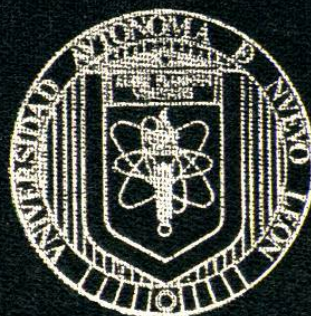


73
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EFFECTO DE DOS PLANOS DE NUTRICION
Y SOMATOTROPINA BOVINA EN LA CRIANZA
DE VAQUILLAS HOLSTEIN DE REEMPLAZO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCION ANIMAL

PRESENTA

ELVIA MARGARITA ROMERO TREVIÑO

MARIN, N. L., MEXICO

JUNIO DE 1998

TM

SF199

.H75

R6

e.1

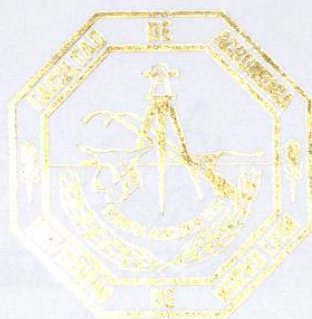


1080098304

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EFEECTO DE DOS PLANOS DE NUTRICION
Y SOMATOTROPINA BOVINA EN LA CRIANZA
DE VAQUILLAS HOLSTEIN DE REEMPLAZO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCION ANIMAL

PRESENTA

ELVIA MARGARITA ROMERO TREVIÑO

MARIN, N. L., MEXICO

JUNIO DE 1998

TM
5F199
.H75
R6



EFFECTO DE DOS PLANOS DE NUTRICIÓN Y SOMATOTROPINA BOVINA EN LA CRIANZA DE VAQUILLAS HOLSTEIN DE REEMPLAZO

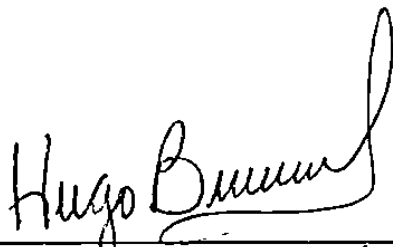
Aprobación de la tesis



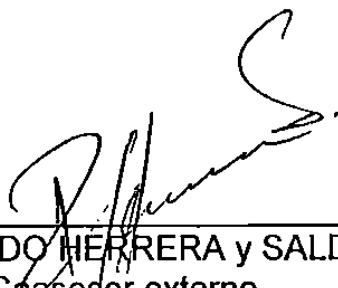
Ph. D. ERASMO GUTIÉRREZ ORNELAS
Asesor



Ph. D. JAVIER COLÍN NEGRETE
Coasesor



Dr. HUGO BERNAL BARRAGÁN
Coasesor



Dr. ROLANDO HERRERA y SALDAÑA
Coasesor externo

Junio de 1998
Marín, Nuevo León, México

Juntar las manos para rezar

esta bien...

Abrirlas para dar

es mejor...

DEDICATORIA

A mi esposo

Noé Flores Durán con cariño y amor, Por su motivación, comprensión y apoyo incondicional durante ésta etapa de nuestras vidas.

A mis padres

Sr. Julián Romero Chávez
Sra. Angélica Treviño Cantú

Con cariño, admiración y respeto, ejemplo de trabajo, honestidad, dedicación, espíritu de sacrificio y amor al campo, valores fundamentales para mi formación en todos aspectos.

A mis hijos

Noé, Julián y Elvia Alejandrina con todo mi amor

A quienes he privado de mi presencia en momentos importantes de sus pequeñas vidas, mi bendición y mi cariño, espero que éste esfuerzo de superación profesional, sea ejemplo de superación para ellos.

A mis suegros

Sr. Noé Flores de la Garza
Sra. María Elena Durán, gracias por su apoyo, su comprensión y su cariño.

A mis hermanos

Laura Estela, Mirna, Magdalena, Julián, Angélica y Juan, por todo lo que hemos vivido juntos, con todo mi cariño.

A todas aquellas personas, familiares y amigos, por su motivación, y su presencia en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme ocupar este tiempo y este espacio.

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, por el apoyo brindado para la realización de ésta maestría.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en especial a la Subdirección de Estudios de Postgrado, por su dedicación y empeño en la formación de profesionales de alto nivel.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por apoyarme como becario para obtener el grado de Maestro en Ciencias.

Al Dr. Rolando Herrera y Saldaña y al Grupo LALA, Gómez Palacio, Durango, México, por su disponibilidad y el apoyo brindado para la realización de éste trabajo de tesis.

Al Sr. Roberto Franco López y Laboratorios ELANCO, Torreón, Coahuila, México, por la atenciones y el apoyo brindado.

Al Dr. Erasmo Gutierrez Ornelas, por tener la confianza en mi y depositar la responsabilidad de éste trabajo aún desconociendo mi capacidad profesional, por su valiosa asesoría, su apoyo y su dedicación como maestro e investigador.

Al Dr. Hugo Bernal Barragán, por ser maestro y coasesor, por el apoyo brindado, por darme confianza, ejemplo de humanidad y estímulo de superación.

Al Ph. D. Javier Colín Negrete, por ser maestro y coasesor, por su valiosa asesoría, y la simpatía que siempre me ha demostrado.

Al Ing. Arnoldo Tapía por su entusiasmo, su disponibilidad, y el apoyo incondicional que me ha brindado.

Al Dr. Rigoberto González por su profesionalismo y su dedicación como maestro e investigador.

Al Ph. D. Javier García por su atención y el apoyo brindado con literatura para este escrito de tesis, mi más sincero agradecimiento.

A todos los maestros que de una u otra forma intervinieron durante mi formación profesional en este postgrado, gracias por su tiempo y su dedicación.

Al Ing. Carlos Hernández por su apoyo en el trabajo de campo y en general a todos los trabajadores de el campo experimental "El Canadá". Así como a los trabajadores de el campo experimetal Zootecnia en Marín, N. L:

Mi más sincero y especial agradecimiento a Juan Manuel Huerta Cavazos y a Juan Antonio Hernandez Ballesteros por su apoyo incondicional durante mi estancia en la maestría, su tiempo, su dedicación y su amistad, grandes colaboradores, compañeros y amigos.

A los compañeros que iniciaron junto conmigo esta etapa de mi vida profesional, Javier Garza Covarrubias, Miguel Hernández y Antero Abel Sánchez, por su compañerismo y amistad.

A toda aquella genete valiosa que conocí a lo largo de mi estancia aquí, Javier Cortéz, José Carlo Rimoldí, Juan Carlos Rodriguez, Luis Antonio Moreno, Javier Castillo, Mariano Molina, Esmeralda, Lupita García Korina, Ricardo Pérez, Adrián Moxica, Mario Dena, Ma. Antonia Cruz, Tomás Sánchez, Doña Tere, Malena, Juanita y a todas aquellas personas que de una u otra forma me brindaron apoyo, amistad, confianza...

GRACIAS

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xi
SUMMARY.....	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Importancia de la producción eficiente de reemplazos	4
2.1.1 La crianza de vaquillas	5
2.2 Costos de producción de vaquillas de reemplazo	7
2.3 Pubertad, primer servicio y primer parto de hembras de reemplazo	8
2.3.1 Pubertad	8
2.3.2 Primer servicio y primer parto de vaquillas de reemplazo	9
2.4 Alimentación	11
2.4.1 Alimentación de becerras del nacimiento al destete	11
2.4.2 Destete	12
2.4.3 Alimentación de los 3 a los 6 meses de edad	12
2.4.4 Alimentación de los 6 a los 12 meses	13
2.4.5 Alimentación de los 12 a los 24 meses	13
2.4.6 Alimentación en la crianza de vaquillas de reemplazo	14
2.5 Efecto de la alimentación en el desarrollo de la glándula mamaria	15
2.6 Hormona de Crecimiento	18
2.6.1 Efectos fisiológicos de la hormona del crecimiento	20

2.6.1.1 Depósito de proteína por parte de la hormona del crecimiento	22
2.6.1.2 Efecto de la hormona de crecimiento sobre la utilización de grasa para energía	24
2.6.1.3 Efecto cetogénico de la hormona de crecimiento	24
2.6.2 Acción de la hormona de crecimiento	25
2.6.2.1 Hormona liberadora y hormona inhibidora de la hormona del crecimiento	25
2.6.2.2 Acción de las somatomedinas	26
2.6.3 Somatotropina Bovina	27
2.6.3.1 Producción industrial de Somatotropina Recombinante	27
2.6.3.2 Acción de la Somatotropina en la utilización de nutrientes.....	28
2.6.4 Efecto de la somatotropina bovina en las novillonas lecheras ..	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1 Ubicación del área experimental	32
3.2 Metodología	33
1 3.3 Diseño estadístico	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1 Aumento diario de peso	40
4.2 Consumo de Alimento	44
4.3 Conversión alimenticia	47
4.4 Eficiencia energética y proteica	48
4.5.....Aspecto económico	49
4.6 Comportamiento reproductivo.....	51
5. CONCLUSIONES	53
6. BIBLIOGRAFÍA	54
7. APÉNDICE	60

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Ingredientes y contenido nutricional de las dietas utilizadas durante la prueba con vaquillas Holstein	35
Cuadro 2. Variables estimadas durante la prueba de comportamiento de vaquillas Holstein.....	42
Cuadro 3. Requerimientos de nutrientes (NRC 1988) para vaquillas Holstein de diferente peso corporal y diferente aumento de peso	44
Cuadro 4. Consumo de nutrientes calculados (NRC 1988) en base al peso vivo medio de las vaquillas al final de los tratamientos	46
Cuadro 5. Eficiencia energética y proteica de vaquillas Holstein en crecimiento	48
Cuadro 6. Costos de alimentación por kg de aumento diario de peso utilizando vaquillas Holstein en tres diferentes tratamientos..	50
Cuadro 7. Comportamiento reproductivo de vaquillas Holstein sometidas a diferentes tratamientos de somatotropina bovina recombinante y requerimientos nutricionales durante la etapa de crecimiento	52

INDICE DE FIGURAS

	página
Figura 1. Aplicación de la bST vía subcutánea en la fosa isquio-rectal....	38
Figura 2. Crecimiento de vaquillas Holstein durante el experimento....	41
Figura 3. Consumo de alimento (kg MS) de vaquillas Holstein en crecimiento durante el experimento.....	45

RESUMEN

ELVIA M. ROMERO TREVIÑO

Candidata para el grado de Maestro
en Ciencias en Producción Animal

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Agronomía

Título de Tesis: EFECTO DE DOS PLANOS DE NUTRICIÓN Y
SOMATOTROPINA BOVINA EN LA CRIANZA
DE VAQUILLAS HOLSTEIN DE REEMPLAZO

Área de estudio: Nutrición Animal

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar los efectos de un nivel alto de nutrientes en la tasa de crecimiento y desarrollo de vaquillas Holstein, así como evaluar el efecto del uso de Somatotropina Bovina en vaquillas en crecimiento. Treinta vaquillas Holstein con un peso promedio de 215 kg fueron bloqueadas por peso inicial, en 3 Tratamientos (n=10). Al T1 (**NRC**) se le proporcionó 100% de los nutrientes recomendados por el NRC (1988), para una ganancia de 800 g/d, el T2 (**ANRC**) contenía 17% más de proteína cruda (PC) y 13% más de energía neta de ganancia (ENg), y el T3 (**AbST**) se le suministró la dieta del T2 y somatotropina bovina, 250 mg, cada 14 días. La alimentación fue a razón de 95 g MS/ kg^{0.75}/d.

El aumento diario de peso (ADP) fue de 914, 950 y 1017 g/d para **NRC**, **ANRC**, **AbST** respectivamente, encontrándose un aumento superior en el tratamiento **AbST**, (p=.12). En el consumo diario de alimento (CDA) no se encontró diferencia. Sin embargo en CDA/ADP se encontró diferencia (p=.008), 6.64, 6.55, 5.78 para **NRC**, **ANRC** y **AbST** respectivamente, obteniendo una mejor conversión el **AbST**. El aumento diario de peso de las vaquillas fue superior a los 800 g/día, ganancia para la cuál fue formulada la ración en base a los requerimientos de la NRC. En resumen se observó respuesta al uso de Somatotropina Bovina, presentándose una mayor eficiencia proteica y en la utilización de la ENg en un 10% y en un 14.78 % respectivamente, comparado con el mismo nivel de alimentación sin bST.

SUMMARY

ELVIA M. ROMERO TREVIÑO

Candidate for the degree of Maestro
en Ciencias en Producción Animal

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Agronomía

Title of work:

EFFECT OF TWO NUTRITIONAL LEVELS
AND BOVINE SOMATOTROPIN TO RISE
HOLSTEIN HEIFERS.

Field of Study work:

Animal nutrition

The objective of this study was to determine the effect of two different nutritional level diets and evaluate the effect of application of bovine somatotropin on growth rate and development of Holstein heifers. Thirty Holstein heifers with average body weight of 215 kg were randomly allotted into three treatment groups (n=10). The first group (**T1 NRC**) was fed with a diet containing 100% of nutrients recommended for NRC (1988) for a daily gain of 800 g/d. The second group (**T2 ANRC**) was fed a diet containing higher levels of crude protein (CP) and net energy (NEg) (13 y 17% respectively). The third group (**T3 AbST**) was fed the same diet than the previous group, plus recombinant bovine somatotropin zinc hormone, 250 mg, every 14 days. The amount of food offered was 95 g DM/kg^{0.75}/d for all of the treatments.

The average daily gain (ADG) was 914, 950 and 1017 g for NRC, ANRC and AbST respectively, with a greater gain for AbST group (p=0.12). Regarding daily intake (DI), there were no difference between treatments. However, there were difference (p=.008) on DI/ADG, with values of 6.64, 6.55 and 5.78 for NRC, ANRC and AbST respectively, being the conversion better on the AbST group. The daily gain for all treatment groups was higher than 800 g, even though the diet was formulated for this gain based on NRC requirements. In conclusion the bovine somatotropin hormone may induce a better response, expressing a greater protein efficiency and NEg utilization, 10 and 14.78%, respectively, when compared to the same nutritional level without bST.

1. INTRODUCCIÓN

La cría eficiente de becerras y su crecimiento hasta lograr vacas sanas bien desarrolladas representa una meta que hasta ahora no ha sido alcanzada por la mayoría de los productores lecheros de nuestro país, constituyéndose en un verdadero problema dentro del sistema de producción de leche.

Gómez, citado por House (1994) menciona que en México no se tiene una buena crianza de vaquillas, y como resultado de esto las explotaciones lecheras en México tienen que importar vaquillas de Estados Unidos. Tan solo en 1994 se importaron 50,000 vaquillas las cuales equivalen al 5% del inventario de ganado especializado en producción de leche.

La crianza de vaquillas de reemplazo es un elemento económicamente costoso ya que representa uno de los costos de operación más altos, aunque este varía para cada explotación lechera. Aproximadamente del 9 % al 20% de los gastos corresponden a la reposición de vacas productoras, ya que las explotaciones lecheras se renuevan a una tasa del 33% al año (Bailey, 1997).

Para obtener un beneficio económico mayor dentro de la industria lechera, es muy importante minimizar los costos en la crianza de vaquillas de reemplazo. Una posibilidad para reducir los costos de crianza es disminuir la edad al primer parto. En muchos hatos de ganado lechero, el promedio de edad al primer parto es entre 24 y 30 meses, pero las vaquillas pueden ser cargadas entre los 15 y 16 meses de edad. Desafortunadamente altas tasas de crecimiento antes de la pubertad pueden tener una influencia negativa en el crecimiento mamario y futura producción de leche (Sejrsen y Purup, 1997)

Los sistemas de alimentación y el tipo de alimento, generalmente determinan el ritmo de crecimiento en peso y estatura (Daccarett et al., 1993). El número de posibles sistemas de alimentación y manejo de vaquillas lecheras no tienen límites. Se cuenta con una amplia variedad de alimentos, forrajes y concentrados que pueden usarse para producir un reemplazo de calidad (Amstrong, 1988).

Con el desarrollo de la tecnología de recombinación del DNA en los años 1980s se incrementó el interés en el desarrollo de la Somatotropina bovina (bST) como un estimulante en la producción de leche de vaca (Breier y Gluckman, 1991). En la misma década, nueva información fué rápidamente disponible, manifestando los efectos de la Somatotropina (ST) en cuanto al metabolismo y desarrollo animal. La ST ejerce un gran efecto en los procesos biológicos (Boyd y Bauman, 1989). Directa o indirectamente estimula la proliferación de varios tipos de células y procesos metabólicos asociados con el crecimiento esquelético y depósito

de proteína, así como un gran efecto en el metabolismo de lípidos, carbohidratos y minerales (Boyd y Bauman, 1989).

En base a la problemática antes mencionada y debido a la necesidad de producir hembras de reemplazo para las explotaciones lecheras, que iguallen o superen los niveles presentes de producción, se plantearon las hipótesis de que suministrando altos planos de nutrición (17% de proteína cruda y 13% de energía neta de ganancia arriba de lo propuesto por el NRC, 1988) y somatotropina bovina, a vaquillas Holstein de reemplazo se podría aumentar la eficiencia alimenticia y se podría mejorar la tasa de crecimiento de las vaquillas para iniciarlas en la vida productiva en un tiempo mas corto.

Por lo tanto los objetivos de este trabajo son determinar los efectos de un nivel alto de nutrientes en la tasa de crecimiento y desarrollo de vaquillas Holstein, así como evaluar el efecto de la somatotropina bovina en vaquillas en crecimiento alimentadas con altos planos de nutrición.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de la producción eficiente de reemplazos

El inventario de vacas lecheras en México para 1994 fue de 6.5 millones de cabezas de ganado. De estas, alrededor de 1 millón son de explotaciones lecheras especializadas, y ésto corresponde al 15% del inventario nacional. Este 15% produce el 55% de la producción de leche en México (House, 1994).

Para 1997 las importaciones de ganado lechero, solamente por la frontera de Texas, fueron de 39,599 cabezas de ganado (Agropek, 1998), lo cuál indica que la importación de ganado de leche se está realizando de una manera muy intensa. De ahí la importancia de criar en México hembras de reemplazo eficientes en la producción de leche.

La producción total del leche en México se incrementó de 8.8 millones de ton. en 1988 a 10.7 millones de ton. en 1992. El uso de bST fue aprobado para vacas productoras, pero solo una pequeña parte de los animales son tratados. Sin embargo la producción de leche aún es baja, llegando a tener una producción promedio para éste año (1992) de 1,113 kg/vaca/año, comparada con la producción de Estados Unidos en el año de 1983 la cual fué de 7,000 kg/vaca, en 1992 en Nueva Zelanda fué de 4,300 kg y Canadá 5,600 kg/vaca/año (Anónimo, 1994).

El futuro de cualquier explotación lechera depende de un programa adecuado de crianza para el reemplazo de las vacas, que iguallen o superen los niveles presentes de producción lechera. Un buen programa para la cría de becerras y desarrollo de vaquillas que permita tener vacas fisiológicamente dotadas para alta producción de leche en su primer parto y subsecuentemente de alto rendimiento, puede incluir: 1) Obtener baja mortalidad de crías, 2) alimentación adecuada durante el crecimiento de las vaquillas, 3) crecimiento adecuado; seleccionar el peso, la altura y la condición corporal, 4) obtener el primer parto a los 24 meses de edad con un peso de 550-600 kg aproximadamente (Daccarett et al., 1993) y 5) usar sementales genéticamente superiores bajo programa de inseminación artificial. (Hubber y Saldaña, 1988; Bailey, 1997).

2.1.1 La crianza de vaquillas

La crianza de vaquillas deberá ser enfocada para desarrollarlas a un tamaño y peso adecuado para ser inseminadas a partir de los 13 meses de edad (Llamas, 1996), y que realicen su primer parto a un promedio de 24 meses. Al respecto Gill y Allaire; (citados por Daccarett et al., 1993) concluyeron que la edad óptima al primer parto para un mejor rendimiento durante su vida productiva es de 22.5 a 23.5 meses de edad. Sin embargo aún con una fertilidad promedio la cual es del 50% en ganado lechero

(Hafez, 1989), las becerras quedarán cargadas a los 15 meses, de tal forma que a los 24 meses las vaquillas tengan una talla y peso que les permita obtener una alta producción desde su primera lactancia (Llamas, 1996).

La vaquilla puede concebir desde los 5 a 7 meses de edad, dependiendo de la raza. Sin embargo las vaquillas primerizas tienen mayores dificultades en los partos que las vacas de mayor tamaño y edad. Por esto es importante que las vaquillas alcancen un tamaño suficiente al primer parto para minimizar las probabilidades de distocia (Bath, 1982).

El inicio temprano de la etapa reproductiva, reduce el período no productivo de la vaquilla, lo cual implica menor requerimiento de alimento para alcanzar la edad productiva (Stelwagen y Grieve, 1990).

Un inadecuado tamaño corporal para el primer parto puede reflejarse en una baja producción de leche durante el primer y segundo parto, debido a la competencia de nutrientes, los cuales pueden estar siendo utilizados para el crecimiento, y provocan una insuficiente reserva de energía (Van Amburgh et al., 1991).

2.2 Costos de producción de vaquillas de reemplazo

Las razones para buscar las metas antes mencionadas son principalmente de tipo económico. Bailey (1997) menciona que la crianza de reemplazos en una explotación lechera, se coloca en tercer lugar en cuanto a costos, ocupando el primer lugar la alimentación de las vacas lactantes y en segundo lugar la alimentación de las vacas al parto. El porcentaje varía para cada explotación lechera, de un 9% a un 20%.aproximadamente.

Considerando que del 40% al 70% de los costos totales de la cría de vaquillas de reemplazo pueden ser atribuidos a los costos de alimentación (Stelwagen y Grieve, 1990) es necesario poner énfasis a esta actividad. Otro enfoque corresponde al costo financiero que representa mantener un animal improductivo por al menos 24 y hasta 30 meses (Llamas, 1996).

La Asociación Estadounidense para el Mejoramiento del Hato Lechero (DHIA) publicó un estudio que demuestra que cada día que se aumente a la edad optima al primer parto, cuesta el doble de lo que representaría un día más de período seco. Cuando las vaquillas tienen su primer parto a una edad avanzada, no alcanzan a producir suficiente leche adicional como para compensar los costos adicionales que representa el haberlas mantenido y alimentado durante más tiempo como vaquillas de recría (Parker, 1996).

2.3 Pubertad, primer servicio y primer parto de hembras de reemplazo

2.3.1 Pubertad

La pubertad se alcanza generalmente cuando las vaquillas tienen entre el 40 y 50% del peso corporal que alcanza a la madurez. Sin embargo, el momento en el que se presente la pubertad, puede alargarse cuando se les suministran niveles bajos de energía y/o cuando el incremento de peso del nacimiento a la pubertad es bajo (Van Amburgh et al., 1991).

En vaquillas lecheras de talla grande la pubertad usualmente ocurre entre 9 y 11 meses de edad y con un peso corporal promedio de 250 a 280 kg (Sejrsen y Purup, 1997). En un experimento con vaquillas Friesian y Danish Red se observó pubertad temprana entre los 5 y 6 meses y tardía entre los 18 y 20 meses de edad (Foldager et al., 1988, citados por Sejrsen y Purup, 1997). La variación en el peso del cuerpo también fue considerable (150 a 400 kg), pero menos del 5% de las vaquillas presentaron la pubertad antes de los 200 kg de peso y menos del 10% presentaron la pubertad después de los 300 kg de peso, la mayor parte de los animales, entre los 200 y 300 kg. (Sejrsen y Purup, 1997).

En vaquillas de talla pequeña como la Jersey, la edad a la pubertad es entre 9 y 11 meses con un peso de 170 a 190 kg (Sejrsen y Purup, 1997).

2.3.2 Primer servicio y primer parto de vaquillas de reemplazo

Gardner et al., (1977) evaluó la influencia del tamaño del cuerpo sobre la edad a la pubertad, al primer servicio y al primer parto en vaquillas Holstein, al trabajar con animales de 90 hasta 364 kg de peso. Un tratamiento fue con crecimiento acelerado, en donde los animales presentaron una ganancia de 1.1 kg por día. Otro tratamiento fue con crecimiento estandar presentando una ganancia de 800 g por día.

Sin embargo la producción de leche en la primera lactación fué menor para el tratamiento acelerado, a los 100 días ($P<.05$) y a los 305 de producción ($P<.01$). La segunda y tercera lactaciones no presentaron diferencia estadística y en la cuarta lactación fue mayor a 100 días de producción ($p<.05$) para el tratamiento acelerado.

Powel (1985; citado por Gardner et al., 1988) realizó un estudio en 485,200 vaquillas Holstein de 1960 a 1982 y reportó una media de edad al primer parto de 27.5 meses. En estudios más recientes se reporta que las vaquillas Holstein de reemplazo pueden parir y entrar al hato lechero de los 22 a 24 meses de edad (Heinrichs and Swartz, 1990; Crowley et al., 1991; citados por Hoffman, 1997). Las hembras de reemplazo pueden tener un tamaño adecuado para los 22 a 24 meses de edad y asegurar un rendimiento aceptable en la primera lactancia y minimizar los problemas de distocia (Hoffman y Funk, 1992; citados por Hoffman, 1997).

Investigaciones recientes (Van Amburgh y Galton, 1994; Hoffman et al., 1996) sugieren que la edad al primer parto puede ser reducida a 22 meses de edad sin extrema influencia negativa sobre la producción de leche y salud del animal.

Es importante buscar un buen desarrollo de vaquillas de reemplazos ya que existe una relación positiva entre el peso de las vaquillas al primer pesaje después del parto y su producción en la primera lactancia, la relación es más fuerte de los 400 a 550 kg de peso (Llamas, 1996), lo cuál apoya la recomendación de que las vaquillas obtengan su primer parto pesando más de 500 kg como lo manifiestan Parker (1996) y Van Amburgh et al. (1991).

Sin embargo si este fuera el único factor a considerar lo más sencillo sería esperar más tiempo y cargarla, pero esto tendría consecuencias económicas negativas como ya se mencionó. De tal manera que las vaquillas deben ser cargadas cuando tengan la talla y peso adecuados. Para obtener esto se requiere un buen programa de alimentación de vaquillas y la inseminación a tiempo para poder obtener su parto por lo menos a los 24 meses de edad.

Si se desea que las vaquillas empiecen a ser servidas cuando tienen un peso aproximado del 50 al 60% de su tamaño corporal maduro con 13 meses de edad, se preñen a los 15 meses y tengan su primer parto a los 24 meses con un peso aproximado de 570 kg, será necesario que las vaquillas tengan un incremento de peso diario de aproximadamente 800 g del nacimiento hasta el parto (Van Amburgh et al., 1991; Bailey, 1997)

2.4 Alimentación

2.4.1 Alimentación de becerros del nacimiento al destete

Proporcionar a las crías de 2 a 4 litros de calostro antes de la primera hora de vida y repetir a las 12, 24, 36 y 48 horas de vida, con al menos 2 litros por toma (Llamas, 1996), puede asegurar un buen desarrollo de las crías.

Los animales alimentados con sustituto de leche, deberán recibir concentrado a partir de los 10 días de edad (Church y Pond, 1994). Esto con el objetivo de promover el desarrollo papilar del rumen, ya que los rumiantes al nacimiento tienen el rumen poco desarrollado y no es funcional. Del nacimiento hasta las 3 semanas de edad el abomaso se encuentra más desarrollado. Al llegar el alimento iniciador al rumen, promueve el principio de una fermentación con la consecuente producción de ácidos grasos volátiles y estos a su vez promueven el desarrollo del retículo-rúmen (Llamas, 1996).

2.4.2 Destete

El momento del destete desde el punto de vista nutricional se considera adecuado hacerlo cuando el becerro consume al menos 0.9 a 1 kg de concentrado iniciador (Llamas, 1996).

Cuando se utiliza un buen iniciador puede ser posible destetar becerros a las 3 semanas de edad (Church y Pond, 1994) , aunque tradicionalmente se destetan de 8 a 12 semanas de edad. Después del destete es necesario ofrecer heno de buena calidad junto con el iniciador (Llamas, 1996).

2.4.3 Alimentación de los 3 a los 6 meses de edad

De los 3 a los 6 meses de edad y hasta alrededor de los 12 meses son muy importantes los requerimientos de proteína no degradable en el rumen, la cuál se recomienda sea de 8.2%, (NRC, 1988) para obtener un buen desarrollo en las becerras (Llamas, 1996). La proteína no degradable en el rumen o proteína de sobrepaso, pasa por el rumen sin que la degraden los microorganismos ruminales. Esta proteína se desnaturaliza en el abomaso, debido a su nivel alto de acidez, liberando para la digestión y absorción en los intestinos los aminoácidos, elevando la eficiencia en la utilización de proteína en beneficio del crecimiento del animal.

2.4.4 Alimentación de los 6 a los 12 meses

Después de los 6 meses de edad disminuyen los requerimientos de proteína cruda, 12%, y con un 66% de Total de Nutrientes Digestibles (TND) en base a materia seca. El NRC (1988) recomienda un 4.3% de proteína sobrepasante ó no degradable en el rumen y 6.4% de proteína degradable en el rumen.

2.4.5 Alimentación de los 12 a los 24 meses

En esta edad los requerimientos nutricionales disminuyen, pero no se debe descuidar la alimentación ya que debe ir bien balanceada. Los requerimientos de proteína no degradable en el rumen en esta etapa son más bajos, 2.1%, y se debe incluir la cantidad necesaria de proteína degradable en el rumen, 7.2% con un 61% de TDN (NRC, 1988).

En investigaciones recientes, Tomlinson et al. (1990; citados por Hoffman, 1997) suministraron 4 niveles de proteína no degradable, 55, 50, 43 y 31% de proteína cruda (PC) a vaquillas Holstein de remplazo y observaron incremento en la eficiencia alimenticia cuando la proteína no degradable fue incrementándose en la dieta. Aunque no se reporta el TDN utilizados en la dieta, al parecer estos porcentajes de proteína sobrepasante fueron más elevados que los que recomienda el NRC (1988) y arrojaron resultados favorables en la eficiencia alimenticia.

2.4.6 Alimentación en la crianza de vaquillas de reemplazo

El ritmo al que una vaquilla crece puede ser influenciado fuertemente por el plano nutricional empleado principalmente en cuanto al nivel de energía, (Llamas, 1996). Al respecto Gardner et al., (1977) y Sejrsen et al., (1982) reportaron el efecto negativo del consumo alto de energía en el crecimiento acelerado sobre el desarrollo mamario y subsecuentes lactaciones. Posteriormente en estudios realizados por Gardner et al., (1988) al parecer contradicen esos resultados preliminares. Sin embargo, como mencionan Van Amburgh et al., (1991), actualmente el crecimiento de vaquillas puede ser más eficiente definiendo y balanceando los requerimientos de proteína y energía para vaquillas en crecimiento. Con esto se logra un peso adecuado a edad más temprana para el primer servicio e incrementar los beneficios en la producción.

Sejrsen y Purup (1997) mencionan que niveles alimenticios que promueven tasas de crecimiento alrededor de 600 a 700 g/d puede tener un impacto negativo en el crecimiento mamario. Sin embargo los datos sugieren que el efecto negativo de niveles altos de alimentación es limitado a la fase prepuberal y que el período en el cual el crecimiento mamario es sensible a altos niveles de alimentación es alrededor de los 3 meses de edad (Sejrsen, 1978; Foldager and Sejrsen, 1987; Johnsson, 1988; Troccon y Petit, 1989; Waldo et al., 1989; citados por Sejrsen y Purup, 1997).

Por otro lado Stelwagen y Grieve (1992) realizaron un experimento con vaquillas de 6 a 16 meses de edad, las cuales, fueron alimentadas con la misma dieta, consistiendo en heno de alfalfa con 15.6% PC y 43.6% de fibra detergente ácido (ADF) en base materia seca (MS) y maíz quebrado con 9.4% PC y 3.5% ADF, en base MS. La cantidad de alimento varió para obtener la ganancia diaria propuesta la cual fué de 600, 750 y 1000 g para los planos bajo, medio y alto respectivamente. Este trabajo reporta que la producción y composición de la leche no mostró diferencia entre vaquillas alimentadas con bajos y altos planos de nutrición entre 6 y 16 meses de edad.

En un estudio realizado por Foldager et al., (1988), citado por Sejrsen y Purup (1997), el promedio de edad al primer estro disminuyó de 16.6 a 8.4 meses, cuando la tasa de crecimiento se incrementó de 450 a 850 g por día.

2.5 Efecto de la alimentación en el desarrollo de la glándula mamaria

Proporcionando altos planos de nutrición durante el período de crianza no solamente afecta la composición corporal, sino también puede afectar adversamente la subsecuente producción de leche, tal y como fue mostrado por Swanson y Spann (1954), posteriormente confirmado por Gardner et al. (1977), y más recientemente por Johnsson y Obst (1984); (citados por Stelwagen y Grieve, 1992).

Sejrsen et al., (1982) trabajando con vaquillas, encontraron que durante la prepubertad (175 a 320 kg), el crecimiento y desarrollo del tejido secretor mamario y células epiteliales fueron más bajos en las vaquillas alimentadas *ad libitum* ganando 1200 g diarios de peso, que aquellas vaquillas con alimentación restringida y que ganaron 600 g diarios de peso. Esto soporta el concepto sugerido por Swanson, citado por Sejrsen et al.,(1982) que el efecto negativo en la subsecuente producción de leche de las vaquillas criadas con altos planos de nutrición es porque presentan un inadecuado desarrollo del tejido secretor mamario.

Stelwagen y Grieve, (1990) reportaron que aunque los planos de nutrición no afectaron el total de DNA de la glandula mamaria, ésta contenía significativamente más tejido adiposo en los animales alimentados con altos planos de nutrición, dieta para una ganancia de 1000 g/d, y aquellos animales alimentados con bajos planos, 600 g/d, presentaron un incremento de DNA mamario. Sin embargo la evaluación morfométrica del tejido mamario a través de biopsia mamaria no produjo resultados satisfactorios en vaquillas entre 6 y 16 meses de edad.

El mecanismo por el cual altos niveles de alimentación interfieren con mamogénesis no está claro, pero al parecer los cambios endocrinos están íntimamente relacionados con la nutrición (Sejrsen et al., 1983). La somatotropina está considerada como una de las principales hormonas en este proceso. Las concentraciones de somatotropina en el plasma se ven incrementados en animales alimentados con bajos planos de nutrición (Sejrsen et al. 1983). Esto fue confirmado por Stelwagen y

Grieve, (1992) al mostrar que la concentración de somatotropina disminuyó cuando se proporcionaron altos planos de nutrición a vaquillas, de los 9 a los 14 meses de edad.

Sin embargo recientes estudios en Dinamarca (Ingvarsen et al. 1988; Foldager y Sejrsen 1991; citados por Stelwagen y Grieve, 1992) mostraron que el período crítico de efecto de niveles de alimentación en mamogénesis y subsecuente producción de leche, puede ser a una edad mas temprana de lo que anteriormente se asumió. Este trabajo mostró que el período crítico es aproximadamente a los 3 meses de edad y un peso de 90 a 200 kg de peso vivo y que un alto nivel de alimentación después de los 200 kg de peso puede tener un efecto positivo en la subsecuente producción de leche.

Capuco et al. (1988; citados por Murphy et al., 1991) manifiestan también que ganancias diarias altas de peso pueden no tener un efecto adverso en la producción de leche. Por otro lado los resultados de un estudio realizado por Daccarett et al., (1993) proporciona datos que demuestran que alimentando a las vaquillas Holstein para obtener un peso corporal de alrededor de 500 kg para los 23 o 24 meses de edad o antes no hay riesgo de afectar la producción de leche debida a un excesiva condición corporal.

2.1 Hormona del crecimiento

Las propiedades de promotor del crecimiento de la hormona del crecimiento (HC) ó Somatotropina (ST) han sido conocidas por más de 50 años. Posteriormente, después de su aislamiento se conoció también su efecto galactopoiético en rumiantes. Con el desarrollo de la tecnología de recombinación del DNA en los años 1980s se incrementó el interés en el desarrollo de la somatotropina bovina (bST) como un estimulante en la producción de leche en vacas lecheras (Breier y Gluckman, 1991).

La hormona del crecimiento, secretada por la hipófisis *in vivo* o por células hipofisarias mantenidas en cultivo, también denominada *Hormona somatotropa o somatotropina*, es una molécula protéica que contiene 191 o 190 aminoácidos en una sola cadena (Wingfield et al. 1987; Lucy et al. 1993; citado por Jeanne et al. 1994), con masa molecular de 22 kDa. Este polipéptido tiene dos enlaces disulfuro, y no está glucosilado (Goodman et al., 1996).

Los experimentos con la HC se iniciaron desde los años 30, cuando se utilizaron extractos de pituitarias totales de bovino. Estos experimentos se realizaron en vacas lecheras. La aplicación se realizaba tres veces por semana y se obtuvieron incrementos en la producción lechera de 18%. Se observó, una disminución en la ingestión del alimento en un 29% por kg de leche producida (Fuentes, 1992). Esto concuerda con Asimar, (1937); Krouze, (1937). citados por Jeanne et al., (1994) que manifiestan que el efecto galactopoiético de la HC exógena utilizada en vacas lecheras fue

descubierto hace más de 50 años, cuando científicos rusos demostraron que extracto crudo de glándula pituitaria inyectado incrementó la producción de leche (Asimar, 1937; Krouze, 1937; citados por Jeanne et al., 1994).

En otros estudios Bauman et al. (1985; citados por Jeanne, 1994) demostraron un incremento en la producción de leche en vacas tratadas con varias dosis diarias, 13.5, 27 y 40.5 mg por vaca, de hormona del crecimiento recombinante (rbHC). Aunque no se menciona a partir de que nivel aumenta la producción, se reporta un incremento de 23 a 41% y de 16% con 40.5 y 27 mg de rbHC respectivamente.

Por otro lado numerosas investigaciones han realizando pruebas con rbGH, reportando una variación entre 6 y 30% de aumento en la producción de leche (McBride et al., 1988; Burton y McBride, 1989; Chilliard, 1989; Peel et al., 1989; Bauman y Vernon, 1993; Bauman et al., 1994; citados por Jeanne et al., 1994). Al respecto Skarda y Mader (1991) reportan una producción de leche, de 1.27, 1.96 y 2.31 kg/d ó 6.5, 10.0 y 11.8% más que el testigo (19.58 kg/d), con aplicaciones de 320, 640 y 960 mg/vaca/28 días respectivamente.

En una serie de experimentos realizados con vacas cruzadas (Bohemian spotted x Friesian ó Airshire), se reporta un incremento en la producción de leche, la cuál era de 13.44 kg/d, de 2.1 kg ó 15% cuando les fue aplicada bST en dosis de 640 mg/vaca/28 días (Skarda y Mader, 1991).

Al igual que las vacas no tratadas, los requerimientos nutricionales de vacas tratadas con rbGH están en función del mantenimiento del animal, la condición corporal, y la síntesis de leche (Jeanne et al., 1994).

La hormona del crecimiento puede suministrarse con similar resultado por vía intramuscular y subcutánea; no obstante se prefiere la subcutánea, por facilidad de administración. Las concentraciones plasmáticas máximas se alcanzan de 2 a 6 horas después de la inyección, en humanos. La hormona se elimina tras una vida media de 20 a 30 min.

Las concentraciones plasmáticas máximas de factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-1) quedan de manifiesto unas 20 horas después de la inyección (Goodman et al., 1996). Debido a ésta inducción y depuración lentas del IGF-I, los efectos de la hormona del crecimiento duran mucho más que su supervivencia en la circulación. Dicha hormona se desintegra en hígado, riñones y otros tejidos, y poca se excreta en la orina (Mc Martín, 1979., citado por Goodman et al., 1996).

2.6.1 Efectos fisiológicos de la hormona del crecimiento

Se ha manifestado que la coordinación del metabolismo de los tejidos está bajo el control de dos tipos de regulación: la homeostasis y la homeorresis (Bauman y Currie, 1980). La homeostasis involucra la

regulación minuto a minuto de los procesos bioquímicos y fisiológicos del organismo para mantenerlo en equilibrio; como, por ejemplo, la concentración de la glucosa sanguínea o el aporte del oxígeno al cerebro, estos cambios son agudos e instantáneos. La homeorresis, por otro lado, se ha definido como “los cambios coordinados del metabolismo de los tejidos para sustentar un estado fisiológico”, y estos cambios son de tipo crónico, o sea, a largo plazo (Bauman y Currie, 1980).

Aparte de su efecto general causante de crecimiento, la HC posee también numerosos efectos metabólicos específicos como:

1) disminución en la deposición de lípidos, estimulando la hidrólisis de los triglicéridos del tejido adiposo (Goodman et al., 1996; Bernal, 1990), aumento de la movilización de ácidos grasos del tejido adiposo, aumento de ácidos grasos libres en sangre, y una mayor utilización de los mismos para energía (Guyton y Hall, 1997).

2) actúa sobre la síntesis de proteína en todas las células del organismo (Goodman et al., 1996; Guyton y Hall, 1997) incrementando la retención de nitrógeno y fósforo y favoreciendo el transporte de aminoácidos al interior de la célula (Bernal, 1990).

3) estimula también la gluconeogénesis en el hígado aumentando el aporte de glucosa a la circulación y, por lo tanto, a las células (Goodman et al., 1996).

Lo anterior concuerda con Bauman y McCutcheon (1986); Johnsson y Hart (1986); Peel y Bauman (1987) reportados por Jeanne et al., (1994), que las principales actividades de la HC son incrementar la lipólisis, diabetogénesis, crecimiento óseo, gluconeogénesis, mammogénesis y galactopoiesis.

2.6.1.1 Depósito de proteína por parte de la hormona del crecimiento

Aunque se desconoce el mecanismo esencial por el cual la HC hace aumentar el depósito de proteína, se conocen algunos efectos diferenciales que podrían dar lugar a un aumento de las proteínas (Guyton y Hall, 1997):

A) Aumento del transporte de aminoácidos a través de membranas celulares

La hormona del crecimiento favorece el transporte de la mayoría de los aminoácidos a través de las membranas celulares y esto hace aumentar la concentración de aminoácidos en las células participando parcialmente en una mayor síntesis de proteínas (Guyton y Hall, 1997).

B) Aumento de la traducción de ARN para producir la síntesis de proteínas en los ribosomas

La hormona del crecimiento provoca una mayor traducción de ARN, haciendo que las proteínas sean sintetizadas en mayores cantidades por los ribosomas en el citoplasma (Guyton y Hall, 1997).

C) Aumento de la transcripción nuclear de ADN para formar ARN

La hormona de crecimiento también estimula por 24 a 48 hrs la transcripción de ADN en el núcleo, dando lugar a mayores cantidades de ARN. Esto promueve a su vez una mayor síntesis de proteína y favorece el crecimiento si existe suficiente energía, aminoácidos, vitaminas y otros elementos necesarios para que el crecimiento se realice. A largo plazo quizá ésta sea la función más importante de la HC (Guyton y Hall, 1997).

D) Disminución del catabolismo de proteínas y aminoácidos

Existe una disminución de la degradación de las proteínas celulares debido a que la HC también moviliza grandes cantidades de ácidos grasos libres del tejido adiposo, que son utilizados para proporcionar energía a las células corporales, actuando como potentes “ahorradores de proteínas” (Guyton y Hall, 1997).

2.6.1.2 Efecto de la hormona de crecimiento sobre a utilización de grasa para energía

La hormona del crecimiento favorece la conversión de ácidos grasos en acetilcoenzima A (acetil-CoA) y la utilización de éste para energía. Por tanto, bajo la influencia de la hormona de crecimiento, las grasas se utilizan como energía, prefiriéndolas a los hidratos de carbono y las proteínas (Goodman et al., 1996; Guyton y Hall, 1997).

Es importante mencionar que la movilización de las grasas por parte de la hormona del crecimiento tarda horas en producirse, mientras que el aumento de la síntesis celular de proteínas por influencia de la HC puede comenzar en unos minutos (Guyton y Hall, 1997).

2.6.1.3 Efecto cetogénico de la hormona de crecimiento

Cuando se utilizan cantidades excesivas de hormona del crecimiento, por ejemplo de 41 mg de bST/vaca/día (Soderholm et al., 1988), la movilización de grasas del tejido adiposo se hace tan intensa que se forman cantidades grandes de ácido acetoacético por el hígado, y su liberación a los líquidos corporales, ocasiona **cetosis** y en ocasiones hígado graso (Guyton y Hall, 1997).

2.6.2 Acción de la hormona del crecimiento

2.6.2.1 Hormona liberadora y hormona inhibidora de la hormona del crecimiento

La hormona liberadora de la hormona del crecimiento y la hormona inhibidora (*Somatostatina*) son polipéptidos, compuestos por 44 y 14 aminoácidos respectivamente. Casi todo el control de la hormona del crecimiento probablemente esté mediado por la hormona liberadora, que activa el sistema adenilciclasa situado en el interior de la célula, y aumenta el nivel de monofosfato de adenosina cíclica (AMPc). Este posee a su vez un efecto a corto plazo y un efecto prolongado (Goodman et al., 1996).

La somatostatina es una hormona inhibidora de la hormona del crecimiento entre otras muchas funciones. Es secretada por las células delta de los islotes de Langerhans del páncreas. También puede inhibir la secreción de insulina y de glucagón por las células beta y alfa de los islotes, del mismo modo que inhibe la secreción de la hormona de crecimiento de la hipófisis anterior. También se encuentra somatostatina en el sistema nervioso central y en el aparato digestivo (Goodman et al., 1996).

2.6.2.2 Acción de las somatomedinas

La hormona del crecimiento ejerce gran parte de su efecto a través de sustancias intermedias denominadas "somatomedinas" que son factores de crecimiento tipo insulínico. Estos factores son producidos en mayor grado en el hígado y en menor grado en mamas y gonadas (Goodman et al., 1996; Hadley, 1996).

Se han aislado al menos cuatro somatomedinas, pero la más importante, con gran diferencia, es la *somatomedina C*, también denominada Factor de Crecimiento de Tipo Insulínico I (IGF-I) (Hadley, 1996).

La hormona del crecimiento se une débilmente a las proteínas plasmáticas. Por lo tanto se libera rápidamente de la sangre a los tejidos con una vida media en sangre de 20 minutos. Por el contrario, la somatomedina C se une estrechamente a una proteína portadora en la sangre que al igual que la somatomedina C, se produce en respuesta a la HC. En consecuencia la somatomedina C se libera lentamente de la sangre a los tejidos, con una vida media en sangre de 20 horas (Guyton y Hall, 1997).

2.6.3 Somatotropina bovina

Debido a que cualquier producto administrado al ganado podría ser nocivo para el humano, la preocupación de que el producto sea eliminado por la leche es patente. La somatotropina es una proteína que en caso de ser consumida es destruida y digerida en el tubo digestivo como cualquier otra proteína presente en los alimentos. En condiciones normales se encuentra la somatotropina en la leche en una concentración menor a 2 ng/ml que puede llegar ocasionalmente hasta 10 ng/ml; no se han encontrado aumentos en esa concentración en la leche proveniente de animales tratados con la somatotropina recombinante (Animal Health Institute, 1989; citado por Bernal, 1990) por lo que el riesgo de repercusiones en el consumidor es improbable.

2.6.3.1 Producción industrial de somatotropina recombinante

En la actualidad la Somatotropina bovina recombinante (bST) se obtiene del cultivo industrial de *Escherichia coli* modificando su metabolismo por técnicas de recombinación del DNA, permitiendo producirla en forma pura, sin riesgos inmunitarios ni de transmisión de virus patógenos, como sucedería al utilizar extractos naturales (Fuentes, 1992).

2.6.3.2 Acción de la somatotropina en la utilización de nutrientes

El efecto de la somatotropina exógena está relacionado principalmente con el uso de nutrientes postabsorbidos (Boyd y Bauman, 1989; Crooker, 1990). Estudios realizados en ganado en crecimiento (Car et al., 1967; Eiseman et al., 1986; citados por Boyd y Bauman, 1989) y en vacas lactando (Peel et al., 1981; Tyrrell et al., 1982; citados por Boyd y Bauman, 1989) no tuvieron efecto sobre la digestibilidad aparente de energía, o nitrógeno (Moseley et al., 1982; citados por Crooker et al. 1990).

La administración de bST mejora la eficiencia productiva y aumenta la calidad de la canal. El efecto general causante de crecimiento se puede observar en trabajos realizados por Crooker et al. (1990) y Breier et al. (1991), donde indican que las tasas de crecimiento de ganado, borregos y cerdos son incrementadas y la composición de la canal es inducida hacia un incremento de carne magra, pero las respuestas son variables y en algunos casos inconsistentes (Vestergaard et al., 1993). La inconsistencia puede ser explicada por diferencias en la duración de los períodos de tratamientos, dosis, vía de administración, en los regimenes nutricionales (Peters, 1986; Beerman et al., 1991; Boyd et al., 1991; Houseknecht et al., 1992; citados por Vestergaard et al., 1993), sexo, estado fisiológico y el desarrollo de los animales.

En un estudio realizado por Crooker et al.(1990), se obtuvieron resultados que muestran un 23% de incremento en la retención de N en vaquillas recibiendo 200 μ g bST/kg PV comparado con las vaquillas que recibieron placebo, en las que el N urinario disminuyó en un 20% y no se encontró diferencia en la excreción de N fecal.

Estudios con rumiantes en crecimiento han demostrado que tratamientos con bST acompañados de una alimentación adecuada, incrementan la ganancia diaria aumentando la proteína y disminuyendo la deposición de lípidos (Boyd y Bauman, 1989).

Parte del efecto de bST sobre el metabolismo de tejidos, particularmente músculo, puede ser mediado por IGF-I (Boyd y Bauman, 1989). La concentración circulante de IGF-I es afectada por bST y el estado nutricional del ganado (Cooker et al.,1990). Se ha observado una relación en la concentración de IGF-I en el suero y la retención de N. Estos datos sugieren consistentemente un rol de la IGF-I en la retención de N, en tratamientos con bST en ganado en crecimiento (Crooker et al., 1990).

2.6.4. Efecto de la somatotropina bovina en las novillonas lecheras

La somatotropina puede incrementar el crecimiento y desarrollo mamario cuando es administrada a vaquillas lecheras (Grings et al., 1990). Una ganancia diaria promedio mayor en un 8% fue reportada

cuando se trabajó con vaquillas lecheras de 180 kg, recibiendo bST por 15.6 semanas comparada con aquellos animales que no recibieron tratamiento (Sejrsen et al., 1986; citados por Grings et al., 1990). En adición, el volumen del tejido mamario parenquimal fue incrementado 46% en aquellas vaquillas tratadas con bST (Fuentes, 1992; Grings et al., 1990).

Por otro lado en un estudio realizado por Buskirk et al. (1996) reportan que la composición de la glandula mamaria no fue afectada por la energía moderada ó alta de la dieta, ni por el tratamiento con bST (250 mg/14 d), cuando éste fue aplicado a vaquillas Angus-Simmental de 113 días de edad en promedio.

Un tratamiento precoz entre los tres y medio y ocho meses de edad, puede aumentar el volumen mamario y la proporción de tejido secretor, sin disminuir la producción ulterior de leche. Este período de crecimiento puede, por sobrealimentación, repercutir en infertilidad y baja producción de leche, por la infiltración grasa en la ubre y el ovario. El tratamiento con bST puede, contrarrestar los efectos adversos de la sobrealimentación, y acelerar el crecimiento y la precocidad, en beneficio de la economía, sin perjuicio de la fertilidad y la producción lechera (Fuentes, 1992).

La hormona del crecimiento exógena estimula el crecimiento mamario pubertal (Sejrsen et al., 1986; Sandles y Peel, 1987) y la circulación de niveles de HC es positivamente correlacionada con la cantidad de parénquima mamario (Sejrsen et al., 1983). El mecanismo de acción de la hormona de crecimiento sobre la glándula mamaria, no esta bien entendido (Purup et al., 1995).

Sejrsen et al. (1983), observaron que el crecimiento del tejido parenquimal mamario, inducido por restricciones en el crecimiento de vaquillas prepúberes, fue asociado con elevadas concentraciones séricas de somatotropina. Sejrsen et al. (1986), también demostraron que la administración de bST mejora la mamogénesis en vaquillas. Si bien los tratamientos con bST estimulan el crecimiento parenquimal, Sandles y Peel (1987) establecen que no hay incremento en las subsecuentes lactaciones.

En un estudio realizado con vaquillas lecheras de 179 ± 2 kg de peso corporal, a las cuales se les aplicó 15-20 mg de hormona de crecimiento bovina, durante 15.6 semanas, se les analizó la calidad de la canal y el aumento de peso diario, encontrándose una reducción en la grasa de la canal de un 12% y un incremento del 8% en la ganancia diaria en relación al control, siendo 948 g vs 877 g/d, respectivamente (Vestergaard et al., 1993).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área experimental

Este estudio se realizó en el campo experimental zootecnia y en el campo experimental "El Canadá" de la Facultad de Agronomía de la U A N L, ubicados en Marín N. L., y en Gral. Escobedo, N. L., respectivamente.

El campo experimental Marín, se encuentra localizado en el área central del estado de Nuevo León, en el municipio de Marín, en el km-17- de la carretera Zuazua-Marín, encontrándose entre las coordenadas geográficas 25° 53' latitud Norte y 100° 02' longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich y a una altura de 400 msnm (INEGI, 1996).

El clima es semiárido y la temperatura media anual es de 21° C con temperaturas extremas de -3°C a 41.5°C en invierno y verano respectivamente. La precipitación media anual es de 573 mm y la media de humedad relativa es de 72% (E.O.M.L., 1997).

El campo experimental "El Canadá", se encuentra situado en el municipio de Gral. Escobedo, N. L., en el km-3- de la carretera Monterrey-Colombia en latitud Norte de 25° 49', longitud Oeste de 100° 19', con una altitud de 500 msnm (INEGI, 1996).

Información proporcionada por la CNA (1998) reportó una temperatura media anual durante 1997 de 16.8°C, con 15.4°C y 27.9°C de promedios mínimos y máximos para invierno y verano respectivamente, con temperaturas extremas de -1°C en invierno y 40.5°C en verano. La precipitación media anual para el año 1997 fue de 633 mm.

3.2 Metodología

El trabajo se inició el 24 de Diciembre de 1996 y finalizó el 28 de mayo de 1997. Se utilizaron 30 vaquillas Holstein de 9 meses de edad y con un peso promedio de 215 ± 27 kg, sometidas a tratamiento 124 días, promedio. Fueron jerarquizadas por peso, y cada unidad experimental al alcanzar el peso promedio inicial, fue incorporada a cada uno de los 3 tratamientos, bajo un diseño de Bloques al azar con covariable. Se compararon 2 planos de nutrición, testigo y alto, el plano alto se evaluó con y sin somatotropina bovina, y se consideró como covariable el peso inicial.

Los tratamientos (n=10) se establecieron utilizando dos dietas, en el tratamiento uno (**NRC**), testigo, se utilizó el 100% de los requerimientos recomendados por el NRC. Esta dieta fue formulada para que el animal ganara 800 g/d según el NRC (1988), con un 14.67% de proteína cruda (PC) y 1.08 Mcal/kg de energía neta de ganancia (ENg). Para el tratamiento dos, plano alto, (**ANRC**), la dieta, se formuló con una mayor concentración de nutrientes, 17.14% PC y 1.22 Mcal/kg de ENg, conteniendo esta dieta un 17% más de PC y 13% más de NEg de lo que

recomienda el NRC (1988) para vaquillas de talla grande. En el tratamiento tres, se utilizó la misma dieta del tratamiento dos más aplicación de somatotropina bovina (bST), cada 14 días. El contenido nutricional de las dietas se puede observar en el cuadro 1.

Los animales se alojaron en corrales individuales sin sombra, con un área de 50 m² (10 X 5 m), proporcionándoles la alimentación a razón de, 95 g ms/kg^{0.75}/d, en dos porciones al día. La cantidad de alimento suministrado fue ajustado de acuerdo al aumento de peso de cada animal, cada 8 días, estimando el peso de cada vaquilla la semana que no se pesaba, para realizar el ajuste en la cantidad diaria de alimento a suministrar.

Los rechazos de alimento fueron recogidos y pesados cada 8 días. También se colectaron muestras de alimento para su análisis cada vez que se elaboraban las dietas, aproximadamente cada 15 días. Los animales fueron pesados cada 14 días, realizando 9 pesadas durante el experimento.

Cuadro 1. INGREDIENTES Y CONTENIDO NUTRICIONAL DE LAS DIETAS UTILIZADAS DURANTE LA PRUEBA CON VAQUILLAS HOLSTEIN

Ingredientes	100% NRC	117% ANRC
Sorgo de grano	586.00	616.00
Heno de sorgo	180.00	170.00
Heno de alfalfa	72.00	50.00
glúten de maíz	35.50	42.00
Harinolina 41%	10.00	47.00
Harina de sangre	28.00	33.00
Sebo de res		25.00
Melaza	77.50	
Carbonato de calcio	3.00	6.50
Fosfato 21%		1.00
Premezcla*	2.50	2.50
Urea	1.00	3.00
sal	4.00	4.00
Análisis calculado		
Materia seca %	87.40	88.81
EM Mcal/kg	2.77	2.90
ENm Mcal/kg	1.69	1.82
ENg Mcal/kg	1.08	1.22
Proteína cruda %	14.67	17.14
Proteína de sobrepaso %	5.75	7.87
NDF %	14.60	13.12
Ca %	0.49	0.54
P %	0.32	0.38

* Vit A (7,500,000 UI), Vit D3 (1,250,000 UI), Vit E (3,000 UI), Tiamina B1 (1,000 mg), Niacina (1,750 mg), Antioxidante (25 g), Mg (20 g), Mn (25 g), Zn (25 g), Fe (25 g), Cu (5 g), I (.50 g), Se (.10 g), Co (.10 g) Exipiente c.b.p.2,000.

La aplicación de la somatotropina se realizó cada 14 días, vía subcutánea en la fosa isquio-rectal (figura 1). La presentación comercial del producto, Lactotropina[®], contiene 500 mg de Somatotropina Bovina Zinc por dosis, empacada en jeringas con capacidad de 1.4 ml cada una.

A cada vaquilla del tratamiento **AbST** se le aplicó media dosis utilizando para ello un dosificador que permite aplicar, 250 mg de bST, siendo la dosis de $64.2 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. A los animales que no se les aplicó bST se les inyectó solución salina subcutánea, también en la fosa isquio-rectal, utilizando igual volúmen.

Para la determinación del aumento diario de peso (ADP) se tomó el peso final (PF) de cada uno de los animales, se le restó el peso inicial (PI), y se dividió entre el número de días en los cuales el animal estuvo en tratamiento, expresado en g/día.

$$\text{ADP} = \text{PF} - \text{PI} / \text{días en tratamiento}$$

Al consumo diario de alimento (CDA), se le restaron los rechazos. El consumo total durante la prueba se dividió entre los días que duró el experimento para cada animal. El CDA se expresa en kg/d.

$$\text{CDA} = \text{Consumo Total} / \text{días en tratamiento}$$

[®]Distribuida por Monsanto Comercial y proporcionada por Laboratorios ELANCO

La conversión alimenticia, CDA/ADP, se obtuvo dividiendo el consumo de alimento total entre la ganancia de peso total obteniendo la cantidad de alimento, utilizado para producir un kg de carne.

$$\text{CDA/ADP} = \text{consumo de alimento} / \text{aumento de peso}$$

Se calculó la eficiencia energética en base al peso medio vivo de cada animal, al cual se le determinaron sus requerimientos de ENm (NRC, 1988). Se determinó la cantidad de energía utilizada para ganancia, multiplicando los kg de alimento restantes por las Mcal/kg de la ENg del alimento. El aumento diario de peso promedio de cada tratamiento se divide entre la ENg y se determina la cantidad de gramos de aumento de peso por Mcal consumida

La eficiencia proteica se determinó dividiendo el aumento diario de peso entre el consumo diario de proteína, resultando gramos de aumento de peso por gramo de proteína consumida.

Se observó el comportamiento reproductivo de las vaquillas después de terminado el periodo experimental, se calculó la edad al primer servicio, el número de servicios y la edad a la concepción.

3.3 Diseño estadístico

Fueron eliminadas una vaquilla del tratamiento **NRC** y dos vaquillas del tratamiento **AbST**, finalizando el experimento con 27 animales en total.

Los tratamientos fueron de ADP, CDA, CDA/ADP fueron analizados bajo un diseño de bloques al azar incluyendo peso inicial como covariable y una comparación de medias por DMS (Steel y Torry, 1995). Se realizó el análisis de los datos utilizando el programa Harvey (1990) donde se incluyó en el modelo para cada variable el efecto de tratamiento, bloque y la observación de la covariable para cada tratamiento. El bloque representa un grupo homogéneo de animales, incorporados conforme alcanzaron el peso requerido (200kg) independientemente de la localidad (ca...



en donde:

Y_{ij} = es la observación del tratamiento i en el bloque j .

μ = es el efecto verdadero de la media general

τ_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = es el efecto del j -ésimo bloque

Figura 1. Aplicación de la bST vía subcutánea en la fosa isquio-rectal.

X_{ij} = es la observación de la covariable en el tratamiento i bloque j

ϵ_{ij} = es el error experimental

3.3 Diseño estadístico

Los resultados obtenidos de ADP, CDA, CDA/ADP fueron analizados bajo un diseño de bloques al azar incluyendo peso inicial como covariable y una comparación de medias por DMS (Steel y Torry, 1995). Se realizó el análisis de los datos utilizando el programa Harvey (1990) donde se incluyó en el modelo para cada variable el efecto de tratamiento, bloque y la observación de la covariable para cada tratamiento. El bloque representa un grupo homogéneo de animales, incorporados conforme alcanzaban el peso requerido (200kg) independientemente de la localidad (campo experimental). El modelo estadístico utilizado es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \delta X_{ij} + \epsilon_{ij}$$

en donde:

Y_{ij} = es la observación del tratamiento i en el bloque j .

μ = es el efecto verdadero de la media general

τ_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = es el efecto del j -ésimo bloque

δ = es el coeficiente de regresión de la covariable

X_{ij} = es la observación de la covariable en el tratamiento i bloque j

ϵ_{ij} = es el error experimental

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Aumento diario de peso

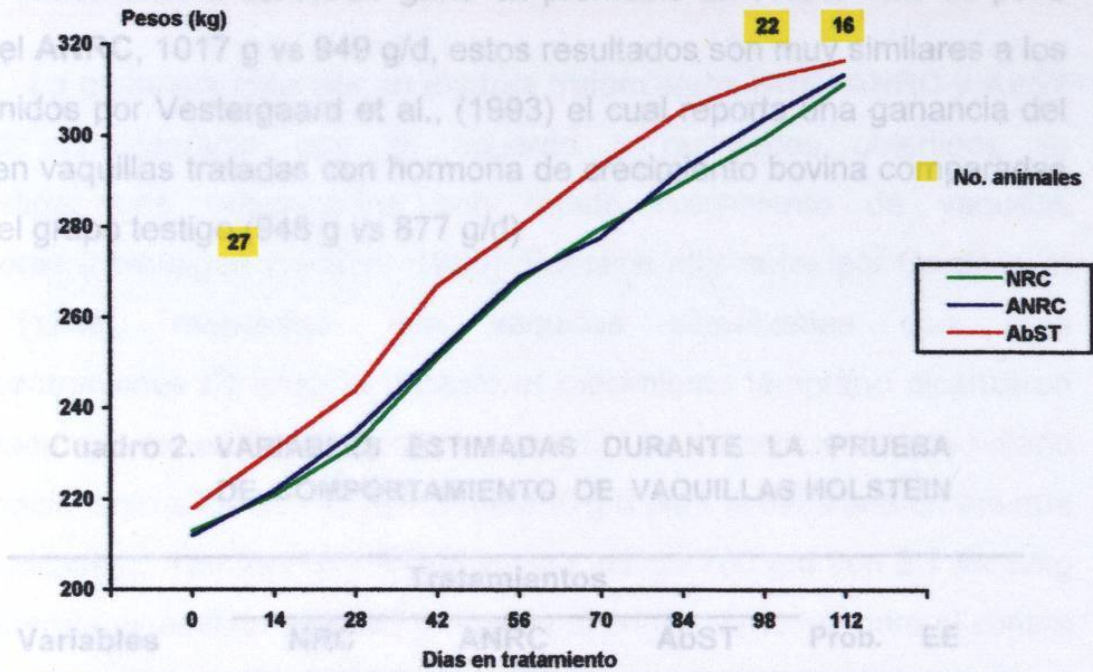
En el rango de pesos de 215 - 335 kg, el promedio de aumento diario de peso fué de 914, 949 y 1017 g para los tratamientos **NRC**, **ANRC** y **AbST**, respectivamente (cuadro 2). Las vaquillas del **NRC** mostraron una ganancia menor que las de los tratamiento **ANRC** y **AbST**, encontrándose una ganancia superior en el **AbST** ($p=.12$).

Los días en tratamiento fueron de 129, 126 y 118 en promedio, para los tratamientos **NRC**, **ANRC** y **AbST** respectivamente. Las vaquillas fueron retiradas de la prueba cuando presentaban un peso mínimo de 330 kg.

En la figura 2 se representa el comportamiento en el aumento de peso de cada tratamiento durante el período de prueba. Se observa el tratamiento **AbST** numéricamente superior. La gráfica muestra una respuesta positiva a la bST más notable a partir de los 28 días de la aplicación, también se detecta una disminución del efecto de la bST hacia el final del experimento. No existe información sobre el número óptimo de aplicaciones y tal vez esto debe ser considerado en el futuro.

Sin embargo, el ADP real del ANRC con respecto del NRC fue 3.87% superior considerando el ADP que realmente presentaron cada uno de los tratamientos, 949 g vs 914 g/animal/d.

Cada animal del AbST ganó en promedio un 7.16% más de peso que el ANRC, 1017 g vs 949 g/d, estos resultados son muy similares a los obtenidos por Vestergaard et al., (1993) el cual reportó una ganancia del 8% en vaquillas tratadas con hormona de crecimiento bovina comparado con el grupo testigo, 945 g vs 877 g/d.



Cuadro 2. VARIABLES ESTIMADAS DURANTE LA PRUEBA DE IMPORTAMIENTO DE VAQUILLAS HOLSTEIN

Variables	NRC	ANRC	AbST	Prob.	EE
PV INICIAL kg	213.30	215.00	218.30		
PVF kg	331.00	335.00	338.00		
ADP g/d	914.00	949.00	1017.00	.12	91.50
CDA kg MS/d	5.99	5.99	5.99	.54	0.21
CDA/ADP	6.54 a	6.55 a	5.78 b	.008	.49

Figura 2. Crecimiento de vaquillas Holstein durante el experimento

a, b Diferentes letras en la misma hilera muestran diferencia significativa (P < .01).

El tratamiento ANRC fué establecido para un aumento de peso aproximado del 20% más por animal por día. El aumento de peso promedio teórico por animal del ANRC fué un 18.7% superior al NRC (949 vs 800 g/dia).

del NRC (1988). Aún y cuando el consumo calculado de ENg para éste tratamiento fué mayor a los requerimientos

Sin embargo; el ADP real del **ANRC** con respecto del **NRC** fue 3.87% superior considerando el ADP que realmente presentaron cada uno de los tratamientos, 949 g vs 914 g/animal/d.

Cada animal del **AbST** ganó en promedio un 7.16% más de peso que el **ANRC**, 1017 g vs 949 g/d, estos resultados son muy similares a los obtenidos por Vestergaard et al., (1993) el cual reporta una ganancia del 8% en vaquillas tratadas con hormona de crecimiento bovina comparadas con el grupo testigo (948 g vs 877 g/d)

Cuadro 2. VARIABLES ESTIMADAS DURANTE LA PRUEBA DE COMPORTAMIENTO DE VAQUILLAS HOLSTEIN

Variables	Tratamientos			Prob.	EE
	NRC	ANRC	AbST		
PV INICIAL kg	213.30	215.00	218.30		
PVF kg	331.00	335.00	338.00		
ADP g/d	914.00	949.00	1017.00	.12	91.50
CDA kg MS/d	5.96	5.99	5.83	.34	.21
CDA/ADP	6.64 a	6.55 a	5.78 b	.008	.49

a,b Diferentes letras en la misma hilera muestran diferencia significativa ($P < .01$).

El aumento diario de peso de las vaquillas del tratamiento **NRC** fue superior a los 800 g por día, ganancia para lo cuál fué formulada la dieta en base a los requerimientos del NRC (1988). Aún y cuando el consumo calculado de ENg para éste tratamiento fué mayor a los requerimientos

que indica el NRC (1988) (cuadro 3), y que con ese consumo de ENg deberían de haber aumentado 840 g/día/animal, los animales aumentaron 914 g/día. El consumo de proteína cruda fué similar a los requerimientos estipulados por el NRC (1989) para una ganancia de 800g/d (cuadro 4).

La ganancia obtenida en los tres tratamientos **NRC, ANRC y AbST** puede considerarse alta de acuerdo a resultados obtenidos en investigaciones relacionadas con rápido crecimiento de vaquillas lecheras (Stelwagen y Grieve, 1990). Estudios realizados por Gardner, et al. (1988), mencionan que vaquillas alimentadas con altas concentraciones de energía durante el crecimiento temprano alcanzaron la madurez sexual (340 kg) más temprano. Los aumentos de peso diario del nacimiento a los 340 kg fueron de 890 g/d para la dieta alta en energía (3.0 Mcal/kg), mientras que la del testigo fué de 780 g/d con 2.7 Mcal/kg de energía digestible. La edad promedio al primer parto fué para el control de 24.6 meses y de 22.2 meses para el crecimiento acelerado

Daccarett et al.,(1993) menciona una prueba realizada con vaquillas Holstein, de 6 a 24 meses de edad, alimentadas con 115% de las recomendaciones del NRC, tuvieron mayores incrementos en peso vivo (PV), mayor longitud y perímetro torácico sin ceba excesiva y presentaron 7 semanas más temprano la pubertad y la concepción que las de la dieta 100%.

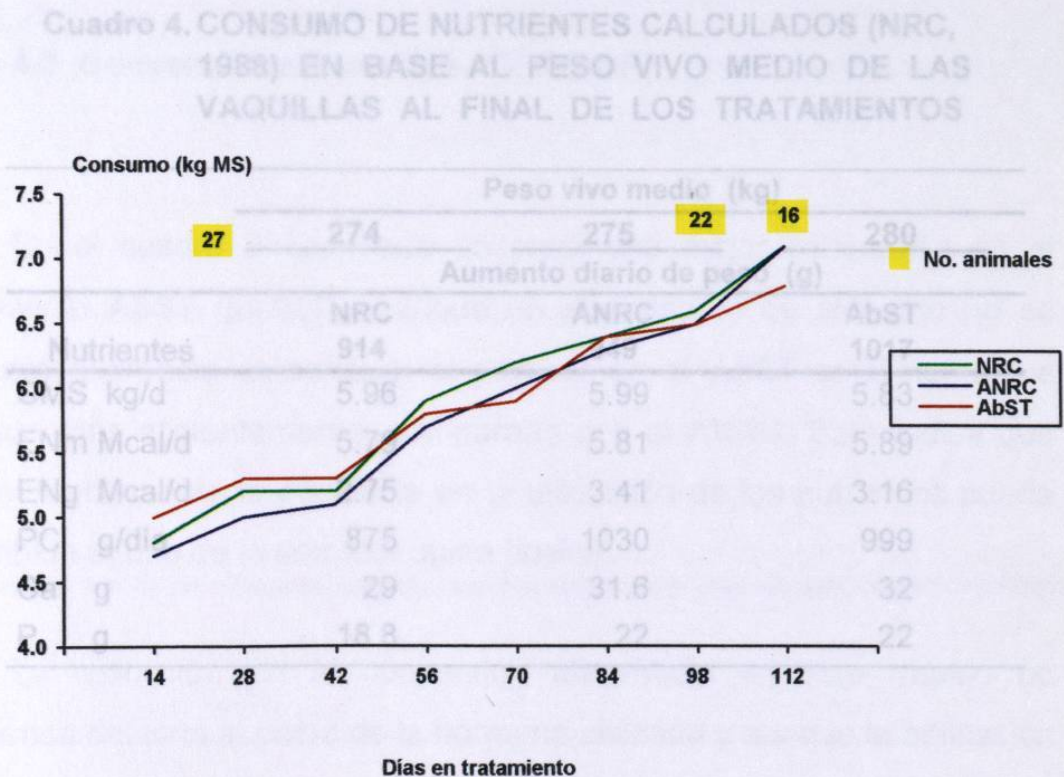
Cuadro 3. REQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES (NRC, 1988) PARA VAQUILLAS HOLSTEIN DE DIFERENTE PESO CORPORAL Y DIFERENTE AUMENTO DE PESO.

Nutrientes	Peso vivo medio (kg)			
	274	275	280	
	Aumento diario de peso (g)			
	800	840	950	1000
MS kg	6.50	6.65	7.09	7.40
ENm Mcal	5.79	5.79	5.81	5.89
ENg Mcal	2.64	2.78	3.18	3.40
PC g/día	869	897	974	1011
Ca g	24	24.5	25	26
P g	18	18	19	19

4.2 Consumo de alimento

Se observó un consumo de materia seca (MS) cuantitativamente menor en el tratamiento **AbST** (cuadro 4), pero sin resultar una diferencia estadística entre los tres tratamientos. El consumo de MS fué de 5.96, 5.99 y 5.83 kg para los tratamientos **NRC**, **ANRC** y **AbST** respectivamente. No se esperaba diferencia en el consumo ya que éste fué proporcionado en forma programada (95 g de MS/PV⁷⁵/d). Estos resultados concuerdan con un estudio realizado por Crooker et al. (1990) donde utilizaron diferentes dosis de bST (0, 6.7, 33, 67, 100 Y 200 µg/kg PV), con suministro de alimento en base al peso del animal, y no encontró diferencia en el consumo de MS entre los tratamientos, no así en la retención de nitrógeno (N) el cuál presentó un incremento del 23%, así como una disminución de N urinario.

En la figura 3 se observa el consumo de alimento durante el período de prueba en los tres tratamientos, en el tratamiento **AbST**, los animales tendieron a consumir menos alimento y se hace más notable a partir de los 50 días de prueba. Considerando que los aumentos de peso fueron mayores en los animales tratados con bST se puede deducir que el alimento fué utilizado más eficientemente.



En éste estudio los animales de mayor aumento de peso, AbST, ganaron 22% más que lo recomendado por el NRC (1988), comparado con el NRC. Además no se provee un efecto negativo sobre la producción de leche durante la primera lactancia. Considerando recientes estudios en

Figura 3. Consumo de alimento (kg/MS) de vaquillas Holstein en crecimiento durante el experimento

El consumo de nutrientes del **ANRC** (cuadro 4), en base al análisis calculado, fué mayor a los requerimientos establecidos por el **NRC** (1988) para una ganancia de 950 g/día/animal (cuadro 3), tanto para ENg como para PC, mostrando aquí una menor eficiencia en la utilización de nutrientes.

Cuadro 4. CONSUMO DE NUTRIENTES CALCULADOS (NRC, 1988) EN BASE AL PESO VIVO MEDIO DE LAS VAQUILLAS AL FINAL DE LOS TRATAMIENTOS

Nutrientes	Peso vivo medio (kg)		
	274	275	280
	Aumento diario de peso (g)		
	NRC 914	ANRC 949	AbST 1017
CMS kg/d	5.96	5.99	5.83
ENm Mcal/d	5.79	5.81	5.89
ENg Mcal/d	2.75	3.41	3.16
PC g/día	875	1030	999
Ca g	29	31.6	32
P g	18.8	22	22

En éste estudio los animales de mayor aumento de peso, **AbST**, ganaron un 27% más que lo recomendado por el **NRC** (1988), comparado con el **NRC**. Además no se prevee un efecto negativo sobre la producción de leche durante la primera lactancia. Considerando recientes estudios en

Dinamarca (Ingvartsen et al., 1988; Foldager y Sejrsen 1991 citados por Stelwagen y Grieve, 1992) donde señalan que el período crítico del efecto de los niveles de alimentación sobre la mamogénesis y subsecuente producción de leche, es aproximadamente a los 3 meses de edad, ó entre los 90 y 200 kg. de peso vivo., pesos y edades que habían sido superados por los animales de ésta prueba.

4.3 Conversión alimenticia (CDA/ADP)

En el cuadro 2 se puede observar una mejor conversión en el tratamiento **AbST** ($p=.008$). Aunque en el consumo de alimento no se encontró diferencia estadística, al parecer en el **AbST** el alimento fue utilizado más eficientemente, comparado con el **ANRC**. Esto indica que muy probablemente la eficiencia en la utilización de los nutrientes pueda ser debida al uso de la somatotropina bovina.

La reducción en la conversión alimenticia en éste trabajo no compensa del todo el costo de la hormona utilizada y aunque la aplicación de bST a vaquillas en crecimiento no afecta la edad o el peso a la pubertad (Hall et al., 1994) se preveen beneficios en la utilización de niveles altos de energía más bST como es, la reducción en la edad al primer servicio tal y como lo reportan Hall et al. (1994) en un trabajo con vaquillas Angus donde utilizaron un nivel alto de energía y 85 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso de bST y encontraron que las vaquillas presentaron la pubertad 53 días antes que aquellas con una dieta moderada en energía así como un

incremento en el crecimiento de músculo y hueso y una disminución en el depósito de grasa.

4.4 Eficiencia energética y proteica

En el cuadro 5 se puede observar que el **AbST** muestra una mayor eficiencia energética, 14.78%, comparandolo con el **ANRC**, 337.5 g vs 279.9 gramos de ADP por Mcal consumida, ($P < .01$). El alimento fué más eficientemente utilizado en animales tratados con bST, ya que el consumo de energía por gramo de ganancia fué menor. Similares resultados reporta Schwarz (1993) donde el consumo de energía por kg de ganancia se mejoró con una elevada tasa de crecimiento y, al parecer las características de la canal por el depósito de más proteína y la disminución de grasa.

Cuadro 5. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROTEICA DE VAQUILLAS HOLSTEIN EN CRECIMIENTO

Tratamientos	EFE ^a (g /Mcal)	EFP ^b (g /g PC)
NRC	356.3	1.080
ANRC	279.9	0.920
AbST	337.5	1.050
Prob.	.0006	.005
EE	.032	.093

^a Eficiencia energética = g ADP/Mcal de ENg consumida

^b Eficiencia proteica = g ADP/ g de proteína consumida

En la utilización eficiente de la proteína, se encontró diferencia estadística, entre los tratamientos ($p < .01$). El **AbST** fue 10% más eficiente en la utilización de la proteína comparado con el **ANRC**, 1.05 g vs .920 g de ADP por g de proteína consumida (cuadro 5).

La administración diaria de bST con rangos de dosis de 25 a 600 $\mu\text{g.kg PV}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ en vaquillas jóvenes que pesaron entre 70 y 109 kg incrementó el ADP de 7.1 a 10.8%, y mejoró la eficiencia alimenticia de 2 a 8% comparado con los animales control (Schwarz, 1993).

4.5 Aspecto económico

El costo del alimento fué de \$1.07 y \$ 1.23 para la dieta 1 y 2 respectivamente, y el costo de la bST fué de \$ 50.00 la dosis de 500 mg. En la actualidad el uso de bST en vaquillas en crecimiento y para éste estudio en particular el costo de producción más elevado fué para el tratamiento **AbST** (Cuadro 6).

Cuadro 6. COSTOS DE ALIMENTACIÓN POR KG DE AUMENTO DE PESO UTILIZANDO VAQUILLAS HOLSTEIN EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS

Descripción	NRC	ANRC	AbST
CDA/ADP	6.60	6.60	5.80
87% de MS	7.60	7.60	6.70
Costo alimento/kg	\$ 1.07	\$ 1.23	\$ 1.23
Costo bST/día*			\$ 1.80
Costo de alimentación + bST/kg ADP	\$ 8.12	\$ 9.33	\$ 10.00

* 250 mg/14 d=17.86 mg/d, costo de bST=\$0.1/mg

Si bien, el beneficio económico no se obtuvo a corto plazo, es decir durante la aplicación de bST a las vaquillas en crecimiento, se puede esperar a largo plazo, en la etapa de producción de leche.

El incremento en la producción de leche puede ser debido a los beneficios que aporta el uso de bST, ó también, a un crecimiento acelerado como lo reportan Park et al., (1998) y Choi et al., (1997). Estos investigadores trabajaron con vaquillas Holstein de 6 meses de edad y vaquillas Angus-Gelbvieh de 8 meses de edad, utilizando un modelo de crecimiento escalonado (stair-step).

Bajo este modelo de crecimiento, encontraron menos consumo de alimento, más ganancia de peso, disminución de lípidos en la glándula mamaria, incremento en el contenido de RNA y proteína en el tejido mamario. No se encontró diferencia entre los tratamientos en relación a la

presentación del primer estro, el cuál fué a los 13 meses y la concepción a los 15.6 meses para el testigo y 15.5 meses para el tratamiento stair-step.

En relación a la producción de leche, Choi et al. (1997) reportaron un rendimiento de 6765 vs 7344 kg para el testigo y el stair-step respectivamente. Park et al. (1998) reportaron un incremento del 6% en la producción de leche, 5085.6 para el testigo y 5405.7 para el stair-step.

Por otra parte Peri et al.; citados por Park et al. (1998) encontraron un incremento del 18% en la producción de leche en la primera lactación en vaquillas lecheras usando un régimen de alimentación similar.

4.6 Comportamiento reproductivo

En el análisis realizado después de finalizado el período experimental sobre la edad al primer servicio, número de servicios a la concepción y edad a la concepción no se encontró diferencia estadística. Sin embargo, se observó una tendencia ($p=.20$) a ser mejor el tratamiento **AbST** en el número de servicios a la concepción con 1.0, 1.7 y 1.1, para los tratamientos **AbST**, **ANRC** y **NRC** respectivamente. Los datos reproductivos se pueden observar en el cuadro 7.

**Cuadro 7. COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE VAQUILLAS HOLSTEIN
SOMETIDAS A DIFERENTES TRATAMIENTOS DE SOMATOTROPINA
BOVINA RECOMBINANTE Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES
DURANTE LA ETAPA DE CRECIMIENTO**

Observaciones	Tratamientos			Significancia
	NRC	ANRC	AbST	
Edad al primer servicio (meses)	15.9	16.2	16.5	NS
Número de servicios	1.1	1.7	1.0	NS
Edad a la concepción (meses)	16.0	17.2	16.6	NS

NS= No significancia

Los resultados obtenidos en el presente estudio sobre las características reproductivas de las vaquillas, son similares a los reportados por Grings et al. (1990). Estos investigadores trabajaron con vaquillas Holstein de 13 a 16 meses de edad, con un peso corporal medio de 295 kg, utilizando una dosis de 41.2 mg/vaca/día de bST. No encontraron diferencia estadística en el número de días a la concepción, siendo 29.5 y 28.7 para los tratamientos bST y testigo respectivamente, y en el número de servicios por concepción que fué de 1.46 y 1.42 para bST y el testigo, respectivamente.

5. CONCLUSIONES

Suministrando somatotropina bovina en vaquillas Holstein de reemplazo con altos planos de nutrición como en el presente estudio, se aumenta la eficiencia de utilización de la ENg en un 14.8% y la utilización de la proteína en un 10%.

Exisitó una tendencia ($P=.12$) a mejorarse la tasa de crecimiento de las vaquillas siendo ésta más favorable para el tratamiento en el cual se utilizó somatotropina.bovina.

Las características reproductivas no se vieron afectadas con los niveles de alimentación y dosis de somatotropina bovina recombinante utilizados en el presente trabajo.

Los resultados obtenidos en este trabajo son una buena alternativa para mejorar la producción. Sin embargo, es necesario encontrar el nivel adecuado de alimentación, la etapa de crecimiento y la dosis adecuada de bST para obtener el mayor rendimiento de la vaquilla lechera.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Agropek, 1998. Boletín Agropek, año 10, número 1, Enero 1988. Ed. Promotora. Agropek, S.A. de C. V. pp 10.
- Anónimo, 1994. World milk production to continue decline, study says. *Feedstuffs*. August 8. 66(33):10.
- Armstrong, D. V. 1988. Manejo del hato en el presente y en el futuro. Memorias del seminario internacional sobre producción intensiva de leche. Ed. División de divulgación y publicaciones de FIRA. México, D.F. pp. 92.
- Bailey, T. 1997. Evaluación económica de la vaquilla de reemplazo. México-Holstein. Enero. México, D. F: pp 14.
- Bath L. D., F. N. Dickinson, H. A. Tucker, R. D. Appleman. 1982. Ganado lechero. Principios, prácticas, problemas y beneficios Ed. Interamericana, 2ª edición, 1ª en español. México, D. F. pp 367.
- Bauman, D. E., y W. B. Currie. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63: 1514.
- Bernal S. M. G. 1990. Avances en producción de leche: La somatotropina. CENID Fisiología y Mejoramiento Animal. Ajuchitlán, Querétaro. *Vet. Méx.*, XXI: 4. pp 409.
- Boyd, R. D. y D. E. Bauman. 1989. Mechanisms of action for somatotropin in growth. Edited by Dennis R. Champion, Gary J. Hausman, and Roy J. Martin. Plenum Publishing Corporation. Cornell University, Ithaca, New York. pp 257.

- Breier, B. H. y P. D. Gluckman. 1991. Physiological responses to somatotropin in the ruminant. *J. Dairy Sci.* 74 (suppl. 2):20.
- Buskirk, D. D., D. B. Faulkner, W. L. Hurley, D. J. Kesler, F. A. Ireland, T. G. Nash, J. C. Castree y J. L. Vicini. 1996. Growth, reproductive performance, mammary development, and milk production of beef heifers as influenced by prepubertal dietary energy and administration of bovine somatotropin. *J. Anim. Sci.* 74: 2649.
- Choi, Y. J., Y. K. Han, J. H. Woo, H. J. Lee, K. Jang, K. H. Myung y Y. S. Kim. 1997. Compensatory growth in dairy heifers: the effect of a compensatory growth pattern on growth rate and lactation performance. *J. Dairy Sci.* 80: 519.
- CNA, Comisión Nacional del Agua. 1997. Gerencia Estatal en Nuevo León, Subgerencia técnica, unidad de hidrometeorología.
- Crooker, B. A., M. A. Mcguire, W. S. Cohick, M. Harkins, D. E. Bauman y K. Sejrsen. 1990. Effect of dose of bovine somatotropin on nutrient utilization in growing dairy heifers. *American Institute of Nutrition*.pp 1256.
- Church, D. C. y W. G. Pond. 1994. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa, S. A. de C. V. pp. 11.
- Daccarett, M. G., E. J. Bortone, D. E. Isbell y J. L. Morrill. 1993. Performance of Holstein heifers fed 100% or more of National Research Council Requirements. *J. Dairy Sci.* 76: 606.
- E. O. M. L., Estación de observación meteorológica local. 1997. FAUANL, Marín, N. L.
- Fuentes, H. V. O. 1992. Farmacología y terapéutica veterinaria. Ed.. Interamericana McGraw-Hill. pp 639.
- Gardner, R. W., J. D. Schuh and L. G. Vargus. 1977. Accelerated growth and early breeding of Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 60: 1941.

- Gardner, R. W., L. W. Smith y R. L. Park. 1988. Feeding and management of dairy heifers for optimal lifetime productivity. *J. Dairy Sci.* 71: 996.
- Grings, E. E., D. M. Avila, R. G. Eggert and Reeves. 1990. Conception rate, growth and lactation of dairy heifers treated with recombinant somatotropin. *J. Dairy Sci.* 73: 73.
- Goodman, G. A., J. G. Hardman, L. E. Limbird, P. B. Molinof y R. W. Ruddon. 1996. Las bases farmacológicas de la terapéutica. Ed. McGraw-Hill Interamericana. pp 1444.
- Guyton, A. C. , J. E. Hall. 1997. Tratado de fisiología médica. Ed. . Interamericana McGraw-Hill. pp 1019.
- Hadley, M. E., 1996. Endocrinology. Department of Anatomy. University of Arizona. Tucson, Arizona. Ed. Prentice Hall. pp 258.
- Hafez, E. S. E. 1989. Reproducción e inseminación artificial en animales. Ed. Interamericana McGraw-Hill. pp 331.
- Hall, J. B., K. K. Schillo, B. P. Fitzgerald y N. W. Bradley. 1994. Effects of recombinant bovine somatotropin and dietary energy intake on growth, secretion of luteinizing hormone, follicular development, and onset of puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 72: 709.
- Hoffman, P. C., N. M. Brehm, S. G. Price, y A. Prill-Adams. 1996. Effect of accelerated postpubertal growth and early calving on lactation performance of primiparous Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 79: 2024.
- Hoffman, P. C., 1997. Optimum body size of Holstein replacement heifers. *J. Anim. Sci.* 75: 836.
- House, CH., 1994. Mexican replacement heifers in short supply. *Feedstuffs.* 66(43):9.
- Huber, J. T. y R. H. Saldaña. 1988. Proteína y energía para 12,000 kg de leche. Memorias del Seminario Internacional sobre Producción Intensiva de Leche. Ed. División de divulgación y publicaciones de FIRA. México, D. F. pp 100.

- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1996. Anuario estadístico del estado de Nuevo León.
- Jeanne, L. B., B. W. McBride, E. Block, D. R. Glimm y J. J. Kennelly. 1994. A review of bovine growth hormone. *Can. J. Anim. Sci.* 74: 167.
- Llamas, L. G. 1996. Producción de vaquillas de reemplazo. Actualidades en alimentación de ganado lechero. AMENA. Universidad Autónoma de Queretaro. pp 275.
- Murphy, K. D., D. G. Johnson, R. D. Appleman y D. E. Otterb. 1991. Effects of rearing diet, age at freshening, and lactation feeding system on performance. *J. Dairy Sci.* 74: 2708.
- NRC. National Research Council. 1988. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Park, C. S., R. B. Danielson, B. S. Kreft, S. H. Kim, Y S. Moon y W. L. Keller. 1998. Nutritionally Directed Compensatory Growth and effects on lactation potential of developing heifers. *J. Dairy Sci.* 81: 243.
- Parker R. 1996. Vaquillas de reemplazo con excelente nutrición y manejo. México-Holstein. pp 22.
- Purup S., K. Sejrsen y R. M. Akers. 1995. Effect of bovine GH and ovariectomy on mammary tissue sensitivity to IGF-I in prepubertal heifers. *J. of Endocr.* 144: 153.
- Sandles, L. D. y C. J. Peel. 1987. Mammogenesis and first lactation milk yields of identical-twin heifers following prepubertal administration of bovine growth hormone. *Anim. Prod.* 45: 349.
- Skarda, J. y H. Mader. 1991. Impact of bovine somatotropin on dairyn in eastern europe. *J. Dairy Sci.* 74: 72.
- Schwarz, F. J., D. Schams, R. Röpke, M. Kirchgessner, J. Kögel y P. Matzke. 1993. Effects of somatotropin treatment on growth

- performance, carcass traits and the endocrine system in finishing beef heifers. *J. Anim. Sci.* 71: 2721.
- Sejrsen, K. J., T. Hubert, H. A. Tucker, y R. M. Akers. 1982. Influence of nutrition on mammary development in pre and postpubertal heifers. *J. Dairy Sci.* 65: 793.
- Sejrsen, K. J., T. Hubert y H. A. Tucker. 1983. Influence of amount fed on hormone concentrations and their relationship to mammary growth in heifers. *J. Dairy Sci.* 66: 845.
- Sejrsen, K., J. Foldager, M. T. Sorensen, R. M. Akers y D. E. Bauman. 1986. Effect of exogenous bovine somatotropin on pubertal mammary development in heifers. *J. Dairy Sci.* 69: 1528.
- Sejrsen, K., S. Purup. 1997. Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: A review. *J. Anim. Sci.* 75: 828.
- Soderholm, C. G., D. E. Otterby, J. G. Linn, F. R. Ehle, J. E. Wheaton, W. P. Hansen y R. J. Annexstad. 1988 Effects of recombinant bovine somatotropin on milk production, body composition, and physiological parameters. *J. Dairy Sci.* 71: 355.
- Steel G. D. R. y J. H. Torrie. 1995. *Bioestadística, principios y procedimientos*. Segunda edición. Ed. Mcgraw-Hill. pp 166.
- Stelwagen K. y D. G. Grieve. 1990. Effect of plane nutrition on growth and mammary gland development in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 73: 2333.
- Stelwagen K. y D. G. Grieve. 1992. Effect of plane of nutrition between 6 and 16 months of age on body composition, plasma hormone concentrations and first-lactation milk production in Holstein heifers. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 337.
- Van Amburgh, M., D. Galton, D. Fox y D. Bauman. 1991. *Optimizing heifers growth*. Departament of Animal Science. Cornell University. pp 85.

- Van Amburgh, M. E., y D. M. Galton. 1994. Accelerated growth of Holstein heifers-effects on lactation. Department of Animal Science. Cornell University. pp 147.
- Vestergaard, M., K. Sejrsen, J. Foldager, S. Klastrup, Y D. E. Bauman. 1993. The effect of bovine growth hormone on growth, carcass composition and meat quality of dairy heifers. *Acta Agric. Scand., A, Animal. Sci.* 43:165.

7. APÉNDICE

Cuadro 1A. CONSUMO PROMEDIO POR DÍA, CALCULADO CADA 14 DÍAS, DE VAQUILLAS HOLSTEIN EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS, NRC (1), ANRC (2), ABST (3).

Tratamiento	Días en tratamiento								
	14	28	42	56	70	84	98	112	126
1	5.0	5.1	5.5	6.2	6.5	6.7	6.9	7.5	6.6
1	6.0	6.1	6.2	7.5	7.9	8.1	8.1		
1	5.9	6.2	6.9	7.6	8.0	8.2	8.3		
1	5.4	5.7	6.3	7.1	7.5	7.9	8.1		
1	5.9	6.2	6.5	7.3	7.7	7.8	8.1		
1	4.8	4.8	5.4	6.0	6.3	6.3	6.7	8.1	6.9
1	5.5	5.9	6.1	5.6	7.0	7.1	7.4	7.5	7.5
1	5.7	6.7	5.5	6.8	7.0	7.4	7.4	7.4	7.5
1	5.7	6.7	5.2	6.5	6.8	7.1	7.5	7.8	7.9
2	5.8	5.4	6.4	7.2	7.2	7.5	7.7		
2	4.8	5.4	6.2	6.9	7.1	7.4	7.5	8.6	7.0
2	6.7	6.5	7.2	7.9	8.0	7.8	8.4		
2	5.0	5.5	5.8	6.7	7.1	7.2	7.6	8.8	7.7
2	6.0	6.1	6.7	7.5	7.9	8.0	8.3		
2	4.8	5.0	5.5	6.1	6.8	6.9	7.1	8.3	7.3
2	5.8	6.0	5.0	4.3	5.7	6.5	6.6	6.6	7.3
2	5.8	6.0	6.2	5.6	7.0	7.1	7.5	7.6	7.7
2	5.3	6.3	5.2	6.6	6.9	7.1	7.2	7.3	7.3
2	5.4	6.6	5.2	6.5	6.8	7.3	7.5	8.1	8.4
3	5.7	5.4	6.8	7.9	7.6	7.9	7.9		
3	5.7	5.9	6.5	7.2	7.2	7.7	7.9		
3	6.2	6.1	6.8	7.9	7.1	7.0	8.2		
3	6.1	6.4	6.1	7.1	7.2	7.5	7.7		
3	5.3	5.7	5.6	4.6	4.5	6.4	6.4	6.5	7.4
3	5.6	5.9	6.1	5.7	7.1	7.2	7.3	7.6	7.7
3	5.4	6.7	5.3	6.7	6.8	7.2	7.4	7.5	7.8
3	5.6	6.8	5.4	6.7	7.1	7.8	7.8	8.0	8.2

Cuadro 2A. PESOS REGISTRADOS CADA 14 DÍAS, DE VAQUILLAS HOLSTEIN EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS, NRC (1), ANRC (2), ABST (3).

Tratamientos	Días en tratamiento								
	14	28	42	56	70	84	98	112	126
1	198	205	220	233	246	268	264	293	305
1	264	255	281	304	318	320	327		
1	260	270	288	309	326	330			
1	239	262	270	283	306	316			
1	244	260	272	294	300	313	335		
1	181	195	211	224	228	242	266	284	302
1	206	215	234	261	267	279	283	292	319
1	203	227	247	261	278	276	278	292	
1	202	220	238	260	264	280	300	310	315
2	241	249	269	285	292	306	313		
2	215	233	255	265	283	288	294	320	328
2	276	289	313	330	331	345			
2	219	229	245	264	269	291	305	332	345
2	262	260	283	306	311	329	351		
2	192	201	215	245	247	265	275	311	323
2	214	232	220	230	240	265	254	264	280
2	212	221	237	260	266	283	292	290	309
2	193	212	241	248	264	268	280	278	
2	203	220	241	260	274	287	316	338	
3	262	265	301	310	330	345			
3	238	252	272	287	299	310	310		
3	251	267	301	318	325	348			
3	258	266	285	284	291	311	338		
3	226	236	239	257	263	271	287	282	290
3	208	218	240	265	277	289	282	298	318
3	204	222	245	254	271	281	282	304	
3	214	232	253	263	295	295	307	326	

Cuadro 3A. CÁLCULO DE EFICIENCIA ENERGETICA Y PROTEICA

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS TRATAMIENTOS NRC, ANRC Y AbST					
		NRC	ANRC	AbST	
PV inicial	kg	213.30	215.00	218.30	
PV final	kg	331.00	334.90	338.38	
ADP	g	914.30	949.40	1016.54	
CDA	MS	5.96	5.99	5.83	
CDA/ADP	kg	6.64	6.55	5.78	
PV medio		274	274.95	278.34	
REQUERIMIENTOS, PARA		914 g ADP (274 kg)	949 g (275 kg)	1017 g	(278 kg)
ENm	Mcal	5.79	5.81	5.86	
ENg	Mcal	3.05	3.18	3.38	
PC	g	948.00	973.00	1010.00	
Ca	g	25.00	25.30	25.70	
P	g	18.70	18.90	19.30	
ANÁLISIS CALCULADO POR CONTENIDO DE NUTRIENTES					
Kg de alimento consumido para					
ENm		3.42	3.20	3.23	
ENg		2.54	2.79	2.60	
Nutrientes					
ENm	Mcal	5.79	5.81	5.86	
ENg	Mcal	2.75	3.41	3.18	
PC	g	0.87	1.03	1.00	
Ca	g	29.38	32.59	31.72	
P	g	18.77	22.58	21.98	
g ADP/Mcal ENg		332.68	278.45	319.61	
Diferencia AbST-ANRC				41.15	
EFICIENCIA ENERGETICA				14.78%	
g ADP/g PC consumida		1.05	0.92	1.02	
Diferencia AbST-ANRC				0.09	
EFICIENCIA PROTEICA				10.01%	

