore *et al.* (1991), en un estudio conducido bajo condiciones de alimentación en corral, señalaron que con dietas mixtas los métodos de regresión lineal y no lineal pueden ser igualmente usados para

la evaluación de la cinética del pasaje de granos. Por lo anterior, si el modelo matemático empleado altera la estimación de la k_p , entonces influenciará la interpretación de la cinética de la digestión. Además, en cuanto al uso de marcadores, los resultados obtenidos bajo condiciones de pastoreo no pueden ser aplicables a la alimentación en corral (Hatfield *et al.*, 1991).

Finalmente, parece ser que el procedimiento seleccionado para efectuar el marcado del material también tiene influencia sobre la precisión de la estimación de la k_p . Por ejemplo, el rociado podría propiciar la migración del marcador y una reducción en la estimación de la tasa de recambio ruminal, en tanto que el mordantado con cromo altera severamente la digestibilidad *in vitro* de la MS e inhibe la reducción en el tamaño de las partículas, con lo que se limita su utilidad. En cambio, a pesar de ser un procedimiento laborioso que precisa el lavado del material excesivo, la técnica de marcado por inmersión permite una mayor remoción del elemento potencialmente intercambiable, por lo que es una técnica empleada con mayor frecuencia (Mader *et al.*, 1984).

2.4 Objetivos e Hipótesis

El objetivo general del presente trabajo fue tratar de establecer si existen diferencias en el uso de dos dietas ricas en fibra, entre bovinos Holstein y Brahman, para lo cual se propuso

- a) Cuantificar las posibles diferencias existentes, entre los genotipos estudiados, en cuanto al tiempo dedicado a la masticación de la fibra en dos raciones conteniendo rastrojo de maíz.

- b) Determinar algunas variables de la cinética de la digestión ruminal, que ayudaran a explicar las posibles diferencias en el uso de raciones conteniendo rastrojo de maíz.
- c) Cuantificar si existen diferencias en el comportamiento productivo de los genotipos estudiados, según el tipo de dieta.
- d) Determinar si existen diferencias en el comportamiento productivo de los genotipos estudiados, al imponer una restricción alimenticia temporal y ofrecer posteriormente una dieta para ganancia de peso.
- e) Cuantificar la magnitud de la respuesta compensatoria de los genotipos evaluados, y su relación con el comportamiento de los animales engordados sin una restricción alimenticia previa.

Debido a que los animales cebuinos parecen tener una menor capacidad para consumir alimento, la hipótesis planteada fue que "los bovinos del tipo Holstein usan de manera más eficiente las dietas ricas en fibra, que los animales del tipo Brahman".

3. MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, la cual geográficamente está localizada a 19°20' de latitud norte y 98°53' de longitud oeste, a una altura de 2250 m snm. El clima de la región es templado, el más seco de los templados subhúmedos; con régimen de lluvias en verano, menos de 15% de lluvias invernales, una precipitación anual de 636.5 mm, y una temperatura media anual de 15.2°C (García, 1981).

El estudio se inició a finales de agosto de 1992 y se finalizó a mediados del mes de febrero de 1993. Se utilizaron animales Brahman puros, recientemente destetados, provenientes de la Huasteca Potosina, y que fueron criados bajo condiciones de pastoreo extensivo; y animales Holstein provenientes de hatos comerciales localizados en Ezequiel Montes (Querétaro), destetados en forma tradicional y mantenidos posteriormente bajo condiciones de pastoreo controlado. Todos los animales fueron desparasitados tanto interna como externamente, y recibieron una dosis del complejo vitamínico ADE al inicio del experimento.

3.1 Ingestión y Masticación de Fibra Detergente Neutro

Para determinar el efecto del plan de alimentación sobre la capacidad de ingestión de fibra por dos genotipos de bovinos, se utilizaron 14 toros Holstein y 14 toros Brahman con un peso vivo promedio de 203 kg, en un arreglo factorial 2 X 2 de los tratamientos y una distribución de los animales completamente al azar. Los animales fueron alojados en corrales individuales (2 m X 2 m) y recibieron agua en bebederos automáticos. Los tratamientos experimentales fueron los dos

genotipos y dos dietas diferentes cuya composición estuvo basada en grano de sorgo (S) y(o) rastrojo de maíz (RM). Estas dietas fueron formuladas para contener dos niveles distintos de fibra y para ganancias de 1200 g^{-1} o para el mantenimiento, denominadas **dieta testigo** (si contenía sorgo) o **dieta restringida** (si estuvo basada principalmente en RM), respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición y análisis químico de las dietas (base seca)^a

VARIABLES	D I E T A S	
	Rastrojo	Concentrado
COMPOSICION (%)		
Rastrojo de maíz	88.0	31.0
Sorgo molido	-	58.0
Melaza	5.0	6.8
Pollinaza	5.3	2.4
Urea	1.0	1.0
Sal común	0.7	0.7
ANALISIS QUIMICO (%)		
Nitrógeno	1.40	1.67
FDN	55.80	34.80
Ca	0.60	0.33
P	0.23	0.18

^a Todos los animales recibieron $50 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ de una premezcla mineral comercial, conteniendo 3.41% de P, 2.37% Ca, 4.29% K, 5.5% Cl, 3.40% Na, 2.5% S, 2.21% Mg, 1429 ppm Mn, 133 ppm Cu, 30 ppm I, 6.7 ppm Ca, 800 ppm Zn y 4 ppm de Se; así como también $50 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ de otra premezcla comercial conteniendo 20% de Ca y 20% de P.

El alimento se ofreció *ad libitum*, a intervalos de 12 h (0600 y 1800), suministrando 105–110% de lo consumido el día anterior. Diariamente se tomaron muestras del material ofrecido y rechazado, las cuales fueron secadas, molidas y almacenadas para su análisis posterior. El contenido de materia seca (MS) se determinó mediante el secado a 100°C , en estufa de aire forzado, y el de fibra en detergente neutro (FDN) mediante la

modificación de Van Soest et al. (1991) al procedimiento de Goering y Van Soest (1975).

La fase de adaptación a la dieta correspondiente se realizó durante 21 d. El consumo diario de FDN se determinó durante los siguientes 7 d, de manera simultánea con la cuantificación de tiempo dedicado por los animales a las actividades de ingestión, rumia y masticación total, para la cual se realizaron observaciones individuales de los animales, cada 5 min, durante 120 h (Lu, 1987).

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el procedimiento de Modelos Generales Lineales del SAS (1985), considerando genotipos, planes de alimentación y la interacción posible entre ellos, como efectos principales, y el peso metabólico de los animales como covariable. A partir de este mismo análisis se realizó también la comparación de las medias. Se utilizó el siguiente modelo para el análisis estadístico de los datos experimentales.

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + D_j + G_i * D_j + \beta_{PI} + \epsilon_{ijk}$$

De donde,

Y_{ijk} = Variable de respuesta para el genotipo i consumiendo al dieta j.

μ = Media general.

G_i = Efecto del i-ésimo genotipo ($i = 1, 2$)

D_j = Efecto de la j-ésima dieta ($j = 1, 2$)

$G_i * D_j$ = Efecto de la interacción entre el i-ésimo genotipo y la j-ésima dieta

β_{PI} = Coeficiente de la covariable asociada al PI (peso metabólico de los animales)

ϵ_{ijk} = Error experimental.

Además, se realizó la comparación en cuanto al consumo de FDN y el tiempo dedicado a la masticación durante la ingestión y rumia, en cada una de las dietas y los genotipos experimentales. En este caso, solamente el genotipo de los animales (o el tipo de dieta) fue considerado como efecto principal, por lo cual se utilizó el siguiente modelo, considerando el peso metabólico de los animales como covariable.

$$Y_{ij} = \mu + G_i + \beta_{PI} + \epsilon_{ij}$$

De donde,

Y_{ij} = Variable de respuesta para el genotipo i .

μ = Media general.

G_i = Efecto del i -ésimo genotipo ($i = 1, 2$)

β_{PI} = Coeficiente de la covariable asociada al PI (peso metabólico de los animales)

ϵ_{ij} = Error experimental.

3.2 Digestión Ruminal Aparente *in Situ*

Para determinar el efecto del tipo de dieta sobre la digestión ruminal aparente (DRA) de la FDN, así como las tasas de pasaje (k_p) y digestión (k_d) para grano de sorgo (S) y rastrojo de maíz (RM), se utilizaron 3 toros Holstein y 3 toros Brahman (310 kg de peso corporal promedio), canulados ruminalmente, bajo un arreglo factorial 2 X 2 (dos genotipos y 2 dietas) de los tratamientos y una distribución de los animales completamente al azar.

Las cánulas ruminales fueron colocadas 90 d antes del

inicio de la prueba, período durante el cual los animales recibieron un manejo similar al que tendrían durante la fase experimental, de modo que padecieran el menor estrés posible y se facilitara la realización de las pruebas.

Esta fase experimental con los animales fistulados duró 60 d (desde el 15 de noviembre hasta el 15 de enero) e incluyó dos períodos de adaptación, el primero a la dieta que contenía grano, y el otro cuando se analizó la dieta basada principalmente en rastrojo de maíz.

3.2.1 Tasa de digestión

Esta prueba se realizó *in situ* utilizando los animales fistulados descritos previamente. Se inició con la dieta que contenía grano y las incubaciones ruminales se realizaron del día 1 al 12 del período experimental, usando una combinación de los procedimientos descritos por Prigge *et al.* (1984), Nocek (1985), Moore *et al.* (1990) y Freeman *et al.* (1992), tal como a continuación se describe.

Se utilizaron bolsas de nylon de 9 x 17 cm, 3.90 g de peso y 50 µm de tamaño medio de poros, para colocar las muestras. Las muestras de sorgo fueron molidas finamente y las de rastrojo hasta una longitud promedio de 15 mm. La cantidad de material incubado (sorgo o rastrojo) fue de 5 g aproximadamente. Previamente al inicio de la incubación, las muestras conteniendo las muestras de alimento fueron hidratadas con agua ligeramente caliente, y después introducidas al rumen y colocadas en el saco ventral, atadas a una cadena con pesas en sus extremos. Las bolsas fueron introducidas al rumen según la duración de la incubación correspondiente y retiradas de manera simultánea. Por cada animal se incubaron ocho bolsas duplicadas durante 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48 y 72 h (o 9 bolsas

y 96 h, en el caso de rastrojo de maíz). La incubación para el rastrojo de maíz se inició una vez finalizada la incubación de las bolsas que contenían sorgo.

Después de concluida la incubación ruminal, las bolsas fueron retiradas y lavadas manualmente con agua corriente, por varias veces, con el fin de eliminar el material microbiano adherido a ellas. Enseguida, las bolsas fueron secadas a 55°C durante 48 h y almacenadas para su análisis posterior. Con el fin de estimar la desaparición de FDN, se registró el peso total de cada bolsa, antes y después de la incubación.

La FDN potencialmente digerible (FPD) se definió como el porcentaje de desaparición ruminal después de 72 y 96 h de incubación para sorgo y rastrojo de maíz, respectivamente. La tasa de digestión se calculó mediante la regresión del logaritmo natural ($\ln$) de la FDN remanente, contra el tiempo, donde el valor absoluto de la pendiente representó la tasa de digestión (Smith *et al.*, 1971).

Para la determinación de la FDN, 100 bolsas fueron llevadas a ebullición simultánea en un recipiente conteniendo 50 litros de solución detergente neutro, preparada de acuerdo a Goering y Van Soest (1970) para forrajes o Van Soest *et al.* (1991) para el grano, según el procedimiento de Bárcena (1989). Después de la ebullición durante una h en la solución detergente neutro, las bolsas fueron lavadas manualmente y secadas como se describió arriba.

3.2.2 Tasa de pasaje

En el día 13 de la fase experimental, cada animal recibió

350 g de sorgo finamente molido y marcado con iterbio (Yb)¹, mezclados con 350 g de la ración correspondiente, directamente en el comedero, procurando que la ingestión fuera rápida y total, para lo cual los animales fueron sometidos a ayuno nocturno. El material fue marcado por inmersión², siguiendo el procedimiento de Teeter et al. (1984) y lavado por cinco veces con agua destilada, a

intervalos de una hora. Las muestras de heces fueron colectadas mediante inducción de la defecación a las 0, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 42, 48, 54, 60, 72, 84, 96 y 120 h postdosificación del material marcador, y preparadas para análisis de Yb, realizando un secado previo a 55°C durante 48 h. La extracción de Yb se realizó mediante solubilización ácida con ebullición a 120°C durante 45 min, para la cual muestras de 4 g, molidas con una malla de 2 mm, fueron incineradas a 550°C y extraídas con 30 ml de HCl 3N (Freeman et al., 1992). El contenido de Yb se determinó por espectropotometría de absorción atómica usando llama de acetileno. Los estándares para el análisis de Yb se hicieron con cenizas solubilizadas de muestras tomadas a la hora cero, y las curvas de excreción fecal del material marcado se analizaron mediante la regresión lineal.

En el día 23 de la fase experimental se ofrecieron 300 g de rastrojo de maíz marcado con Yb³ a cada animal, como se indicó para el caso del sorgo. La obtención y preparación de las muestras fecales, así como el análisis de la excreción del marcador, también se hizo tal y como se señaló en el caso del

¹ Cloruro de Yb hexahidratado (Aldrich Chemical Company, Inc.).

² Se utilizaron 2.5 g de cloruro de Yb y 200 g de sorgo molido, por litro de agua destilada.

³ Se utilizaron 2.5 g de cloruro de Yb y 75 g de rastrojo de maíz, en un litro de agua destilada.

grano. Este procedimiento para rastrojo de maíz se repitió a partir del día 55 experimental, pero para animales recibiendo la dieta basada mayoritariamente en este ingrediente.

En el día uno de cada período de incubación *in situ*, el pH del contenido ruminal fue determinado a 0, 2, 4, 6 y 12 h postalimentación. Una muestra de digesta ruminal, obtenida del saco ventral, fue filtrada a través de cuatro capas de gasa y el pH del líquido fue leído inmediatamente con un potenciómetro.

La digestión ruminal aparente (DRA) para la FPD (expresada en porcentaje), se calculó de acuerdo con Waldo *et al.* (1972):

$$B = FPD [K_d / (k_d + k_p)]$$

donde

B = DRA para la FPD (%)

FPD = FDN potencialmente digerible (%)

k_d = Tasa de digestión de la FDP

k_p = Tasa de pasaje

La k_p se calculó mediante la regresión del ln de la concentración del marcador en las heces contra el tiempo (Grover y Williams, 1973). La k_p ruminal se consideró como el valor absoluto de la pendiente de la porción descendente de la línea de regresión, suponiendo que esta fase de excreción corresponde al pasaje ruminal. La DRA para sorgo y rastrojo de maíz se calculó separadamente.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el procedimiento de Modelos Generales Lineales del SAS (1985), a partir del cual se realizó también la comparación de las medias. Se

consideraron genotipos y tipos de dieta como efectos principales, así como la interacción posible entre ellos, para lo cual se utilizó el siguiente modelo.

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + D_j + G_i * D_j + B_{CF} + \epsilon_{ijk}$$

De donde,

Y_{ijk} = Variable de respuesta para el genotipo i consumiendo la dieta j .

μ = Media general.

G_i = Efecto del i -ésimo genotipo ($i = 1,2$)

D_j = Efecto de la j -ésima dieta ($j = 1,2$)

$G_i * D_j$ = Efecto de la interacción entre el i -ésimo genotipo y la j -ésima dieta

B_{CF} = Coeficiente de la covariable asociada al CF (consumo de FDN)

ϵ_{ijk} = Error experimental.

Además, se realizó la comparación en cuanto a los parámetros de la cinética de digestión ruminal en cada una de las dietas y genotipos experimentales. En este caso, solamente el genotipo de los animales (o el tipo de dieta) fue considerado como efecto principal, por lo cual se utilizó el siguiente modelo.

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_{CF} + \epsilon_{ij}$$

De donde,

Y_{ij} = Variable de respuesta para el genotipo i .

μ = Media general.

G_i = Efecto del i -ésimo genotipo ($i = 1,2$)

β_{CF} = Coeficiente de la covariable asociada al CF (consumo de FDN)

ϵ_{ij} = Error experimental.

3.3 Comportamiento en Corral

Para determinar el efecto del plan de alimentación sobre la eficiencia alimenticia (GDP:consumo de MS), se utilizaron 14 toros Holstein y 14 toros Brahman, en un arreglo factorial 2×2 (dos genotipos y dos planes), con distribución de los animales completamente al azar.

Los planes de alimentación fueron definidos como sigue. Siete animales de cada genotipo, seleccionados al azar, recibieron durante 60 d una dieta para ganancias de peso cercanas a cero (dieta de restricción), y posteriormente fueron alimentados durante 110 d con otra dieta formulada para ganancias diarias de 1200 g (dieta testigo). Esta forma de alimentación se impuso con el fin de que los animales manifestaran crecimiento compensatorio, y se denominó engorda bajo un plan de alimentación restringida.

Por otra parte, los 14 animales restantes, 7 Brahman y 7 Holstein, fueron alimentados durante 110 d únicamente con la dieta testigo, y al proceso se le denominó engorda bajo un plan de alimentación testigo.

Las dietas utilizadas se suministraron *ad libitum* y fueron las indicadas en el Cuadro 1. Se registró el consumo semanal de alimento y la ganancia de peso mensual de los animales. El pasaje se realizó a las 0700 h, después de un ayuno nocturno total.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el procedimiento de Modelos Generales Lineales del SAS (1985), considerando genotipos, planes de alimentación y la interacción posible entre ellos, como efectos principales; a partir de este mismo análisis se realizó también la comparación de las medias. Se utilizó el siguiente modelo para el análisis estadístico de los datos experimentales.

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + D_j + G_i * D_j + \beta_{PI} + \epsilon_{ijk}$$

De donde,

Y_{ijk} = Variable de respuesta para el genotipo i en el plan de alimentación j .

μ = Media general.

G_i = Efecto del i -ésimo genotipo ($i = 1, 2$)

D_j = Efecto de la j -ésimo plan de alimentación ($j = 1, 2$)

$G_i * D_j$ = Efecto de la interacción entre el i -ésimo genotipo y el j -ésimo plan de alimentación

β_{PI} = Coeficiente de la covariable asociada al PI (peso metabólico de los animales)

ϵ_{ijk} = Error experimental.

Además, se realizó la comparación en cuanto a la eficiencia alimenticia, en cada una de las dietas y los genotipos experimentales. En este caso, solamente el genotipo de los animales (o el tipo de dieta) fue considerado como efecto principal, por lo cual se utilizó el siguiente modelo.

$$Y_{ij} = \mu + G_i + \beta_{PI} + \epsilon_{ij}$$

De donde,

Y_{ij} = Variable de respuesta para el genotipo i .

μ = Media general.

G_i = Efecto del i -ésimo genotipo ($i = 1,2$) o, en su caso, el plan de alimentación ($j = 1,2$)

β_{PI} = Coeficiente de la covariable asociada al PI (peso metabólico de los animales)

ϵ_{ij} = Error experimental.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Ingestión y Masticación de Fibra Detergente Neutro (FDN)

En el Cuadro 2 puede observarse que el peso corporal promedio fue ligeramente mayor en los animales Brahman que recibieron la dieta testigo, y relativamente similar entre los animales de los tratamientos restantes. Por esta razón, y debido a que es preciso que los análisis de la ingestión de fibra se realicen en términos del peso metabólico, esta variable fue utilizada como factor de ajuste en los análisis que se presentan a continuación.

4.1.1 Consumo de FDN

En el cuadro 2 se observa que el consumo de FDN, expresado en $\text{g} \cdot \text{kg PM}^{-1}$, fue mayor ($P < 0.01$) en los animales que recibieron la dieta conteniendo principalmente rastrojo de maíz e inferior en aquellos alimentados con la dieta testigo. De igual manera, el consumo promedio de FDN por unidad de PM, fue ligeramente mayor ($P = 0.06$) en los animales Holstein que en los Brahman (51.4 vs. $45.84 \text{ g} \cdot \text{kg PM}^{-1}$, respectivamente). Por otra parte, al efectuar la comparación de los genotipos en relación a cada una de las dietas, los animales del tipo Holstein ingirieron 12% y 9% más FDN que los del tipo Brahman cuando recibieron las dietas de restricción ($P > 0.53$) y testigo ($P > 0.18$), respectivamente, pero sin que estas diferencias tuvieran carácter significativo.

El mayor consumo de FDN observado en los animales Holstein puede explicarse por la mayor talla corporal de estos animales o por la selección que se les ha impuesto hacia un mayor consumo de alimento (Owens *et al.*, 1985); en tanto que el mayor consumo de FDN observado en la dieta de restricción, se

puede explicar por su mayor contenido de FDN en relación con la dieta testigo.

Cuadro 2. Peso metabólico (PM), medias mínimo cuadráticas para consumo de FDN y actividades de la masticación en bovinos Holstein y Brahman¹

VARIABLES	HOLSTEIN		BRAHMAN	
	RESTRINGIDOS	TESTIGO	RESTRINGIDOS	TESTIGO
N	7	7	7	7
PV ^{0.75} (kg)	52.94 ± 8.01	50.86 ± 8.91	51.84 ± 4.63	56.23 ± 2.42
CONSUMO FDN (g.kg PV ^{-0.75}) ^{ab}	53.85 ± 2.81	48.95 ± 2.86	51.20 ± 2.83	40.48 ± 2.92
DURACION DE LA INGESTION (min.g FDN ⁻¹ .kg PV ^{-0.75}) ^{ab}	1.920 ± 0.058	0.681 ± 0.059	2.049 ± 0.058	0.782 ± 0.060
DURACION DE LA RUMIA (min.g FDN ⁻¹ .kg PV ^{-0.75}) ^{bc}	2.703 ± 0.104	1.268 ± 0.106	3.021 ± 0.105	1.156 ± 0.108
DURACION DE MASTICACION TOTAL (min.g FDN ⁻¹ .kg PV ^{-0.75}) ^{bd}	4.623 ± 0.126 ^f	1.950 ± 0.128	5.071 ± 0.126 ^e	1.938 ± 0.130

¹ Considerando el PM de los animales como covariable

a Efectos debidos al genotipo (P=0.06)

b Efectos atribuidos al tipo de dieta (P<0.01)

c Efectos atribuidos a la interacción genotipo*tipo de dieta (P<0.06)

d Efectos atribuidos a la interacción genotipo*tipo de dieta (P<0.09)

e,f En una misma dieta, los superíndices señalan diferencias entre genotipos (P=0.08)

Es probable, también, que las diferencias no significativas observadas entre genotipos, dentro de un mismo tratamiento de alimentación, hayan sido ocasionadas por la alimentación libre pues, como señalaron Taylor y Murray (1987), el consumo se encuentra regulado por el tiempo permitido para la ingestión, sin importar la edad de los animales. En este caso, ambos grupos genéticos tuvieron acceso libre al alimento, el cual estuvo disponible durante las 24 h.

4.1.2 Tiempo dedicado a la ingestión de FDN

En el Cuadro 2 también puede observarse que el tiempo dedicado a la ingestión de FDN, expresado en $\text{min} \cdot \text{g FDN}^{-1}$ por cada unidad de peso metabólico, difirió entre los dos tipos genéticos ($P=0.06$) y entre las dietas ($P<0.01$). La menor duración se observó en los animales Holstein alimentados con la dieta testigo y la mayor en los animales Brahman que recibieron la dieta constituida principalmente por rastrojo de maíz, aunque no fueron evidentes efectos atribuidos ($P>0.81$) a la interacción genotipo*tipo de dieta.

En promedio, los animales Brahman dedicaron 8% más tiempo ($P=0.06$) que los Holstein en la ingestión de FDN (1.41 vs. $1.30 \text{ min} \cdot \text{g}^{-1}$ de FDN ingerida, respectivamente). Además, al efectuar la comparación dentro de una misma dieta, los animales Brahman emplearon también 7% y 14% más tiempo en la ingestión de la FDN, cuando se ofrecieron las dietas de restricción ($P>0.18$) y testigo ($P>0.40$), respectivamente.

Por otra parte, en relación con el tipo de dieta, los animales emplearon 171% más tiempo para la ingestión de una unidad de FDN cuando recibieron la dieta basada principalmente en rastrojo de maíz, que cuando fueron alimentados con la dieta testigo (1.98 vs. $0.73 \text{ min} \cdot \text{g}^{-1}$ de FDN consumida, respectivamente).

Las diferencias observadas entre dietas en cuanto al tiempo dedicado a la ingestión de la FDN pudieron deberse al volumen, la morfología y la composición química de éstas (Luginbuhl *et al.*, 1989), pues es probable que una ración con un bajo contenido de fibra cause una reducción en el tiempo empleado para su ingestión (Shaver *et al.*, 1988). Este efecto puede explicarse a partir de la mayor dificultad que se tiene para reducir el tamaño de las partículas, a medida que se

aumentan los niveles de FDN.

Es probable, también, que factores tales como el olor, el sabor y la textura hayan contribuido en la preferencia por la dieta testigo (Kenney y Black, 1984a; Kenney *et al.*, 1984), lo que causó que los animales emplearan menos tiempo para su ingestión. Además, quizás el carácter evolutivo de los animales afectó la velocidad de la ingestión de FDN (Kenney y Black, 1984a; Wright *et al.*, 1986). En este sentido, puede entenderse que los animales Brahman, independientemente de su mayor peso corporal, ingirieron su alimento de manera más lenta porque históricamente han sido alimentados con forrajes. En cambio, los animales Holstein han sido alimentados tradicionalmente con dietas de buena calidad nutricional, por lo que ingirieron su alimento de manera más rápida.

4.1.3 Duración de la rumia

A diferencia de lo observado durante la ingestión, el tiempo dedicado a la rumia de la FDN ingerida (en $\text{min} \cdot \text{g FDN}^{-1} \cdot \text{kg PM}^{-1}$), dependió del tipo de dieta ($P < 0.01$), pero sin que se observaran efectos atribuidos a los genotipos estudiados ($P > 0.34$) pero sí una tendencia más clara para la interacción genotipo*tipo de dieta ($P < 0.06$). La menor duración de la rumia se observó en los animales Brahman alimentados con la dieta testigo y la mayor en los animales de este mismo tipo genético pero que recibieron la dieta basada principalmente en rastrojo de maíz.

Cuando se ofreció la dieta de restricción los animales Brahman rumiaron durante más tiempo (doce por ciento más) que los Holstein cada unidad de FDN ingerida, sólo que las diferencias no fueron significativas ($P > 0.13$); en cambio, el tiempo dedicado a la rumia cuando se ofreció la dieta testigo,

fue 8% mayor en los animales Holstein que en los Brahman, aunque sin diferencias significativas ($P > 0.28$). En promedio, los animales Brahman dedicaron 5% más tiempo que los Holstein a la actividad de rumia (2.09 vs. $1.98 \text{ min} \cdot \text{g FDN}^{-1} \cdot \text{kg PM}^{-1}$, respectivamente); en tanto que en relación con el tipo de dieta, los animales emplearon 136% más tiempo en la rumia de cada unidad de FDN cuando recibieron la dieta basada principalmente en rastrojo de maíz, que cuando fueron alimentados con la dieta testigo (2.86 vs. $1.21 \text{ min} \cdot \text{g FDN}^{-1} \cdot \text{kg PM}^{-1}$, respectivamente).

Estas observaciones coinciden con lo reportado por Welch y Smith (1970) y Luginbuhl *et al.* (1989), en el sentido de que a medida que aumenta el consumo de FDN (o disminuye el valor energético de las raciones) se incrementa el tiempo requerido para la rumia. Por otra parte, si los animales tuvieron una madurez fisiológica similar, entonces ambos tipos fueron igualmente eficientes en la reducción del tamaño de las partículas por efecto de la rumia.

Sin embargo, las diferencias no significativas en favor de un mayor tiempo de rumia en los animales Brahman que consumieron la dieta basada mayoritariamente en rastrojo de maíz, asociadas además a una mayor masticación durante la ingestión, parecen implicar una mejor utilización de este tipo de dietas, en relación con los animales Holstein.

4.1.4 Tiempo dedicado a la masticación total

El tiempo dedicado a la masticación durante la ingestión y rumia de la FDN consumida ($\text{min} \cdot \text{g FDN}^{-1} \cdot \text{kg PM}^{-1}$) difirió, nuevamente, con el tipo de dieta ($P < 0.01$) y fue mayor para los animales recibiendo principalmente rastrojo en su dieta basal que en aquellos alimentados con la dieta testigo (Cuadro 2). A

pesar de que no se detectaron diferencias significativas ($P>0.10$), en el caso de la dieta basada mayoritariamente en rastrojo de maíz, los animales Brahman masticaron durante un tiempo 10% mayor cada unidad de FDN ingerida que los animales Holstein. Por otra parte, en el caso de la dieta testigo, los animales Holstein tendieron a compensar ligeramente el menor tiempo dedicado a la ingestión, en relación con los del otro tipo genético, y rumiaron más intensamente cada unidad de FDN ingerida, por lo que el tiempo dedicado a la masticación total fue similar al de los Brahman ($P>0.10$), aún cuando el consumo de FDN en estos últimos fue 8% menor, pero sin una tendencia clara para la interacción genotipo*tipo de dieta ($P=0.09$).

Las diferencias observadas entre ambas dietas, en cuanto a la duración de la masticación por cada unidad de FDN ingerida, fueron debidas al tamaño inicial de las partículas alimenticias, a la composición química y a las diferencias estructurales (Troelsen y Campbell, 1968), pues estas variables son importantes en la determinación del grado máximo al cual las partículas alimenticias serán masticadas (Lee y Pearce, 1984; Bailey *et al.*, 1990).

Por ejemplo, el mayor consumo de fibra total está directamente relacionado con un incremento en el tiempo total dedicado a la masticación (Welch y Smith, 1970). Asimismo, independientemente del tamaño inicial de las partículas alimenticias, la magnitud en la reducción del tamaño de las partículas durante la masticación está bien relacionada con el tipo de dieta, y la inclusión de concentrados a dietas basadas en forraje, reduce considerablemente el tiempo dedicado a la masticación, independientemente del tipo de concentrado (Bailey *et al.*, 1990).

De igual manera, el mayor consumo de FDN resulta en una disminución lineal en el tamaño de los bolos deglutidos y en un

incremento lineal en el tamaño de partículas fecales y del estrato superior del rumen (Luginbuhl *et al.*, 1989). Es decir, el proceso de masticación será entonces menos eficiente en la reducción del tamaño de las partículas de la ingesta cuando el consumo de fibra sea menor. Por estas explicaciones, puede deducirse que la reducción en el tamaño de partículas y la aparición de éstas en las heces dependerán del tipo de dieta, del nivel de consumo y, probablemente, del animal (Deswysen y Ehrlein, 1981).

Por otra parte, en el caso de dietas mixtas o basadas únicamente en forraje, la disminución en el consumo causará que los animales dediquen progresivamente más tiempo a mordisquear y que, por tanto, coman con una tasa disminuida de movimientos mandibulares, conforme el alimento residual sea más tosco (Luginbuhl *et al.*, 1989). Por lo tanto, al ocurrir el consumo con movimientos mandibulares a un ritmo disminuido, se propiciará que la masticación durante la ingestión sea más eficiente en la reducción del tamaño de las partículas, y que la rumia sea menos intensa.

Por lo anterior, el grado máximo de desintegración física de los forrajes no depende solamente del tipo de dieta en particular, sino de las variaciones entre animales y de la magnitud y eficiencia de la masticación. Así, dentro y entre animales, las partículas de alimento recientemente ingeridas y presentes en el retículo-rumen tendrán un tamaño altamente variable, sobre todo en dietas de mala calidad. Esto puede resultar en tasas diferentes de colonización y degradación bacteriana y, dependiendo de los efectos de compensación de la rumia, en la oportunidad para que sucedan distintas tasas de pasaje hacia la porción posterior del tracto gastrointestinal. Entonces, tanto la magnitud de la degradación ruminal como el pasaje de la fibra ingerida son los principales factores que determinan la capacidad que los rumiantes tienen no sólo para

consumir dietas de mala calidad sino para alcanzar cierto nivel de productividad cuando son alimentados con ellas.

Finalmente, en el Cuadro 2 pueden observarse también que los animales del tipo Brahman, alimentados con la ración basada mayoritariamente en rastrojo de maíz, a pesar de haber tenido un menor consumo de FDN, dedicaron ligeramente más tiempo ($P=0.08$) a la masticación total que su contraparte Holstein. Sin embargo, cuando los animales fueron alimentados con la dieta testigo, los del tipo Holstein mostraron un tiempo total de masticación solamente 3% mayor ($P>0.85$) que los Brahman, aun cuando el consumo de FDN fue 8% mayor ($P>0.18$) en los primeros que en los segundos.

Estas diferencias en la eficiencia de la masticación pueden deberse a diferencias en la dentadura y la fuerza de masticación asociada con una mayor área de inserción de los músculos de la masticación (Deswysen y Ellis, 1990), pero la significancia de tales factores es difícil de establecer (Lee y Pearce, 1984).

4.2 Cinética de la Digestión Ruminal

4.2.1 pH ruminal

En el Cuadro 3 puede observarse que con excepción de los animales Brahman alimentados con la dieta concentrada, el pH ruminal se mantuvo siempre por arriba de 6.5, sin diferencias debidas a las dietas ($P>0.24$), el genotipo ($P>0.95$) ni a la interacción genotipo*tipo de dieta ($P>0.29$). Sin embargo, al efectuar la comparación entre dietas, dentro de un mismo genotipo, solamente los animales Brahman alimentados con la dieta testigo mostraron un pH ruminal 5% mayor ($P<0.05$) que los que recibieron la dieta de restricción. No obstante, el pH

observado siempre fue superior a 6.3.

Cuadro 3. Medias mínimo cuadráticas para consumo de FDN y pH ruminal, según el genotipo de los animales y el tipo de dieta, considerando el consumo de FDN como covariable¹

VARIABLES	HOLSTEIN		BRAHMAN	
	RASTROJO	CONCENTRADO	RASTROJO	CONCENTRADO
N	7	7	7	7
PESO VIVO (kg)	337.00 ± 29.00	292.00 ± 10.00	334.00 ± 40.00	306.30 ± 20.00
CONSUMO TOTAL DE FDN (kg/d)	3.40 ± 0.33	3.08 ± 0.20	2.90 ± 0.49	3.15 ± 0.21
pH RUMINAL	6.55 ± 0.14	6.55 ± 0.14	6.71 ± 0.14 ^b	6.37 ± 0.13 ^a

¹ El contenido de FDN en las dietas rastrojo y concentrado fue 55.80% y 34.80%, respectivamente.

Esta observación coincide con la de Hannah *et al.* (1990), quienes reportaron que la adición de hasta 60% de grano de maíz en dietas basadas en heno de alfalfa no alteró el pH ruminal, el cual permaneció por arriba de 6.2. Además, un pH de 6.5 fue considerado por Hoover *et al.* (1984) como el ideal para la fermentación ruminal de la fibra.

Lo anterior significa que la inclusión de grano de sorgo en la dieta concentrada prácticamente no influenció negativamente el ambiente ruminal, lo cual permitió que el pH fuera el ideal y se mantuvieran las condiciones que la flora microbiana requiere para efectuar satisfactoriamente la fermentación de la fibra. Probablemente estas condiciones ruminales fueron propiciadas por la fibra aportada por el rastrojo de maíz, además de que el tamaño de las partículas de este ingrediente seguramente favoreció el desarrollo de la rumia normal.

En cuanto al tipo de fibra, y de su calidad, es probable

que la fibra del rastrojo de maíz tenga la suficiente capacidad "buffer" para amortiguar los cambios continuos del pH ruminal, provocados por la fermentación de los carbohidratos rápidamente degradables. Por otra parte, de acuerdo con Welch (1982) y Grant y Mertens (1992), el tamaño de las partículas alimenticias es el principal factor determinante de la ocurrencia de la rumia normal, la que a su vez, mediante el remasticado y reinsalivado de la ingesta, causa no sólo el rompimiento de las paredes celulares y la reducción en el tamaño de las partículas, sino que también libera el material soluble que contiene los nutrientes que serán utilizados por las células microbianas y que servirán para amortiguar los cambios en el pH ruminal. Además, la ocurrencia de la rumia normal permite que durante la remasticación de los bolos alimenticios se incorpore a ellos la saliva, la cual es considerada como la principal substancia amortiguadora de los cambios en el pH ruminal. Así, es entonces probable que el efecto combinado del tipo de fibra y el tamaño de las partículas del forraje favorezca directamente la rumia normal e indirectamente propicie que las condiciones del ambiente ruminal sean las ideales para la digestión de la fibra.

4.2.2. Tasa de digestión ruminal de la FDN

4.2.2.1 Rastrojo de maíz

En el caso del rastrojo de maíz (como ingrediente constituyente de las raciones), el genotipo de los animales influyó ligeramente ($P=0.07$) la k_d ruminal de la fibra. En general, los animales Brahman mostraron la menor k_d , particularmente cuando recibieron la dieta testigo, pero sin que se observaran diferencias atribuibles ($P>0.18$) a la interacción genotipo*tipo de dieta.

Cuadro 4. Medias mínimo cuadráticas para tasa de digestión, fibra detergente neutro (FDN) potencialmente digerible y digestión ruminal aparente (DRA) de la FDN, para el rastrojo de maíz, considerando el consumo de FDN como covariable

VARIABLES	HOLSTEIN		BRAHMAN	
	RASTROJO	CONCENTRADO	RASTROJO	CONCENTRADO
TASA DE DIGESTION DE LA FDN (% $\cdot$ h ⁻¹) ^{ef}	4.87 $\pm$ 0.36 ^{ac}	3.32 $\pm$ 0.32 ^b	3.60 $\pm$ 0.35 ^d	3.12 $\pm$ 0.32
FDN POTENCIALMENTE DIGERIBLE (%) ^e	78.90 $\pm$ 2.40	72.88 $\pm$ 2.16	81.10 $\pm$ 2.35	76.07 $\pm$ 2.16
TASA DE PASAJE (% $\cdot$ h ⁻¹) ^g	2.51 $\pm$ 0.35 ^a	3.54 $\pm$ 0.32 ^b	2.90 $\pm$ 0.34	3.14 $\pm$ 0.32
DRA DE LA FDN (%) ^h	52.10 $\pm$ 3.10 ^a	35.13 $\pm$ 2.78 ^b	45.36 $\pm$ 3.02	37.93 $\pm$ 2.77

^{a,b} Diferencias significativas dentro de un mismo genotipo (P<0.05)

^{c,d} En una misma dieta, diferencias entre genotipos (P=0.08)

^e Diferencias atribuibles al tipo de dieta (P<0.05)

^f Diferencias atribuibles al genotipo de los animales (P=0.07)

^g Diferencias atribuibles al tipo de dieta (P<0.08)

^h Diferencias atribuibles al tipo de dieta (P<0.01)

En el caso de la dieta de restricción, los animales Holstein exhibieron una k_d 35% mayor (P=0.08) que la observada en los animales del tipo Brahman. Por otra parte, al efectuar la comparación entre genotipos en relación con la dieta testigo, los del tipo Holstein presentaron nuevamente la mayor velocidad en la digestión ruminal de la FDN del rastrojo de maíz, aunque sin diferencias significativas (P>0.65).

La mayor velocidad en la digestión ruminal de la fibra del rastrojo de maíz observada en los animales Holstein quizás pueda ser explicada por la mayor capacidad ruminal, en términos del volumen, que estos animales tienen en relación con los Brahman. Esta suposición parece ser válida toda vez que los animales Holstein han evolucionado bajo condiciones de alimentación abundante; en tanto que los animales cebuinos han

permanecido, casi siempre, bajo restricciones nutricionales.

Por otra parte, estas observaciones difieren con lo propuesto por Kennedy (1982), en el sentido de que aparentemente los animales cebuinos realizan una síntesis microbiana más eficiente, por lo que la fermentación ruminal de la fibra podría ser considerablemente mayor en estos animales que en los del tipo *Bos taurus*. Las diferencias entre ambos reportes pueden ser atribuidas al consumo de los animales; en el presente trabajo, la ingestión se permitió libremente y las dietas se ofrecieron molidas, mientras que en el de Kennedy (1982) la alimentación fue restringida.

Generalmente se espera que cuando los animales muestran el mayor consumo de alimento presentarán también una k_d lenta y un pasaje más rápido, con repercusiones negativas sobre la digestión ruminal aparente. Sin embargo, como se verá más adelante, la k_p promedio fue similar entre tipo de animales.

En cambio, la menor k_d observada en los animales Brahman alimentados con la dieta testigo, en relación con los Holstein, puede explicarse por su menor pH ruminal. Entonces, de acuerdo a lo reportado por Hoover *et al.* (1984), quizás el pH ruminal de los Holstein fue favorable para la digestión de la fibra, en tanto que en los Brahman fue subóptimo.

Por otra parte, en el caso de los animales Holstein, el tipo de dieta determinó diferencias en la k_d ($P < 0.05$). Así, la k_d fue 47% mayor con la dieta de restricción que con la dieta testigo. Sin embargo, aún cuando la k_d en los animales Brahman también fue mayor con la dieta basada en rastrojo de maíz, las diferencias no fueron significativas ($P > 0.56$). Al respecto, las diferencias en la k_d atribuidas al tipo de dieta se explican por diferencias en el pasaje de la digesta.

4.2.2.2 Grano de sorgo

En el caso del grano de sorgo, la velocidad de la digestión ruminal de la fibra tampoco difirió con el genotipo ($P>0.90$), aunque cuantitativamente fue mayor en los animales Brahman que en los Holstein (Cuadro 5). Una observación importante reside en el hecho de que la velocidad de la digestión ruminal de la FDN fue muy alta, lo cual parece ser difícil de explicar. Quizás los valores observados hayan sido sesgados por efecto de errores cometidos durante el proceso de lavado de las bolsas, una vez concluida la incubación ruminal, debido a que el grano de sorgo había sido molido finamente, lo que pudo causar que alguna porción del sustrato se perdiera por la porosidad de la bolsa.

Cuadro 5. Medias mínimo cuadráticas para tasa de digestión, fibra detergente neutro (FDN) potencialmente digerible y digestión ruminal aparente (DRA) de la FDN, para el grano de sorgo, considerando el consumo de FDN como covariable¹

VARIABLES	HOLSTEIN	BRAHMAN
TASA DE DIGESTION DE LA FDN (%.h ⁻¹)	10.60 ± 3.44	11.22 ± 3.44
FDN POTENCIALMENTE DIGERIBLE (%)	99.75 ± 0.18	100.00 ± 0.18
TASA DE PASAJE (%.h ⁻¹)	2.41 ± 0.32	2.70 ± 0.32
DIGESTION RUMINAL APARENTE DE FDN (%)	78.54 ± 4.99	79.53 ± 4.99

Una segunda explicación puede ser el hecho de que quizás el pH ruminal fue el adecuado para favorecer la digestión de la fibra contenida en el grano de sorgo, sin que la inclusión de este ingrediente en la ración haya causado efectos asociativos negativos sobre el grado máximo de digestión de la fibra, como señalaron Mertens y Loften (1980). También, es probable que el

procedimiento seguido para la extracción de la fibra haya causado un error considerable en la cuantificación del contenido de este componente celular, bien por efecto del tratamiento excesivo o bien por el bajo contenido de fibra de los granos. Además, en la literatura se ha reportado que conforme la proporción de grano en la ración aumenta disminuye el consumo total de fibra, por lo que probablemente su digestión sea mayor, toda vez que existe una relación inversa entre consumo y tasa de digestión (Varga y Hoover, 1983).

Por otra parte, en dietas mixtas y bajo condiciones prácticas de alimentación, la mayor digestión de la fibra del grano parece compensar la disminución en la digestión de la fibra aportada por el forraje (Hannah *et al.*, 1990), pues parece ser que la fibra de los granos se degrada más rápidamente que la de los forrajes. Asimismo, la k_d de los sustratos guarda interrelación importante con la tasa de pasaje (Van Soest, 1983).

4.2.3. FDN potencialmente digerible

4.2.3.1 Rastrojo de maíz

Para el rastrojo de maíz (como ingrediente constituyente de las raciones), el genotipo de los animales no influyó ($P > 0.29$) el grado máximo de digestión de la fibra, aunque sí se observaron algunas diferencias cuantitativas que podrían ser importantes (Cuadro 4; pág. 77). Por ejemplo, en el caso de la dieta de restricción, los animales Brahman mostraron un grado máximo de digestión 3% mayor que los animales Holstein ($P > 0.31$); en tanto que para la dieta concentrada las diferencias fueron de 4%, también en favor de los animales cebuinos ($P > 0.19$). Además, dentro de un mismo genotipo, la FDN potencialmente digerible no fue afectada por el tipo de dieta

($P > 0.19$).

Por otra parte, la FPD fue determinada significativamente ($P < 0.05$) por el tipo de dieta. Así, la FPD fue 7% mayor cuando se ofreció la dieta de restricción que cuando se ofreció la dieta testigo (80 vs. 74.4%, respectivamente).

En general, la menor digestión ruminal de la fibra ocurrió con los animales Holstein que recibieron la dieta concentrada, en tanto que el mayor grado de la digestión se observó en los animales Brahman que recibieron la dieta constituida principalmente por rastrojo de maíz, sin efectos atribuibles a la interacción genotipo*tipo de dieta ($P > 0.83$). Además, ni la duración de la incubación ni la inclusión de grano en la ración parecieron afectar el grado máximo de la digestión ruminal de la FDN de este ingrediente. Además, a pesar de que el grano de sorgo fue incubado por un período 24 h menor que el correspondiente al rastrojo de maíz, la digestión potencial de la fibra fue relativamente similar.

Por otra parte, con respecto al efecto de la inclusión del grano de sorgo, los resultados coinciden con lo reportado por Mertens y Loften (1980), quienes observaron que la adición de almidón parece no afectar negativamente la digestión potencial de la fibra.

4.2.3.2 Grano de sorgo

En el caso del grano de sorgo, el grado de la digestión ruminal de la fibra tampoco difirió con el genotipo de los animales ($P > 0.05$) y fue de 100% a las 72 h de incubación ruminal (Cuadro 5; pág. 80). Estas observaciones son relativamente difíciles de explicar, toda vez que la ración estuvo constituida en un 58% por grano de sorgo y prácticamente

la fibra del grano fue 100% potencialmente degradable en el rumen, tal y como parece ocurrir con el almidón (Bárcena, 1989). Para que ambos constituyentes del grano sean semejantes en cuanto a la degradabilidad potencial en el rumen, es preciso que, aún cuando se trate de dietas mixtas, las condiciones en el ambiente ruminal sean favorables para el desarrollo de bacterias celulolíticas. Es decir, que no ocurran efectos asociativos negativos sobre la digestión de la fibra.

Las explicaciones atribuibles al elevado grado de digestión de la fibra, contenida en el grano de sorgo, probablemente sean las mismas expuestas arriba para la tasa de digestión, aunque sí es importante mencionar la amplia repetibilidad entre las observaciones para un mismo tiempo de incubación en un mismo animal y la gran variabilidad entre animales del mismo genotipo, aún cuando en el análisis GLM se realizaron ajustes por el consumo de FDN de los animales.

4.2.4 Tasa de Pasaje Ruminal de la Digesta

4.2.4.1 Rastrojo de maíz

En el caso del rastrojo de maíz, como constituyente de las raciones, el genotipo de los animales no influenció ($P > 0.98$) la tasa de pasaje del material ingerido (Cuadro 4; pág. 77). Así, en promedio, los animales Holstein mostraron una tasa de pasaje similar a la de los animales cebuinos. Sin embargo, al efectuar la comparación entre genotipos, los animales Holstein que recibieron la dieta basada principalmente en rastrojo de maíz mostraron una k_p 13% ($P > 0.29$) menor que su contraparte Brahman; en cambio, con la dieta testigo, los animales cebuinos exhibieron una k_p 13% menor ($P > 0.70$) que la de los Holstein. Estas diferencias propiciaron que el tiempo de retención ruminal (TRR, recíproco de la tasa de pasaje) fuera menor en

los animales Brahman (34.5 vs. 39.8 h, respectivamente) cuando se ofreció la dieta de restricción y mayor en estos mismos animales (31.8 vs. 28.2 h, respectivamente) cuando se ofreció la dieta testigo.

Las diferencias observadas entre genotipos en cuanto a la k_p , asociada ésta con la correspondiente k_d , parecen evidenciar una mayor DRA en los animales Holstein alimentados con la dieta de restricción y una mayor DRA en los animales cebuinos cuando se ofreció la dieta testigo.

Por otra parte, en el caso de los animales Holstein, el tipo de dieta determinó diferencias en la k_p de la digesta. Así, la k_p fue 41% más rápida ($P < 0.05$) en la dieta que contenía sorgo que en la que contenía principalmente rastrojo de maíz. En cambio, las diferencias en la k_p para los animales Brahman fueron de apenas el 8% ($P > 0.79$).

4.2.4.2 Grano de sorgo

En cuanto al grano de sorgo, la k_p fue 11% mayor ($P > 0.57$) en los animales Brahman que en los Holstein, aunque la k_d de la FDN fue ligeramente mayor en los primeros (Cuadro 5; pág. 61). Sin embargo, también fueron evidentes variaciones individuales (CV de 21%).

En promedio, el TRR del grano de sorgo marcado fue mayor en un 6% y 30%, que el TRR del rastrojo de maíz, cuando se ofrecieron las dietas de restricción y testigo, respectivamente. Esto significa que el grano de sorgo fue retenido en el rumen durante un tiempo mayor que el rastrojo de maíz y que, probablemente, este menor TRR pueda explicar la elevada k_d observada para la FDN, así como el alto porcentaje de la FPD determinada a las 72 h de incubación ruminal del grano de

sorgo. Como una conclusión de lo anterior podría decirse que un mayor TRR (es decir, una menor k_p) implica una mayor degradación ruminal, pues estos dos procesos son los únicos implicados en la desaparición de la digesta a lo largo del tracto digestivo (Van Soest, 1983).

Por otra parte, la elevada tasa de digestión ruminal de la FDN, el alto porcentaje de la FPD y la menor k_p del grano de sorgo, quizás puedan explicarse porque en el rumen prevaleció siempre un pH mayor que 6.3, con lo cual se favoreció el desarrollo de bacterias celulolíticas y la degradación de la fibra. Sin embargo, esto implica también que no haya existido una abundante población de bacterias amilolíticas y que se propiciara su pasaje hacia la porción postruminal del tracto, con lo cual podrá esperarse una buena respuesta en el comportamiento de los animales.

Del mismo modo, una explicación similar puede sugerirse en el caso de la degradación ruminal de la FDN contenida en el rastrojo de maíz.

En relación con lo anterior, un mayor TRR para el grano de sorgo que para el rastrojo de maíz implica una exposición más prolongada a los microorganismos ruminales, y permite establecer que no puede concluirse que, en el caso de las dietas mixtas, la fracción constituida por el grano pase más rápidamente que la fracción constituida por forraje, ya que esta última fracción parece retener ampliamente a la primera. No obstante, esto no proporciona argumentos suficientes para afirmar que el almidón del grano será degradado con una mayor magnitud.

4.2.5. Digestión ruminal aparente de la FDN

4.2.5.1 Rastrojo de maíz

En el caso del rastrojo de maíz, como constituyente de las raciones, el genotipo de los animales no influenció ($P>0.50$) la digestión ruminal aparente (DRA) de la FDN, aunque sí existieron diferencias ($P<0.01$) atribuibles al tipo de dieta (Cuadro 4; pág. 77). Así, por ejemplo, la menor DRA de la fibra se observó cuando los animales fueron alimentados con la dieta concentrada y la mayor cuando se ofreció la dieta de restricción. Asimismo, las menores DRA se asociaron con mayores velocidades en el pasaje del material no digerido y, consecuentemente, con menores TRR.

La suposición que se plantea es que un mayor tiempo de retención ruminal propiciará una fermentación más prolongada, ya que los alimentos desaparecen del tracto digestivo exclusivamente por digestión o por pasaje, a partir de la competencia impuesta entre estas dos únicas posibilidades (Van Soest, 1983). Si lo anterior es cierto, entonces esto propiciará una mayor utilización ruminal de los alimentos, lo cual es particularmente importante en la alimentación con recursos fibrosos.

En lo que respecta a los genotipos, solamente en el caso de los animales Holstein la DRA de la FDN dependió del tipo de dieta ($P<0.01$). Así, la DRA fue 48% mayor en la dieta de restricción que en la dieta testigo. En cambio, la DRA de los animales del tipo Brahman fue 20% mayor con la dieta de restricción que con la dieta testigo, lo cual no significó una diferencia estadísticamente significativa ($P>0.30$).

En general, la menor DRA se observó en los animales Holstein alimentados con la dieta conteniendo grano de sorgo,

en tanto que la mayor DRA se observó en los animales de este mismo genotipo que recibieron la dieta de restricción. Sin embargo, no fueron evidentes diferencias significativas ($P>0.17$) atribuibles a la interacción genotipo*tipo de dieta.

Asimismo, las diferencias en la velocidad del pasaje ruminal parecen deberse principalmente al tipo de dieta (Robles *et al.*, 1981), ya que en los alimentos concentrados el consumo es mayor, lo cual se relaciona con un pasaje más rápido y un menor tiempo de retención ruminal, por lo que la DRA también es menor; en cambio, un menor consumo, como el que se observa cuando los rumiantes reciben dietas constituidas principalmente por forrajes toscos, se relaciona con un mayor tiempo de retención ruminal y una DRA más extensa, debido a que disminuye la velocidad en el pasaje de la fracción alimenticia no digerida. Además, en dietas mixtas el tamaño promedio de las partículas alimenticias se reduce con la inclusión de granos, lo que causa que el pasaje ruminal se acelere y disminuya la DRA.

4.2.5.2 Grano de sorgo

En el caso del grano de sorgo, el genotipo de los animales no influenció ($P>0.89$) la DRA de la FDN (Cuadro 5; pág. 80). Sin embargo, la fibra del grano de sorgo tuvo una DRA mayor (79%), que la del rastrojo de maíz (42%). Esta diferencia quizá pueda explicarse si se considera que, en dietas mixtas, la fracción constituida por el grano, permanece retenida en el retículo rumen durante un mayor tiempo que la fracción constituida por el forraje (Balch, 1950; Eng *et al.*, 1964).

Este mayor tiempo de retención ruminal de las partículas del grano de sorgo, en relación con las partículas del rastrojo, puede explicarse por el hecho de que el tamaño de

estas últimas seguramente constituyó una sólida maraña ruminal que retuvo las partículas del grano, lo cual causó la reducción en la velocidad de su pasaje y, por lo tanto, el incremento en la DRA de la FDN. Sin embargo, cabría la posibilidad de que la mayor DRA observada, en el caso del grano de sorgo, hubiera sido una consecuencia de errores cometidos durante la determinación de la tasa de digestión.

4.3 Comportamiento en Corral

4.3.1 Alimentación con la dieta de restricción

En el Cuadro 6 puede verse que el consumo de MS de los animales que recibieron la dieta basada principalmente en rastrojo de maíz (dieta de restricción) fue 12% mayor en Holstein que en Brahman ($P < 0.05$), en tanto que la GDP fue similar entre genotipos ($P > 0.91$) y la eficiencia alimenticia fue 11% mayor en Brahman que en Holstein ($P > 0.34$). Es decir, cuando se ofreció la dieta de baja calidad, los animales Brahman fueron más eficientes que los Holstein, pues los primeros fueron capaces de exhibir la misma ganancia diaria de peso, a partir de un menor consumo de MS, que los segundos.

Estas observaciones coinciden con las de Frisch y Vercoe (1969), quienes reportaron que animales Brahman consumen menos alimento que animales Shorthorn X Hereford, pero difieren con las de Frisch y Vercoe (1977), quienes ofrecieron *ad libitum* una ración basada en heno de alfalfa, y observaron que animales cruzados de Hereford mostraron un similar consumo de alimento pero una menor GDP que los cruzados de Brahman.

Cuadro 6. Medias mínimo cuadráticas para consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia, cuando los animales fueron alimentados con la dieta de restricción durante 60 d¹

VARIABLES	GENOTIPOS	
	HOLSTEIN	BRAHMAN
N	7	7
CONSUMO DE MS (kg.d ⁻¹)	5.290 ^a	4.710 ^b
GANANCIA DE PESO (kg.d ⁻¹)	0.610	0.600
EFICIENCIA (GDP:MS)	0.115	0.128
GANANCIA TOTAL (kg)	36.600	36.000

¹ Considerando el peso inicial como covariable.

^{a,b} Medias de una misma hilera con superíndice distinto son diferentes (P<0.05)

El que los animales Brahman hayan sido tan eficientes como los Holstein, significa que ambos genotipos tuvieron similares necesidades energéticas de mantenimiento y que fueron igualmente eficientes en la utilización de la energía para ganancia de peso (Seebeck, 1984); y que las pequeñas diferencias favorables a los animales cebuinos pueden explicarse porque estos animales parecen tener requerimientos energéticos 5-10% menores que los Holstein (Frisch y Vercoe, 1969; 1977).

4.3.2 Alimentación con la dieta testigo

En el Cuadro 7 puede observarse que el consumo de MS en los animales que recibieron únicamente la dieta testigo fue similar (P>0.21), independientemente del genotipo, y la GDP, aunque de mayor magnitud en los animales Holstein, no fue diferente (P> 0.15). También, al analizar la eficiencia

alimenticia se observó que para una misma GDP los animales Holstein requirieron alrededor de 8% menos alimento que los animales Brahman, pero las diferencias fueron no significativas ($P>0.24$).

Cuadro 7. Medias mínimo cuadráticas para consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia, cuando los animales fueron alimentados únicamente con la dieta testigo durante 110 d¹

VARIABLES	GENOTIPOS	
	HOLSTEIN	BRAHMAN
N	7	7
CONSUMO DE MS (kg.d ⁻¹)	7.440	6.940
GANANCIA DE PESO (kg.d ⁻¹)	1.360	1.170
EFICIENCIA (GDP:MS)	0.156	0.145
GANANCIA TOTAL (kg)	149.600	128.700

¹Considerando el peso inicial como covariable.

Asimismo, en las figuras 1 y 2 puede observarse que con el plan de alimentación testigo, tanto el consumo de alimento como la ganancia de peso fueron similares entre genotipos, independientemente de la fase de engorda. En cambio, la figura 3 muestra diferencias en la eficiencia alimenticia atribuibles a los genotipos ($P<0.06$), aunque esto se presentó únicamente durante la primera fase del ciclo de engorda.

Lo anterior parece indicar que bajo un buen plan de alimentación, tanto los animales Holstein como los Brahman mostraron una respuesta cuantitativamente similar, lo que puede significar que los animales de tipo genético distinto pueden

ser finalizados exitosamente si se sigue un esquema apropiado de alimentación.

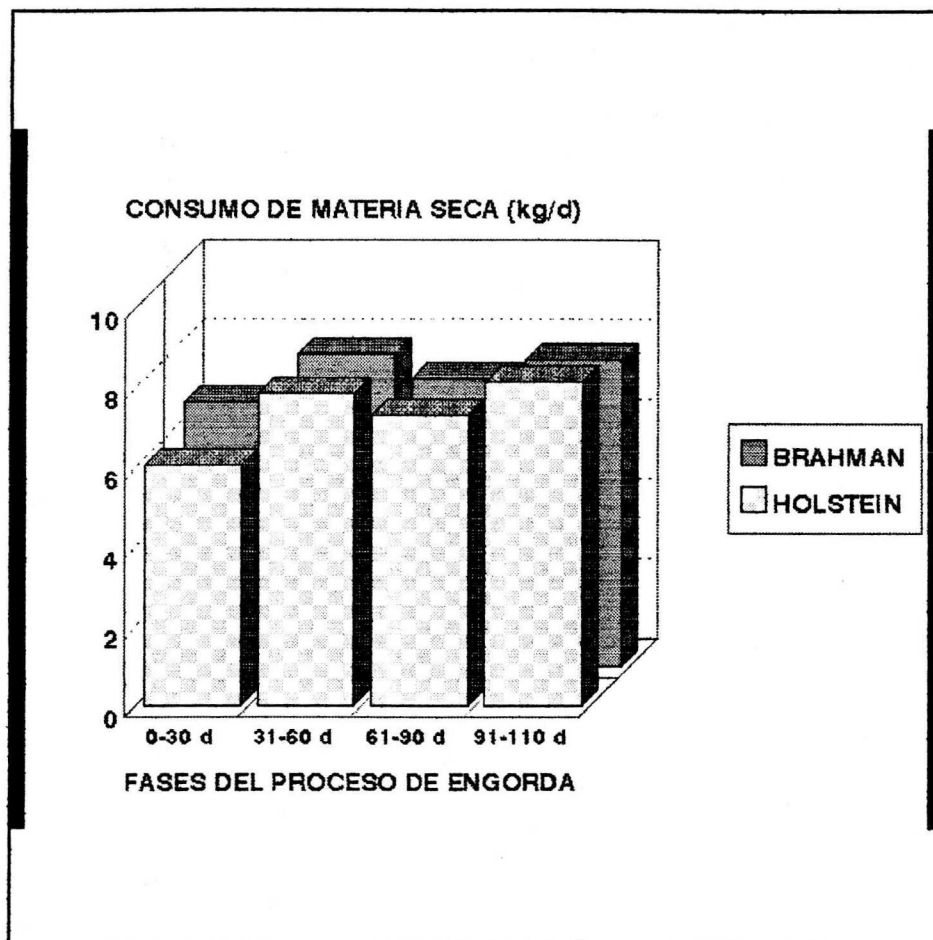


Figura 1. Consumo de alimento en bovinos Holstein y Brahman, sin restricción alimenticia previa

En cuanto a las diferencias observadas entre genotipos por efecto de la alimentación con la dieta concentrada, los resultados aquí reportados no coinciden relativamente con los reportes de Cole *et al.* (1963), Rogerson *et al.* (1968),

Ledger *et al.* (1970), Thonney *et al.* (1981), Fox *et al.* (1988) y Hicks *et al.* (1990a,b), en los que se señaló que bajo un mismo consumo de MS, en dietas de este tipo, los animales cebuinos fueron menos eficientes y ganaron menos peso que los Hereford.

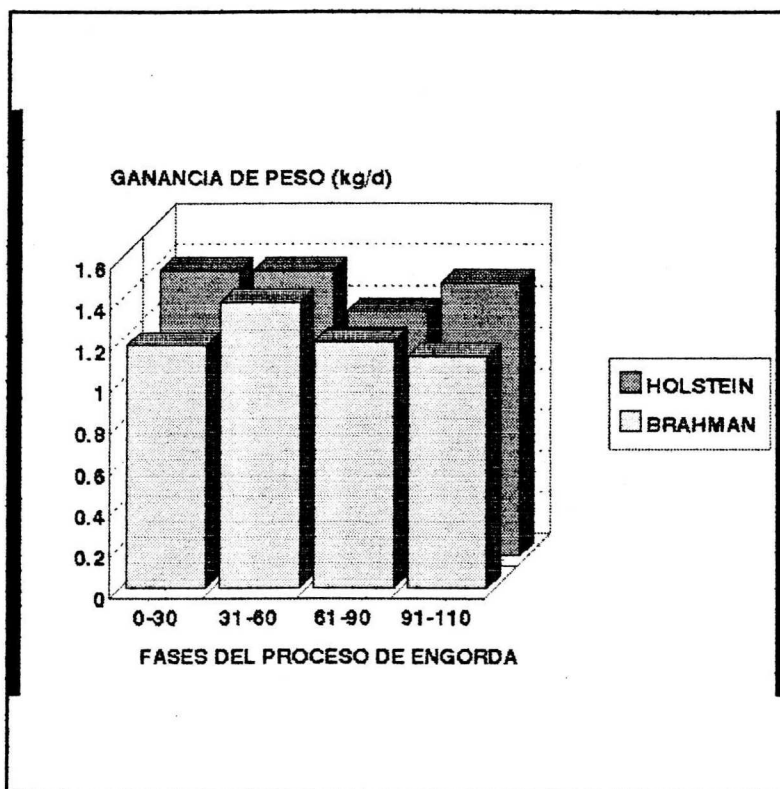


Figura 2. Ganancia de peso en bovinos Holstein y Brahman, sin restricción alimenticia previa

Las similitudes observadas en el consumo de MS cuando los animales de ambos tipos genéticos recibieron la dieta concentrada pueden atribuirse a la talla corporal de los animales (Ferrell y Jenkins, 1984; Owens *et al.*, 1985). Sin

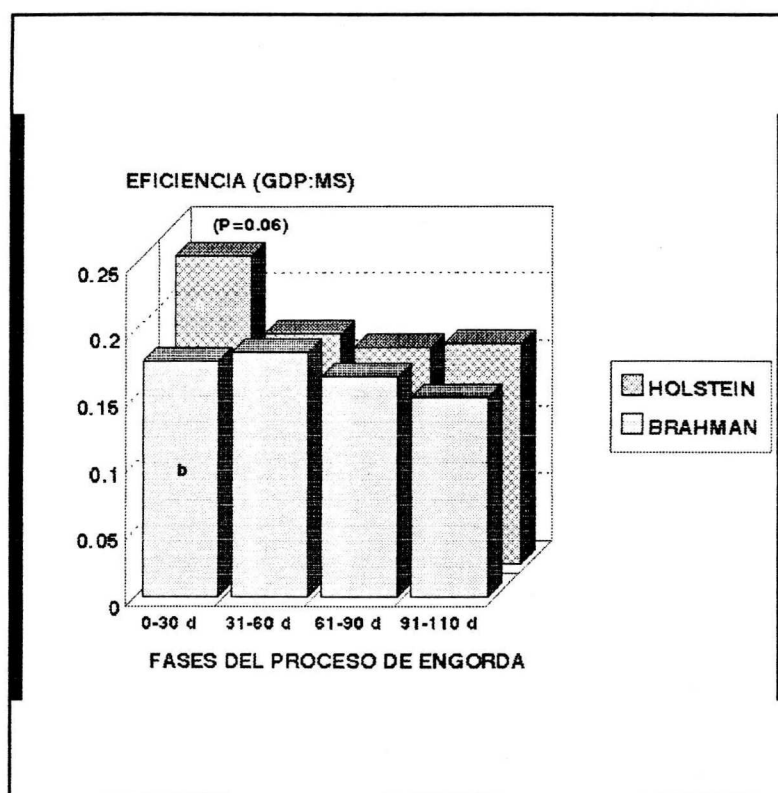


Figura 3. Eficiencia alimenticia en bovinos Holstein y Brahman, sin restricción alimenticia previa

embargo, esta consideración parece no ayudar a explicar las diferencias relativas observadas entre los genotipos en cuanto a ganancia diaria y eficiencia alimenticia, siendo éstas 16% y 8% respectivamente, mayores en Holstein que en Brahman ($P>0.05$).

Ahora bien, si el consumo de MS fue similar entre genotipos ($P>0.22$), y si se considera que los animales cebuinos tienen requerimientos energéticos, para mantenimiento, 5-10% menores que los de genotipos europeos, cuando ocurre estrés por calor para estos últimos (Vercoe, 1970; Frisch y Vercoe, 1977; Frisch, 1981), entonces la menor GDP y eficiencia alimenticia observada en los animales Brahman, quizás fue debida a que el presente trabajo se condujo bajo estabulación, en un ambiente

sido 13% menor ($P<0.05$) en los animales cebuinos que en los Holstein (773 vs. 885 kg, respectivamente). También, la figura 5 muestra que durante todo el proceso de engorda la GDP fue similar entre genotipos ($P>0.11$), aunque fue evidente cierta tendencia favorable a los animales Holstein sobre los Brahman, sobre todo durante la penúltima fase, en la cual los primeros tuvieron ganancias diarias 23% mayores que las observadas en los segundos ($P<0.06$), lo cual condujo a las diferencias ya señaladas arriba. Sin embargo, la eficiencia alimenticia no fue diferente (figura 6).

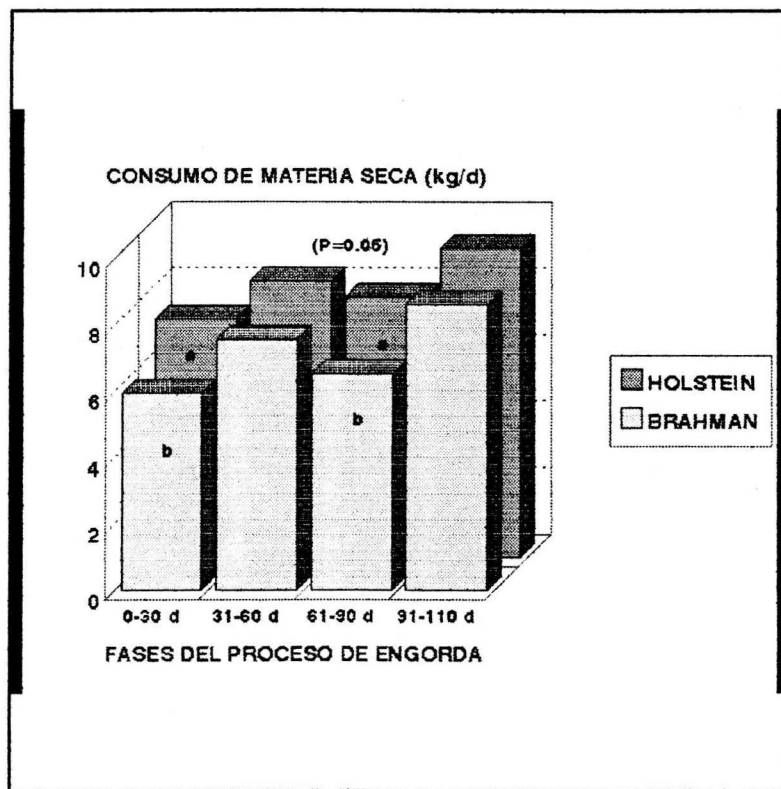


Figura 4. Consumo de alimento en bovinos Holstein y Brahman, con restricción alimenticia previa

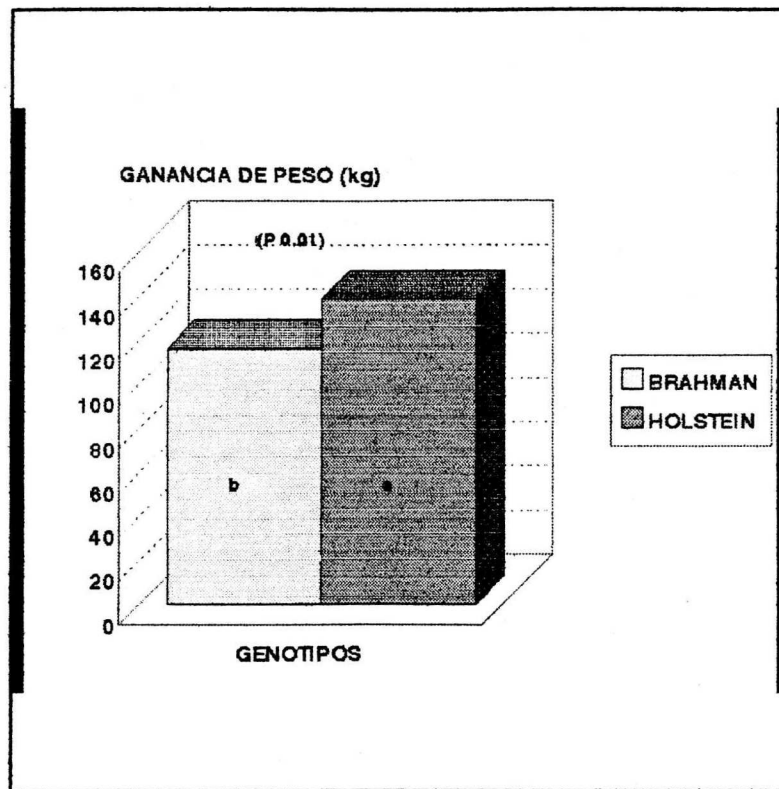


Figura 5. Ganancia de peso en bovinos Holstein y Brahman, con restricción alimenticia previa

Estas observaciones coinciden con las de Ledger *et al.* (1970), Crickenberger *et al.* (1978), Seebeck (1984) y Taylor *et al.* (1986b), quienes señalaron que los animales Holstein, a pesar de mostrar tanto un mayor consumo de MS como una mejor GDP, son menos eficientes en la conversión de alimento a carne que los genotipos más especializados. Esto puede atribuirse a que los animales Holstein tienen mayores requerimientos energéticos para mantenimiento, debido a su mayor proporción de órganos y tejidos en el tracto gastrointestinal, con lo que su tasa metabólica se incrementa (Jones, 1985). Sin embargo, la conveniencia de la producción comercial de carne con estos animales se justifica por sus mayores ganancias diarias de

peso, en comparación con otros genotipos tradicionalmente productores de carne.

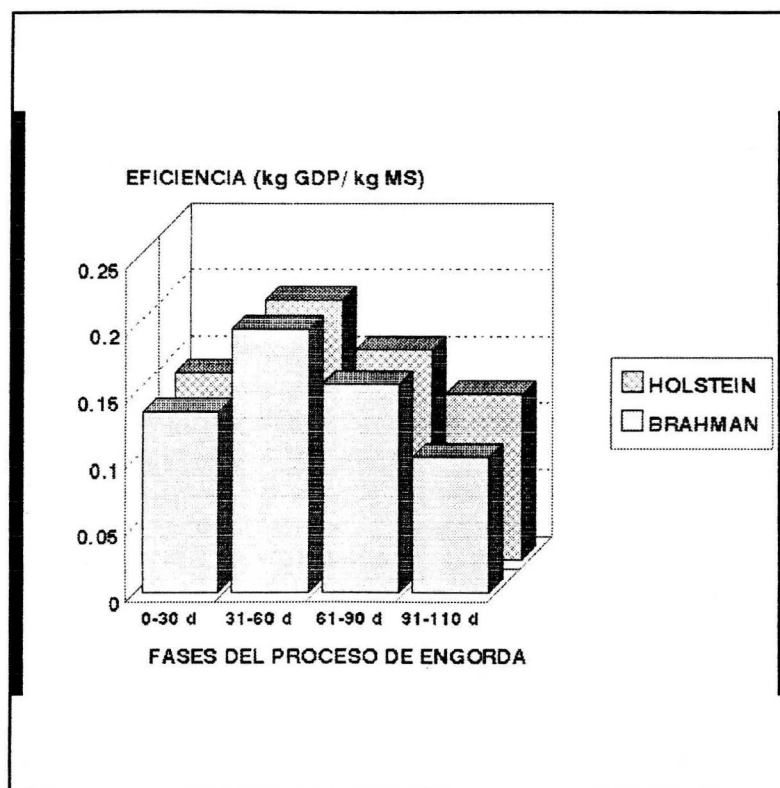


Figura 6. Eficiencia alimenticia en bovinos Holstein y Brahman, con restricción alimenticia previa

El mayor consumo voluntario de los animales Holstein, observado en el presente estudio, puede explicarse por la presión de selección a que han estado sometidos para una mayor producción de leche, lo cual ha implicado mejoramiento para un mayor consumo. Por esta razón, su requerimiento energético para mantenimiento es mayor que en otros genotipos a los que no se ha practicado tal selección (Taylor *et al.*, 1981; Owens *et al.*, 1985).

Por otra parte, si la composición corporal de los animales, en ambos tipos genéticos, fue similar desde el momento en el que fueron realimentados con la dieta testigo (concentrada), y se mantuvo hasta el final de la prueba, entonces ésto puede ayudar a explicar la similar eficiencia alimenticia observada. Es decir, la GDP de dos tipos genéticos distintos puede ser diferente pero conllevar eficiencias alimenticias cuantitativamente similares, producto de proporciones semejantes en composición corporal. Así, los animales que maduran precozmente ganan grasa antes que otros de peso similar pero con madurez tardía (Seebeck, 1984), por lo que energéticamente los primeros son más eficientes (Taylor *et al.*, 1986b).

La estrategia de imponer a los animales una restricción alimenticia para conducirlos después hacia una dieta de buena calidad nutricional, fue con el fin de que los animales experimentaran crecimiento compensatorio. Sin embargo, los animales Brahman no manifestaron tal respuesta, pues tanto el consumo de MS como la ganancia diaria de peso fueron menores que en su contraparte Holstein, diferencia que no se presentó en los animales que recibieron únicamente la dieta testigo.

Finalmente, al comparar la eficiencia global, determinada esta como la relación entre la ganancia total de peso y el consumo total de MS, se observó que los animales Holstein fueron solamente 0.8% más eficientes que los animales Brahman. Sin embargo, la desventaja de los animales cebuinos es que su menor GDP provoca que se requiera un mayor período de tiempo para que puedan ser finalizados hasta un peso similar al de los Holstein.

4.3.3 Planes de alimentación

Al efectuar la comparación de los genotipos de acuerdo con los planes de alimentación (Cuadro 9), se observó que los animales Holstein mostraron un consumo promedio de MS 10% mayor ($P < 0.01$), una GDP 16% superior ($P < 0.01$) y una GDP total 6% mayor ($P < 0.1$) que los animales Brahman. Además, aunque las diferencias observadas no fueron significativas ($P > 0.15$), los animales Holstein fueron 6% más eficientes que los animales del tipo Brahman.

Cuadro 9. Medias mínimo cuadráticas para consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia, durante la fase de engorda, de acuerdo con el genotipo y el plan de alimentación¹

VARIABLES	RESTRINGIDOS		TESTIGOS	
	HOLSTEIN	BRAHMAN	HOLSTEIN	BRAHMAN
N	7	7	7	7
PESO INICIAL (kg)	192.43 ± 41	184.48 ± 22	170.14 ± 39	193.28 ± 10
CONSUMO DE MS (kg.d ⁻¹) ^a	8.24 ± 0.63	7.03 ± 0.61	7.14 ± 1.30	7.24 ± 0.53
GANANCIA DE PESO (kg.d ⁻¹) ^b	1.28 ± 0.17	1.05 ± 0.10	1.31 ± 0.27	1.23 ± 0.20
EFICIENCIA (GDP:MS) ^c	0.133 ± 0.01	0.129 ± 0.02	0.157 ± 0.01	0.145 ± 0.02
GANANCIA TOTAL (kg) ^d	140.80	115.80	144.10	135.30

¹ Considerando el peso inicial como covariable.

^a Efectos debidos al genotipo de los animales ($P < 0.01$)

^b Efectos debidos al genotipo de los animales ($P < 0.01$) y al plan de alimentación ($P = 0.057$)

^c Efectos debidos al plan de alimentación ($P < 0.01$)

^d Efectos debidos al plan de alimentación ($P < 0.01$) y al genotipo de los animales ($P < 0.01$)

En cuanto al consumo de MS, las diferencias observadas fueron ligeramente superiores al ajuste de 8% propuesto por Fox et al. (1988) para animales Holstein en crecimiento, e inferiores al 12% propuesto por Thonney et al. y (1981) Hicks

et al. (1990a). Asimismo, una tendencia similar fue señalada por Rogerson *et al.* (1968) y Frisch y Vercoe (1969, 1977).

Este mayor consumo de MS, observado en los animales Holstein, pudo deberse a la mayor demanda energética para su mantenimiento (Jones, 1985; Owens *et al.*, 1985), puesto que han sido seleccionados específicamente para producción de leche y no para carne (Taylor *et al.*, 1981); y a que su nivel de producción guarda relación con sus necesidades energéticas de mantenimiento (Jenkins *et al.*, 1986).

La menor GDP observada en los animales Brahman coincide con lo reportado por Rogerson *et al.* (1968), Ledger *et al.* (1970) y Frisch y Vercoe (1984). Esta diferencia en la GDP quizás fue debida al mayor consumo de MS por los animales Holstein, aún cuando estos animales tienen mayores necesidades de mantenimiento. Además, probablemente las condiciones medioambientales presentes durante la ejecución del experimento (sobre todo durante el invierno) afectaron adversamente el consumo de alimento en los animales Brahman, sobre todo por su efecto sobre la temperatura del agua de bebida y, consecuentemente, sobre el consumo de alimento, lo que pudo provocar que la ganancia fuera menor que en los Holstein. Al respecto, es probable que bajo estas condiciones de estrés ambiental los animales Holstein hayan sido más favorecidos que los Brahman, por lo que pudieron crecer más rápidamente.

Por otra parte, la restricción alimenticia provocó que el consumo de MS observado fuera 4% mayor ($P > 0.17$), la GDP 10% menor ($P < 0.06$), la eficiencia alimenticia 13% inferior ($P < 0.01$) y el peso final 7% mayor ($P < 0.01$) en los animales que previamente tuvieron la restricción alimenticia, pero sin efectos atribuibles a la interacción genotipo*plan de alimentación ($P > 0.05$).

Es difícil explicar a qué se debieron las menores ganancias de peso y eficiencia alimenticia en los animales restringidos, en relación con los animales testigo. Pero tal como se esperaba, los animales Holstein restringidos mostraron mayor consumo de alimento que los dos grupos testigo; sin embargo, no ocurrió así con los animales Brahman restringidos. Esto significa que prácticamente no hubo crecimiento compensatorio.

Quizás la ganancia manifestada durante el período de restricción influyó la respuesta posterior de los animales, debido a que probablemente no modificó la composición corporal inicial. Esto es que, probablemente los animales mantuvieron constante la proporción músculo:grasa corporal, como componente principales de la ganancia de peso, o que al menos ocurrieron incrementos en la deposición proteínica sin cambios importantes en el contenido de grasa. En este sentido, a pesar de que la dieta de restricción fue formulada únicamente para cubrir los requerimientos de mantenimiento, los animales ganaron aproximadamente 600 g.d^{-1} . Por lo que, esta mayor ganancia de peso, en relación con la esperada, parece haber sido poco adecuada para provocar y explicar satisfactoriamente el crecimiento compensatorio.

Por otra parte, pudo ocurrir que en los animales realimentados el aporte energético de la dieta haya sido insuficiente para sostener la deposición proteínica (Rompala *et al.*, 1985), es decir que, si la dieta no permitió una tasa máxima de ganancia, entonces los animales realimentados probablemente fueron más magros y energéticamente menos eficientes, lo que se manifestó en una menor GDP (Fox y Black, 1984). Es probable, también, que las observaciones que se reportan en este estudio hayan sido respuestas provocadas por las condiciones climáticas, puesto que las tasas comparativas de crecimiento varían dependiendo de la presencia o ausencia de estrés ambiental, afectando de manera diferencial el consumo

y la ganancia diaria de peso (Frisch, 1976). Bajo condiciones de estrés, los animales *Bos taurus* son virtualmente los más favorecidos. Es decir, un consumo mayor y una mejor ganancia bajo condiciones de estrés podría ser característica de los animales Holstein, en comparación con los Brahman.

4.4. Discusión General

Cuando se ofreció la dieta de restricción, los animales Holstein mostraron un consumo de FDN 12% mayor que los Brahman, el cual estuvo acompañado por tiempos 7, 12 y 9% menores en las actividades de ingestión, rumia y masticación total, respectivamente. Estas observaciones pueden explicarse por el hecho de que si el consumo de fibra es menor, el proceso de masticación total se vuelve entonces menos eficiente (Lee y Pearce, 1984; Deswysen *et al.*, 1989; Bailey *et al.*, 1990). Asimismo, las diferencias en el consumo pudieron deberse a variaciones en la talla corporal de los animales (Hicks *et al.*, 1990b), por las mayores necesidades para el mantenimiento de los animales Holstein (Fox *et al.*, 1988; Hicks *et al.*, 1990a) o por la selección que se les ha impuesto hacia un mayor consumo de alimento (Owens *et al.*, 1981). Sin embargo, aunque de magnitud considerable, solamente las diferencias en la masticación total fueron significativas ($P=0.08$).

Además, los animales Holstein digirieron la FDN del rastrojo de maíz a una tasa 35% mayor ($P=0.08$), con una similar proporción de FDN potencialmente digerible, una k_p 13% menor ($P>0.29$) y una DRA de la FDN 11% mayor ($P>0.50$). Esta mayor velocidad en la digestión ruminal de la fibra quizás puede explicarse por una fermentación microbiana más eficiente en los animales Holstein, aún cuando el pH ruminal fue superior en los animales Brahman y éstos dedicaron mayor tiempo a la masticación total de la FDN. Además, la k_p fue mayor en los

animales cebuinos la cual, una vez relacionada con su correspondiente k_d , implicó una menor DRA de la FDN, con respecto a los animales Holstein. Esta observación difiere considerablemente de lo reportado por Marques *et al.* (1982), pues en el presente estudio los animales Holstein se mostraron superiores en la degradación ruminal de la FDN, en tanto que en el trabajo de Marques *et al.* (1982) los animales cebuinos fueron ligeramente superiores a los Holstein, pero bajo condiciones *in vitro*, lo cual implica un ambiente más controlado. Sin embargo, estas diferencias quizás puedan ser debidas al pequeño número de observaciones y a las variaciones dentro y entre los genotipos usados en ambos estudios.

En cuanto a su respuesta productiva, los animales Holstein que recibieron la dieta constituida principalmente por rastrojo de maíz mostraron un consumo de MS 15% mayor ($P < 0.05$), una ganancia de peso muy similar ($P > 0.91$), y una eficiencia alimenticia 10% menor ($P > 0.94$), que los animales Brahman. Estas similitudes estadísticas observadas en la eficiencia alimenticia, entre ambos genotipos, son difíciles de explicar, sobre todo debido a que los coeficientes de variación (CV) observados tanto para GDP (CV = 25%) como para eficiencia alimenticia (CV = 20%) fueron altos. Sin embargo, un menor consumo de MS en los animales Brahman ($P < 0.05$) y una similar GDP, significan una ventaja económica importante con los animales cebuinos.

Una segunda explicación puede entenderse por el hecho de que el mayor consumo de MS observado en los animales Holstein, así como su mayor velocidad en la digestión ruminal, implicaría una mayor respuesta productiva que en los animales Brahman. Sin embargo, quizás el mayor requerimiento energético para el mantenimiento de los animales Holstein causó la similar GDP observada.

Por el contrario, cuando se ofreció la dieta conteniendo grano de sorgo, los animales Holstein dedicaron 14% menos tiempo para la ingestión de la FDN ($P>0.74$), 8% menos tiempo para la rumia de la FDN consumida ($P>0.28$) y un tiempo similar para la masticación total ($P>0.85$), que los animales del tipo Brahman, aunque en los primeros el consumo fue 9% mayor ($P>0.18$) que en los segundos. Esto significa que, en relación con los Brahman, los animales del tipo Holstein ingirieron la FDN rápidamente, pero en cambio emplearon un mayor tiempo en la rumia, ejerciendo un efecto de compensación entre la masticación durante la ingestión y la masticación durante la rumia. En otras palabras, los animales que ingirieron su alimento con mayor velocidad, dedicaron también más tiempo para reducir las partículas alimenticias durante la rumia. Lo anterior parece ser cierto debido a que, generalmente, la ingestión rápida se relaciona ampliamente con una menor reducción en el tamaño de las partículas; en cambio, la ingestión lenta está relacionada con una reducción más extensa de las partículas fibrosas, lo que ocasiona una rumia menos prolongada (Luginbuhl *et al.*, 1989b).

Con respecto al grano de sorgo, los animales Brahman presentaron una k_d de la FDN 6% mayor ($P>0.90$), una k_p ruminal 11% mayor ($P>0.57$) y un grado máximo de la DRA similar ($P>0.89$) a los animales Holstein, sólo que también fueron evidentes amplias variaciones individuales, particularmente en la referente a la k_d (CV = 50%).

Los animales Holstein digirieron la FDN del rastrojo de maíz con una velocidad de magnitud similar ($P>0.65$), con iguales proporciones de FDN potencialmente digerible ($P>0.19$), una k_p menor ($P>0.70$) y un grado máximo de la digestión ruminal aparente menor ($P>0.50$), en relación a los animales Brahman. Estas diferencias en la digestión ruminal de la fibra pueden explicar el mayor consumo de fibra por los animales

Holstein (Mertens y Loften, 1980).

De los animales llevados directamente al corral de engorda, los del tipo Holstein mostraron un consumo de MS 7% mayor ($P>0.21$), una ganancia diaria 16% mayor ($P>0.15$) y una eficiencia alimenticia 8% mayor ($P>0.24$), que los animales Brahman. Es decir, los animales cebuinos exhibieron tanto una menor ganancia diaria como una menor eficiencia alimenticia que los animales Holstein.

Por otra parte, cuando los animales que recibieron la alimentación restringida fueron alimentados con la dieta testigo, los Holstein mostraron un consumo de MS 15% mayor ($P<0.01$) y una ganancia de peso 20% mayor ($P<0.01$), pero con la misma eficiencia alimenticia que los animales Brahman ($P>0.67$). Es decir, estos últimos animales consumieron menos alimento y ganaron menos peso, pero fueron tan eficientes como los animales Holstein. Entonces, a partir de estas observaciones puede señalarse que, bajo condiciones de buena alimentación, los animales Brahman mostraron una menor GDP y una menor eficiencia, en relación con los animales Holstein; en cambio, bajo el plan de alimentación restringida, los animales Brahman fueron tan eficientes como los Holstein, sólo que estos últimos consumieron 15% más alimento y ganaron 20% más peso.

Es difícil explicar a qué fueron debidas las diferencias observadas entre los genotipos cuando se les impuso la restricción nutricional. Como se señaló en previamente, los animales Holstein mostraron tanto un mayor consumo como una mayor ganancia de peso, pero con la misma eficiencia que los Brahman. Esto significa que los genotipos no fueron diferentes, en términos de la eficiencia alimenticia, sólo que la mayor GDP observada en los animales Holstein constituye para una ventaja económica importante con este tipo genético.

Sin embargo, el crecimiento compensatorio esperado como consecuencia de la restricción no fue evidente, sobre todo en los animales cebuinos. La suposición que puede plantearse es que seguramente las condiciones climáticas, prevalecientes durante el período de realimentación, fueron causantes de algún tipo de estrés en los animales, particularmente sobre los Brahman, impidiendo la manifestación del crecimiento compensatorio.

4.4. Conclusiones

Cuando se ofreció la dieta basada mayoritariamente en rastrojo de maíz, los animales Holstein mostraron un mayor consumo y dedicaron mayor tiempo a la masticación total que los animales Brahman.

Los animales Holstein digirieron la FDN del rastrojo de maíz con una velocidad mayor, solo que los Brahman fueron tan eficientes y ganaron peso de manera similar a los Holstein.

Con la dieta testigo, los animales Holstein tuvieron un mayor consumo de MS, una mayor GDP y una mejor eficiencia alimenticia que los animales del tipo Brahman.

Cuando los animales previamente restringidos fueron alimentados con la dieta testigo, los del tipo Holstein mostraron tanto un mayor consumo como una mejor GDP, que los del tipo Brahman, sólo que la eficiencia alimenticia fue similar entre genotipos.

Bajo las condiciones experimentales con que se trabajó, los animales, sobre todo los Brahman, fueron incapaces de mostrar respuestas compensatorias, quizás debido a efectos ambientales sobre el consumo.

5. LITERATURA CITADA

- A.R.C., 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Agricultural Research Council. Commonwealth Agricultural Bureaux. Londres.
- Andersen, B.B. 1978. Animal size and efficiency, with especial reference to growth and feed conversion in cattle. *Anim. Prod.* 27:381.
- Bailey, A.T., R.A. Erdman, L.W. Smith y B.K. Sharma. 1990. Particle size reduction during initial mastication of forages by dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 68:2084.
- Balch, C.C. 1950. The rate of passage of food through the digestive tract. *Br. J. Nutr.* 4:361.
- Balch, C.C. 1971. Proposal to use time spent chewing as an index to the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of roughages. *Br. J. Nutr.* 36:383.
- Balch, C.C., y R.C. Campling. 1962. Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutr. Abstr. Rev.* 32:669.
- Bárcena, G.R., 1989. Effect of roughage source on ruminal kinetics of digestion and passage of individual feed components in mixed diet for steers. Tesis de Doctorado. The University of Arizona. EUA.
- Berger, L., T. Klopfenstein y R. Britton. 1979. Effect of sodium hydroxide on efficiency of rumen digestion. *J. Anim. Sci.* 49:1317.
- Blaxter, K.L. y F.W. Wainman. 1966. The fasting metabolism of cattle. *Br. J. Nutr.* 20:103.
- Bourquin, L.D., K.A. Garleb, N.R. Merchen y G.C. Faher, Jr. 1990. Effects of intake and forage level on site and extent of digestion of plant cell wall monomeric components by sheep. *J. Anim. Sci.* 68:2479.
- Cochran, R.C., D.C. Adams, M.L. Galyean y J.D. Wallace. 1987. Examination of methods for estimating rate of passage in grazing steers. *J. Range Management.* 40:105.
- Cole, J.W., C.B. Ramsey, C.S. Hobbs y R.S. Temple. 1963. Effects of type and breed of British, Zebu and dairy cattle on production, palatability and composition. I. Rate of gain, feed efficiency and factors affecting market value. *J. Anim. Sci.* 22:702.

- Cole, J.W., C.B. Ramsey, C.S. Hobbs y R.S. Temple. 1964. Effects of type and breed of British, Zebu and dairy cattle on production, palatability and composition. III. Percent wholesale cuts and yield of edible portion as determined by physical and chemical analysis. J. Anim. Sci. 23:71.
- Colucci, P.E., L.E. Chase y P.J. Van Soest. 1982. Feed intake, apparent diet digestibility, and rate of particulate passage in dairy cattle. J. Dairy Sci. 65:1445.
- Crickenberger, R.G., D.G. Fox y W.T. Magee. 1978. Effect of cattle size and protein level on the utilization of high corn silage or high grain rations. J. Anim. Sci. 46:1748.
- Damond, R.A., Jr., R.M. Crown, C.B. Singletary y S.E. McCraine. 1960. Carcass characteristics of purebred and crossbred beef steers in the Gulf Coast Region. J. Anim. Sci. 19:820.
- desBordes, C.K. y J.R. Welch. 1984. Influence of specific gravity on rumination and passage of indigestible particles. J. Anim. Sci. 59:740.
- Deswysen, A.G. y H.J. Ehrlein. 1981. Silage intake, rumination and pseudo-rumination activity in sheep studied by radiography and jaw movement recordings. Br. J. Nutr. 46:327.
- Deswysen, A.G. y W.C. Ellis. 1990. Fragmentation and ruminal escape of particles as related to variations in voluntary intake, chewing behavior and extent of digestion of potentially digestible NDF in heifers. J. Anim. Sci. 68:3871.
- Deswysen, A.G., P.A. Dutilleul y W.C. Ellis. 1989. Quantitative analysis of cyntorohemeral eating and ruminating patens in heifers with different voluntary intakes and effects of monensin. J. Anim. Sci. 67:2751.
- Eng, K.S., Jr., .E. Riewe, J.H. Craig, Jr. y J.C. Smith. 1964. Rate of passge of concentrate and roughage trough the digestive tract of sheep. J. Anim. Sci. 23:1129.
- Faichney, G.J. 1986. The kinetics of particulate matter in rumen. En: L.P. Milligan, W.L. Grovum y A. Dobson (eds.). Control of Digestion and Metabolism in Ruminants. pp. 173-195. Englegood Cliffs, A Reston Book; Prentice Hall. Nueva Jersey, E.U.A.
- Faichney, G.J. y R.C. Boston. 1983. Interpretation of the feacal excretion patterns of solute and particle markers

- introduced into the rumen of sheep. J. Agric. Sci. Camb. 101:575.
- Ferrell, C.L. y T.G. Jenkins. 1984. Relationships among various body components of mature cows. J. Anim. Sci. 58:222.
- Ferrell, C.L., L.J. Koong y J.A. Nianaber. 1986. Effect of previous nutrition on body composition and maintenance energy costs of growing lambs. Br. J. Nutr. 56:595.
- Fox, D.G. y J.R. Black. 1984. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. J. Anim. Sci. 58:725.
- Fox, D.G., C.J. Sniffen y J.D. O'Connor. 1988. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. J. Anim. Sci. 66:1475.
- Freeman, A.S., M.L. Galyean y J.S. Caton. 1992. Effects of supplemental protein percentage and feeding level on intake, ruminal fermentation, and digesta passage in beef steers fed prairie hay. J. Anim. Sci. 70:1562.
- Frisch, J.E. 1976. A model of reasons for breed differences in growth of cattle in the tropics. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 11:85.
- Frisch, J.E. 1981. Changes occurring in cattle as a consequence of selection for growth rate in stressful environment. J. Agric. Sci. Camb. 96:23.
- Frisch, J.E. y J.E. Vercoe. 1969. Liveweight gain, food intake, and eating rate in Brahman, Africander and Shorthorn X Hereford cattle. Austr. J. Agric. Res. 20:1189.
- Frisch, J.E. y J.E. Vercoe. 1976. Maintenance requirements, fasting metabolism and body composition in different cattle breeds. En: E.D. Vermorel (ed.) Energy Metabolism of Farm Animals. pp. 209-212. Bussac, Clermond- Ferrand.
- Frisch, J.E. y J.E. Vercoe. 1977. Food intake, eating rate, weight gains, metabolic rate and efficiency of feed utilization in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred cattle. Anim. Prod. 25:343.
- Frisch, J.E. y J.E. Vercoe. 1984. An analysis of growth of different cattle genotypes reared in different environments. J. Agric. Sci. Camb. 103:137.
- García, M.E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a la República Mexicana. 3a. edición. Instituto de Cartografía. México,

D.F.

Garret, D.W. 1971. Energetic efficiency of beef and dairy steers. J. Anim. Sci. 32:451.

Goering, H.K. y P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Handbook no. 375.

Goetsch, A.L. y F.N. Owens. 1985. Effects of sampling site on passage rate estimates in hieifers fed alfalfa hay or a high concentrated diet. J. Dairy Sci. 68:914.

Grant, R.J. y D.R. Mertens. 1992. Development of buffer systems for pH control and evaluation of pH effects on fiber digestion in vitro. J. Dairy Sci. 75:1581.

Grant, R.J. y S.J. Weidner. 1992. Digestion kinetics of fiber: Influence of in vitro buffer pH varied within observed physiological range. J. Dairy Sci. 75:1060.

Gunter, S.A., M.B. Judkins, L.J. Krysl, J.T. Broesder, R.K. Barton, B.R. Rueda, D.M. Hallford y D.W. Holcombe. 1990. Digesta kinetics, ruminal fermentation characteristics and serum metabolites of pregnant and lactating ewes fed chopped alfalfa hay. J. Snim. Sci. 68:3821.

Hannah, S.M., J.A. Paterson, J.E. Williams y M.S. Kerley. 1990. Effects of corn vs. corn gluten feed on site, extent and ruminal rate of forage digestion and on rate and efficiency of gain. J. Anim. Sci. 68:2536.

Hargrove, D.D., M. Koger, W.G. Kirk, F.M. Peacock, A.C. Warnick y T.J. Cunha. 1959. Appetite, growth rate and feed utilization in Brahman, Shorthorn and crossbred calves. J. Anim. Sci. 18:1472 (res.).

Hatfield, P.G., J.W. Walker, H.A. Glimp y D.C. Adams. 1991. Effect of level of intake and supplemental barley on marker estimates of fecal output using an intraruminal continous-release chromic oxide bolus. J. Anim. Sci. 69:1788.

Hicks, R.B., F.N. Owens, D.R. Will, J.W. Oltjen y R.P. Lake. 1990a. Daily dry matter intake by feedlot cattle: Influence of breed and gender. J. Anim. Sci. 68:245.

Hicks, R.B., F.N. Owens, D.R. Will, J.W. Oltjen y R.P. Lake. 1990b. Dry matter intake by feedlot beef steers: Influence of initial weight, time on feed and season of year received in yard. J. Anim. Sci. 68:254.

- Hoover, W.H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 69:2755.
- Hoover, W.H., C.R. Kincaid, G.A. Varga, W.V. Thaune y L.L. Junkins, Jr. 1984. Effects of solids and liquid flows on fermentation in continuous cultures. IV. pH and dilution rate. *J. Anim. Sci.* 58:692.
- Howes, J.R., J.F. Hentges, Jr. y G.K. Davis. 1963. Comparative digesta powers of Hereford and Brahman cattle. *J. Anim. Sci.* 22:22.
- Jaster, E.H. y M. R. Murphy. 1983. Effects of varying particle size of forage on digestion and chewing behavior of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 66:802.
- Jenkins, T.G., C.L. Ferrell y L.V. Cundiff. 1986. Relationship of components of the body among mature cow as related to size, lactation potential and possible effects on productivity. *Anim. Prod.* 43:245.
- Jensen, J., I.L. Mao, B.B. Andersen y P. Madsen. 1991. Genetic parameters of growth, feed intake, feed conversion and carcass composition of dual purpose bulls in performance testing. *J. Anim. Sci.* 69:931.
- Jensen, J., I.L. Mao, B.B. Andersen y P. Madsen. 1992. Phenotypic and genetic relationships between residual energy intake and growth, feed intake, and carcass traits of young bulls. *J. Anim. Sci.* 70:386.
- Jones, S.D.M. 1985. Carcass tissue yield and distribution in three biological types of cattle fed grain or forage based diets. *Can. J. Anim. Sci.* 65:363.
- Kaiser, A.G., D.F. Osbourn y P. England. 1983. Intake, digestion and nitrogen retention by calves given rye-grass silages: Influence of formaldehyde treatment and supplementation with maize starch or maize starch and urea. *J. Agric. Sci. Camb.* 100:63.
- Kennedy, P.M. 1982. Ruminal and intestinal digestion in Brahman crossbred and Hereford cattle fed alfalfa or tropical pasture hay. *J. Anim. Sci.* 55:1190.
- Kenney, J.L. y J.L. Black. 1984a. Factors affecting diet selection by sheep. I. Potential intake rate and acceptability of feed. *Aust. J. Agric. Res.* 35:551.
- Kenney, J.L. y J.L. Black. 1984b. Factors affecting diet selection by sheep. IV. Level of feeding. *Aust. J. Agric. Res.* 35:839.

- Kenney, J.L., J.L. Black y W.F. Colebrook. 1984. Factors affecting diet selection by sheep. III. Dry matter content and particle length of forage. Aust. J. Agric. Res. 35:831.
- Ledger, H.P., A. Rogerson y G.H. Freeman. 1970. Further studies on the voluntary food intake of *Bos indicus*, *Bos taurus* and crossbred cattle. Anim. Prod. 12:425.
- Lee, J.A. y G.R. Pearce. 1984. The effectiveness of chewing during eating on particle size reduction by cattle. Aust. J. Agr. Res. 35:609.
- Lewis, J.M., T.J. Klopfenstein y R.A. Stock. 1990. Effects of rate of gain during winter on subsequent grazing and finishing performance. J. Anim. Sci. 68:2525.
- Lirette, A. y L.P. Milligan. 1989. A quantitative model of reticulo-rumen particle degradation and passage. Br. J. Nutr. 62:465.
- Lofgreen, G.P., M.E. Hubbert y M.E. Branine. 1987. Feeding restriction influence of feedlot performance. J. Anim. Sci. 65 (supl. 1):430 (res.).
- Lu, C.D. 1987. Implication of forage particle length on chewing activities and milk production in dairy goats. J. Dairy Sci. 70:1411.
- Luginbuhl, J.M., K.R. Pond, J.C. Burns y J.C. Russ. 1989. Eating and ruminating behavior of steers fed coastal bermudagrass hay at four levels. J. Anim. Sci. 67:3410.
- Lunt, D.K., F.M. Byers, L.W. Greene, G.T. Schelling y G.C. Smith. 1986. Effect of breed, diet and growth rate on vital organ mass in growing and finishing beef steers. J. Anim. Sci. 63 (supl. 1):70 (res.).
- Marques, B.H.A., K.M. Autrey y I.M.E.V. von Tiesehausen. 1982. Comparative in vitro digestibility of forages by buffalo, Zebu and Holstein cattle. J. Dairy Sci. 65:746.
- Mader, T.L., R.G. Teeter y G.W. Horn. 1984. Comparison of forage labeling techniques for conducting passage rate studies. J. Anim. Sci. 58:208.
- Mertens, D.R. 1977. Dietary fiber components: Relationship to the rate and extent of ruminal digestion. Fed. Proc. 36:187.
- Mertens, D.R. y J.R. Loften. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. J. Dairy Sci.

63:1437.

- Moore, J.A., M.H. Poore y R.S. Swingle. 1990. Influence of roughage source on kinetics of digestion and passage, and on calculated extents of ruminal digestion in beef steers fed 65% concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 68:3412.
- Mould, F.L. y E.R. Orskov. 1983. Manipulation of rumen fluid, pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate. *Anim. Feed Sci. Tech.* 10:1.
- Nocek, J.E. 1985. Evaluation of specific variables affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *J. Anim. Sci.* 60:14347.
- Nocek, J.E. y J.E. English. 1986. In situ degradation kinetics: Evaluation of rate determination procedure. *J. Dairy Sci.* 69:77.
- N.R.C. 1981. Effects of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Research Council. National Academy Press. Washington, D.C.
- N.R.C. 1987. predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. National Research Council. National Academy Press. Wahington, D.C.
- Old, C.A. y W.N. Garrett. 1987. Effects of energy intake on energetic efficiency and body composition of beef steers differing in size at maturity. *J. Anim. Sci.* 65:1371.
- Orskov, E.R., I. Ojwang y G.W. Reid. 1988a. A study of consistency of differences between cows in rumen outflow rate of fibrous particles and other substrates and consequences for digestibility and intake of roughages. *Anim. Prod.* 47:45.
- Orskov, E.R., G.W. Reid y M.A. Kay. 1988b. Prediction on intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Anim. Prod.* 46:29.
- Owens, F.N. y C.F. Hanson. 1992. External and internal markers for appraising site and extend of digestion in ruminants. *J. Dairy Sci.* 75:2605.
- Owens, F.N., J.H. Torthon y S.R. Arp. 1985. Feed intake of feedlot cattle. Influence of breed and sex. *Aklahoma Agric. Sta. Res. Rep. MP-117:332.* Aklahoma, E.U.A.
- Owens, F.N., R.A. Zinn y Y.K. Kim. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.*

- Poore, M.H., J.A. Moore, T.P. Eck y R.S. Swingle. 1991. Influence of passage model, sample site, and marker dosing time and passage of rare earth-labeling grain through Holstein cows. J. Anim. Sci. 69:2646.
- Prigge, E.C., M.J. Baker y G.A. Varga. 1984. Ytterbium chloride as a marker for particulate matter in the rumen. J. Anim. Sci. 58:465.
- Reid, J.T., O.D. White, R. Anrique y A. Fortin. 1980. Nutritional energetics of livestock: Some present boundaries of knowledge and future research needs. J. Anim. Sci. 51:1393.
- Robles, A.Y., R.L. Belyea y F.A. Martz. 1981. Intake, digestibility, ruminal characteristics and rate of passage of alfalfa diets fed to sheep. J. Anim. Sci. 53:774.
- Rogerson, A., H.P. Ledger y G.H. Freeman. 1968. Food intake and live-weight gains comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* steers on a high plane of nutrition. Anim. Prod. 10:373.
- Rompala, R.E., S.D.M. Jones, J.G. Buchanan-Smith y H.S. Bailey. 1985. Feedlot performance and composition of gain in late-maturing steers exhibiting normal and compensatory growth. J. Anim. Sci. 61:637.
- Rust, S.R., D.G. Main y B.T. Cunningham. 1986. Effect of initial weight, intake level and growth promotants in Holstein steers. J. Anim. Sci. 63 (supl. 1):433 (res.).
- Russell, A.J.F. y J.A. Wright. 1983. Factors affecting maintenance requirements of beef cows. Anim. Pro. 37:329.
- S.A.S. 1985. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute, Inc. Cary, NC. E.U.A.
- Seebeck, R.M. 1984. Body composition on British and Zebu X British cattle in Northern Australia. I. Breed and growth rate effects on yield of carcass, dressed carcass composition and offal composition. Anim. Prod. 39:177.
- Seebeck, R.M., P.H. Springell y J.C. O Kelly. 1971. Alterations on host metabolism by the specific and anorectic effects of the cattle tick (*Boophilus microplus*). Aust. J. Biol. Sci. 24:373.
- Shaver, R.D., A.J. Nyles, L.D. Satter y N.D. Jorgensen. 1988. Influence of feed intake, forage physical form, and forage

fiber content of particle size of masticate forage, ruminal digesta, and feces of dairy cows. J. Dairy Sci. 71:1566.

Shriver, B.J., W.H. Hoover, J.P. Sargent, R.J. Crawford, Jr., y W.V. Thayne. 1986. Fermentation of a high concentrate diets as affected by ruminal pH and digesta flow. J. Dairy Sci. 69:413.

Smith, L.W., H.K. Goering, D.R. Waldo y C.H. Gordon. 1971. *In vitro* digestion rate of forage cell wall components. J. Dairy Sci. 54:71.

Smith, L.W., H.K. Goering y C.H. Gordon. 1972. Relationships of forage composition on rates of cell-wall digestion and indigestibility of cell walls. J. Dairy Sci. 55:1140.

Smith, L.W., B.T. Weinland, D.R. Waldo y E.C. Leffel. 1983. Rate of plant cell wall particle size reduction in the rumen. J. Dairy Sci. 66:2124.

Suzuki, S., H. Fujita y Y. Shinde. 1969. Change in the rate of eating during a meal and the effect of the interval between meals and the rate at wich cows eat roughages. Anim. Prod. 11:29.

Taylor, St. C.S. y J.I. Murray. 1987. Voluntary food intake of cattle differing in breed size in a time-controlled feeding system. Anim. Prod. 45:433.

Taylor, St. C.S., H.G. Turner y G.B. Young. 1981. Genetic control of equilibrium maintenance efficiency in cattle. Anim. Prod. 33:179.

Taylor, St. C.S., A.J. Moore y R.B. Thiessen. 1986a. Voluntary food intake in relation to body weight among british breeds of cattle. Anim. Prod. 42:11.

Taylor, St. C.S., A.J. Moore y R.B. Thiessen. 1986b. Inter-breed relationship of maintenance efficiency to milk yield in cattle. Anim. Prod. 43:37.

Teeter, R.G., F.N. Owens y T.L. Mader. 1984. Ytterbium chloride as a marker for particulate matter in the rumen. J. Anim. Sci. 58:465.

Thonney, M.L., E.K. Heide, D.J. Dahaime, A.Y.M. Nour y P.A. Oltenacu. 1981. Growth and feed efficiency of cattle of different mature sizes. J. Anim. Sci. 53:354.

Thorton, R.F. y D.J. Minson. 1973. The relationships between apparent retention time in the rumen, voluntary intake,

- and apparent digestibility of legume and grass diets in sheep. *Austr. J. Agric. Res.* 24:889.
- Troelsen, J.E. y J.B. Campbell. 1968. Voluntary consumption of forage by sheep and its relation to the size and shape of particles in the digestive tract. *Anim. Prod.* 10:289.
- Ulyatt, M.J., D.W. Dellow, A. John, C.S.W. Reid y G.C. Waghorn. 1986. Contribution of chewing during eating and rumination to the clearance of digesta from the ruminoreticulum. En: L.P. Milligan, W.L. Grovum y A. Dobson (eds.). *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*. pp. 498. Engliwood Cliffs, Nueva Jersey. E.U.A.
- Van Milgen, J., M.R. Murphy y L.L. Berger. 1991. A compartmental model to analyze ruminal digestion. *J. Dairy Sci.* 74:2515.
- Van Soest, P.J. 1965. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24:834.
- Van Soest, P.J. 1983. *Nutritional Ecology of the Ruminants*.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson y B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccarides in relation to animal nutrient. *J. Dairy Sci.* 74:3583.
- Varga, G.A. y W.H. Hoover. 1983. Rate and extent of neutral detergent fiber degradation of feedstuffs in situ. *J. Dairy Sci.* 66:2109.
- Vercoe, J.E. 1967. Breed and nutritional effects on the composition of faeces, urine and plasma from Hereford and Brahman X Hereford steers fed on high and low quality diets. *Aust. J. Agric. Res.* 18:1003.
- Vercoe, J.E. 1970. The fasting metabolism of Brahman, Africander and Hereford X Shorthorn cattle. *Br. J. Nutr.* 24:599.
- Verde, L.S., G.E. Joandet, E.A. Gil, F. Torres y J. Flores. 1975. Efecto de la alimentación y el padre en el crecimiento compensatorio de novillos. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 10:75.
- Waldo, D.R., L.W. Smith y E.L. Cox. 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. *J. Dairy Sci.* 55:125.
- Webster, A.J.F., J.M. Brockway y J.S. Smith. 1974. Prediction of the energy requirements for growth in beef cattle. 1. The irrelevance of fasting metabolism. *Anim. Prod.* 19:127.

- Welch, J.G. 1982. Rumination, particle size and passage from the rumen. J. Anim. Sci. 54:885.
- Welch, J.G. y A.M. Smith. 1968. Influence of fasting on rumination time in sheep. J. Anim. Sci. 27:1734.
- Welch, J.G. y A.M. Smith. 1970. Forage quality and rumination time in cattle. J. Dairy Sci. 53:797.
- Welch, J.G. y A.M. Smith. 1971. Effect of beet pulp and citrus pulp on rumination activity. J. Anim. Sci. 33:472.
- Welch, J.G., K.S. Gibson y A.M. Smith. 1969. Variation in rumination time in cattle. J. Anim. Sci. 28:878 (res.).
- Wellington, G.H. 1971. Dairy beef. J. Anim. Sci. 32:424.
- Wright, I.A., A.J.F. Russel y E.A. Hunter. 1986. The effect of winter food level on compensatory growth of weaned, suckled calves grazed at two sward heights. Anim. Prod. 43:211.
- Wright, I.A., A.J.F. Russel y E.A. Hunter. 1987. The effects of genotype and post-weaning nutrition on compensatory growth in cattle reared as singles or twins. Anim. Prod. 45:423.

8. APENDICE

Las abreviaciones usadas en los cuadros de las páginas siguientes, se describen como sigue.

ABREVIACION	SIGNIFICADO
G	Genotipo
TA	Tratamientos de alimentación
PM	Peso metabólico (PV ^{0.75})
CALI	Consumo de alimento
CPM	Consumo de alimento
ING	Duración de la ingestión
RUM	Duración de la rumia
MT	Masticación total
CFDN	Consumo de FDN
PH	pH ruminal
KPS	Tasa de pasaje ruminal del grano de sorgo
KPR	Tasa de pasaje ruminal del rastrojo
KDS	Tasa de digestión ruminal del grano de sorgo
KDR	Tasa de digestión ruminal del rastrojo
FPDS	FDN potencialmente digerible del grano de sorgo
FPDR	FDN potencialmente digerible del rastrojo
DRAS	Digestión ruminal aparente del grano de sorgo
DRAR	Digestión ruminal aparente del rastrojo
PA	Plan de alimentación
PVM	Peso vivo a los 60 d
G30	Ganancia del periodo 1-30 d
G60	Ganancia del periodo 31-60 d
G90	Ganancia del periodod 61-90 d
G110	Ganancia del periodo 91-110 d
GT	Ganancia total
MS30	Consumo del periodo 1-30 d
MS60	Consumo del periodo 31-60 d
MS90	Consumo del periodo 61-90 d
MS110	Consumo del periodo 91-110 d
MST	Consumo total
E30	Eficiencia alimenticia del periodo 1-30 d
E60	Eficiencia alimenticia del periodo 31-60 d
E90	Eficiencia alimenticia del periodo 61-90 d
E110	Eficiencia alimenticia del periodo 91-110 d
EG	Eficiencia alimenticia global

Apéndice 1. Base de datos para las actividades de la masticación en bovinos
Holstein (1) y Brahman (2), con alimentación restringida (1) o
testigo (2)

DATA UNO; INPUT G TA PM CALI CPM ING1 ING2 RUM1 RUM2 MT1 MT2;
CARDS;

1	1	57.74	5.7655	55.71	330	1.844	470	2.626	800	4.470
1	1	54.27	5.5654	57.22	325	1.768	547	2.976	872	4.744
1	1	56.34	4.6100	45.65	280	1.909	414	2.823	694	4.732
1	1	49.96	4.3911	49.04	352	2.234	498	3.161	850	5.396
1	1	45.41	3.7346	45.89	337	2.286	441	2.992	778	5.278
1	1	52.08	5.4121	57.98	385	2.067	569	3.055	954	5.122
1	1	47.08	3.8240	45.32	338	2.321	510	3.503	848	5.825
1	2	58.48	6.3476	37.77	284	0.910	339	1.086	623	1.997
1	2	60.02	7.2611	42.10	272	0.782	352	1.012	624	1.794
1	2	53.28	6.3484	41.46	287	0.838	433	1.264	720	2.102
1	2	57.12	7.4818	45.58	262	0.696	365	0.969	627	1.665
1	2	55.16	6.4395	40.62	178	0.530	452	1.347	630	1.877
1	2	55.36	6.3416	39.86	310	0.941	410	1.245	720	2.187
1	2	54.17	6.3287	40.65	181	0.539	404	1.203	585	1.742
2	1	40.92	4.3937	37.36	402	2.089	443	2.302	845	4.391
2	1	43.76	4.2753	54.51	331	1.890	518	2.958	849	4.848
2	1	55.16	5.4742	55.37	336	1.889	458	2.575	794	4.464
2	1	57.51	6.6783	64.79	427	2.051	451	2.167	878	4.218
2	1	52.28	5.6803	60.62	340	1.746	498	2.557	838	4.303
2	1	63.34	5.9485	52.40	296	1.758	566	3.362	862	5.121
2	1	57.61	5.3525	51.84	336	2.017	500	3.002	836	5.020
2	2	42.43	5.2494	69.03	304	0.855	441	1.240	745	2.095
2	2	42.24	5.9063	48.65	255	0.634	435	1.082	690	1.717
2	2	45.83	5.1335	38.98	256	0.795	438	1.360	694	2.156
2	2	53.38	7.6664	49.97	231	0.559	453	1.097	684	1.657
2	2	50.36	5.6916	39.33	242	0.745	465	1.431	707	2.176
2	2	67.9	9.9477	50.98	250	0.593	522	1.239	772	1.833
2	2	53.88	6.6137	42.71	261	0.739	495	1.403	756	2.143

```

PROC GLM; CLASSES TA G;
MODEL PM CPM ING2 RUM2 MT2 = G TA TA*G PM/ss3;
LSMEANS G TA G*TA/stderr;
PROC SORT; BY TA;
PROC GLM; BY TA; CLASSES G;
MODEL PM CPM ING2 RUM2 MT2 = G PM/ss3;
LSMEANS G/stderr;
PROC SORT; BY G;
PROC GLM; BY G; CLASSES TA;
MODEL PM CPM ING2 RUM2 MT2 = TA PM/ss3;
LSMEANS TA/stderr;
RUN;

```

Apéndice 2. Base de datos para las variables de la digestión ruminal aparente, en bovinos Holstein (1) y Brahman (2) alimentados con la dieta de testigo (1) o restringida (2)

```

DATA UNO; INPUT G TA PV CFDN PH KPS KPR KDS KDR FPDS FPDR DRAS DRAR;
CARDS;
1 1 314 3.069 6.23 . 2.77 . 4.57 . 77.26 . 48.07
1 1 370 3.739 6.76 . 2.63 . 4.85 . 79.9 . 51.78
1 1 327 3.404 6.62 . 2.48 . 4.55 . 78.52 . 50.80
1 2 281 2.854 6.82 2.4 3.29 5.02 2.89 100 76.58 67.63 35.77
1 2 302 3.202 6.26 2.56 3.39 10.15 3.38 100 75.68 79.86 37.73
1 2 293 3.202 6.59 2.33 3.89 16.57 3.82 99.3 66.63 87.03 32.97
2 1 296 3.069 6.78 . 2 . 3.16 . 84.27 . 51.53
2 1 330 3.292 6.60 . 3.63 . 3.42 . 79.56 . 38.54
2 1 376 2.344 6.81 . 2.78 . 4.81 . 80.57 . 51.02
2 2 284 2.923 6.50 2.67 2.6 15.64 3.36 100 78.45 85.40 44.18
2 2 311 3.341 6.23 2.01 3.08 7 2.41 100 72.10 77.61 31.62
2 2 324 3.202 6.39 3.37 3.76 11.08 3.54 100 77.57 76.67 37.60
PROC GLM; CLASSES G TA;
MODEL PH KPS KPR KDS KDR FPDS FPDR DRAS DRAR=G TA G*TA CFDN/SS3;
LSMEANS G TA G*TA/STDERR;
PROC SORT; BY TA;
PROC GLM; BY TA; CLASSES G;
MODEL PH KPS KPR KDS KDR FPDS FPDR DRAS DRAR=G CFDN/SS3;
LSMEANS G/STDERR;
PROC SORT; BY G;
PROC GLM; BY G; CLASSES TA;
MODEL PH KPS KPR KDS KDR FPDS FPDR DRAS DRAR=TA CFDN/SS3;
LSMEANS TA/SDTERR;
RUN;

```

Apéndice 3. Base de datos para la prueba de comportamiento de bovinos Holstein
(1) y Brahman (2), testigos (1) y restringidos (2)

G	PA	PVI	PVM	G30	G60	G90	G110	gt	MS30	MS60	MS90	MS110	mst	E30	E60	E90	E110	EG
1	1	242	278	1.367	1.567	1.167	1.65	156	7.818	8.53	8.231	9.162	920.6	0.175	0.184	0.142	0.18	0.169
1	1	231	253	1.1	1.933	1.733	0.2	147	6.326	9.454	8.892	9.443	929	0.174	0.204	0.195	0.021	0.158
1	1	211	263	0.967	1.667	1.267	1	137	7.783	9.052	8.659	10.28	970.4	0.124	0.184	0.146	0.097	0.141
1	1	186	226	0.9	1.567	1.033	1.35	132	6.645	8.753	7.801	8.885	873.7	0.135	0.179	0.132	0.152	0.151
1	1	197	247	1.133	1.833	1.333	1.2	153	7.281	8.282	8.068	9.593	900.8	0.156	0.221	0.165	0.125	0.17
1	1	129	164	0.567	1.267	1	1.75	120	8.587	8.862	6.753	8.863	843.3	0.066	0.185	0.148	0.197	0.142
1	1	151	175	0.833	1.5	1.133	0.85	121	5.655	7.196	6.48	8.785	755.6	0.147	0.208	0.175	0.097	0.16
1	2	184	.	1.183	1.183	1.367	1.067	133.3	6.682	6.948	6.805	8.155	776.2	0.177	0.145	0.201	0.131	0.172
1	2	244	.	1.933	1.933	1.7	1.3	193	8.145	9.462	10.26	11.11	1058	0.237	0.174	0.166	0.117	0.182
1	2	175	.	1.25	1.25	0.767	0.7	112	5.938	6.898	5.978	6.124	686.9	0.211	0.204	0.128	0.114	0.163
1	2	143	.	1.183	1.183	0.867	1.833	133.7	5.527	7.21	6.437	8.725	749.7	0.214	0.136	0.135	0.21	0.178
1	2	179	.	1.75	1.75	1.4	1.6	179	5.681	8.548	8.67	9.26	872.2	0.308	0.189	0.161	0.173	0.205
1	2	124	.	1.183	1.183	1.033	1	122	5.613	6.629	6.191	6.334	679.7	0.211	0.187	0.167	0.158	0.179
1	2	142	.	1.217	1.217	1.167	1.767	143.3	4.731	6.627	6.668	7.137	683.5	0.257	0.17	0.175	0.248	0.21
2	1	216	259	0.633	1.533	1.067	0.6	109	7.012	7.418	7.027	7.709	797.9	0.09	0.207	0.152	0.078	0.137
2	1	206	251	0.9	1.933	1.1	1.05	139	6.063	7.94	6.962	8.671	802.4	0.148	0.243	0.158	0.121	0.173
2	1	195	232	1.033	1.1	0.767	1.3	113	6.566	7.598	7.172	8.841	816.9	0.157	0.145	0.107	0.147	0.138
2	1	181	216	0.8	1.4	0.8	0.7	104	5.65	8.085	5.336	9.595	764.1	0.142	0.173	0.15	0.073	0.136
2	1	174	209	0.767	1.533	1.133	0.6	115	5.256	9.163	7.88	9.677	862.5	0.146	0.167	0.144	0.062	0.133
2	1	161	189	0.7	1.4	1	0.8	109	5.804	5.844	6.035	8.051	691.5	0.121	0.24	0.166	0.099	0.158
2	1	158	187	0.767	1.4	1.167	1.05	121	5.208	6.734	5.279	7.792	672.5	0.147	0.208	0.221	0.135	0.18
2	2	210	.	0.895	1.372	0.867	1.2	118	6.075	7.69	6.214	6.378	726.9	0.147	0.215	0.138	0.188	0.162
2	2	204	.	1.632	1.768	1.8	0.66	169.2	6.836	8.571	8.263	8.475	879.6	0.239	0.209	0.218	0.078	0.192
2	2	186	.	1.789	0.844	1.3	1.2	142	6.862	7.264	6.371	7.974	774.4	0.261	0.106	0.204	0.15	0.183
2	2	194	.	0.842	1.225	0.8	0.866	103.3	6.734	7.576	6.762	6.751	767.2	0.125	0.181	0.118	0.128	0.135
2	2	193	.	0.947	1.519	1.433	1.4	145	6.956	8.116	8.154	9.326	883.3	0.136	0.163	0.176	0.15	0.164
2	2	183	.	0.947	1.386	1.067	1.166	125.3	6.143	7.526	7.126	7.546	774.8	0.154	0.184	0.15	0.155	0.162
2	2	183	.	1.211	1.623	1.133	1.4	147	6.785	8.061	7.535	7.213	815.7	0.178	0.225	0.15	0.194	0.18

proc glm; classes g pa;

model pvm g30 g60 g90 g110 gt ms30 ms60 ms90 ms110 mst e30 e60 e90 e110 et=g pa g*pa ;

lsmeans g pa g*pa/stderr;

run;

