

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
SANGOLQUÍ**

“EFECTO DEL SUMINISTRO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) COSECHADA EN TRES DIFERENTES EDADES EN EL LEVANTE DE NOVILLAS”

BYRON DANIEL POZO CEVALLOS

**INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
AGROPECUARIO**

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2011

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue el de establecer el efecto de tres niveles de suplementación con Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) en el levante de novillas, de una forma optima en la cual se pueda aprovechar al máximo las características nutritivas con la edad correcta a la que debemos suministrarles a los animales.

La investigación se dividió en dos etapas: en la primera etapa se determinó el efecto de la edad de corte sobre las condiciones bromatológicas de la caña de azúcar, y la segunda etapa el efecto de la edad de la caña de azúcar sobre las variables en estudio de las novillas de levante.

La investigación fue llevada a cabo en el cantón Ibarra sector Salinas de Ibarra, en la Hacienda San Luis, en donde la caña de azúcar se utilizó como forraje de suplementación a diferentes edades de corte, en 15 novillas Holstein Friesian comprendidas entre 4 a 12 meses de edad, divididas en tres diferentes tratamientos y corrales separados.

Las variables utilizadas fueron: su condición corporal, peso con ayuda de una cinta bovinométrica y altura a la cruz por un período de 6 meses consecutivos.

Los resultados indicaron que para la primera etapa del estudio, la mejor edad para el corte de caña de azúcar fue de 20 meses de edad, y para la segunda etapa del estudio, no hubo diferencias estadísticas en ninguna de las variables en estudio, sin

embargo, el T1 tanto para peso, altura a la cruz, y condición corporal, fue el que mayor incremento obtuvo a lo largo de todas las evaluaciones. En ganancia de peso diaria obtuvieron: el T1 0,98Kg/día, el T2 0,83Kg/día y T3 con 0,82Kg/día. En el análisis económico el T1 fue el que mostro menor costo por Kg de incremento de peso.

Palabras clave: niveles de suplementación, caña de azúcar, peso, altura a la cruz.

ABSTRACT

The objective of this research was to establish the effect of three levels of supplementation of sugarcane (*Saccharum officinarum*) in dairy heifers, in an optimal way in which it can use at maximum the nutritional characteristics with the right age that we must provide the sugarcane to the animals.

The research was divided into two stages: the first stage, the effect of cutting age over the dietetics conditions of sugar cane, and the second stage the effect of age of the sugar cane over the study variables of the dairy heifers.

The research was conducted in the canton Ibarra, Salinas de Ibarra in the Hacienda San Luis, where sugar cane was used as feed supplementation at different cutting ages, in 15 Holstein Friesian heifers between 4 to 12 months of age, divided into three different treatments and separate pens.

The variables were: body condition, weight measured with a Dairy Cow Weigh tape and height at the withers for a period of 6 months.

The results indicated that for the first phase of the study, the best age for cutting sugar cane was 20 months old, and for the second stage of the study, there were no statistical differences in any of the variables under study, however, the T1 for both weight, height at withers, body condition, was the largest increase obtained over all assessments. In daily weight gain were: T1 0.98 kg/day, T2 0.83 kg/day and

T3 with 0.82 kg / day. In economic analysis, the T1 was the one who showed lower cost per kg of weight gain.

Keywords: levels of supplementation, sugar cane, weight, height at withers.

**“EFECTO DEL SUMINISTRO DE CAÑA DE AZÚCAR
(*Saccharum officinarum*) COSECHADA EN TRES DIFERENTES
EIDADES EN EL LEVANTE DE NOVILLAS”**

Byron Daniel Pozo Cevallos

REVISADO Y APROBADO

.....
Ing. Eduardo Urrutia
DIRECTOR DE CARRERA
CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

Ing. Julio Pazmiño
DIRECTOR

Ing. Diego Vela
CODIRECTOR

Ing. Gabriel Suárez
BIOMETRISTA

.....
Dr. Carlos Orozco
UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

“EFECTO DEL SUMINISTRO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) COSECHADA EN TRES DIFERENTES EDADES EN EL LEVANTE DE NOVILLAS”

BYRON DANIEL POZO CEVALLOS

APROBADO POR LOS SEÑORES MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACION DEL INFORME TECNICO.

	CALIFICACIÓN	FECHA
Ing. Julio Pazmiño DIRECTOR	_____	_____
Ing. Diego Vela CODIRECTOR	_____	_____

CERTIFICO QUE ESTAS CALIFICACIONES FUERON PRESENTADAS EN ESTA SECRETARIA.

.....
Dr. Carlos Orozco
UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

CERTIFICACION

Ing. Julio Pazmiño

Ing. Diego Vela

Certifican:

Que el trabajo titulado “Efecto del Suministro de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) Cosechada en Tres Diferentes Edades en el Levante de Novillas”, realizado por Byron Daniel Pozo Cevallos, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a la relevancia de la investigación se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de (un) documento empastado y (un) disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat(pdf). Autorizan a Byron Daniel Pozo Cevallos que lo entregue a Ing. Eduardo Urrutia, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, 23 de Junio del 2011

ING. JULIO PAZMIÑO
DIRECTOR

ING. DIEGO VELA
CODIRECTOR

DECLARACION DE RESPONSABILIDAD

Byron Daniel Pozo Cevallos

Declaro que:

El proyecto de grado denominado “Efecto del Suministro de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) Cosechada en Tres Diferentes Edades en el Levante de Novillas”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mí autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 23 de Junio del 2011

Byron Daniel Pozo Cevallos

AUTORIZACIÓN

Yo, Byron Daniel Pozo Cevallos

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Efecto del Suministro de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) Cosechada en Tres Diferentes Edades en el Levante de Novillas”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 23 de Junio del 2011

—————**Byron Daniel Pozo Cevallos**—————

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi Dios y mi Virgencita que jamas me desamparan con su bendición, ayuda, sabiduría y entendimiento, de mano de la prudencia y responsabilidad en la realización de esta investigación.

A mis padres Alba Cevallos y Nelson Pozo, por su incondicional ayuda, por motivarme siempre a seguir adelante sin rendirme para alcanzar mis metas, por ser mi razón de vivir y guiar mis pasos a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Eduardo y Fernando, y mi enamorada Mónica, por siempre ayudarme, aconsejarme, y estar cuando los necesito.

A mis amigos que siempre me brindan su apoyo desinteresado e incondicional en todo momento.

A mi querida facultad el IASA para que esta investigación sirva de ayuda para toda persona, estudiante o profesional que este interesado en el.

Byron Daniel Pozo Cevallos

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida, familia y amigos que ha puesto en mi camino.

A mis abuelitas, mis tíos y mis tías paternas y maternas, que siempre con su cariño y apoyo me ayudaron a seguir adelante.

A los Ingenieros Julio Pazmiño y Diego Vela, por brindarme la oportunidad de realizar este tema de tesis, por su asesoría, y su paciencia a lo largo de toda la realización de este trabajo de investigación.

Al Ingeniero Francisco Iturralde por brindarme su apoyo y confianza incondicional a lo largo de toda la investigación, por permitirme utilizar todas las instalaciones de su hacienda, así como su amistad y enseñanzas sin interés.

Al Ingeniero Gabriel Suarez por su apoyo y colaboración y por ser ante todo un amigo y maestro.

A mis muy queridos amigos Alejandra, Carlita, Liliana, David, Daniel, Alberto, Sebastián, Santiago, Galito, por su apoyo y amistad durante tantos años.

A la Escuela Politécnica del Ejército ESPE a su Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA I, y a todo su personal.

Byron Daniel Pozo Cevallos

AUTORIA

Las ideas expuestas en el presente trabajo de investigación, así como los resultados, discusión y conclusiones son de exclusiva responsabilidad del autor

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPITULO II: REVISION DE LITERATURA	4
2.1. LA CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum officinarum</i>)	5
2.1.1. Características Productivas de la Caña de Azúcar	6
2.1.1.1. Producción	6
2.1.1.2. Valor forrajero	7
2.1.2. Efecto de la Madurez de la Caña de Azúcar	11
2.1.2.1. Valor nutritivo	12
2.1.2.2. Composición química	13
2.1.3. Uso de la Caña Ensilada	15
2.2. NOVILLAS DE REEMPLAZO	16
2.2.1. Crecimiento de las Novillas	18
2.2.1.1. Desarrollo ruminal	18
2.2.1.2. Tasa de crecimiento	21
2.2.1.3. Edad al primer celo	23
2.2.1.4. Primer servicio	25
2.2.2. Peso Corporal	26
2.2.3. La Altura a la Cruz	27
2.2.4. Condición Corporal	28
2.2.5. Inversión del Levante de Novillas	30
2.3. FUNCIONAMIENTO RUMINAL DE BOVINOS	32
2.3.1. Ecosistema Ruminal	33
2.3.1.1. Fermentación ruminal	33
2.3.1.2. Poblaciones ruminales	35
2.3.2. Degradación de Carbohidratos	40
2.3.3. Metabolismo Proteico	46
2.3.3.1. Degradabilidad de la proteína	47
2.3.4. Ph ruminal	48
2.4. ALIMENTACIÓN DE BOVINOS	49
2.4.1. Nutrición Animal	50
2.4.2. Nutrición de las Novillas	51
2.4.2.1. Alimentación después del destete	52

2.4.3. Nutrientes requeridos.....	53
2.4.3.1. Energía.....	53
2.4.3.2. Proteína.....	55
2.4.3.3. Carbohidratos.....	58
2.4.3.4. Agua.....	58
2.4.4. Digestibilidad	59
2.5. LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA ALIMENTACIÓN DE LOS BOVINOS.....	59
2.5.1. Diversificación de la Caña de Azúcar	61
2.5.2. La Caña de Azúcar en la Alimentación de Bovinos	62
2.5.3. Limitantes Encontradas al Uso de Caña de Azúcar Integral	62
2.5.4. Suministro de Caña de Azúcar como Alimento	64
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	67
3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN.....	67
3.1.1. Ubicación Política.....	67
3.1.2. Ubicación Geográfica	67
3.1.3. Ubicación Ecológica	67
3.2. MATERIALES.....	68
3.2.1. Análisis Bromatológicos de la Caña de Azúcar	68
3.2.2. Selección de Animales	68
3.2.3. Materiales para el corte, recolección y dotación de la caña de azúcar	68
3.2.4. Materiales para medición de peso, altura a la cruz y evaluación de condición corporal en animales.....	69
3.2.5. Materiales de oficina y toma de datos	69
3.3. MÉTODOS.....	70
3.3.1. Etapa 1: Análisis Bromatológico de la Caña de Azúcar.....	70
3.3.2. Etapa 2: efecto de la edad de la Caña de Azúcar sobre las variables en estudio de las novillas de levante	71
3.3.3. Selección y Distribución de corte de la Caña de Azúcar	71
3.3.4. Selección y Distribución de las novillas de levante.....	72
3.3.5. Manejo de los animales	73
3.3.6. Alimentación de las novillas.....	74
3.3.7. Descripción de los Tratamientos	77
3.3.8. Medición del incremento de peso en las novillas.....	78
3.3.9. Medición de la altura a la cruz en novillas de levante.....	79
3.3.10. Medición de la Condición Corporal (C.C).....	79

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	82
4.1. PRIMERA ETAPA (EFECTO DE LA EDAD DE CORTE SOBRE LAS CONDICIONES BROMATOLÓGICAS)	82
4.1.1. Humedad (%)	82
4.1.2. Cenizas (%)	83
4.1.3. Extracto etéreo (%)	83
4.1.4. Proteína (%)	84
4.1.5. Fibra (%)	85
4.1.6. E.L.N (%)	86
4.1.7. FDN (%)	86
4.1.8. Energía Bruta (cal/g)	87
4.2. SEGUNDA ETAPA (EFECTO DE LA EDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR SOBRE LAS VARIABLES EN ESTUDIO DE LAS NOVILLAS DE LEVANTE)	88
4.2.1. Peso	88
4.2.1.1. Ganancia de peso diaria	93
4.2.2. Altura	95
4.2.3. Condición Corporal	99
4.2.4. Análisis económico	102
.....	102
CAPITULO V: CONCLUSIONES	105
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES	108
CAPITULO VII: RESUMEN	109
CAPITULO VIII: SUMMARY	111
CAPITULO VIII: BIBLIOGRAFÍA	113
CAPITULO XI: ANEXOS	119

LISTADO DE CUADROS

CUADRO N ^o	Pág.
CAPITULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	4
Cuadro 2.1. Circunferencia torácica y peso corporal de novillas lecheras de razas europeas populares en los Estados Unidos.	27
Cuadro 2.2. Clasificación de las principales especies bacterianas del rumen según el tipo de sustrato que fermentan.	37
Cuadro 2.3. Clasificación de los principales protozoos ruminales con los sustratos de fermentación preferentes.	39
Cuadro 2.4. Clasificación de los carbohidratos y su composición.	40
Cuadro 2.5. Requerimientos nutricionales para hembras de reemplazo de acuerdo al peso vivo.	57
Cuadro 2.6. Producción de leche en vacas suplementadas con caña de azúcar.	63
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	66
Cuadro 3.1. Distribución de las Novillas de Levante en los tratamientos	73
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
Cuadro 4.1. Análisis de Variancia para el peso de novillas Holstein Friesian bajo el suministro de 3 niveles de suplementación en base a Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>). 24 evaluaciones semanales. San Luis Salinas de Ibarra-Imbabura 2011.	89
Cuadro 4.2. Efecto de la suplementación de Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) en el peso de novillas Holstein Friesian en 24 evaluaciones.	90
Cuadro 4.3. Análisis de Variancia para la ganancia diaria de peso de novillas Holstein Friesian bajo el suministro de 3 niveles de suplementación en base a Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>). San Luis Salinas de Ibarra-Imbabura 2011.	93

Cuadro 4.4. Efecto de la suplementación de Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) en la ganancia diaria de peso de novillas Holstein Friesian en 24 evaluaciones	94
Cuadro 4.5. Análisis de Variancia para la altura de novillas Holstein Friesian bajo el suministro de 3 niveles de suplementación en base a Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>). 24 evaluaciones semanales. San Luis Salinas de Ibarra-Imbabura 2011.....	96
Cuadro 4.6. Efecto de la suplementación de Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) en altura de novillas Holstein Friesian en 24 evaluaciones.....	97
Cuadro 4.7. Análisis de Variancia para la Condición Corporal de novillas Holstein Friesian bajo el suministro de 3 niveles de suplementación en base a Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>). 12 evaluaciones, quincenales. San Luis Salinas de Ibarra-Imbabura 2011.	100
Cuadro 4.8. Efecto de la suplementación de Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) en la Condición Corporal en novillas Holstein Friesian en 12 evaluaciones quincenales.	100
Cuadro 4.9. Costo por kilogramo diario de ingrediente de la alimentación de las novillas de levante	102
Cuadro 4.10. Costo por Kilogramo de aumento de peso del animal por tratamiento.....	103

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA N ^o	Pág.
CAPITULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	4
Figura 2.1. Las novillas no son productivas, pero poseen el mayor potencial para producción de leche en el hato (Universidad de Wisconsin Madison. Consultado Jul. 2010)	17
Figura 2.2 Etapas del desarrollo ruminal	20
Figura 2.3. Calificación de Condición Corporal, Peso y Altura de acuerdo a la edad en meses de animales de 0 a 26 meses de edad.	30
Figura 2.4. Vías metabólicas de la degradación de carbohidratos fibrosos y no fibrosos	46
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	66
Figura 3.1. Distribución de las diferentes zonas de corte de la Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) para experimentación en la Hacienda San Luis.	72
Figura 3.2. Corte de la Caña de Azúcar.	74
Figura 3.3. Recolección de Caña de azúcar manual.....	75
Figura 3.4. Picada de la Caña de Azúcar.....	76
Figura 3.5. Pesaje y medición de la Caña de Azúcar.	76
Figura 3.6. Alimentación en comederos de Novillas.	77
Figura 3.7. Medición con cinta bovinométrica del peso del animal.	78
Figura 3.8. Medición de la Condición Corporal en los animales.....	79
Figura 3.9. Condición Corporal en ganado Lechero.	80

LISTADO DE GRÁFICOS

GRÁFICO N ^o	Pág.
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	82
Gráfico 4.1. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la humedad.....	82
Gráfico 4.2. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la ceniza.	83
Gráfico 4.3. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre el extracto etéreo.....	84
Gráfico 4.4. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la proteína.	85
Gráfico 4.5. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la fibra.....	85
Gráfico 4.6. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre los elementos libres de nitrógeno.....	86
Gráfico 4.7. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la Fibra Detergente Neutra.....	87
Gráfico 4.8. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la Energía Bruta.	88
Gráfico 4.9. Curva de incremento de peso en las novillas.	92
Gráfico 4.10. Ganancia diaria en kilogramos como respuesta a los diferentes tratamientos.....	94
Gráfico 4.11. Curva de incremento de altura en novillas de levante.....	97
Gráfico 4.12. Curva de evaluación de la Condición Corporal.....	101
Gráfico 4.13. Costo por Kilogramo de incremento en peso de novillas de levante en tres niveles de suplementación de Caña de Azúcar.....	104

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO N ^o	Pág.
Anexo 1. Análisis Bromatológico de tres diferentes edades de la Caña de Azúcar..	119
Anexo 2. Regresión y coeficiente de determinación entre los niveles de suplementación de caña de azúcar con el peso (kg) y la altura a la cruz (cm) de las novillas Holstein Friesian.....	120
Anexo 3. Regresión y coeficiente de determinación entre los niveles de suplementación de caña de azúcar con la condición corporal de las novillas Holstein Friesian.....	12
Anexo 4. Cortada y recogida de la Caña de Azúcar.....	122
Anexo 5. Picada de la Caña de Azúcar	123
Anexo 6. Dotación y pesaje de Caña de Azúcar	123

I. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la utilización de la caña de azúcar para la alimentación bovina, se ha venido incrementando gradualmente en algunas áreas, principalmente como complemento en la época seca en los sistemas de pastoreo, o cuando se presenta uno de los principales problemas de la ganadería la cual es la falta de forraje sean gramíneas o leguminosas o que sean de baja calidad. La utilización de la caña de azúcar también ha ido en aumento por su capacidad de mantener su digestibilidad con la madurez lo cual proporciona una ventaja importante como alimento para los bovinos.

Entre los factores que influyen en la productividad de las fincas ganaderas están la edad y el peso vivo de las novillas al parto así, el objetivo principal del ganadero es lograr animales que puedan ser satisfactoriamente servidos 9 meses antes de que alcancen el peso y condición corporal requerida para la entrada al rebaño de ordeño. La selección de las novillas que se van a incorporar al servicio debe estar basada en dos parámetros: el peso vivo y la condición corporal. (Villalobos y Quintero, 2006).

La importancia sobresaliente del estudio es que se analizó la manera de suplir caña de azúcar de manera eficiente especialmente en épocas de sequía, en ausencia o escasez de pastos para los animales pero de una forma optima en la cual se pueda aprovechar al máximo las características nutritivas con la edad correcta a la que debemos suministrarles a los animales teniendo en cuenta como beneficio extra que la caña la encontramos disponible durante todo el año.

La investigación fue llevada a cabo en el cantón Ibarra sector Salinas de Ibarra, en donde la caña de azúcar se utilizó como forraje de suplementación a diferentes edades de corte, en 15 novillas Holstein Friesian de distintas edades divididas en tres diferentes tratamientos y tomando de datos su condición corporal, peso con ayuda de una cinta bovinométrica y altura a la cruz por un período de 6 meses consecutivos.

De esta manera, con el uso de la caña de azúcar en el levante de novillas, se pretende reducir o eliminar el llamado “cuello de botella” que afecta el reemplazo del hato, en donde se debe de atender de manera buena y eficaz a los animales ya sea para producción, selección y que el porcentaje de animales que se queden sea el óptimo, obteniendo así mejores novillas para su preñez.

La distribución en Ecuador del total de producción de azúcar, el 89% se concentra en la Cuenca Baja del Río Guayas (provincias de Guayas, Cañar y Los Ríos), donde están ubicados los ingenios de mayor producción: ECUDOS, San Carlos y Valdez. El 11% restante corresponde a los ingenios IANCEM, en la provincia de Imbabura y Monterrey en la provincia de Loja (CINCAE, 2007), con ello se puede guiar para saber las zonas más cercanas a las cuales se puede llegar para encontrar una mejor alternativa de forraje para novillas de levante.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer el efecto de tres niveles de suplementación con Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) en el levante de novillas.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la edad más adecuada de maduración para el corte de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)
- Determinar los incrementos de peso por efecto de la suplementación con Caña de Azúcar.
- Analizar los efectos de la suplementación alimenticia con caña de azúcar, en la altura a la cruz y condición corporal en las novillas de levante.
- Analizar los costos de suplementación en el levante de novillas.
- Difundir la metodología y resultados producto de esta investigación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

En muchos países tropicales, el pasto es la principal fuente de alimento para el ganado. Sin embargo, el uso de fertilizantes y el riego es limitado, lo que produce un descenso en el valor nutritivo del pasto, especialmente en el contenido de proteína y se hace más crítico en la época poco lluviosa. Esto se refleja en los bajos rendimientos de la vaca lechera y en la poca ganancia diaria de peso vivo de los animales en crecimiento, pero que a su vez tiene una respuesta satisfactoria a la suplementación con concentrados o subproductos industriales o agrícolas (Elías 1988).

El periodo seco constituye una de las principales restricciones a los sistemas de producción bovina a pastoreo en el país, donde los animales no consumen los nutrientes necesarios para satisfacer sus necesidades fisiológicas, debido a la baja cantidad y calidad de los forrajes que ingieren, ocasionando en la mayoría de los casos pérdida de peso, siendo la energía el factor de mayor relevancia que limita la productividad ganadera durante esta época, recomendándose como opción económica el uso de recursos fibrosos agroindustriales, así como la suplementación con forraje verde, bien sea a través de pasto de corte o por pastoreo directo (Araque C. *et al.* 2003).

En el Ecuador la utilización de la caña de azúcar para la alimentación bovina, se ha venido incrementando gradualmente en algunas áreas, principalmente como complemento en la época seca en los sistemas de pastoreo, o cuando se presenta uno de los principales problemas de la ganadería la cual es la falta de forraje sean

gramíneas o leguminosas o que sean de baja calidad. La utilización de la caña de azúcar también ha ido en aumento por su capacidad de mantener su digestibilidad con la madurez lo cual proporciona una ventaja importante como alimento para los bovinos.

2.1. LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*)

Fiallos F., Quilambaqui M. (2009) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2011), sostienen en el III Censo Nacional Agropecuario, que en nuestro país, existen cerca de 82.749 Ha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), destinadas para la producción industrial, y para otros usos 42.606 Ha. Este cultivo representa un rubro muy importante para el sustento diario de miles de familias ecuatorianas, ya sea desde el punto de vista económico o social, debido a que en época de cosecha o zafra en los seis ingenios azucareros, laboran aproximadamente unas 30.000 personas de manera directa y unas 80.000 indirectamente, lo que representa el 9 % de la población económicamente activa del sector agropecuario y el 12 % del PIB (Producto Interno Bruto) Agrícola.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es un cultivo tropical cuyo rendimiento dependerá del manejo agronómico y las condiciones a que sea sometida en las diversas fases de su ciclo, y su implantación como estrategia alimentaria durante el verano, constituye una tecnología económica y práctica para los ganaderos, al utilizar integralmente un recurso potencialmente disponible en la finca. Sin embargo, la caña de azúcar presenta marcadas deficiencias de nitrógeno y

minerales, lo que hace necesario agregar fuentes proteicas y minerales para obtener resultados satisfactorios en la explotación bovina (Araque C. *et al.* 2003).

La caña de azúcar es una de las plantas del trópico más eficiente en la captura de la energía solar y su transformación en biomasa (Conrad, 1990, citado por Torres 2009). Es por naturaleza muy succulenta y turgente, en la cual el agua y los azúcares totales (no reductores y reductores, sacarosa más otros azúcares) diluidos representan una fracción importante (Chávez, 2008, citado por Torres 2009); también es alta en contenido de fibra.

De esta manera la caña de azúcar puede ser considerada con fines forrajeros como la mejor opción entre las gramíneas, al aportar la mayor cantidad de biomasa y energía por hectárea, así como un alto contenido de fibra y azucars.

2.1.1. Características Productivas de la Caña de Azúcar

2.1.1.1. Producción

Urdaneta (2009), sostiene que la caña de azúcar es una gramínea que proporciona un elevado rendimiento de forraje por área, alcanzando promedios de 200 tn/há/año de forraje verde (tallos+hojas) en México y hasta 450 tn/há/año en Colombia, cortada a intervalos de 10-12 meses. Mientras que en Cuba las producciones se encuentran entre 68 y 81,2 tn/há/año cortadas a intervalos de cuatro y ocho meses respectivamente, en Venezuela no se conocen investigaciones que reporten los rendimientos por hectáreas de forraje verde. Sin embargo, en investigaciones preliminares realizados por el INIA (Instituto Nacional de

Investigaciones Agrícolas) el rendimiento se encuentra entre 55 y 73 tn/há con cañas cortadas a intervalos de 4 a 6 meses respectivamente (Urdaneta 2009).

Estas producciones de caña de azúcar como forraje, equivalen a mantener en época seca entre 36-88 animales por hectárea, cuando las producciones de forraje verde de caña (hoja + tallo) se encuentran entre 65 y 158 tn/há, necesitándose 1,8 tn de caña de azúcar repicada por animal (de 450 kg PV) durante 90 días (Urdaneta 2009).

2.1.1.2. Valor forrajero

La implementación de la caña de azúcar con fines forrajeros, como estrategia alimenticia, constituye una tecnología económica y práctica para los ganaderos y así poder utilizar integralmente un recurso disponible en la finca.

La caña de azúcar en los sistemas de alimentación, constituye una excelente alternativa en el ahorro de insumos como fertilizantes, alimento concentrado y energía en este tipo de explotación. Además, es capaz de producir mayor cantidad de materia seca, carbohidratos solubles y biomasa forrajera que cualquier otra gramínea tropical, convirtiéndola en el forraje mas sobresaliente de todas las gramíneas existentes en el trópico, permitiendo soportar una mayor carga animal. (Araque y D'Aubeterre 2006)

Vasallo (2007), indica que la caña de azúcar, picada fino y secada al sol (6 % de humedad) muestra el potencial como forraje de elección:

MS: 94,81%	(Materia Seca)
PB: 2,04%	(Proteína bruta)
FDN: 46,80%	(Fibra Detergente Neutra)
FDA: 33,45%	(Fibra Detergente Acida)
LDA: 8,47%	(Lignina Detergente Acida)
EE: 2,05%	(Extracto etéreo o Grasa Bruta)
Cz: 5,83%	(Cenizas)
CNE: 44,87%	(Carbohidratos no Estructurales)
Ca: 0,27%	(Calcio)
P: 0,14%	(Fosforo)
TND: 58,99%	(Total de Nutrientes Digestibles)
EM: 2,17 Mcal/Kg MS	(Energía Metabólica)

El perfil bio-fisiológico de la Caña de Azúcar, según Vasallo (2007), queda claramente definido por los tres valores fundamentales de los análisis:

- **FDN:** 46,80%, muestra un elevado contenido de fibra, con lo cual mantiene su condición de "forraje".
- **CNE:** 44,87%, muestra un elevado contenido de "energía", totalmente soluble, que corresponde evidentemente al elevado contenido de Hidratos de Carbono (la desecación provoca una pérdida no significativa de su contenido, ya que la mayor parte de ellas son azúcares invertidos) que difiere muy poco

del contenido de las muestras de Caña de Azúcar picadas frescas para consumo directo en la ración.

Finalmente, el tercer elemento de juicio, es el:

→ **Nivel de Energía Metabólica**, que alcanza EM: 2,17 Megacalorías por kilo de materia seca. Este último dato, nos ubica frente una fuente de energía altamente económica, ya que el costo real del kilo de caña fresca, no pasa de los tres milésimos de peso Argentino por kilo (\$0,003/Kg. o \$0.00076 US Dollar/Kg.) sobre la base de 100 toneladas por ha., con cosecha mediante cortapicadora apropiada (Vasallo 2007).

Torres (2009), señala que la caña de azúcar es rica en Energía Metabolizable, proveniente de su alto contenido de azúcares no reductores y reductores (sacarosa, glucosa y otros) que el ganado aprovecha para su alimentación y desde luego para la producción de carne. “El forraje que más se le acerca en contenido de energía es el silo de maíz, pero jamás puede alcanzar los valores de la caña de azúcar en términos de Energía Metabólica” (Vassallo, 2007, citado por Torres, 2009).

CORFOGA 2008, sostiene que la selección y escogencia de una caña para uso como forraje, está ligada fundamentalmente con algunas características importantes del cultivo, como son:

a) La caña es una planta de muy alta capacidad de adaptación a suelos, clima, manejo, topografía, fertilidad y manejo agronómico, por lo que no requiere disponer de condiciones especiales para reproducirse;

- b)** Disponer de una gran capacidad de producción de materia verde y seca por unidad de área;
- c)** Bajo costo por unidad de materia producida;
- d)** El periodo de mayor disponibilidad de la caña coincide con el de menor disponibilidad de los forrajes tradicionales (pastos), por lo que se complementa de manera excelente;
- e)** Con una buena planificación y programación la planta de caña está o puede estar disponible durante todo el periodo seco;
- f)** Es viable producir caña industrializable y aprovechar complementariamente por aparte la biomasa (cogollos, hojas, retoños, tallos inmaduros no industrializables) como forraje generando valor agregado a los mismos;
- g)** Virtud de su alta rusticidad y tolerancia a condiciones adversas, la caña mantiene un muy bajo nivel de riesgo por posible pérdida,
- h)** Existe la viabilidad de recoger cogollos y hojas verdes del campo, casi de seguro sin costo alguno, durante el periodo de cosecha y molienda de la caña en localidades aledañas a plantaciones azucareras o trapicheras que no sean quemadas para su corta, y
- g)** La caña es muy conocida, fácil de obtener y cultivar, lo que no implica esfuerzos extras ni gran conocimiento para su manejo por parte del agricultor interesado.

En resumen, una caña forrajera es aquella que tienen buena relación de hojas y que presenten un hábito de crecimiento que permita la cosecha mecanizada o manual fácilmente y que su volumen de producción en biomasa sea alto, permitiendo ser una fuente de alimento energético para los bovinos. (Urdaneta, 2005, citado por Urdaneta J. 2010).

2.1.2. Efecto de la Madurez de la Caña de Azúcar

La madurez de la caña es un factor importante a considerar cuando se alimenta ganado, ya que la madurez está relacionada directamente con el contenido de azúcares y éstos con la respuesta animal. Las mejores ganancias en peso vivo que han sido reportadas se relacionan con animales que han sido alimentados con caña madura principalmente en la época seca, (Alvarez y Preston 1976, citado por Alvarez F. 1997).

Por otro lado, la recolección de caña inmadura o sobremadura mediante un método inadecuado de cosecha, provoca pérdidas en la producción de caña y en la recuperación de azúcar, produciendo un jugo de mala calidad y también causa problemas en la molienda, debido a la presencia de cuerpos extraños. Por lo tanto, una cosecha adecuada debe asegurar que:

- La caña sea cosechada en su máximo estado de madurez, evitando cortar caña sobremadura o inmadura.
- El corte de la caña debe ser hasta el suelo, para cosechar los entrenudos inferiores ricos en azúcar, aumentando la producción y el rendimiento de azúcar.
- El despunte o desmoche debe hacerse a una altura adecuada para eliminar los entrenudos superiores inmaduros.
- La caña debe estar limpia, removiendo los cuerpos extraños, tales como hojas, basura, raíces, etc.

- La caña cosechada debe enviarse rápidamente al ingenio.

La caña de azúcar por su facilidad de cultivo, adaptabilidad a todos los climas tropicales y su disponibilidad durante todo el año y durante varios años, constituye un material ideal para suplir energía, no así proteína porque su contenido es bajo y puede variar de acuerdo con la variedad y la edad de la caña de azúcar, con más frecuencia se menciona un 4.3%/ Ms. de Proteína Cruda para caña de azúcar integral. Por eso la caña, como cualquier otro material alimenticio sólo, no resuelve ningún problema de alimentación para el ganado, excepto que forme parte de una dieta balanceada (Torres 2009).

2.1.2.1. Valor Nutritivo

Dentro de las gramíneas, la caña de azúcar presenta la particularidad de mejorar su valor nutricional a medida que avanza su maduración. Como planta integral se caracteriza por su alta densidad energética, bajo contenido de proteína y marcado desbalance en su perfil mineral. Con un contenido de proteína y energía similar al de un pasto de media calidad, el cogollo generado como resto de cosecha es generalmente poco utilizado en la alimentación de vacunos, fundamentalmente por el inconveniente para su pastoreo directo y dificultad de recolección (Ojeda 2005).

Araque y D'Aubeterre (2006), sostienen que una de las características más resaltantes que presenta la caña, es que cuando la planta madura, la mayoría de los azúcares se reducen y se convierten en sacarosa, incrementándose los azúcares reductores. Además, la digestibilidad y el extracto libre de nitrógeno aumentan, mientras que los niveles de lignina y celulosa disminuyen. Sin embargo, por su bajo

aporte de proteína cruda y grasas, es necesario enriquecerla con fuentes proteicas y minerales. Estas características, de valor nutritivo relativamente bajo e incremento de su rendimiento en materia seca al madurar, permite su flexibilidad para la cosecha, que de hecho la convierte en una reserva potencial para el ganadero al usarla en momentos críticos como la época de sequía.

2.1.2.2. Composición Química

La composición química de la caña de azúcar es la resultante de la integración e interacción de varios factores que intervienen en forma directa e indirecta sobre sus contenidos, variando los mismos entre lotes, localidades, regiones, condiciones del clima, variedades, edad de la caña, estado de madurez de la plantación, grado de despunte del tallo, manejo incorporado, periodos de tiempo evaluados, características físico-químicas y microbiológicas del suelo, grado de humedad (ambiente y suelo), fertilización aplicada, entre muchos otros. (Chaves 2005).

Chaves (2005), también afirma que, en términos globales la Caña está constituida principalmente por Jugo y Fibra, siendo la Fibra la parte insoluble en agua formada por Celulosa, la que a su vez se compone de azúcares simples como la Glucosa (Dextrosa).

- A los Sólidos Solubles en agua (%) y representados por la Sacarosa, Azúcares Reductores y otros componentes, comúnmente se les conoce como Brix.

- Entre los Azúcares más simples se encuentran la Glucosa y la Fructuosa (Azúcares Reductores), que existen en el jugo de caña con grado avanzado de madurez en una concentración entre 1 y 5%.
- Además de los Azúcares contenidos en el jugo, existen también otros constituyentes químicos de naturaleza orgánica e inorgánica, representados por Sales de Ácidos Orgánicos, Minerales, Polisacáridos, Proteínas y otros No Azúcares.
- De la composición de la Caña, el 99% corresponde a los elementos Hidrógeno, Carbono y Oxígeno. Su distribución en el tallo es de aproximadamente un 74,5% de agua, 25% de Materia Orgánica y 0,5% de Minerales.
- La Glucosa es un componente normal de la Caña de Azúcar en cualquier fase de Desarrollo de la planta, encontrándosele en el jugo en mayor o menor cantidad.
- Altos contenidos de azúcares Glucosa y Fructuosa (Azúcares Reductores), en los tallos denuncian un estado de inmadurez, con presencia de otras sustancias indeseables como Almidón.
- La Fructuosa o Levulosa se encuentra en mayores concentraciones en Cañas que aún no alcanzan su madurez fisiológica y disminuye conforme este estado avanza y la planta madura.
- Los No Azúcares Orgánicos están representados por sustancias como: materias nitrogenadas (proteínas, aminoácidos, amidas, etc.), grasas y ceras, pectinas, ácidos libres y combinados (málico, succínico, oxálico, etc.).

- Los No Azúcares Inorgánicos que representan las cenizas, tienen como componentes principales: Sílice, Potasio, Fósforo, Calcio, Sodio, Magnesio, Azufre, Hierro, Aluminio, Cobre, Zinc, etc.

2.1.3. Uso de la Caña Ensilada

Al ensilar la caña picada es conveniente considerar que el resultado será un ensilaje con menores proporciones de azúcares ya que estos serán en gran parte transformados a otros productos que pueden tener un menor valor nutritivo. En el silo de caña se presenta una rápida reducción en el PH por el alto contenido de azúcares solubles, que crean un substrato ideal para el crecimiento de levaduras y consecuentemente un alto contenido de alcohol y poco ácido láctico, lo que afecta la calidad del silo. El uso de aditivos como el amoníaco, urea, hidróxido de sodio, han sido utilizados para reducir las pérdidas del ensilaje y mejorar el comportamiento animal (Alvarez *et al* 1977, citado por Alvarez F. 1997).

Alternativas:

Como otra alternativa de la nutrición Animal, Vasallo (2007) sostiene que fisiológicamente, la incorporación de un 60% de jugos con el 15% de azúcares equivale, cada 10 kilos de caña molida (volumen básico de una ración), a la provisión de 6 kilos de jugos con el 15% de azúcar; esto es en término energético igual a 900 gramos de azúcares totales cada 10 kilos de caña.

Esa cantidad de azúcares permite potenciar la ración con hidratos de carbono provenientes de cualquier grano molido, o subproducto de molienda, y, lo que es

más, complementar la ración con proteína de origen vegetal. En ese caso el "volumen" de celulosa que contiene el azúcar actúa como sustrato natural para la potenciación de la fermentación ruminal, logrando así una transformación de los hidratos de carbono aportados por los granos o subproductos que supera largamente en un 40% la conversión natural de grano o carne (Vasallo, 2007).

2.2. NOVILLAS DE REEMPLAZO

En una granja lechera típica existe aproximadamente el mismo número de terneros nacidos cada año así como vacas en el hato. En promedio, la mitad de los terneros serán hembras y la otra mitad serán machos. Normalmente los terneros machos son vendidos en una edad muy temprana. Las terneras hembras usualmente son criadas en la granja como novillas de reemplazo para el hato o como novillas para la venta (UGRJ, 2010).

Criar un gran número de novillas de reemplazo le permite económicamente al productor:

- Maximizar la ganancia genética dentro del hato;
- Reemplazar a las vacas con baja producción (incrementar la tasa de descarte y por ende la selección);
- Expandir el hato sin comprar novillas o vacas;
- Vender el exceso de novillas.

La selección genética y la inseminación artificial ofrecen la oportunidad de mejorar el mérito genético de las vacas de una generación a otra. Por lo tanto, criar novillas lecheras de reemplazo comienza con la selección de un toro que sea capaz de producir una novilla con el mayor potencial genético para producción de leche o cualquier otra meta de selección (UGRJ, 2010).

Una vez que la ternera ha nacido, la meta es garantizar su desarrollo apropiado con los gastos mínimos para que desarrolle su potencial de lactación posteriormente en su vida (UGRJ, 2010).



Fuente: UGRJ, 2010

Figura 2.1 Las novillas no son productivas, pero poseen el mayor potencial para producción de leche en el hato (Universidad de Wisconsin Madison. Consultado Jul. 2010)

2.2.1. Crecimiento de las Novillas

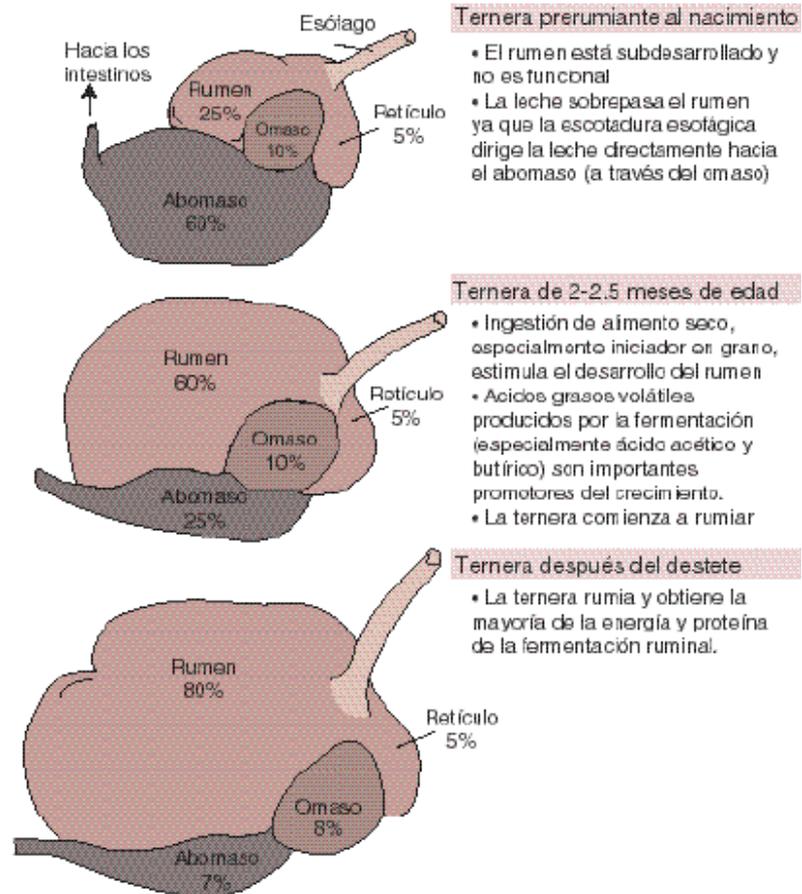
2.2.1.1. Desarrollo Ruminal

Rotger (2006), sostiene que la capacidad fermentadora del rumen, no está presente en el rumiante recién nacido. Al nacer, el rumen no es un órgano funcional y el sistema digestivo y metabólico del rumiante no se diferencia de cualquier otro mamífero recién nacido.

El desarrollo ruminal se puede dividir en tres fases: fase de lactante o no rumiante (0-3 semanas); fase de transición (3-8 semanas), donde pasará de alimentarse a base de leche a alimentarse de productos vegetales; y fase de rumiante (a partir de las 8 semanas) donde ya se sustenta exclusivamente de alimentos vegetales (Wardrop, 1961, citado por Rotger 2006). La duración de estas fases es aproximada y se puede manipular.

- En la Fase de lactante o no rumiante, el animal obtiene toda su energía a través de la digestión de la leche por enzimas propias. El punto crítico de esta fase es el nacimiento, porque se pasa de la alimentación placentaria a la digestiva y gran parte del éxito de supervivencia durante los primeros días de vida, se deberá a la composición del calostro, y aunque se comporte como el estómago de un monogástrico y los pre-estómagos sean muy rudimentarios, su patrón de contracción ya está establecido (Orskov, 1992, citado por Rotger 2006) y a las dos semanas de edad, los mecanismos nerviosos que estimulan la rumia ya son muy sensibles (Roy, 1980, citado por Rotger 2006).

- Durante la fase de transición, se producen una serie de cambios hacia el rumen maduro que le permitirán mantenerse a base de forraje y/o concentrado, como es aumentar de tamaño y adquirir las proporciones relativas adultas (desarrollo anatómico), establecer una población microbiana estable (desarrollo microbiológico) y una diferenciación papilar y metabólica para poder absorber y utilizar los productos de fermentación (Warner, 1991, citado por Rotger 2006). Estos cambios se producirán paulatinamente al iniciarse el consumo de alimento sólido, y todos están interrelacionados entre sí para asegurar el éxito del destete, sin que se resienta el crecimiento ni la salud del animal (Klein y col., 1987, citado por Rotger 2006).
- Durante la fase de rumiante: consumo de alimento sólido, aunque el rumen tenga la capacidad innata de desarrollarse, es el consumo de alimento sólido el desencadenante del desarrollo ruminal en todos los aspectos comentados en los apartados anteriores, y será la cantidad de leche consumida durante la fase de lactancia la que estimulará o retrasará este desarrollo. Un consumo insuficiente de nutrientes a partir de la leche estimula el consumo de alimentos sólidos y el desarrollo de los pre-estómagos. Si los terneros tienen acceso a cantidades decrecientes de leche, aproximadamente a los 7 días de vida comenzarán a consumir alimentos sólidos (Roy, 1980, citado por Rotger 2006).



Fuente: UGRJ, 2010

Figura 2.2 Etapas del desarrollo ruminal

Jones y Heinrichs (2007) y UGRJ (2010), sostienen que el consumo de alimento sólido estimula el desarrollo del rumen, y es crítico para el desarrollo ruminal. “El consumo temprano de un iniciador altamente palatable es importante para asegurar el desarrollo ruminal y una buena transición al momento del destete.” Bacterias, protozoarios y hongos que son habitantes normales del rumen, son establecidos naturalmente cuando la ternera consume alimentos sólidos.

La fermentación del almidón del grano produce ácidos grasos volátiles (AGV), en particular el butirato, que estimulan el crecimiento de las papilas del rumen y la actividad metabólica en el rumen.

Las bacterias del rumen así mismos también se proporcionan una importante fuente de nutrición microbiana proteínica, ya que se lavan fuera del rumen, digerida y absorbida en el intestino delgado. La proteína microbiana es muy digestible y contiene un perfil muy favorable de los aminoácidos en relación con las necesidades de los terneros en crecimiento (Jones y Heinrichs 2007).

2.2.1.2. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento de las novillas es un indicador del nivel de manejo. La alimentación, instalaciones, cuidado de la salud, así como otras prácticas de manejo, necesitan estar cambiando constantemente desde el nacimiento hasta el primer parto. En muchas granjas, las novillas que son destetadas es más probable que reciban dietas de mala calidad y que permanezcan expuestas a climas indeseables en comparación con las terneras jóvenes o las vacas en lactancia (UGRJ, 2010).

Villalobos y Quintero (2006), sostienen que la reducción de la edad promedio actual en que las novillas tienen su primer parto, requiere básicamente un incremento en la calidad de la alimentación; sin embargo, se debe analizar si el costo de la alimentación suplementaria para incrementar la tasa de crecimiento es menor que el costo asociado con un prolongado y no productivo periodo de levante. Es necesario tener en cuenta que mientras más largo sea el periodo de levante habrá un mayor

número de animales no productivos compitiendo por alimento, además habrá una reducción en las posibilidades de mejoramiento debido a un alto número de animales descartados antes de su primer parto por razones no reproductivas. También logrando un completo desarrollo esquelético y muscular de la novilla se obtiene una adecuada condición corporal de la novilla al parto, que le permite utilizar las reservas corporales en el periodo de deficiencia energética durante los primeros meses de lactancia y conseguir un mejor comportamiento durante el posparto, que constituye un periodo de infertilidad relativa, especialmente en las primíparas.

UGRJ (2010), sostiene que la tasa de crecimiento determina el tiempo requerido para criar una novilla y por ende su edad al primer parto. Sin importar la edad, las novillas deben de crecer para alcanzar el 80-85% de su peso vivo adulto al primer parto. Muchos productores lecheros siguen esta recomendación sin entenderla, ya que por experiencia ellos saben que las novillas que están mal desarrolladas tienen dificultad al parto y un mal rendimiento produciendo leche. Por lo que la edad “ideal” al primer parto depende de la tasa de crecimiento. Las novillas que crecen lentamente alcanzan después el 80-85% de su peso vivo adulto y deben parir posteriormente que las novillas que crecieron más rápidamente.

El crecimiento de las novillas debe de ser monitoreado:

- Para evitar un retraso en la madurez sexual y el primer parto debido a un lento crecimiento;
- Para determinar si las novillas están subalimentadas o sobrealimentadas;
- Para alcanzar un peso corporal ideal al primer parto y minimizar los problemas al parto.

- Cuando la tasa de crecimiento antes de la pubertad es limitada, la pubertad y el servicio tienden a estar retrasados y el parto ocurre cuando la novilla tiene más de 24 meses de edad. Una encuesta realizada en hatos lecheros con alta producción en los Estados Unidos indicó que la tasa de crecimiento de las novillas varía entre 0.8 y 0.95 kg/día.
- Una rápida tasa de crecimiento después de la pubertad, es generalmente benéfica para la futura producción de leche. Las novillas que están creciendo a una tasa constante, presentan la mayor tasa de concepción. Las novillas que están creciendo rápidamente durante la preñez, tienen un mayor peso corporal al parto, un menor riesgo de complicaciones en el mismo así como un mejor rendimiento durante su primera lactancia.

Las novillas no deben de ser muy delgadas (sub condicionadas) o muy obesas (sobre condicionadas) al parto. Las raciones deben de ser balanceadas para favorecer la ganancia de peso en crecimiento esquelético y muscular en oposición a un desarrollo excesivo de tejido adiposo.

2.2.1.3. Edad al primer celo

Los mecanismos fisiológicos responsables del inicio de la actividad ovulatoria no están todavía perfectamente definidos y son motivo de controversia. Sin embargo, se sabe que ciertas estructuras como: los ovarios, la pituitaria, las adrenales y el sistema nervioso central (SNC) están involucradas.

El nivel nutricional es probablemente el factor más importante involucrado con la aparición de la pubertad. A principios de este siglo (Eckles 1959, citado por Padilla 2006), observó que incrementando el nivel de nutrición se reducía el nivel de presentación del primer estro en vaquillas de razas lecheras. En un experimento realizado en Gran Bretaña con gemelas Friesian y Ayrshire (Hansson 1956, citado por Padilla 2006) se demostró que a la edad de la pubertad variaba de 372 a 552 días dependiendo del nivel nutricional de los animales. En un experimento orientado a estudiar los efectos de diferentes niveles de energía y proteína (Simmons *et al.* 1943, citado por Padilla 2006), se observó que con niveles bajos de energía retrasaban la presentación del primer celo. Niveles bajos de proteína tenían la misma consecuencia, aparentemente al reducir el consumo voluntario de energía.

La estación del año en que nace una becerro ha sido estudiada como otro factor ambiental que afecta la aparición de la pubertad, aunque en muchas ocasiones el efecto de estación está confundido con la alimentación debido a la producción estacional de forrajes. Se ha observado que vaquillas Holstein que nacen en la primavera, muestran su primer celo a menor edad que aquellas nacidas en otras épocas del año (Hawk *et al.* 1954, Menge 1960, citado por Padilla 2006). Asimismo, en ganado Cebú, las vaquillas nacidas en primavera y verano llegan a la pubertad a menor edad que las nacidas en el invierno (Plasse 1968, citado por Padilla 2006).

2.2.1.4. Primer servicio

Las novillas deben alcanzar cerca del 60% de su peso corporal adulto para la primera inseminación (14 a 15 meses de edad). Por lo tanto, si el peso adulto de las vacas tiene un promedio de 600 Kg, las novillas deben pesar 360 Kg ($600 \times 60/100$) al momento de la inseminación, y al parto (24 meses de edad) las novillas deben haber alcanzado 80 a 90% de su peso corporal adulto. (UGRJ 2010)

El momento de incorporación al servicio se debe retrasar hasta que el animal tenga un mayor tamaño corporal, de tal forma que los nutrientes requeridos para la gestación no retarden el crecimiento de la madre ni del feto. En caso que el plan alimenticio no sea adecuado para llenar los requerimientos tanto para crecimiento de las novillas como para el desarrollo de la gestación, se tiene el riesgo de ocasionar un daño en el sistema óseo y obtener crías de bajo peso, además de comprometer la producción y la productividad en futuras lactancias.

Desde el punto de vista económico, acortar la edad al primer servicio es muy importante, puesto que permite incrementar significativamente el ingreso neto por cada vaca en el total de su vida productiva. Lograr bajar la edad de servicio de 30-34 a 18-24 meses, implica obtener una lactancia y una cría adicional por vaca, con sus consecuentes repercusiones económicas. En términos prácticos, puede plantearse que, para un rebaño de 100 vacas, con producciones promedio en el intervalo entre partos de 1.800 kg de leche y con una vida útil de 10 años, se lograría un volumen de producción adicional de 180.000 kg de leche y de 100 becerros durante la vida útil del rebaño. Estos valores, normalmente el ganadero no los visualiza, ya que no se

trata de pérdidas tangibles sino más bien de ingresos insensibles que ha dejado de obtener (Ventura y Barrios, 2005).

2.2.2. Peso Corporal

El método más preciso para determinar el peso corporal es utilizar una báscula calibrada. Sin embargo, el tiempo y la mano de obra requerida en el movimiento de las novillas hace que esto sea generalmente, un método poco práctico aún cuando exista una báscula disponible en la granja.

Las medidas de la circunferencia de la cavidad torácica, pueden ser utilizadas para predecir con precisión el peso corporal. Una cinta métrica no elástica debe de ser colocada justamente atrás de las manos y adelante de los hombros de la novilla. Las dos puntas de la cinta deben de colocarse juntas, y la circunferencia debe de ser registrada. La Tabla 1 muestra los pesos corporales para varias mediciones de la circunferencia de la caja torácica para razas lecheras grandes, medianas y pequeñas de los Estados Unidos. El construir tablas específicas para otras razas y (o) otras locaciones alrededor del mundo debe de ser parte de cualquier programa de mejoramiento lechero (UGRJ 2010).

Cuadro 2.1. Circunferencia torácica y peso corporal de novillas lecheras de razas europeas populares en los Estados Unidos.

Circunfe- rencia torácica (cm)	Peso corporal (kg)			Circunfe- rencia torácica (cm)	Peso corporal (kg)		
	Razas grandes ¹	Razas medianas ¹	Razas pequeñas ¹		Razas grandes ¹	Razas medianas ¹	Razas pequeñas ¹
68.6	37.2	31.3	25.9	137.2	220.9	214.1	205.0
71.1	37.4	32.4	28.1	139.7	230.4	223.2	216.4
73.7	38.6	34.9	31.3	142.2	242.7	233.1	228.6
76.2	40.6	37.6	34.9	144.8	254.9	248.1	240.9
78.7	43.5	41.3	39.5	147.3	266.3	259.5	252.2
81.3	46.7	44.9	43.5	149.9	279.0	272.2	267.2
83.8	51.7	50.8	49.9	152.4	289.8	283.0	278.1
86.4	56.2	55.8	55.3	154.9	305.3	298.0	291.7
88.9	61.2	61.7	61.7	157.5	316.2	309.8	303.9
91.4	67.1	67.1	67.1	160.0	331.6	325.7	320.2
94.0	73.9	73.9	73.9	162.6	343.8	337.9	332.5
96.5	80.3	80.3	80.3	165.1	360.2	354.7	349.7
99.1	87.1	87.1	87.1	167.6	374.7	369.7	364.2
101.6	94.3	94.3	93.9	170.2	390.5	385.1	379.7
104.1	101.6	100.7	100.2	172.7	403.2	397.8	392.4
106.7	110.7	109.3	108.4	175.3	421.8	415.9	410.5
109.2	117.5	116.1	114.8	177.8	435.9	428.6	422.7
111.8	126.6	124.3	122.5	180.3	455.0	448.6	438.2
114.3	134.3	131.5	129.3	182.9	474.0	459.5	450.0
116.8	143.3	140.2	137.0	185.4	489.4	476.7	464.5
119.4	151.5	147.9	144.2	188.0	507.1	490.3	475.8
121.9	161.9	157.4	152.9	190.5	525.3	506.2	487.2
124.5	169.6	164.7	160.1	193.0	539.8	517.1	494.9
127.0	179.6	173.3	169.2	195.6	563.8	534.3	504.8
129.5	189.1	183.3	177.8	198.1	584.2	547.0	510.3
132.1	200.0	193.7	187.8	200.7	600.6	556.6	513.5
134.6	210.0	202.8	197.3	—	—	—	—

Fuente: (UGRJ 2010)

2.2.3. La Altura a la Cruz

UGRJ 2010 y Garibay 2010, sostienen que es la distancia perpendicular que existe desde el punto más elevado a la línea media de la cruz al plano de sustentación.

La cruz es el punto más alto en la espalda localizado en la base del cuello y entre los hombros. La regla debe de ser colocada junto a las manos de la ternera (un poco más delante de donde la cinta es colocada para medir la circunferencia torácica). Un nivelador puede ser utilizado para asegurarse que la parte ajustable de la regla se encuentra descansando sobre la cruz de la ternera y que ésta es paralela al piso al momento de la medición. La comparación de datos a través de los años es una valiosa herramienta de manejo.

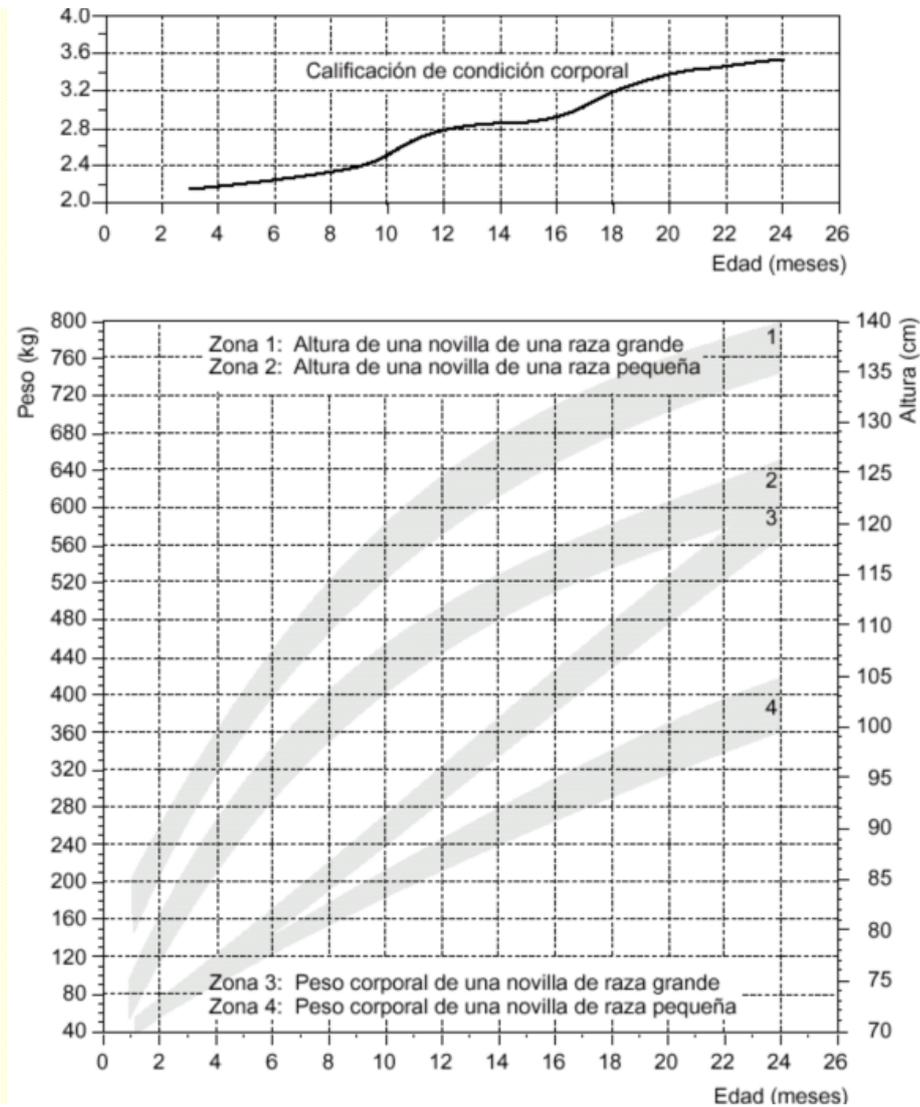
2.2.4. Condición Corporal

La condición corporal (CC) de un animal puede conceptuarse como la relación existente en su organismo entre los componentes grasos y los no grasos, o simplemente por la presencia de grasa subcutánea que determina el “estado de carnes” de los animales (Nogal 1999 y Gasque 2008).

Nogal 1999, sostiene que para la verificación de la CC en animales vivos se recurre habitualmente a métodos subjetivos tendentes a la detección de las reservas corporales presentes en el organismo bajo la forma de grasas y/o músculos, en lo que se ha dado en llamar evaluación de la CC (ECC) y de la que se desprende la asignación de una puntuación o nota definidora.

La Puntuación de condición corporal es una herramienta adicional que puede ser utilizada para evaluar la nutrición en general y el manejo de un programa de novillas. Algunas limitaciones en la realización de la puntuación de la condición

corporal de vaquillas incluyen largos abrigos de pelo invernal (en climas más fríos) y el problema de la captura de novillas para observar de cerca la grasa sobre las costillas y la cabeza de la cola. Los terneros jóvenes generalmente son delgados por naturaleza (2,0 a 2,5 en la escala de cinco puntos), pero su condición corporal debe aumentar a o cerca de 3,0 por la edad de reproducción. La condición corporal de 3,5 a 3,7 se considera ideal para las novillas de parto a los 22 y 24 meses. Esta calificación permite que una cantidad moderada de grasa corporal almacenada para su uso en la lactancia temprana, cuando la energía en la dieta es insuficiente para la producción de leche (Henrichs y Lammers 1998).



Fuente: Wattiaux, 2002.

Figura 2.3. Calificación de Condición Corporal, Peso y Altura de acuerdo a la edad en meses de animales de 0 a 26 meses de edad.

2.2.5. Inversión del Levante de Novillas

El entendimiento de los costos involucrados en la cría de vaquillas debe ser una cuestión importante para los productores en la industria lechera. Los animales de reemplazo se estiman dentro del 15-20% del total de los costos de producción de

leche. El reemplazo de vaquillas se califica como el segundo o tercer componente más grande en costos de producción después de la alimentación y posiblemente en la mano de obra, en la mayoría de los establos lecheros. Estos costos varían de establo a establo y pueden tener diferencias extremas debido a los variables niveles de manejo (Heinrichs 2001).

Villalobos y Quintero (2006), afirman que para decidir cuánto se necesita invertir en el levante de las novillas, primero se deben decidir las metas a las cuales se quiere llegar. Las decisiones de manejo deben estar totalmente basadas en los costos que generan, así como también en el efecto que producen sobre la rentabilidad total en la unidad de producción. Los beneficios que resultarían de la inversión en el levante serían, reducir la edad promedio actual en que las novillas tienen su primer parto y lograr un completo desarrollo esquelético y muscular de la novilla.

- El costo total de la crianza de novillas depende primariamente del número total de novillas en el hato y de la edad al primer parto.
- El alimento, es con mucha diferencia el mayor costo, los costos de mano de obra o instalaciones generalmente se clasifican como secundarias.
- Un retraso en la edad al primer parto (más allá de los 24 meses de edad recomendados) reduce la eficiencia económica del hato de reemplazo por que existen:
 - Novillas adicionales presentes en el hato;
 - Costos adicionales de alimentación;
 - Reducción del número de novillas a primer parto disponibles por año(UGRJ 2010).

2.3. FUNCIONAMIENTO RUMINAL DE BOVINOS

La vaca lechera y otros animales como ovejas, cabras, búfalos, camellos y jirafas son herbívoros cuyas dietas están compuestas principalmente de materia vegetal. Muchos herbívoros también son rumiantes. Los rumiantes se identifican fácilmente porque mastican la comida mucho aún cuando no ingieren alimentos. Esta acción de masticar se llama Rumia y es parte del proceso que le permite al rumiante obtener energía de las paredes de las células de las plantas, que también se llama fibra (Wattiaux y Howard 2002).

Etgen y Reaves (1985), sostienen que la Digestión se lleva a cabo en el llamado “canal alimentario”, que en los rumiantes como las vacas es mucho más complejo que otros animales. Inicia en la boca, pasa al esófago, los cuatro compartimientos del estómago, el intestino delgado y el intestino grueso. Este canal alimentario tiene una longitud aproximada de 54m de longitud y las funciones del aparato digestivo total son:

- a)** Ingerir el pienso o alimento
- b)** Almacenarlo durante un corto período de tiempo
- c)** Digerir y absorber la porción digerible, y
- d)** Evacuar la porción no digerida.

2.3.1. Ecosistema Ruminal

2.3.1.1. Fermentación Ruminal

El término fermentación se refiere al metabolismo microbiano en ausencia de oxígeno que convierte a los carbohidratos en productos orgánicos como los ácidos grasos volátiles (AGV's), ácido láctico y etanol. Estos productos retienen la mayor parte de la energía original en el sustrato, una consecuencia de la falta de oxígeno para su oxidación completa a bióxido de carbono (CO₂) y agua (Angeles 2007).

Rotger (2006), afirma que el rumen es una cámara de fermentación anaeróbica. La población microbiana se mantiene al ingerir y masticar alimentos con regularidad, añadiendo tampones y eliminando los ácidos producidos, arrastrando los residuos alimenticios no digeribles y los productos microbianos, y manteniendo unas condiciones apropiadas de pH, temperatura y humedad para el crecimiento microbiano. Estos microorganismos dependen del rumiante para disponer de las condiciones óptimas para su crecimiento, y el rumiante depende de los productos de fermentación anaeróbica del alimento fibroso que ingiere y de la actividad biosintética microbiana, para cubrir sus propias necesidades nutritivas (Yokohama y Johnson, 1988, citado por Rotger 2006). El metabolismo del rumiante está enfocado a aprovechar los productos de la fermentación microbiana como los ácidos grasos volátiles (AGV), sin embargo, no todos los productos de la fermentación microbiana son útiles para el rumiante, también los hay de inútiles como el metano, o incluso nocivos como el amoníaco y los nitratos (Owens y Goetsch, 1986, citado por Rotger 2006).

El proceso de fermentación produce grandes cantidades de bióxido de carbono, metano y amoníaco; menores cantidades de hidrógeno, ácido sulfhídrico y monóxido de carbono; y probablemente indicios de otros gases. Normalmente la acción refleja de la eructación elimina estos gases (Etgen y Reaves, 1985).

➤ La fermentación ruminal le permite al rumiante:

- a) utilizar alimentos que son muy fibrosos para los no rumiantes
- b) le confiere la habilidad de degradar la celulosa y liberando el contenido celular convirtiendo a la celulosa en un nutrimento primordial.
- c) permitiendo la síntesis de proteína microbiana de alto valor biológico a partir de proteína vegetal de bajo valor biológico, a partir de nitrógeno no proteico de la dieta y a partir del reciclaje de productos metabólicos de desecho (urea) y
- d) provee todas las vitaminas del complejo B siempre y cuando exista la concentración adecuada de cobalto para la síntesis de vitamina B₁₂.

➤ Las desventajas de la digestión ruminal son que:

- 1) el rumiante necesita pasar una buena parte del día (aprox. 8 h) rumiando y debe tener acceso al alimento a intervalos regulares.
- 2) El rumiante necesita mecanismos complejos para mantener su cámara de fermentación trabajando eficientemente por ejemplo:

- a) adicionar continua de grandes cantidades de saliva con naturaleza alcalina

- b) movimientos de mezclado con tono marcado de los compartimentos gástricos
 - c) mecanismos para la eliminación de gases producto de la fermentación (eructo), para la regurgitación (rumia) y para la absorción de los productos finales de fermentación y para el paso de partículas no digeridas hacia el omaso
- 3) las rutas metabólicas deben ser capaces de utilizar los particulares productos finales de la fermentación, los AGV's, de los cuales sólo el ácido propiónico es el único que puede convertirse en glucosa, cuyo requerimiento es elevado en etapas como final de gestación y lactación. Por lo que se considera al proceso de fermentación como ineficiente desde el punto de vista energético, ya que las bacterias gastan energía para su mantenimiento lo cual se traduce como calor lo cual se considera una pérdida de energía para el rumiante (Angeles 2007).

2.3.1.2. Poblaciones ruminales

La diversidad de microorganismos del rumen es importante porque la presencia de especies distintas aporta un conjunto mayor de genes y complemento de enzimas, así como reacciones bioquímicas precisas para una conversión máxima de productos alimenticios en células microbianas y productos de fermentación (Blanco 1999).

La mayoría de microorganismos presentes en el rumen funcional son anaeróbicos estrictos, y estos pueden ser bacterias, protozoos u hongos. El número relativo de las diferentes especies dependerá de la composición y estructura de la dieta, así como de las múltiples interacciones entre ellos (Orskov, 1992, citado por Rotger 2006).

➤ **Bacterias:** Son el grupo de microorganismos más abundante, representan aproximadamente la mitad de la biomasa ruminal y una mayor proporción de la actividad metabólica ruminal, que está inversamente relacionada con el tamaño del microorganismo (Ørskov, 1992, citado por Rotger 2006). En función de su principal substrato de fermentación, se pueden clasificar en microorganismos que degradan celulosa, hemicelulosa, almidón, azúcares, ácidos intermedios, proteína, pectina o lípidos. En una clasificación más extensa, se puede incluir el grupo de bacterias productoras de metano, de amoníaco y bacterias con actividad ureasa (Tabla 1).

Cuadro 2.2. Clasificación de las principales especies bacterianas del rumen según el tipo de sustrato que fermentan.

Principales especies celulolíticas <i>Fibrobacter succinogenes</i> <i>Ruminococcus flavefaciens</i> <i>Ruminococcus albus</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	Principales especies proteolíticas <i>Ruminobacter amylophilus</i> <i>Prevotella ruminicola</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Streptococcus bovis</i>
Principales especies hemicelulolíticas <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Prevotella ruminicola</i> <i>Ruminococcus sp.</i>	Principales especies utilizadoras de lípidos <i>Anaerovibrio lipolytica</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Treponema bryantii</i> <i>Eubacterium sp.</i> <i>Fusocillus sp.</i> <i>Micrococcus sp.</i>
Principales especies pectinolíticas <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Prevotella ruminicola</i> <i>Lachnospira multiparus</i> <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i> <i>Treponema bryantii</i> <i>Streptococcus bovis</i>	Principales especies productoras de metano <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> <i>Methanobacterium formicicum</i> <i>Methanomicrobium mobile</i>
Principales especies amilolíticas <i>Ruminobacter amylophilus</i> <i>Streptococcus bovis</i> <i>Succinomonas amylolytica</i> <i>Prevotella ruminicola</i>	Principales especies productoras de amoníaco <i>Prevotella ruminicola</i> <i>Megasphaera elsdenii</i> <i>Selenomonas ruminantium</i>
Principales especies utilizadoras de azúcares <i>Treponema bryantii</i> <i>Lactobacillus vitulinus</i> <i>Lactobacillus ruminus</i>	Principales especies ureolíticas <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i> <i>Selenomonas sp.</i> <i>Prevotella ruminicola</i> <i>Ruminococcus bromii</i> <i>Butyrivibrio sp.</i> <i>Treponema sp.</i>
Principales especies utilizadoras de ácidos <i>Megasphaera elsdenii</i> <i>Selenomonas ruminantium</i>	

Fuente: Adaptado de Yokohama y Johnson, 1988, citado por Rotger (2006).

Otra clasificación bacteriana, se hace en función de la fase física a la que se encuentran asociadas dentro del rumen. Aproximadamente el 75% de las bacterias se encuentran asociadas a las partículas de alimento y son las responsables, en mayor parte, de la degradación ruminal del alimento (Orskov, 1992, citado por Rotger

2006); un segundo grupo bacteriano más inespecífico, se encuentra asociado a la fase líquida y está formado por las bacterias que se han soltado de las partículas y poblaciones con altos ritmos de división que subsisten a partir de nutrientes solubles en el líquido ruminal.

Finalmente, un tercer grupo de bacterias anaeróbicas facultativas adheridas al epitelio ruminal. Estas bacterias asociadas al epitelio ruminal consumen rápidamente el oxígeno que entra con el alimento y el agua, y están especializadas en degradar las células epiteliales sin intervenir activamente en la degradación del sustrato. También tienen gran actividad proteasa y ureasa, mediante la cual intervienen en el reciclaje de urea proveniente del torrente sanguíneo (Cheng y Costerton, 1980, citado por Rotger 2006).

- **Protozoos:** Constituyen el grupo microbiano con el papel más controvertido en el rumen. Su número es de 10^5 - 10^6 células/ml de contenido ruminal, siendo la mayoría especies ciliadas. Se pueden clasificar en dos subclases, *Entodiniomorfa*, y *Holotrica*, (Hungate, 1966, citado por Rotger 2006) (Tabla 2).
 - Arias (1982), afirma que los holotricos (ej.: géneros *Isotricha*, *Dasytricha*), se caracterizan por poseer su cuerpo absolutamente cubierto de cilios. Estos protozoos metabolizan preferentemente hidratos de carbono solubles como fuente de carbono y energía, y generalmente polimerizan hexosas en amilopectina, secuestrando así las fuentes potenciales de carbono y energía. Los productos principales de fermentación de los holotricos son ácidos acético, butírico y láctico junto a gases como CO_2 e H_2 .

- Los entodiniomorfos y todos sus géneros se caracterizan por poseer cilios confinados a regiones específicas de la superficie corporal, corrientemente su polo anterior. Son predominantemente consumidores de alimento particulado, como células bacterianas y vegetales, y gránulos de almidón. También usan carbohidratos solubles cuando no disponen de alimento particulado (Arias 1982). Su actividad celulolítica es indirecta por cuanto es debida a la presencia y actividad de bacterias celulolíticas en el endoplasma protozario. El almidón es ciertamente su principal fuente de carbono y energía. Los productos de fermentación de estos protozoos lo constituyen gases como CO₂ e H₂ y varios ácidos grasos volátiles y lácticos.

Cuadro 2.3. Clasificación de los principales protozoos ruminales con los substratos de fermentación preferentes.

Subclase	Género	Substrato fermentado
<i>Holotrica</i>		
	<i>Isotrica</i>	Almidón y azúcares
	<i>Dasytrica</i>	Almidón y azúcares
<i>Entodiniomorfa</i>		
	<i>Entodinium</i>	Almidón
	<i>Epidinium</i>	Almidón y hemicelulosa
	<i>Ophryoscolex</i>	Almidón
	<i>Diplodinium</i>	Celulosa
	<i>Eudiplodinium</i>	Celulosa
	<i>Polyplastron</i>	Celulosa

Fuente: Hungate, 1966, citado por Rotger (2006).

Los géneros más frecuentes en el rumen son *Neocallimastix*, *Caecomyces*, *Pyromyces* y *Orpinomyces* (Van Soest, 1982, citado por Rotger 2006).

El hecho de que los hongos no predominen en el rumen se debe a su lento tiempo

de generación en comparación con las bacterias, 6-9 vs. 0,5-3,5 h, y su paso a duodeno, aunque no ha sido estimado, también debe ser muy bajo (Varga y Kolver, 1997, citado por Rotger 2006). En dietas forrajeras pueden representar el 8% de la masa microbiana (Orpin, 1981), pero su número se reduce en dietas ricas en concentrado o en forrajes de alta calidad con tiempos de retención más cortos. Tienen actividad celulasa y hemicelulasa pero no pueden degradar la pectina y el ácido poligalacturónico (Fonty y Joblin, 1991, citado por Rotger 2006). No hay evidencia de que degraden la lignina, pero sus rizoides la pueden penetrar y facilitar la degradación de la pared celular (Van Soest, 1982, citado por Rotger 2006).

2.3.2. Degradación de Carbohidratos

Los carbohidratos son la principal fuente de energía para los microorganismos ruminales (Hungate, 1966, citado por Rodger 2006) y el componente cuantitativamente más importante de la dieta de los rumiantes. Además de aportar energía a los microorganismos y al rumiante, se encargan de mantener el óptimo funcionamiento del rumen (Rotger 2006).

Desde el punto de vista estructural, por su biosíntesis los carbohidratos se dividen en estructurales (constituyentes de la pared celular, e incluyen celulosa, hemicelulosa y pectina) y no estructurales (no forman parte de la estructura vegetal, y se componen de azúcares simples, hidratos de carbono de reserva y ácidos orgánicos).

Palladino *et al.* 2006, sostiene que los hidratos de carbono constituyen el componente más importante en las raciones de vacas lecheras. Desde el punto de vista nutricional (Rotger 2006), enfocado hacia la biodegradación, se pueden clasificar en fibrosos (corresponden a la fibra neutro detergente (FND) de Van Soest, (1982)) y no fibrosos (Tabla 3). Las únicas diferencias entre las dos clasificaciones son la pectina, que siendo un carbohidrato estructural no se incluye dentro de la FND del análisis de Van Soest (1982) y la lignina, que sin ser un carbohidrato, se encuentra íntimamente ligado a la pared celular y se incluye dentro de la fracción de FND.

Cuadro 2.4. Clasificación de los carbohidratos y su composición.

Carbohidratos	Composición
No fibrosos	
Azúcares solubles	Mono y di-sacáridos
Carbohidratos de reserva	
Almidón	Polímero de glucosa unidas por enlaces α 1-4, α 1-6
Fructosanos	Polímero de fructosa
Levanos	Enlaces β 2-6 (forrajes verdes y granos de cereal)
Inulinas	Enlaces β 2-1 (tubérculos)
Pectinas	Ácido galacturónico, arabinosa, galactosa
Ácidos orgánicos	Productos de fermentación de otros carbohidratos (ensilados)
Fibrosos	
Celulosa	Polímero de glucosa unidas por enlaces β 1-4
Hemicelulosa	Xilanos, glucosa, arabinosa, manosa, galactosa, ácido galacturónico
Lignina	Polímero fenólico unidos por enlaces cruzados muy complejos

Fuente: Adaptado de Van Soest, 1982, citado por Rotger (2006).

- **Carbohidratos no fibrosos:** son una fuente de energía muy importante y los carbohidratos no fibrosos fermentan rápidamente, aportando energía para los

microorganismos y para el animal, pero aumentan el riesgo de acidosis ruminal.

Son aquellos que desde el punto de vista del análisis químico no forman parte de la FND, y este grupo se compone de los carbohidratos de reserva de las plantas, azúcares solubles, pectinas y ácidos orgánicos.

❖ Los azúcares solubles, solamente son abundantes por periodos cortos de tiempo después de la ingestión de alimento y posteriormente actúan como metabolitos intermedios en la degradación de carbohidratos más complejos (Hungate, 1966). Su degradación es inmediata por una gran variedad de poblaciones bacterianas que digieren carbohidratos más complejos.

❖ El almidón y los fructosanos son degradados eficientemente por las bacterias amilolíticas, siendo el propionato el principal producto de fermentación. Aunque los almidones se degradan en gran proporción en el rumen, en función del tipo y el grado de procesamiento, podrán escapar parcialmente de la degradación ruminal, para ser digeridos a nivel intestinal por la acción de la amilasa pancreática. La extensión y la velocidad de fermentación del almidón varían entre especies vegetales.

❖ Las pectinas tienen un elevado contenido energético y son fermentadas rápidamente, pero a diferencia de los almidones, el acetato es el principal producto de su fermentación, lo que reduce el riesgo de

acidosis (Van Soest, 1982). La actividad pectinolítica, se ha demostrado en bacterias y protozoos, pero es muy baja en los hongos anaeróbicos. Los microorganismos que degradan la pectina son especialmente sensibles a descensos en el pH ruminal (Strobel y Russell, 1986, citado por Rotger 2006).

❖ Los ácidos orgánicos, son productos de fermentación de los hidratos de carbono, y sólo son cuantitativamente importantes en los ensilados, aportando muy poca energía a los microorganismos ruminales.

- **Carbohidratos fibrosos:** si bien también existen diferencias en su composición, solamente pueden ser digeridos en el rumen. La determinación química de la fibra insoluble en detergente neutro (FDN) se utiliza como estimador del contenido de carbohidratos fibrosos. La FDN está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. La calidad de la FDN depende de la proporción relativa de sus componentes ya que la lignina es indigestible mientras que la celulosa y la hemicelulosa sí lo son. A su vez, la celulosa es menos digestible que la hemicelulosa.

Son resistentes a la degradación, estimulan más la rumia y aumenta la producción de saliva que actúa como tampón ruminal.

La fibra es una entidad heterogénea formada por varios componentes químicos de composición conocida, pero cuya estructura tridimensional es variable y poco

conocida. Desde el punto de vista químico, la fibra se compone de un entramado de celulosa, hemicelulosa y lignina (Calsamiglia 1997).

Calsamiglia (1997) y Angeles (2007), sostiene que la fibra, como nutriente, contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal (llenado ruminal y estímulo de las contracciones ruminales) y de las condiciones ruminales (pH, a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia; Nocek, 1994, citado por Calsamiglia 1997). Estas dos funciones dependen de la composición, la degradabilidad y la forma de presentación de la fibra.

Las vacas deben consumir una cantidad mínima de fibra que estimule la rumia y la salivación. Para definir el aporte de FDN necesario, no sólo hay que considerar la composición química de la fibra, sino también el tamaño y la forma de partícula, concepto que se define como Fibra Efectiva (FDNef). La FDNef es la cantidad de fibra con capacidad de estimular la rumia y la salivación (Palladino *et al.* 2006).

La fibra se considera que agrupa los componentes de la pared celular, pero según el método de extracción utilizado agrupará distintos componentes, surgiendo las siguientes definiciones (Van Soest, 1982, citado por Rotger 2006):

- **Fibra neutro detergente:** material insoluble en solución detergente neutra. Se compone de celulosa, hemicelulosa, lignina y puede contener residuos de almidón, cenizas y nitrógeno. Es la definición más utilizada.

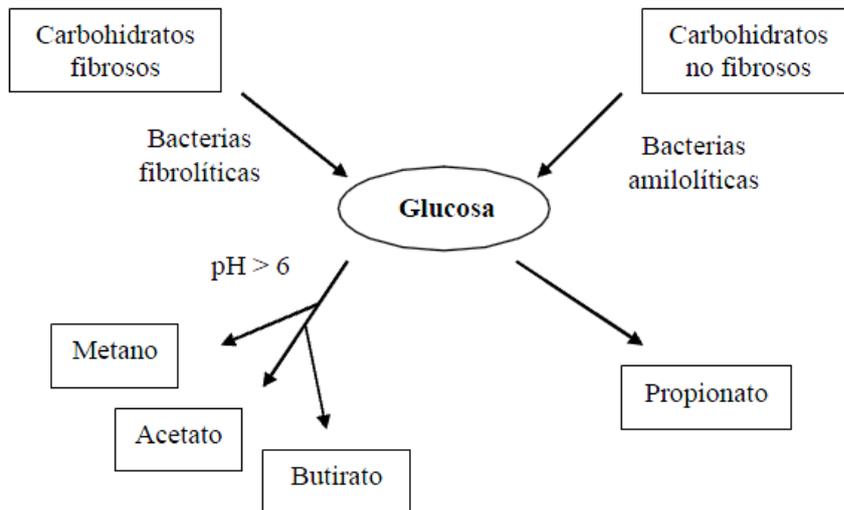
- **Fibra ácido detergente:** material insoluble en solución detergente ácida. Está constituida por celulosa y lignina, aunque puede contener residuos de nitrógeno y minerales.
- **Fibra bruta:** material insoluble en solución ácida, seguida por una alcalina, y está constituido por celulosa, aunque puede contener residuos de hemicelulosa, lignina y compuestos nitrogenados.

La fibra efectiva puede definirse como la capacidad real para estimular la rumia y la salivación que resulta en el mantenimiento de las condiciones ruminales óptimas para la producción de leche, y depende del tipo, forma y tamaño de la fibra que estimula la rumia (Angeles 2007).

Con base a estos principios se han desarrollado índices de valor forraje que estiman el tiempo de masticación y/o rumia por Kg de MS, y que han servido de base para estimar el valor de fibra efectiva (FDNe). Con el fin de mantener el llenado ruminal y las condiciones fermentativas adecuadas, se recomienda que el 80% de la FDN se aporte en forma de FDNe, o bien el 22.4 de la FDNe en % de la MS ingerida, (Sudweeks *et al.*, 1981; Santini *et al.*, 1983, citado por Angeles 2007).

La implementación de estos conceptos en la práctica presenta dos problemas:

- a) disponibilidad de valores de FDNe de los ingredientes es limitada. En la actualidad existen valores establecidos por la Universidad de Michigan y Cornell (Sniffen *et al.*, 1992).
- b) Determinación práctica del valor FDNe en función del tamaño es difícil de estandarizar.



Fuente: Rotger (2006).

Figura 2.3. Vías metabólicas de la degradación de carbohidratos fibrosos y no fibrosos

2.3.3. Metabolismo Proteico

En rumiantes, al igual que en animales monogástricos, las necesidades de proteína son cubiertas por aminoácidos absorbidos por el intestino delgado. Estos aminoácidos son provistos en parte por la proteína microbiana sintetizadas en el rumen y por la proteína de la dieta que escapa a la fermentación ruminal. Las bacterias para realizar la síntesis de proteína requieren de fuentes de nitrógeno, dependiendo la eficiencia de captación del nitrógeno amoniacal, de la energía disponible para los microorganismos. Esto es más importante cuanto mayor sea la cantidad de proteína que se digiere en el rumen, es decir de su degradabilidad (Santini y Elizalde, 1994).

También es importante considerar si la proteína microbiana sintetizada en rumen cubre los requerimientos del animal. Por ejemplo, las vacas lecheras y animales jóvenes en crecimiento tienen altos requerimientos y su producción depende de que cierta cantidad de proteína de la dieta pase el rumen sin degradarse, además de la fuente de proteína microbiana dependiente de la energía disponible en rumen.

2.3.3.1. Degradabilidad de la proteína

Las proteínas de la dieta pueden ser extensivamente degradadas y fermentadas en el rumen o pasar sin ser alteradas al tracto digestivo posterior. El grado de digestión proteica en el rumen varía en forma marcada, siendo las proteínas más degradables las de los forrajes de calidad. Con especies forrajeras de clima templado y buen manejo, el contenido de proteína bruta puede estar en el orden de 19-35 % de la materia seca, que indudablemente está en exceso a los requerimientos en los animales. Sin embargo, numerosos trabajos muestran que en los animales consumiendo forraje de alta calidad la producción de éstos fue menor que la esperada. Esto se debe a que no toda la proteína consumida puede llegar al intestino. Si el contenido proteico es elevado gran parte de ésta se perderá al ser degradada en rumen sin la correspondiente síntesis bacteriana (Santini y Elizalde 1994).

2.3.4. pH Ruminal

Otro factor importante que afecta la degradación de la fibra es el pH ruminal. Es sabido que con pH ruminales menores a 6,2 la digestión de la fibra se ve afectada. El aumento en el uso de concentrados en la dieta de vacas lecheras resulta en pH ruminales bajos debido a una alta producción de ácidos grasos volátiles (AGV) y de lactato en particular. En vacas lecheras pastoreando pasturas de alta calidad, se han registrado valores de pH muy variables con oscilaciones de 5,6 a 6,8 (Palladino *et al.* 2006).

Las pasturas de alta calidad, a pesar de que tienen un mayor contenido de FDN en comparación con los concentrados, presentan una fibra de muy alta calidad, muy poco lignificada, y de alta y rápida degradabilidad ruminal. Debido a esto, la fibra proveniente de este tipo de pasturas presenta un bajo contenido de FDNef disminuyendo la rumia y en consecuencia la salivación. Este efecto sumado a una alta producción de AGV como consecuencia de una mayor digestibilidad del forraje, produce un descenso del pH ruminal.

Existen dos formas para aumentar la cantidad de AGV en rumen:

- 1) aumentar la proporción de concentrados en la dieta o
- 2) utilizar forraje de muy buena calidad.

Sin embargo, ambas formas no provocan los mismos efectos en el ambiente ruminal. Cuando a una dieta a base de forrajes se le adiciona una fuente de carbohidratos no fibrosos, como grano de maíz, los efectos depresores del pH

ruminal sobre la digestión de la fibra se ven acentuados, no ocurriendo lo mismo en dietas con alta proporción de forrajes de alta calidad (Palladino *et.al* 2006).

Diversos mecanismos fueron propuestos para explicar estas diferencias.

En primer lugar, la digestibilidad de alimentos de alta calidad se ve menos comprometida a bajos pH que la de alimentos de peor calidad.

Segundo, el bajo pH ruminal generado en condiciones de pastoreo está más relacionado con una alta producción de AGV que con la producción de lactato.

2.4. ALIMENTACIÓN DE BOVINOS

La vaca es un animal herbívoro, cuya principal fuente de alimentos proviene de gramíneas y leguminosas forrajeras, las cuales puede convertir en energía y proteínas debido a su asociación simbiótica con microorganismos presentes en los dos primeros compartimientos de su estómago, en el retículo-rumen. Estos microbios son capaces de convertir la fibra, indigestible por las enzimas producidas por los mamíferos, en energía (ácidos grasos volátiles) y en proteína microbiana, las cuales pueden satisfacer los requerimientos del animal para cumplir sus funciones vitales y productivas. Para que esta función simbiótica dentro del retículo-rumen opere de manera eficiente, el animal debe proveer de condiciones mínimas a estos socios (simbiontes) que le den el sustrato, en cantidad y calidad suficientes, temperatura adecuada, pH tendiente a la neutralidad, humedad y concentración de sustancias disueltas. Todo ello para favorecer las reacciones fermentativas y que produzcan

mínimas pérdidas en producción de sustancias indeseables (metano) y las proporciones adecuadas de precursores energéticos esenciales (acetato, propionato y butirato). El animal debe ingerir alimentos de manera constante para proveer el sustrato y para mantener siempre la materia prima que pueda ser procesada y que los microorganismos puedan multiplicarse fácilmente; de otra manera, los microorganismos mueren y la población disminuye no pudiendo colonizar las fibras con facilidad, disminuyendo la digestión de la misma, conjuntamente con la eficiencia en el rumen. (Nouel 2006).

2.4.1. Nutrición Animal

La nutrición como proceso fundamental que garantiza la vida de los seres vivos, se constituye en una de las preocupaciones primordiales del productor, pues es la única vía que conduce al crecimiento, la reparación y mantenimiento de los tejidos y favorece el proceso de lactancia. Del balance de los nutrientes y de todas las transformaciones de energía depende el éxito de la explotación pecuaria, así como del conocimiento de los requerimientos alimenticios de los animales en cuanto a elementos y cantidades (Manual de Nutrición Animal 2007).

La Nutrición Animal es de suma importancia desde los puntos de vista económico y productivo, ya que al analizar los costos de la producción pecuaria notamos el papel sobresaliente de la nutrición.

2.4.2. Nutrición de las Novillas

Ventura y Barrios (2005), afirman que cuando nos referimos al manejo nutricional de hembras de reemplazo, normalmente nos imaginamos a las hembras con peso y edad próxima al inicio de su vida reproductiva. Sin embargo, el manejo adecuado de estos animales debe iniciarse desde el nacimiento para poder alcanzar en un tiempo conveniente, el peso y la conformación requeridas para obtener resultados satisfactorios en su comportamiento reproductivo y productivo. En los sistemas de producción de bovinos, el régimen nutricional establecido incide notablemente sobre el crecimiento y el desarrollo del animal. La pubertad generalmente ocurre o está asociada a un determinado peso, relativo al peso de adulto o de madurez. Este peso puede ser logrado a una edad temprana o atrasada de acuerdo con el régimen alimenticio impuesto.

Las novillas deben ser alimentadas para obtener un índice de crecimiento parejo pero a la vez moderado. Las novillas de razas grandes (Pardo Suizo y Holstein) pueden llegar a aumentar hasta un kilogramo de peso corporal por día. Novillas de razas medianas (Ayrshire, Guernsey) y de razas pequeñas (Jersey) tienen el potencial de aumentar de 650 a 500 gramos por día respectivamente. Un exceso de ganancia de peso corporal antes de la pubertad (cuatro a ocho meses de edad) puede incrementar la acumulación de grasa en la glándula mamaria y limitar el número de células secretoras. Como resultado, el potencial de producción de leche se vería reducido posteriormente en la vida de la vaca (UGRJ, 2010).

Para diseñar y ejecutar un buen plan alimenticio es importante conocer qué insumos usar, cuánto, cuándo, cómo y por qué usarlos. Para responder a ello, es imprescindible conocer al animal en términos de su capacidad de utilización tanto de nutrientes como de los diferentes alimentos, así como de los factores que afectan dicha capacidad. También es necesario analizar y usar información generada en cuanto a la respuesta biológica bajo diferentes condiciones, lo cual combinado con el conocimiento de costos permitirá determinar la factibilidad económica de cualquier alternativa (Ventura y Barrios, 2005).

2.4.2.1. Alimentación después del destete

Luego del destete, el ternero debe recibir forraje de buena calidad suplementado con concentrados palatables. Los forrajes de mediana a baja calidad necesitan ser suplementados con 1 a 1,5 kg/día de concentrados para alimentar novillas de seis a 15 meses de edad. La concentración de proteína en la ración debe ser del 16% para terneras jóvenes (tres a seis meses de edad) a 12% para una novilla preñada de 19 a 22 meses de edad. Durante los primeros cuatro a seis meses de preñez, la ración de la novilla debe estar compuesta principalmente de forraje de mediana calidad. Los forrajes de alta energía (ensilaje de maíz) deben limitarse y suplementarse con una fuente proteica. Los forrajes de muy baja calidad (paja) deben ser suplementados con una fuente concentrada de energía, proteínas y minerales. El crecimiento de las novillas será satisfactorio cuando su ración posea 0,4% de calcio y 0,26% de fósforo. Los índices de concepción bajos y las fallas para mostrar signos de

celo han sido observados en novillas alimentadas con raciones deficientes en fósforo (UGRJ, 2010).

Típicamente, de los 3 a 6 meses de edad, la ración de la ternera no debe de contener menos de 40% y más de 80% de forrajes. Cuando las terneras tienen de 7 a 12 meses de edad el porcentaje de forraje en la ración puede variar de 50 a 90%. Conforme las novillas van creciendo, la concentración de proteína en la dieta puede ser reducida y la concentración de fibra (FND) puede ser incrementada. Forrajes de mala calidad deben de evitarse en las raciones de las terneras de 3 a 6 meses de edad. Forrajes de mala calidad administrados a novillas más grandes deben ser complementados adecuadamente con concentrados y minerales. El porcentaje de proteína cruda requerido en el concentrado depende principalmente del contenido de proteína cruda del forraje en la dieta. Generalmente, una mezcla de concentrado con 16% de proteína cruda (que algunas veces es formulado para las vacas en lactación) puede ser utilizada satisfactoriamente para las novillas (UGRJ, 2011).

Las necesidades de energía diaria y de la proteína de becerros de reemplazo jóvenes se muestran en la Cuadro 2.5.

2.4.3. Nutrientes Requeridos

2.4.3.1. Energía

La energía la proporcionan los carbohidratos, proteínas y grasas de la dieta de los animales. No es un nutriente tangible que pueda aislarse en el laboratorio; la

energía es un concepto que, en términos de nutrición animal, significa “calor”. La unidad de medida son las calorías (cal); tratándose de ganado mayor, la unidad básica es la Megacaloría (1000 kilocalorías) (Gasque 2008).

Etgen y Reaves (1985), sostienen que la energía es la “capacidad para hacer trabajo”. Se requiere de energía para mantener las funciones normales del cuerpo del animal, tales como respiración, digestión, metabolismo, crecimiento y producción.

Valores energéticos de acuerdo al peso se encuentran en el Cuadro 2.5.

De hecho, en los animales homeotermos, la energía es indispensable para mantener la temperatura corporal.

La energía total de un alimento se denomina **energía bruta** (EB); de esta, no toda se encuentra disponible para los animales, ya que una parte se pierde en las heces, mientras que la restante, que queda en el alimento en el tracto digestivo, es la **energía digestible** (ED).

Durante el proceso digestivo se pierde energía ya que una fracción de ésta se utiliza para generar productos de desecho como gas metano, orina y calor quedando, por otra parte, la **fracción metabolizable de la energía** (EM), por lo tanto, la energía que se conserva disponible para el animal después de las pérdidas es la denominada **energía neta** (EN), la cual se utilizará para el mantenimiento corporal (incremento calórico), producción de leche, aumento de peso y preñez, principalmente (Gasque 2008).

El bovino requiere energía para:

- Mantenimiento fisiológico
- Actividad cotidiana
- Preñez
- Producción láctea
- Condición corporal o aumento de peso

2.4.3.2. Proteína

Se requiere proteína en las raciones de los animales para proporcionar un suministro de aminoácidos necesarios en la reparación y síntesis de tejidos, síntesis de hormonas, síntesis de la leche y muchas otras funciones fisiológicas. Su deficiencia en animales lecheros inmaduros da como consecuencia un menor ritmo de crecimiento y maduración (Etgen y Reaves 1985).

En general, las proteínas contienen aproximadamente 16% de nitrógeno dentro de su fórmula. Algunos otros alimentos pueden contener nitrógeno no proteico en cantidades menores (Gasque 2008). La naturaleza de la proteína y su tránsito por el rumen puede afectar:

- 1) la cantidad de proteína digerida y absorbida en el rumen
- 2) la cantidad de proteína que pasa a través del rumen para digestión y absorción en el intestino delgado.

Gasque 2008, afirma que la mayor parte de la proteína que ingresa al rumen es desdoblada por las bacterias ruminales si permanece suficiente tiempo en él, sin embargo, una pequeña cantidad de proteína es indigestible, tanto para los microbios

como para la acción de los jugos digestivos, y no será aprovechable por el organismo. La proteína que ingresa al rumen se desdobra en aminoácidos que adicionalmente son desdoblados para formar amoníaco, mismo que es utilizado por los microbios para producir su propia proteína (soma bacteriano, reproducción bacteriana). La proteína desdoblada en el rumen se denomina **proteína degradable en rumen (PDR)**.

El nitrógeno no proteico (NnP) es 100% degradable en rumen. El exceso de amoníaco derivado del NnP es absorbido por el rumen para llevarlo, vía sanguínea, al hígado, para transformarlo en urea que es excretada en la orina. Las bacterias ruminales ingresan constantemente al abomaso en donde son digeridas y absorbidas; la proteína bacteriana constituye así, la mayor parte de la proteína aprovechada por el bovino. La proteína que pasa por el rumen sin ser utilizada por los microbios va al intestino delgado donde es digerida y absorbida, denominándose **proteína dietética no degradable (PND)**. El porcentaje de proteína en forma de PND en los alimentos se denomina **proteína de paso**. La lentitud de paso de un alimento por el rumen puede afectar el porcentaje de PND.

No toda la proteína requerida por el ganado debe ser proporcionada en la dieta ya que los rumiantes sintetizan aminoácidos de fuentes nitrogenadas no proteínicas (NNP) y fuentes energéticas. Los microorganismos del rumen convierten el nitrógeno de las fuentes NNP en aminoácidos para su uso y éstos, a su vez, digeridos en el intestino delgado. (Etgen y Reaves 1985).

Cuadro 2.5. Requerimientos nutricionales para hembras de reemplazo de acuerdo al peso vivo.

Requerimientos nutricionales para hembras de reemplazo									
Peso Vivo (Kg)	Ganancia (g/día)	EM (Mcal)	ED (Mcal)	NDT (Kg)	PC (g)	Ca (g)	P (g)	Vitaminas	
								A (UI)	D (UI)
SOLO LECHE									
30	350	2,49	2,77	0,63	128	7	4	1300	200
42	400	2,98	3,31	0,75	148	8	5	1800	280
50	500	3,41	4,01	0,91	180	9	6	2100	330
RACIONES MIXTAS									
50	300	3,91	4,45	1,01	150	9	6	2100	330
50	500	4,82	5,42	1,23	198	10	6	2100	330
50	700	5,36	5,95	1,35	243	12	7	2100	330
75	300	5,17	6,05	1,37	232	11	7	3200	495
75	500	5,96	6,94	1,55	275	13	7	3200	495
75	700	6,71	7,67	1,72	318	15	8	3200	495
100	300	6,27	7,45	1,69	317	14	7	4200	660
100	500	7,17	8,35	1,89	360	16	8	4200	660
100	700	8,09	9,26	2,10	402	18	9	4200	660
150	300	8,44	10,14	2,30	433	16	10	6400	990
150	500	9,42	11,11	2,52	474	17	11	6400	990
150	700	10,49	12,17	2,76	510	19	12	6400	990
200	400	10,44	12,57	2,85	533	18	12	8500	1320
200	500	11,86	14,06	3,19	586	20	13	8500	1320
200	700	13,01	15,20	3,45	620	21	14	8500	1320
250	400	12,05	14,55	3,30	610	20	15	10600	1650
250	500	13,81	16,49	3,74	678	22	16	10600	1650
250	700	15,20	17,86	4,05	704	23	17	10600	1650
300	400	13,64	16,47	3,74	671	20	15	12700	1980
300	500	15,69	18,74	4,25	746	25	17	12700	1980
300	700	17,07	20,11	4,56	771	24	18	12700	1980
350	400	15,27	18,34	4,16	701	22	16	14800	2310
350	500	17,42	20,81	4,72	804	25	18	14800	2310
350	700	18,88	22,26	5,05	826	25	19	14800	2310

Fuente: Ventura y Barrios (2005).

2.4.3.3. Carbohidratos

Los carbohidratos contenidos en el alimento, tales como almidones, azúcares y pectinas, son los mayores proveedores de energía, seguidos de la hemicelulosa y la celulosa digestible. Una alta proporción de los carbohidratos se convierte en ácidos grasos volátiles en el rumen (acético, butírico y propiónico) antes de ser absorbidos en el torrente circulatorio; por reacciones químicas sucesivas, se convierten en precursores de: grasa, lactosa y proteína láctea.

Cuando la dieta es rica en azúcares fermentables se favorece el desarrollo de bacterias glucolíticas y se genera más propionato, precursor de la glucosa sanguínea, que a su vez proporciona energía para la síntesis de lactosa y proteína láctea. La glucosa es fuente de energía para el mantenimiento corporal y la ganancia de peso, por lo que un déficit en propionato se traduce en pérdida de peso, dado que la vaca tiene que movilizar sus reservas para hacer frente a sus requerimientos (como mantenerse preñada). Los carbohidratos forman el 75% de la materia seca de los forrajes, esto incluye a los carbohidratos solubles y los carbohidratos de la fibra (Gasque 2008).

2.4.3.4. Agua

El ganado lechero debe disponer en todo tiempo de grandes cantidades de agua dulce y limpia para beber. Su insuficiencia o mala calidad restringe significativamente la producción de leche. Es el nutriente más barato sobre una base

de costo por unidad y no hay razón para no proporcionarla en cantidades ilimitadas (Etgen y Reaves 1985).

2.4.4. Digestibilidad

Gasque 2008, afirma que la parte orgánica de los alimentos esta representada por los contenidos celulares y los carbohidratos estructurales, el resto es ceniza y residuos. Una proporción de la materia orgánica es indigestible ya que contiene celulosa y lignina. La digestibilidad de un alimento es la porción que puede ser digerida por el animal. Por lo general se mide como porcentaje, ejemplo:

$$\text{Digestibilidad de la Materia Seca} = \frac{\text{Materia Seca del Alimento} - \text{Materia Seca de las Heces}}{\text{Materia Seca del Alimento}} \times 100\%$$

2.5. LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS

Dentro de las gramíneas forrajeras, la caña de azúcar tiene su mayor uso en la alimentación de los bovinos destacándose por dos aspectos: alta producción de materia seca (MS) por hectárea y la capacidad de mantener su potencial energético durante período de verano o época seca. Aparte de esto, es un cultivo que necesita renovarse cada cuatro a cinco años (Rosales 2008).

Esta planta contiene un elevado contenido de sacarosa en su madurez, alcanzando 31% de materia seca. Esto se da en una época del año, cuando las pasturas son escasas, con bajos contenidos de proteína y energía, lo que hace de la

caña de azúcar una fuente energética importante para los bovinos durante el periodo seco y lo que ha motivado en los países tropicales a realizar diversas investigaciones.

Rosales (2008), sostiene que son varias las formas que la caña ha sido usada para la alimentación de rumiantes, así por ejemplo, el uso más común es utilizarla fresca, picada en un comedero para que el animal la consuma directamente. Otras formas de uso de la caña de azúcar son en ensilaje, hidrolizada, vinaza, bagazo, en forma fermentada llamada saccharina y la punta. Esta última, juega un papel importante en las dietas a base de caña de azúcar, ya que en principio éstas representan de 20–30% de la planta entera y tienen un efecto positivo como fibras largas de alta calidad sobre el consumo voluntario y el comportamiento animal sobre todo cuando éstas son verdes y frescas.

La caña de azúcar produce una gran cantidad de biomasa, más de 100 Tn. /ha por año, compuesta en su estado de madurez por 71.80% de tallos molederos, 12.58% de cogollos, 8.7% de hoja, puntas características de la caña de azúcar y otros así como un 6.9% de mamones, estos porcentajes pueden variar conforme a la variedad, edad, condiciones de clima y otros factores (Chávez, 2008, citado por Torres, 2009). Todo este material vegetativo es aprovechado por el ganado bovino, sin el riesgo de que pierda sus características nutricionales cuando madura, como sucede con otras gramíneas de corte, por lo cual constituye un forraje siempre disponible (Torres, 2009).

De manera habitual, los pequeños y medianos productores han utilizado los subproductos de la caña en la alimentación animal. La caña puede ser utilizada en

forma integral, utilizando variedades comerciales de las zonas productoras o aquellas cañas que simplemente nunca llegan al ingenio azucarero producto de las malas políticas del precio del azúcar (Urdaneta 2009).

2.5.1. Diversificación de la Caña de Azúcar

La antigua práctica de alimentar el ganado con caña de azúcar se ha extendido en los últimos 10 a 12 años hasta tal punto, que actualmente constituye la base de sistemas de producción pecuaria económicamente viables para rumiantes de gran tamaño (Preston, 1988 citado por Suárez *et al.* 2008). Esto se debe fundamentalmente a que las plantaciones de caña de azúcar son una realidad que está íntimamente entrelazada con el legado histórico de numerosas comunidades rurales en el trópico. Las poderosas fuerzas para acelerar la diversificación pueden ser absorbidas e integradas dentro de la infraestructura dedicada a la producción de caña (Alexander, 1988 citado por Suárez *et al.* 2008).

Preston (1989), citado por Suárez *et al.* 2008, planteó que el sector azucarero de América Latina y del Caribe ha desempeñado un papel predominante en el desarrollo económico y social de la región. En la actualidad hay una serie de factores que coadyuvan a restringir el desarrollo de la agroindustria, existe la convicción de que a través de la diversificación de la caña de azúcar se puede contribuir significativamente a su modernización y convertirla en una actividad de mayor rentabilidad. Países como Colombia, Brasil, y Costa Rica, sostienen que ya existen las bases biológicas para poder confiar en la caña de azúcar como reemplazo de los

cereales en sistemas intensivos para las principales especies de animales, lo que permitiría liberar grandes volúmenes de alimentos a la población humana.

Se puede afirmar que la caña de azúcar ofrece grandes posibilidades para ser utilizada como forraje verde en la alimentación del rumiante, y su cosecha corresponde con el período menos lluvioso, además de su gran adaptabilidad a distintas condiciones edafoclimáticas del país y superando a todas las plantas forrajeras conocidas en producción de materia seca por hectárea (MS/ha) y energía metabolizable por hectárea (EM/ha). En resumen es el captador vivo de energía solar más eficiente, y almacena esa energía en una enorme cantidad de biomasa en forma de fibra y azúcares fermentables (FAO 1996 citado por Suárez *et al.* 2008).

2.5.2. Caña de Azúcar en la Alimentación de Bovinos de Leche

Las respuestas en producción de leche a la suplementación de forraje y/o harina de caña integral son realmente escasas y variables, ya que dependen de dos factores fundamentales: El animal (número de partos, edad, raza, etc.) y la variedad de caña (composición nutricional), siendo esta última la de mayor peso debido a su bajo contenido de grasa, la cual puede ser la principal restricción para la producción de leche. Sin embargo, algunos resultados se ofrecen en la Tabla 1 (Urdaneta 2009).

Cuadro 2.6. Producción de leche en vacas suplementadas con caña de azúcar.

Referencia y tratamientos	Ganancia PV g/día
Ortiz <i>et al.</i> (1978)	
Caña integral + 1,3 Kg. de concentrado	945
García <i>et al.</i> (1990)	
Caña fresca 50% de la ración	540
Caña fresca 30% de la ración	770
Caña ensilada 50% de la ración	730
Caña ensilada 30% de la ración	730
Rodríguez (1998)	
Caña entera + 250 g de urea	270
Caña entera + 250 g de urea + 180 g H. de soya	490
Roque <i>et al.</i> (2002)	
Caña integral (70%) + H. de maíz (10.25%) + H. de soya (9.33%) + miel con urea (10.3%), durante 95 días	937
Caña integral 50% de la ración durante 120- 210 días	435
más de 365 días	861

Fuente: Urdaneta (2009).

2.5.3. Limitantes encontradas al uso de caña integral

La principal se relaciona con el bajo contenido de carbohidratos que se observa en la caña inmadura y en la estación de lluvias, lo que reduce la respuesta animal; la utilización durante esta época no ha resultado conveniente, ni práctica, ni económicamente ya que adicionalmente se requieren mayores inversiones en construcciones para mantener animales en confinamiento durante la estación lluviosa del año y además que se dificulta la cosecha de la caña en campo. El uso de la caña no se ha justificado en la época de lluvias, que es cuando el pasto normalmente crece en abundancia y resulta difícil competir en costos con este sistema. El suministro de caña como complemento al pasto, no mejora el comportamiento animal y solo se

logrará incrementar la carga animal (Medellín y Alvarez 1978 citado por Alvarez 2010).

2.5.4. Suministro de la Caña de Azúcar como alimento

Aranda *et al.* 2005 y Urdaneta 2009, sostienen que para el mejor aprovechamiento de la caña de azúcar por el ganado, debe proporcionarse en forma picada con un tamaño de partícula pequeño. La caña después de cortada se almacena bajo sombra y puede durar hasta un mes sin perder su valor nutricional a nivel del tallo. Para mejorar el aprovechamiento de la caña de azúcar se debe proporcionar al ganado en forma repicada, con un tamaño de trozo pequeño; logrando el repicado con una picadora de cuchillas o una picadora de pasto.

El proceso de picado se puede realizar con una picadora de pasto, pero es más eficiente una trituradora de doble eje de cuchillas, esto evita desperdicio por trozos pequeños que no pueden picarse en las picadoras de un solo eje de cuchillas. Estas picadoras pueden ser de energía eléctrica o de motor de gasolina, también el motor de gasolina se puede adaptar para usar gas. Estas picadoras se pueden adaptar y colocar en una carreta para realizar el picado de la caña directamente en el canal y llevarlo listo para depositarlo en los comederos (Aranda *et al.* 2005).

La suplementación de caña de azúcar se puede efectuar directamente en el potrero, colocando la caña en comederos con suficiente espacio para la cantidad de animales, procurando que la caña se ofrezca siempre en un mismo horario. El manejo puede ser también a través de pastoreo restringido, es decir, se estabulará durante un

tiempo y el resto estará en pastoreo, los animales se estabularan en un corral por la mañana o por la tarde, según convenga.

La caña puede ser utilizada para la alimentación de rumiantes, considerándola como un banco de energía, a fin de disminuir la intensidad de pastoreo de la finca, principalmente en la época seca (Espinoza *et al.* 2006).

La dieta debe contener suficiente fibra físicamente efectiva para permitir una adecuada producción de sustancias buffers a través de la saliva que neutralizan los ácidos producidos en el rumen y así evitar condiciones de acidez ruminal. Mertens (1997) citado por Benvenuti, *et al.*, (2006), sugiere que las partículas fibrosas superiores a 1,18 mm requieren ser masticadas para poder abandonar el rumen y por lo tanto son las que efectivamente estimulan la salivación. Espinoza *et al.* 2006, han estudiado que por sus elevados rendimientos, se estima que una hectárea de este cultivo, usada en forma de banco de energía, puede alimentar 40 vacas por un período aproximado de 100 a 120 días; además que ayuda a reducir el sobrepastoreo de la pastura (Combellas, 1998; Espinoza, 2000; Valle *et al.*, 2001 citado por Espinoza *et al.* 2006).

Cuando la dieta no contiene suficiente fibra físicamente efectiva puede conducir a una acidosis ruminal reduciendo la eficiencia de digestión ruminal y el consumo de alimento (Mertens, 1997 citado por Benvenuti, *et al.* 2006). La acidosis ruminal puede expresarse clínicamente a través del timpanismo, signo observado por

Lacorte *et al.* (1995) especialmente en el tratamiento con caña molida (Benvenuti, *et al.*, 2006)

Torres 2009, afirma que la energía es un elemento básico en la alimentación del ganado bovino y en especial en el proceso de engorde del mismo, junto con proteínas, materia seca, minerales y vitaminas. Por ejemplo se estima que un macho de 400 Kg. de peso requiere 15,1 Mcal de ED por día para una ganancia de peso diaria de un kilo (Boschini, 1984) la cual puede ser suplida en un 90% con 20 kilos de caña de azúcar integral, el resto se completa con pasto de corta en estabulación o pasto de piso en semiestabulación y plantas con alto contenido de proteína. La razón de lo anterior es que la caña de azúcar es rica en Energía Metabolizable (2,3Mcal/Kg./Ms) dato mas frecuentemente mencionado, proveniente de su alto contenido de azúcares no reductores y reductores (sacarosa, glucosa y otros) que el ganado aprovecha para su alimentación y desde luego para la producción de carne. “El forraje que más se le acerca en contenido de energía es el silo de maíz, pero jamás puede alcanzar los valores de la caña de azúcar en términos de Energía Metabólica” (Vassallo, 2007, citado por Torres 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Ubicación Política

La presente investigación tuvo lugar en la Provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, Parroquia Salinas en la Hacienda San Luis.

3.1.2. Ubicación Geográfica

El desarrollo del estudio se realizó dentro del límite urbano de la ciudad de Salinas de Ibarra en la Hacienda San Luis con coordenadas 0°30'22"N 78°8'0"W.

3.1.3. Ubicación ecológica

- **Zona de vida:** La Hacienda San Luis se encuentra localizada en el piso altitudinal Bosque Seco Montano-Bajo.
- **Altitud:** 1680msnm
- **Temperatura:** La Parroquia registra temperaturas promedio de 23-28°C
- **Precipitación:** la pluviosidad en la Hacienda San Luis es de 300mm al año.
- **Suelos:** De textura Franco arenosa de Ph 7.3

3.2. MATERIALES

De acuerdo al desarrollo de la investigación los materiales utilizados fueron:

3.2.1. Análisis Bromatológicos de la Caña de Azúcar

Para el inicio de la investigación en campo se requeriremos de los análisis bromatológicos de la Caña de Azúcar obtenidos en el Centro de Investigaciones Agropecuarias INIAP, para determinar el mejor de las tres edades escogidas.

3.2.2. Selección de Animales

Para la investigación se utilizaron 15 novillas de levante de raza Hollstein comprendidas entre los 6 a 12 meses, con pesos y condiciones corporales variables de acuerdo a su mes de vida.

3.2.3. Materiales para el corte, recolección y dotación de la Caña de Azúcar

Para la recolección de la Caña de Azúcar se utilizó machete y la ayuda de un empleado para el corte la mañana anterior a la dotación del alimento.

Para la recolección de la Caña de Azúcar se utilizó:

- ✓ Tractor, Ford 6600 con carretón de aproximadamente 2 TON. de capacidad.
- ✓ Picadora de Caña tipo EN-9
- ✓ Carretón de recibimiento de la Caña de Azúcar (1 TON. cap.)

- ✓ Balanza para pesar Caña de Azúcar
- ✓ Costales para la recolección del alimento
- ✓ Trinche para la repartición uniforme de alimento en los comederos de los corrales

3.2.4. Materiales para medición de peso, altura a la cruz y evaluación de condición corporal en animales

Para la medición del peso en las novillas de levante se utilizó una cinta bovino-métrica (Holstein. Dairy Cow Weigh tape), donde se colocó a los animales en una postura adecuada con la cinta por detrás de las extremidades delanteras y a la altura de la cruz, anotando la medición en cm y Kg en una libreta de campo.

Para la evaluación de altura se utilizó una cinta métrica a la altura de la cruz y tomando su límite con una regla, posteriormente anotando su medida en la libreta de campo.

Para la evaluación de la Condición Corporal se necesito la libreta de campo donde eran puestas las observaciones de acuerdo a la figura 3.9.

3.2.5. Materiales de oficina y toma de datos

- ✓ Libreta de campo
- ✓ Impresiones
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Computadora

3.3. MÉTODOS

Para establecer el efecto de la suplementación de *Saccharum officinarum* en el levante de novillas, nos basamos en dos etapas.

3.3.1. Etapa 1: Análisis Bromatológico de la Caña de Azúcar

La primera etapa constituyó la determinación de la edad fisiológica que presente las mejores características nutricionales para obtener el material a suplementar.

Consiste en delimitar el área experimental para la cual se cogen indistintamente lotes que presentan las edades del corte de acuerdo a los tratamientos.

E1: 18 meses

E2: 20 meses

E3: 24 meses

Se procedió a recolectar las muestras de cada una de las edades de *Saccharum officinarum* en cantidades de 1 Kg de materia verde para enviar al laboratorio en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIAP y establecer sus valores bromatológicos.

Con los resultados de laboratorio se escogió la edad con mejores características nutricionales.

Una vez realizado esto se procedió a seleccionar el tratamiento más adecuado que permita partir con la segunda etapa.

3.3.2. Etapa 2: efecto de la edad de la caña de azúcar sobre las variables en estudio de las novillas de levante

En la segunda etapa se midió el efecto de 3 niveles de suplementación de la Caña de Azúcar con la edad fisiológica que presente el mejor valor nutritivo.

3.3.3. Selección y Distribución de Corte de la Caña de Azúcar

La caña de azúcar escogida fue la de 20 meses de edad, según los análisis de laboratorio entregados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIAP.

Esta Caña de 20 meses de edad fue cortada con machete, desde el lote previamente medido y delimitado, y transportada a las 6:30 a.m., en tractor desde el cultivo en el que se encontraba hasta la zona de molienda.

El picado de la caña fue realizado a las 7:00 a.m., para ser administrada a los animales a las 7:30 a.m.



Fuente: Pozo B, 2011.

Figura 3.1. Distribución de las diferentes zonas de corte de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) para experimentación en la Hacienda San Luis.

3.3.4. Selección y Distribución de las Novillas de Levante

Se seleccionaron a quince novillas comprendidas entre 4 y 12 meses de edad del total de terneras y novillas de la Hacienda San Luis, con pesos y condiciones corporales distintas, debido a su variable rango de edad, las cuales serán distribuidas aleatoriamente en los 3 niveles de suplementación.

Cuadro 3.1. Distribución de las Novillas de Levante en los tratamientos.

TRATAMIENTO 1			
No.	Animal	Peso Kg	Edad (meses)
1	Kimberly	112	5
2	Perrys	114	5
3	Cocaina	189	7
4	Universal	202	10
5	India	247	12
TRATAMIENTO 2			
6	Nancy	137	5
7	Zulay	124	4
8	Vilma	162	6
9	Hilda	147	7
10	Fortaleza	292	12
TRATAMIENTO 3			
11	Isla	111	5
12	Isabel	131	6
13	Camily	117	6
14	Quinita	267	11
15	Panchita	238	11

Autor: Pozo B, 2011.

3.3.5. Manejo de los Animales

A los animales se los ubicó en un corral, con tres divisiones, una división para cada nivel de suplementación, y cinco animales por nivel de suplementación.

Sus comederos se colocaron en la parte delantera del comedero donde era administrado su alimento de acuerdo a lo que les correspondían de peso en caña y de su alimentación de alfalfa y concentrado.

3.3.6. Alimentación de las novillas

- Primeramente se procedió a cortar con ayuda de un empleado la cantidad necesaria de caña de azúcar por la tarde para el siguiente día, dejando en montones para el traslado y para facilidad de su recolección.



Fuente: Pozo B, 2011

Figura 3.2. Corte de la Caña de Azúcar.

- Posteriormente cada mañana durante los seis meses a las 6:30 a.m se procedía a la recolección y colocada de la caña de azúcar en el carretón.



Fuente: Pozo B, 2011

Figura 3.3. Recolección de Caña de azúcar manual.

- La picada de la caña de azúcar se realizó posterior a la llegada del tractor con el carretón lleno y siendo recibida por otro carretón la caña ya picada.

Benvenuti, Pavetti y Moreno (2006), indican que el consumo de caña de azúcar tiende a aumentar con la reducción en el tamaño de partícula. Este efecto puede ser explicado por la diferente proporción de partículas inferiores a 1 mm. Las partículas inferiores a 1,18 mm tienen una mayor probabilidad de abandonar el rumen (Poppi *et al.*, 1985, citado por Benvenuti *et al.* 2006) y por lo tanto cuanto mayor es el nivel de picado mayor podría ser la tasa de pasaje de la digesta a través del rumen y mayor el consumo (Berger *et al.*, 1994 Benvenuti *et al.* 2006), lo cual este tipo de picadora nos proporciona esta ventaja de alimentación de acuerdo al tamaño de la partícula.



Fuente: Pozo B, 2011

Figura 3.4. Picada de la Caña de Azúcar.

- El peso adecuado de la caña de azúcar desde la primera semana de evaluación fue medido cada día y colocado debidamente en los comederos de los animales.



Fuente: Pozo B, 2011

Figura 3.5. Pesaje y medición de la Caña de Azúcar.

- Una vez colocada la caña de azúcar se repartía en los comederos y el resto del alimento comprendido por alfalfa y balanceado se lo colocaba de igual manera.



Fuente: Pozo B, 2011

Figura 3.6. Alimentación en comederos de Novillas.

3.3.7. Descripción de los tratamientos

Tratamiento 1 (T1). Las novillas se alimentaron con alfalfa, concentrado, agua *ad libitum* y con una cantidad de 41,03 kg de caña de azúcar que corresponde al 35% del total de su alimentación para los cinco animales del tratamiento en los seis meses de evaluación.

Tratamiento 2 (T2). Las terneras se alimentaron con alfalfa, concentrado y agua *ad libitum* y con una cantidad de 35,09 kg de caña de azúcar que corresponde al

30% del total de su alimentación para los cinco animales del tratamiento en los 6 meses de evaluación.

Tratamiento 3 (T3). Las terneras se alimentaron con alfalfa, concentrado y agua *ad libitum* y con una cantidad de 29,31 kg de caña de azúcar que corresponde al 25% del total de su alimentación para los cinco animales del tratamiento en los 6 meses de evaluación.

3.3.8. Medición del incremento de peso en las novillas

Para realizar los pesajes semanales de los animales, se los colocaba en una postura adecuada, luego se procedió al pesaje con cinta bovino-métrica, pasando la cinta por detrás de las extremidades delanteras y a la altura de la cruz, anotando la medición en cm y Kg en una libreta de campo.



Fuente: Pozo B, 2011

Figura 3.7. Medición con cinta bovinométrica del peso del animal.

3.3.9. Medición de la altura a la cruz en novillas de levante

Para realizar la altura a la cruz semanal de las novillas, se las colocó con una postura adecuada y con la ayuda de una cinta métrica y una regla se procedía a tomar los datos y anotarlos en la libreta de campo.



Fuente: Pozo B, 2011

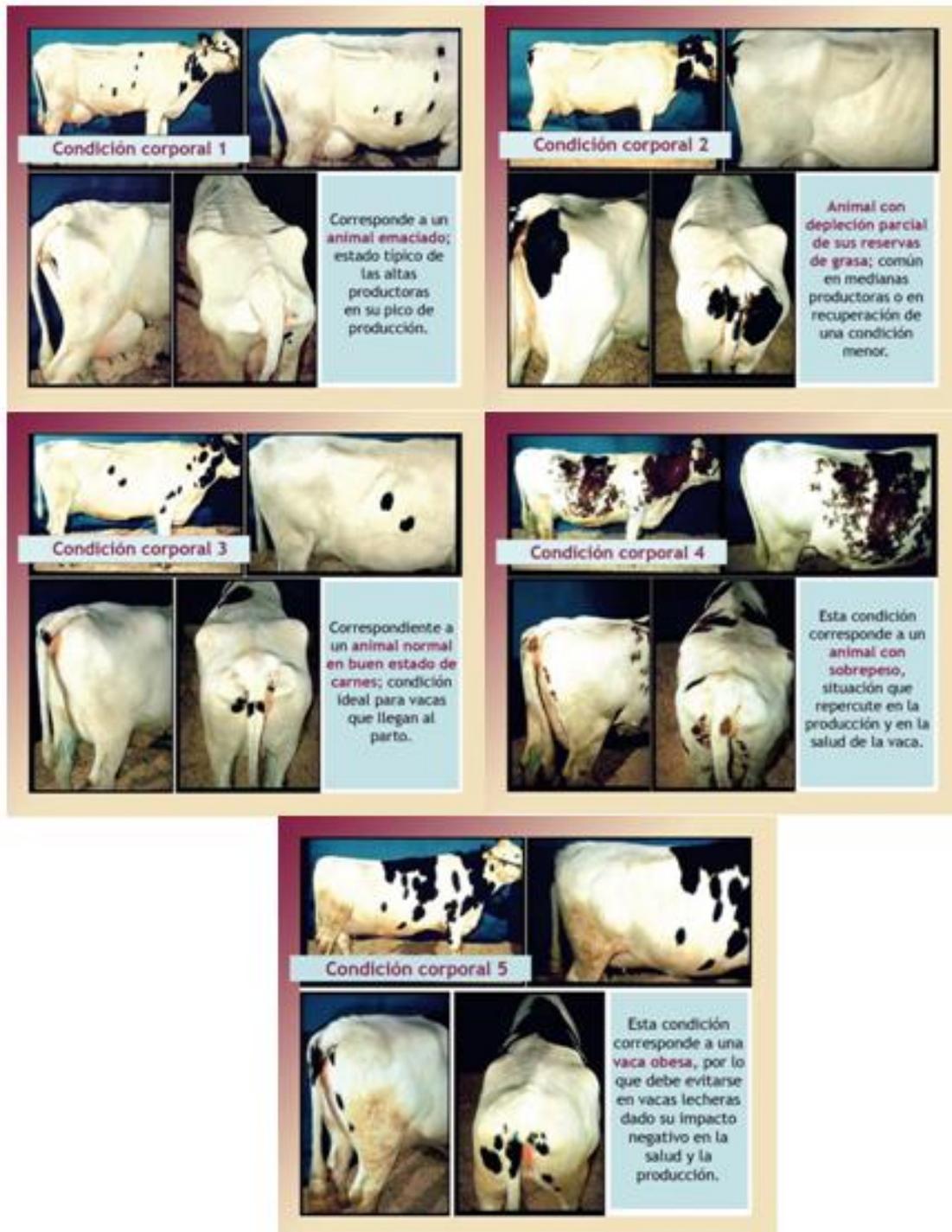
Figura 3.8. Medición de la Condición Corporal en los animales.

3.3.10. Medición de la Condición Corporal (C.C)

Con el objeto de evaluar la condición corporal de las novillas en estudio se empleó la escala de condición corporal para bovinos propuesta por Gasque (2008), (Figura 3.9).

La condición corporal es la cantidad o detección de reservas corporales presentes en el organismo bajo la forma de grasas y/o músculos de energía que posee

para su desarrollo, medida de manera subjetiva con una escala de valor del 1 al 5 donde 1 es un animal raquítico, y 5 es un animal obeso.



Fuente: Gasque, 2008

Figura 3.9. Condición Corporal en ganado Lechero.

3.3.11. Análisis económico

Se realizó un análisis de costo por kilogramo de la novilla, tomando en cuenta el incremento por día del peso del animal y el costo por día del alimento que se los dio. Para el costo del alimento se procedió a calcular los valores de establecimiento y mantenimiento tanto para la caña de azúcar como de la alfalfa y el costo por kg de balanceado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRIMERA ETAPA (EFECTO DE LA EDAD DE CORTE SOBRE LAS CONDICIONES BROMATOLÓGICAS)

4.1.1. Humedad (%)

A medida que se incrementa la edad de corte de la caña expresado en meses se incrementa el contenido de humedad de la caña de azúcar de 74,9% a 89,27%, estableciendo una ecuación de $y = 29,86 + 2,46X$ con un coeficiente de determinación $r^2 = 0,98$, lo que indica que por cada mes de edad de la caña se incrementa su porcentaje en 2,46% y que los cambios de contenido de humedad de la caña dependen en un 98% de la edad de la planta. Grafico 4.1.

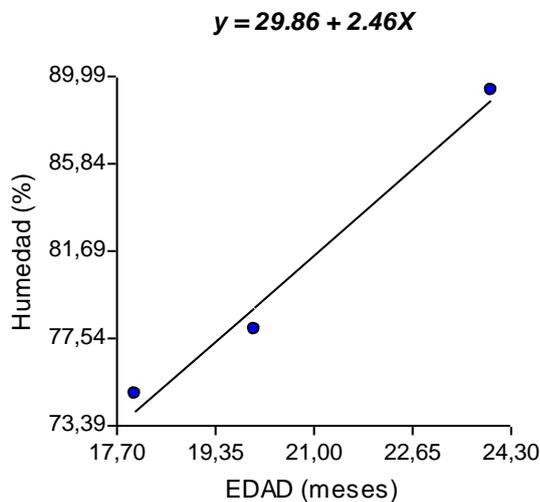


Gráfico 4.1. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la humedad.

La Materia Seca se encontró en los rangos de porcentajes de 25,1%, 22,11% y 10,73% para las edades de Caña de azúcar de 18, 20 y 24 meses de edad respectivamente.

4.1.2. Cenizas (%)

A medida que se incrementa la edad de corte de la caña expresado en meses, se incrementa el porcentaje de cenizas de un 6% a los 18 meses a 8,8% a los 24 meses, estableciendo una ecuación de $y = -1,81 + 0,45X$, llegando a un incremento mensual de 0,45, con un coeficiente de determinación $r^2 = 0,95$, lo que manifestó que el 95% de los cambios en ceniza se debió a la edad de la planta. Gráfico 4.2.

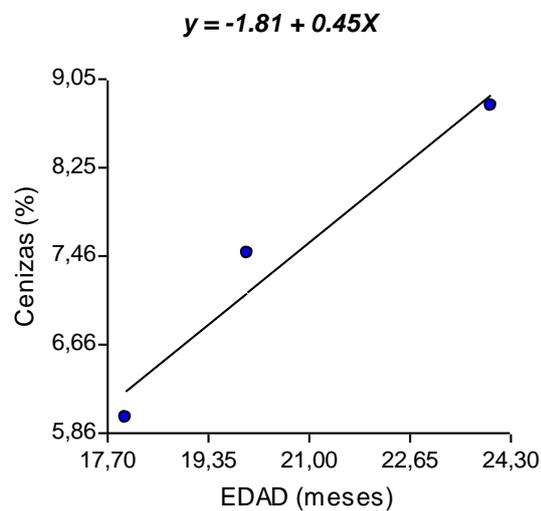


Gráfico 4.2. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la ceniza.

4.1.3. Extracto etéreo (%)

Al establecer la regresión lineal entre las edad de la caña con el extracto etéreo se aprecia claramente que no existe un efecto lineal pues el coeficiente de determinación obtenida para este modelo es de apenas $r^2=0,04$ y además porque el

mayor contenido se obtuvo con la dosis intermedia por lo tanto esta variable tiene una tendencia cuadrática.

La ecuación de regresión de esta curva es de $y = - 102,69 + 10,11X - 0,24X^2$ con un coeficiente de determinación de $r^2 = 1$ y luego de sacar la derivada y ajustarlo a cero se obtuvo el óptimo agrícola a la edad de 21,06 meses.

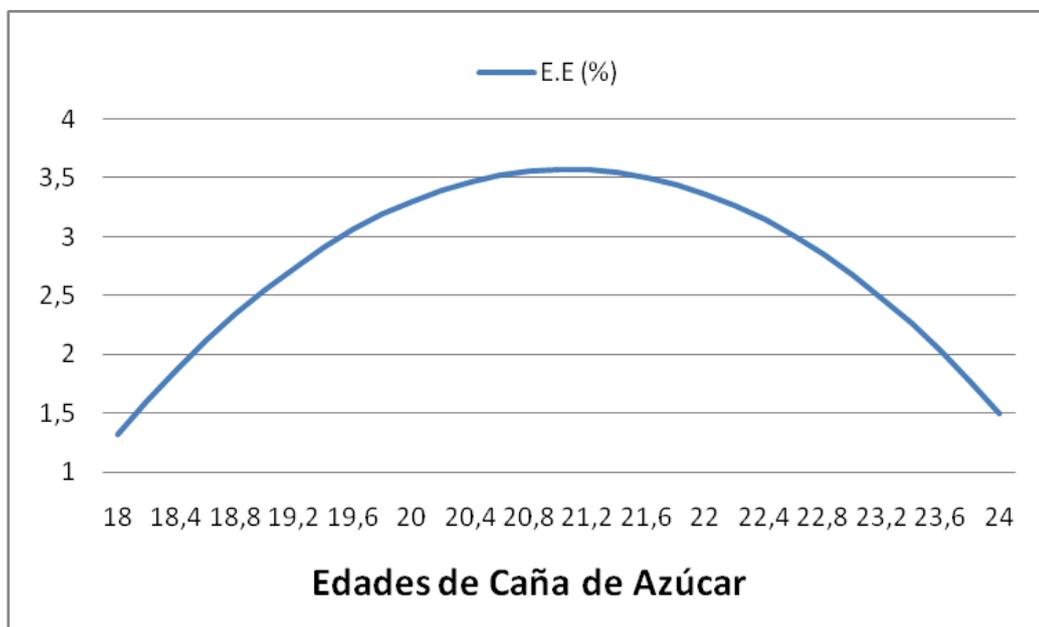


Gráfico 4.3. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre el extracto etéreo.

4.1.4. Proteína (%)

Los niveles de proteína en caña de azúcar se fueron aumentando a medida que aumento la edad de la planta de 3,38% a los 18 meses a 5,07% a los 24 meses alcanzando un incremento de 0,27% de proteína por cada mes en su edad. El coeficiente de determinación fue de $r^2 = 0,97$.

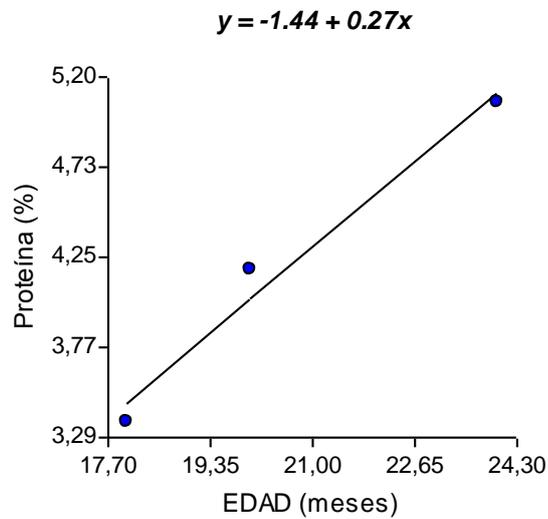


Gráfico 4.4. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la proteína.

4.1.5. Fibra (%)

La fibra fue incrementando a medida que aumenta la edad de la caña de 36,99% a 39,44% y es así que por cada mes se produce un incremento de 0,42 con un coeficiente de determinación de 0,98.

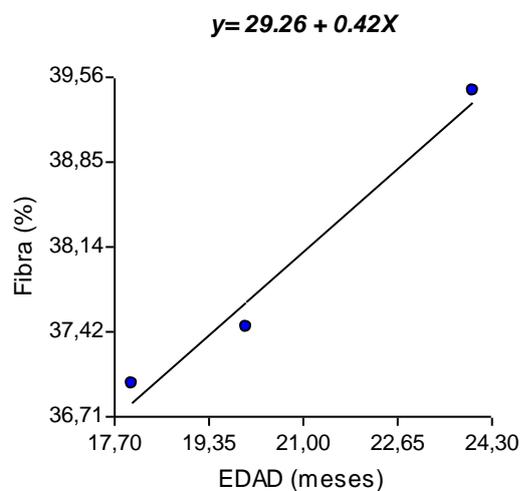


Gráfico 4.5. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la fibra.

4.1.6. E.L.N (%)

A medida que se incrementó la edad de la caña de azúcar también disminuyó la cantidad de elementos libres de nitrógeno de 52,43% a los 18 meses a 45,55% a los 24 meses, con una disminución mensual promedio de 1,06% con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0,85$.

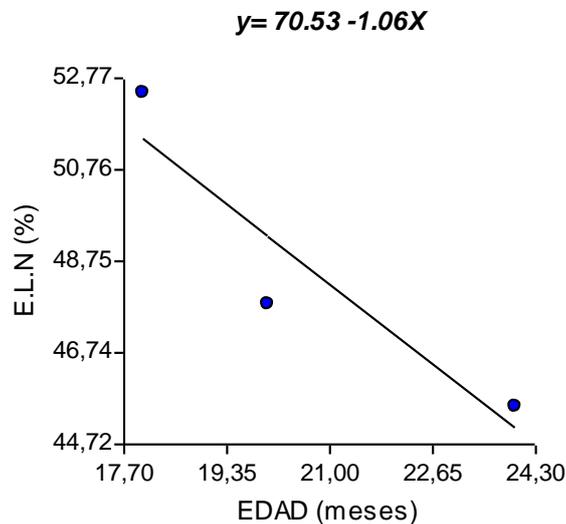


Gráfico 4.6. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre los elementos libres de nitrógeno.

4.1.7. FDN (%)

La fibra detergente neutra o FDN, manifestó un incremento de 56,67 a los 18 meses a 65,67 a los 24 meses, con un porcentaje de aumento promedio de 1.43% por cada mes de aumento en la edad de caña de azúcar, con un $r^2 = 0.95$

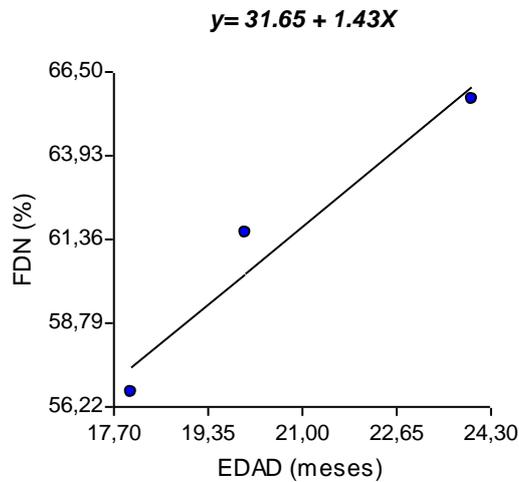


Gráfico 4.7. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la Fibra Detergente Neutra.

4.1.8. Energía Bruta (cal/g)

A los 20 meses de edad de la planta de caña de azúcar se obtuvo el mayor contenido de Energía Bruta, expresada en cal/g, por lo tanto se manifiesta una tendencia cuadrática de la edad en meses de la caña con relación a la energía. Grafico 4.8.

La ecuación de regresión de esta curva es de $y = - 51,00 + 425,50X - 10,50X^2$ con un coeficiente de determinación de $r^2 = 1$ y luego de sacar la derivada y ajustarlo a cero se obtuvo el óptimo agrícola a la edad de 20,26 meses.

El valor energético de la caña de azúcar alcanzó valores de 4206 cal/g a los 18 meses de edad de la planta, 4259 cal/g a los 20 meses de edad y bajando nuevamente a 4113 cal/g a los 24 meses de edad, presentando al veinteavo mes el más alto nivel de energía.

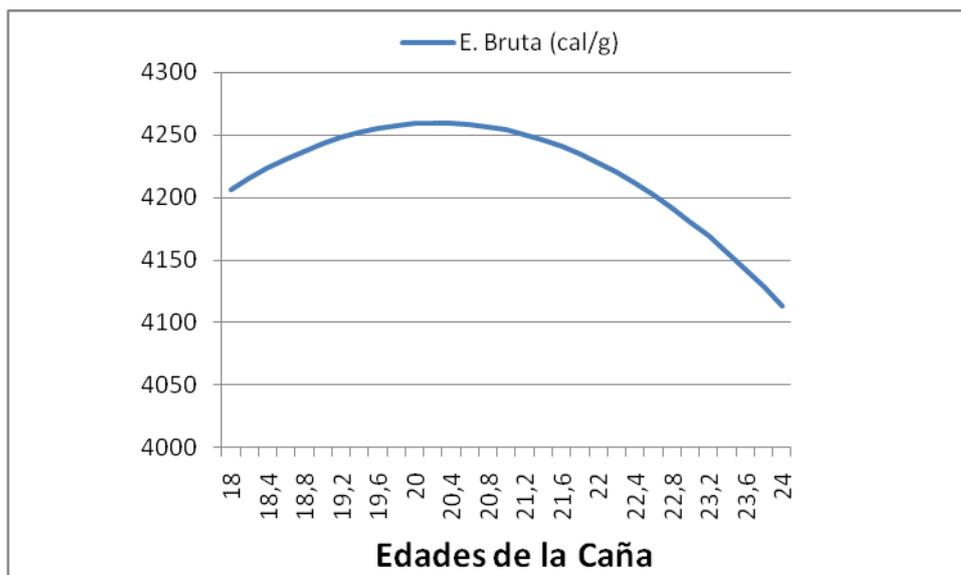


Gráfico 4.8. Efecto de la edad de la caña de azúcar sobre la Energía Bruta.

4.2. SEGUNDA ETAPA (EFECTO DE LA EDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR SOBRE LAS VARIABLES EN ESTUDIO DE LAS NOVILLAS DE LEVANTE)

4.2.1. Peso

Los Análisis de Variancia para cada una de las evaluaciones de los pesos de las novillas de levante Holstein Friesian, bajo el efecto de niveles de sobre alimento en base de Caña de Azúcar, no presentó diferencias estadísticas en las 24 evaluaciones realizadas (Cuadro 4.1).

Los promedios generales del peso se fueron incrementando desde 172.67 kg en la primera semana de evaluación, hasta alcanzar los 270.56 kg en la última evaluación establecida en la semana 24, lo que significó un incremento de 97,89kg

durante las 24 evaluaciones. Los Coeficientes de Variación se encuentran en el rango de 17.27% a 38.93%.

Sin embargo de no diferenciarse estadísticamente a un mayor nivel de suplementación en base de Caña de Azúcar, se incrementó el peso de las novillas a lo largo de todas las evaluaciones.

Cuadro 4.1. Análisis de Variancia para el peso de novillas Holstein Friesian bajo el suministro de 3 niveles de suplementación en base a Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*). 24 evaluaciones semanales. San Luis Salinas de Ibarra-Imbabura 2011.

Fuentes de variación	GL	Evaluaciones semanales de peso (kg)					
		1	2	3	4	5	6
Total	14						
Tratamiento	2	0,27ns	64,47ns	71,27ns	0,8ns	94,47ns	238,07ns
Error	12	4519,4	4484,07	4971,27	4828,07	5109,07	5511,13
\bar{X} (kg)		172,67	178,53	182,467	186,2	196,13	207,47
CV (%)		38,93	37,51	38,64	37,32	36,44	35,78

Fuentes de variación	GL	Evaluaciones semanales de peso (kg)					
		7	8	9	10	11	12
Total	14						
Tratamiento	2	66,6ns	52,47ns	97,27ns	79,4ns	226,47ns	235,47ns
Error	12	5339,7	5650	5757,87	5746,77	5797,73	5720,9
\bar{X} (kg)		207,6	212,73	220,733	222	225,13	230,13
CV (%)		35,2	35,33	34,38	34,15	33,82	32,87

Fuentes de variación	GL	Evaluaciones semanales de peso (kg)					
		13	14	15	16	17	18
Total	14						
Tratamiento	2	388,27ns	369,8ns	110,07ns	111,80ns	125,00ns	430,07ns
Error	12	6247,7	6420,83	6854,27	6616,00	6923,5	6493,30
\bar{X} (kg)		239,07	241,6	252,33	256,6	265	277,67
CV (%)		33,06	33,17	32,81	31,70	31,40	29,00

Fuentes de variación	GL	Evaluaciones semanales de peso (kg)					
		19	20	21	22	23	24
Total	14						
Tratamiento	2	421,27ns	4513,2ns	3211,27ns	3868,36ns	3621,12ns	4252,7ns
Error	12	6635,70	1934,02	2063	2204,5	2314,83	2273,6
\bar{X} (kg)		282,93	250,89	258,33	264	267,777	270,56
CV (%)		28,79	17,27	17,38	17,56	17,75	17,4

Autor: Pozo B, 2011.

A pesar de no existir diferencias estadísticas entre los tratamientos (Cuadro 4.2), el T1(41,03kg de Caña de Azúcar) en términos generales alcanzó el mayor peso a lo largo de cada una de las 24 evaluaciones, en comparación al T2 (35,09kg de Caña de Azúcar) y el T3(29,31kg de Caña de Azúcar), a pesar que en las semanas 4 a semana 8 los tratamientos se manifiestan muy similares.

Cuadro 4.2. Efecto de la suplementación de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) en el peso de novillas Holstein Friesian en 24 evaluaciones.

Tratamientos	Evaluaciones semanales de peso (kg)					
	1	2	3	4	5	6
T1 (41,03kg)	172,8	182,6	186,6	186,6	197,8	200,6
T2(35,09kg)	172,4	175,8	181,6	186,2	199,4	207,4
T3(29,31kg)	172,8	177,2	179,2	185,8	191,2	214,4

Tratamientos	Evaluaciones semanales de peso (kg)					
	7	8	9	10	11	12
T1 (41,03kg)	205,2	214,4	225,6	224,4	232,8	236,4
T2 (35,09kg)	205,8	209	217	217,4	222,4	231,2
T3(29,31kg)	211,8	214,8	219,6	224,2	220,2	222,8

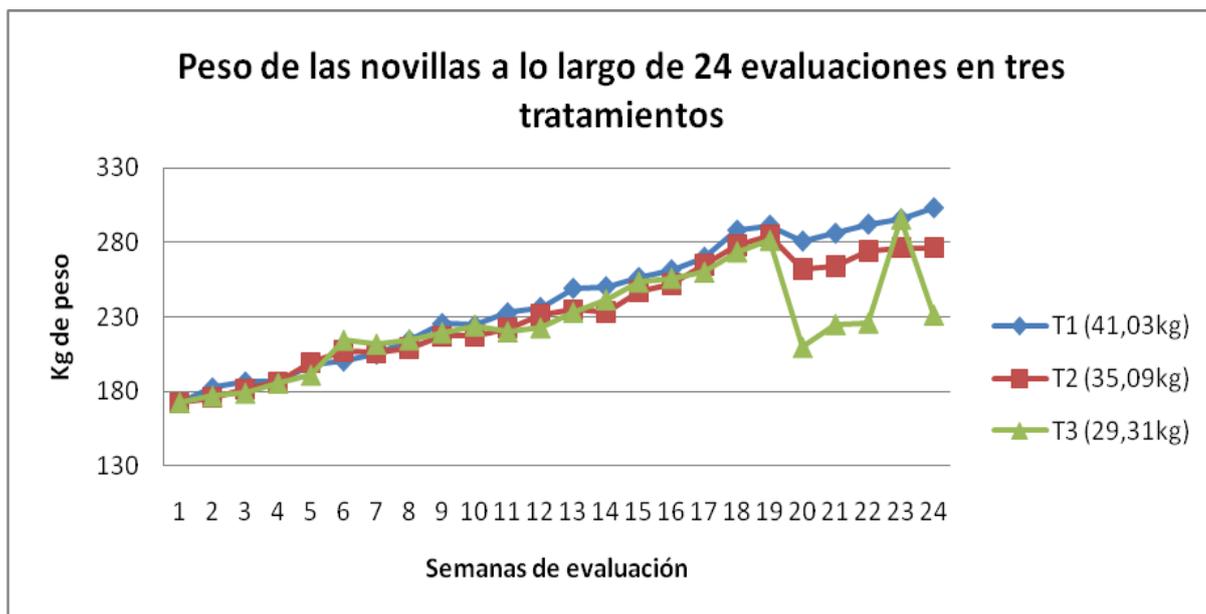
Tratamientos	Evaluaciones semanales de peso (kg)					
	13	14	15	16	17	18
T1 (41,03kg)	249,2	250,2	256,4	261,6	270	288
T2 (35,09kg)	234,8	233	247,2	252,2	265	275,8
T3 (29,31kg)	233,2	241,6	253,4	256	260	269,8

Tratamientos	Evaluaciones semanales de peso (kg)					
	19	20	21	22	23	24
T1 (41,03kg)	291,4	280,75	286	292	295,5	303
T2 (35,09kg)	284,4	262,25	264	274	276,5	276,5
T3 (29,31kg)	273	209,67	225	226	295,5	231,33

Autor: Pozo B, 2011.

Además se realizó los análisis de regresión y correlación entre los niveles de suplementación de la caña de azúcar y el peso de los animales, encontrando que los coeficientes de determinación son muy bajos que no llegan a superar el 0,4 (CV), lo que nos indica que los cambios del peso de las terneras cerca del 40% son atribuibles a los niveles de suplementación de la caña de azúcar (Anexo 2.).

La diferencia en la curva denotado en el gráfico 4.9, desde la semana 19, se debe en que de cada tratamiento salieron animales porque ya ganaron el peso requerido de inseminación dentro de la Hacienda San Luis.



Fuente: Pozo B, 2011

Gráfico 4.9. Curva de incremento de peso en las novillas.

A pesar de no diferenciarse estadísticamente a un mayor suministro de suplemento en base de Caña de Azúcar, se incrementó el peso de las novillas a lo largo de todas las evaluaciones, lo cual podemos atribuirlo también a que en la ganancia de peso tiende a aumentar levemente a menor tamaño de partícula según Benvenuti, Pavetti y Moreno (2006), donde dicha tendencia positiva sobre la ganancia de peso podría ser una consecuencia del mayor consumo registrado a menor tamaño de partícula. En efecto, según Alvarez *et al.* (1977), citado por Benvenuti *et al.* (2006), la fermentación espontánea de la caña de azúcar molida puede conducir a la conversión de la mitad de los azúcares y a una consecuente reducción de la eficiencia de conversión del alimento y de la ganancia, por ello hay que tomar muy en cuenta que una vez de picada la caña de azúcar, debe ser suministrada a los animales en ese momento para evitar pérdidas o intoxicaciones por fermentación.

4.2.1.1. Ganancia de peso diaria

Al establecer el análisis de variancia para la ganancia diaria de peso, no se encontró diferencias estadísticas entre los tres tratamientos en estudio (Cuadro 4.3)

El promedio general de la ganancia diaria de peso que se obtuvo fue de 0,87 kilogramos por día, para los tres tratamientos.

Por otra parte el coeficiente de variación que se obtuvo al analizar las ganancias de peso fue de 20,03%, coeficiente adecuado para este tipo de investigación.

Cuadro 4.3. Análisis de Variancia para la ganancia diaria de peso de novillas Holstein Friesian bajo el suministro de 3 niveles de suplementación en base a Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*). San Luis Salinas de Ibarra-Imbabura 2011.

Fuentes de Variación	Gl	Ganancia de peso
Total	14	
Tratamiento	2	0,04ns
Error	12	0,03ns
\bar{X} (kg)		0,87
CV%		20,03

Fuente: Pozo B, 2011

A pesar de no diferenciarse estadísticamente, el tratamiento T1 (41,03kg de caña de azúcar), obtuvo una ganancia diaria promedio de 0,977 kg/día a diferencia del T2 (35,09kg de caña de azúcar) y T3 (29,01kg de caña de azúcar) que obtuvieron 0,832 kg/día y 0,815kg/día respectivamente (Cuadro 4.4 y Grafico 4.10).

Cuadro 4.4. Efecto de la suplementación de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) en la ganancia diaria de peso de novillas Holstein Friesian en 24 evaluaciones

Tratamientos	Ganancia Kg/día
T1 (41,03kg)	0,977
T2 (35,09kg)	0,832
T3 (29,31kg)	0,815

El efecto de la suplementación de la caña de azúcar en la ganancia de peso, coloca el T1 como el mejor promedio 0,977Kg de ganancia de peso diaria y luego al T2 con 0,832Kg/día.



Fuente: Pozo B, 2011

Gráfico 4.10. Ganancia diaria en kilogramos como respuesta a los diferentes tratamientos

Ortiz *et. al*, citado por Urdaneta (2009), indica que la caña de azúcar integral más 1,3 Kg de concentrado tiene ganancias de peso de 945g/día; las ganancias obtenidas en esta investigación fueron mayores a las anteriormente mencionadas ya que para el T1 (41,03 kg) se obtuvo 0,98 kg/día lo cual es ligeramente superior que lo que obtuvo Ortiz *et. al*, citado por Urdaneta (2009) con caña de azúcar más concentrado.

4.2.2. Altura

Los análisis de variancia para cada una de las evaluaciones de las alturas de las novillas de levante Holstein Friesian, bajo el efecto de niveles de sobre alimento en base de Caña de Azúcar, no presentó diferencias estadísticas en cada una de las 24 evaluaciones realizadas (Cuadro 4.5).

Los promedios generales de la altura a la cruz de las novillas se fueron incrementando desde 102,47 cm en la primera evaluación semanal, hasta alcanzar los 123,78cm en la evaluación vigésima cuarta. Los coeficientes de variación se encuentran en el rango de 2,94% a 9,13%.

Sin embargo de no diferenciarse estadísticamente a un mayor suministro de suplemento en base de Caña de Azúcar se incremento la altura a la cruz de las novillas a lo largo de todas las evaluaciones.

Cuadro 4.5. Análisis de Variancia para la altura de novillas Holstein Friesian bajo el suministro de 3 niveles de suplementación en base a Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*). 24 evaluaciones semanales. San Luis Salinas de Ibarra-Imbabura 2011.

Fuentes de Variación	GL	Evaluaciones semanales de la altura a la cruz (cm)					
		1	2	3	4	5	6
Total	14						
Tratamiento	2	8,47ns	14,47ns	8,87ns	8,6ns	24,27ns	4,2ns
Error	12	58,9	62,67	81,83	98,37	79,53	80
\bar{X} (cm)		102,47	104,267	106,533	108,6	109,27	112,2
CV (%)		7,49	7,59	8,49	9,13	8,16	7,97

Fuentes de Variación	GL	Evaluaciones semanales de la altura a la cruz (cm)					
		7	8	9	10	11	12
Total	14						
Tratamiento	2	16,47ns	23,4ns	22,07ns	22,47ns	28,07ns	39,8ns
Error	12	76,23	83,23	88,63	67,17	55,63	43,57
\bar{X} (cm)		111,87	112,6	113,47	115,07	115,47	115,8
CV (%)		7,8	8,1	8,3	7,12	6,46	5,7

Fuentes de Variación	GL	Evaluaciones semanales de la altura a la cruz (cm)					
		13	14	15	16	17	18
Total	14						
Tratamiento	2	5,27ns	20,27ns	17,27ns	39,2ns	2,07ns	4,2ns
Error	12	64,2	68,23	61,57	47,33	56,97	51,93
\bar{X} (cm)		117,27	118,67	119,33	120,8	121,47	121,6
CV (%)		6,83	6,96	6,58	5,7	6,21	5,93

Fuentes de Variación	GL	Evaluaciones semanales de la altura a la cruz (cm)					
		19	20	21	22	23	24
Total	14						
Tratamiento	2	7,47ns	39,52ns	30,61ns	17,88ns	24,75ns	14,92ns
Error	12	62,9	24,94	16,55	13,55	13,18	13,27
\bar{X} (cm)		121,47	120	120,86	122,03	122,81	123,78
CV (%)		6,53	4,15	3,36	3,01	2,95	2,94

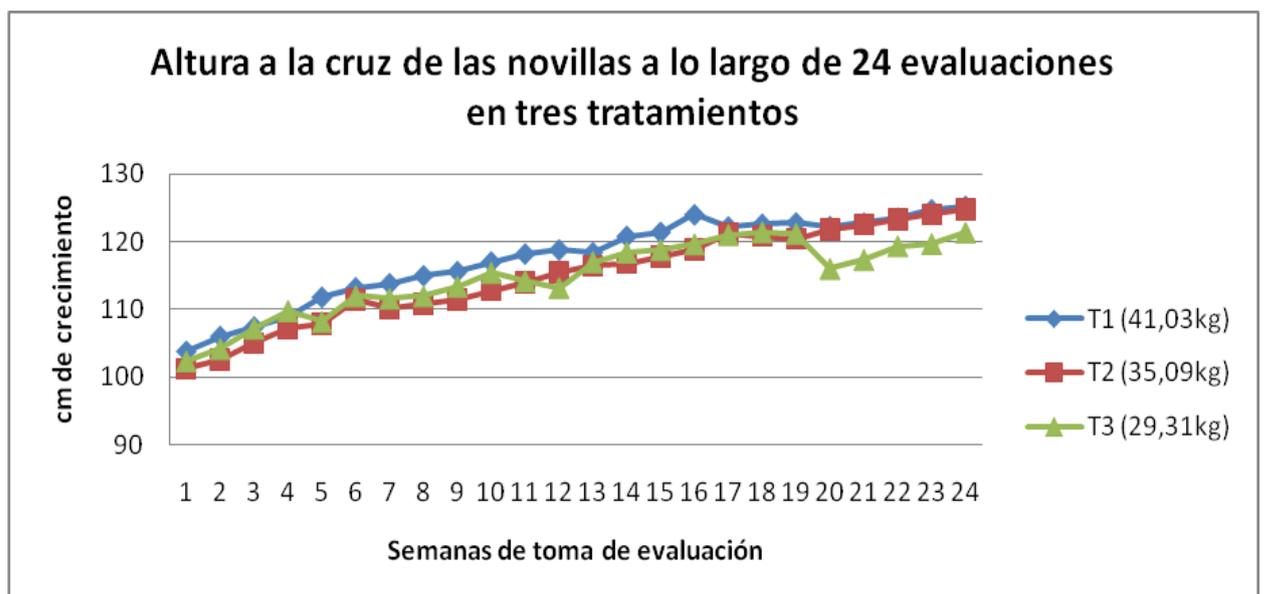
Autor: Pozo B, 2011.

A pesar de no existir diferencias estadísticas entre los tratamientos la suplementación con 41,03 kg de caña de azúcar (T1) alcanzó una mayor altura 117,504cm a lo largo de cada una de las 24 evaluaciones, en comparación a las suplementaciones en base de 35,09 kg (T2) y 29,31 kg (T3), a pesar que en las semanas 4 a semana 8 los tratamientos tendieron a ser similares.

Cuadro 4.6. Efecto de la suplementación de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) en altura de novillas Holstein Friesian en promedios para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	ALTURA A LA CRUZ (cm)
T1 (41,03kg)	117,504
T2 (35,09kg)	114,927
T3 (29,31kg)	114,777

Fuente: Pozo B, (2011)



Fuente: Pozo B, 2011

Gráfico 4.11. Curva de incremento de altura en novillas de levante.

Al establecer la regresión y obtención del coeficiente de determinación entre los niveles de suplementación de la caña de azúcar con la altura a la cruz de las novillas no se encontró un efecto directo pues apenas el coeficiente de determinación se acerca al 0,03(CV), lo que permite manifestar que menos del 30% de los cambios en la altura se deben a la suplementación con diferentes niveles de caña de azúcar (Anexo 3.).

El Dairy Calf & Heifer Association Gold Standards II (2011), la tasa de crecimiento y nutrición de las novillas de los 13 a los 15 meses de edad, con respecto a la altura a la cruz, debe de ser de más de 122cm, tomando en cuenta que los animales se encontraban distribuidos por tratamiento desde los 4 a los 12 meses, a la finalización de la investigación, los animales que se encontraban en este rango de edad superaron esta tasa de crecimiento recomendado por el Dairy Calf & Heifer Association, y cabe notar también que los animales que no llegaron a este rango de edad, estaban muy cerca de este de esta altura recomendada indistintamente del tratamiento al que pertenecían y a pesar de que no existían diferencias estadísticas entre los tratamientos, el tratamiento T1 (41,03kg de caña de azúcar) fue el que en promedio desde la semana 16 alcanzaron una altura de 124cm terminando a la semana 24 con 125,25cm de altura a la cruz.

Los resultados de esta investigación se encuentran más cercanos a los encontrados por Romero (2006), el cual sostiene que las metas de crecimiento para novillas Holstein, de 12 a 16 meses de edad se encuentran entre los rangos de 124,46cm a 129,54cm; así en la última evaluación realizada, el tratamiento T1

(41,03kg de caña de azúcar) alcanzó en promedio 125,25cm (semana 24) y el T2 (35,09kg de caña de azúcar) alcanzó en promedio 124,75cm también a la semana 24, siendo el T1 el de mayor crecimiento sin diferenciarse estadísticamente de los demás tratamientos pero mayor al T1 Y T2 en cm de altura a la cruz.

4.2.3. Condición Corporal

Los Análisis de Variancia para cada una de las evaluaciones de las condiciones corporales de las novillas de levante Holstein Friesian, bajo el efecto de niveles de suplementación en base de Caña de Azúcar, no presentó diferencias estadísticas en las 24 evaluaciones realizadas.

Los promedios generales quincenales de la condición corporal se fueron incrementando desde 2.58 (en la escala de 1 a 5 tomando en cuenta que 1 es un animal demasiado flaco y 5 es un animal obeso) en la primera evaluación semanal, hasta alcanzar 3.14 en la evaluación 10, y decreciendo ligeramente en las dos últimas evaluaciones (semanas 22 y 24), atribuido al exceso de precipitación en la zona. Los Coeficientes de Variación se encuentran en el rango de 7.03% a 20.63%.

Cuadro 4.7. Análisis de Variancia para la Condición Corporal de novillas Holstein Friesian bajo el suministro de 3 niveles de suplementación en base a Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*). 12 evaluaciones, quincenales. San Luis Salinas de Ibarra-Imbabura 2011.

Fuentes de Variación	GL	Condición corporal (escala) quincenal					
		1	2	3	4	5	6
Total	14						
Tratamiento	2	0,16ns	0,15ns	0,22ns	0,18ns	0,15ns	0,22ns
Error	12	0,28	0,26	0,21	0,16	0,13	0,11
\bar{X} (cm)		2,58	2,63	2,74	2,79	2,87	2,79
CV (%)		20,63	19,54	16,9	14,17	12,77	11,16

Fuentes de Variación	GL	Condición corporal (escala) quincenal					
		7	8	9	10	11	12
Total	14						
Tratamiento	2	0,11ns	0,11ns	0,12ns	0,06ns	0,07ns	0,12ns
Error	12	0,11	0,12	0,14	0,1	0,07	0,05
\bar{X} (cm)		2,94	3,05	3,13	3,14	3,13	3,09
CV (%)		10,77	10,85	11,78	10,13	8,22	7,03

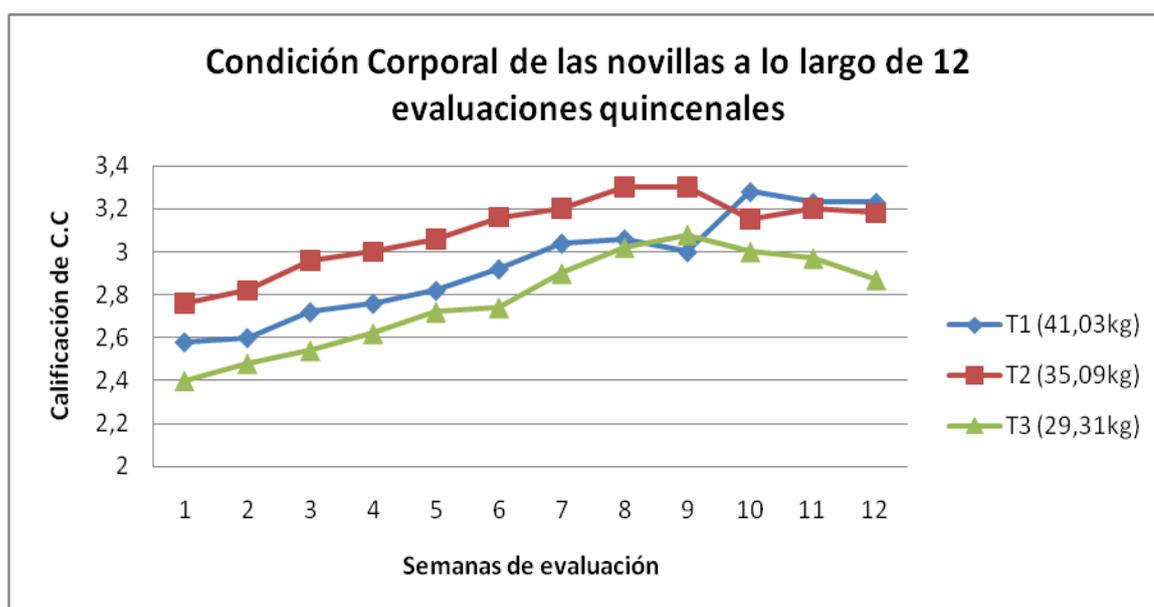
Autor: Pozo B, 2011.

Al quitar las vaconas que llegaron al tiempo de inseminación en el tratamiento T3 donde el suministro de suplemento fue el mas bajo se aprecia claramente el decremento de peso (Gráfico 4.11).

Cuadro 4.8. Efecto de la suplementación de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) en la Condición Corporal en novillas Holstein Friesian en 12 evaluaciones quincenales.

Tratamientos	Evaluaciones quincenales de la condición corporal (escala de 5)					
	1	2	3	4	5	6
T1 (41,03 kg)	2,58	2,6	2,72	2,76	2,82	2,92
T2 (35,09 kg)	2,76	2,82	2,96	3	3,06	3,16
T3 (29,31 kg)	2,4	2,48	2,54	2,62	2,72	2,74

Tratamientos	Evaluaciones quincenales de la condición corporal (escala de 5)					
	7	8	9	10	11	12
T1 (41,03 kg)	3,04	3,06	3	3,28	3,23	3,23
T2 (35,09 kg)	3,2	3,3	3,3	3,15	3,2	3,18
T3 (29,31 kg)	2,9	3,02	3,08	3	2,97	2,87



Fuente: Pozo B, 2011

Gráfico 4.12. Curva de evaluación de la Condición Corporal

El efecto de los niveles de suplementación de caña sobre la condición corporal es bajo pues los coeficientes de determinación obtenidos en el Anexo 3., presentan coeficientes de determinación muy bajos que manifiestan que apenas el 30% en algunas evaluaciones los niveles de suplementación afectan a esta condición.

Nogal 1999, sostiene que para la verificación de la condición corporal en animales vivos se recurre habitualmente a métodos subjetivos tendentes a la detección de las reservas corporales presentes en el organismo bajo la forma de grasas y/o músculos, en lo que se ha dado en llamar evaluación de la condición

corporal (ECC) y de la que se desprende la asignación de una puntuación o nota definidora.

Henrichs y Lammers (1998), indica que la puntuación de condición corporal es una herramienta adicional que puede ser utilizada para evaluar la nutrición en general y el manejo de un programa de novillas los terneros jóvenes generalmente son delgados por naturaleza (2.0 a 2.5 en la escala de cinco puntos), pero su condición corporal debe aumentar a o cerca de 3.0 por la edad de reproducción; en esta investigación el nivel de condición corporal en la escala de cinco puntos más alta fue de 3.14, lo que se encuentra unas décimas por encima de lo citado por los autores mencionados. La condición corporal de 3.5 a 3.7 se considera ideal para las novillas de parto a los 22 y 24 meses.

4.2.4. Análisis Económico

Desde el punto de vista económico, acortar la edad al primer servicio es muy importante, puesto que permite incrementar significativamente el ingreso neto por cada vaca en el total de su vida productiva. Lograr bajar la edad de servicio, implica obtener una lactancia y una cría adicional por vaca, con sus consecuentes repercusiones económicas (Ventura *et. al*, 2005).

Realizado el análisis de costo por kilogramo de la novilla, se procedió a realizar el proceso completo de establecimiento y mantenimiento tanto para la caña de azúcar como de la alfalfa y el costo por kg de balanceado.

El costo para Caña de Azúcar fue de \$0,0096 por kg de materia verde de caña y de alfalfa fue de \$0,0423 (Dólares americanos). Después de su análisis de costos de establecimiento y mantenimiento para cada uno, se tiene un total de \$3,68 para el T1 (35% de caña de azúcar), \$3,61 para T2 (30% de caña de azúcar) y \$3,57 para el T3 (25% de caña de azúcar), por día de alimentación.

Estos costos incluyen el precio del balanceado por kilogramo el cual era de \$0,46.

Cuadro 4.8. Costo por kilogramo diario de ingrediente de la alimentación de las novillas de levante

	Balanceado	Alfalfa	Caña
T1	1,9129	1,3733	0,3956
T2	1,9085	1,3704	0,3383
T3	1,9129	1,3733	0,2826

Los costos por kilogramo de incremento de peso de las novillas fueron: T1 \$3,77; T2 \$4,35 y T3 \$4,38, presentándose el T1 como el mejor en esta variable. Los costos por día de alimentación son mejores en T3, los costos por kilogramo de incremento de peso fueron mejores en T1, esto debido a que el incremento por día de peso fue mayor a este.

Cuadro 4.9. Costo por Kilogramo de aumento de peso del animal por tratamiento.

Tratamientos	Incremento/día peso (kg)	Costo/día alimentación.	Costo/kg de incremento de peso
T1	0,98	3,68	3,77
T2	0,83	3,61	4,35
T3	0,82	3,57	4,38

Autor: Pozo B, 2011

Cuadro 4.10. Proyección de peso de novillas de 6 a los 15 meses de edad con costos.

Tratamientos	Peso a los 6 meses	Kg/día	Peso a los 15 meses	Costo/día	Total
T1	150	0,977	413,79	3,68	1522,74
T2	150	0,832	374,64	3,61	1352,45
T3	150	0,815	370,05	3,57	1321,07

Fuente: Pozo B, 2011

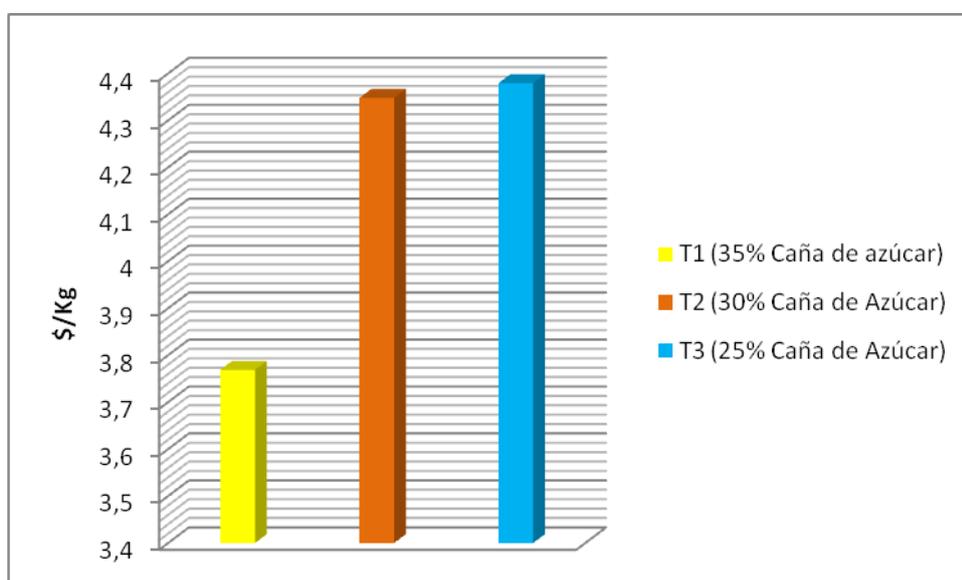


Gráfico 4.13. . Costo por Kilogramo de incremento en peso de novillas de levante en tres niveles de suplementación de Caña de Azúcar.

V. CONCLUSIONES

- ✓ En base del análisis realizado en la investigación se pudo determinar que la edad adecuada para el corte de caña de azúcar fue de veinte meses, ya que en esta etapa cumplía con el contenido nutricional adecuado: 77,89% de humedad, 7,48% de cenizas, 3,11% de extracto etéreo, 4,18% de proteína, 37,45% de fibra, 47,77% de elementos libres de nitrógeno, 61,52% de FDN, y 4259 cal/g de energía bruta.
- ✓ A medida que aumenta la edad de la caña de azúcar aumenta la humedad, cenizas, proteína, fibra, FDN y disminuye el E.L.N.
- ✓ Los componentes bromatológicos que manifiestan la energía como el extracto etéreo y la energía bruta expresan una tendencia cuadrática ya que los mayores contenidos se obtuvo con la edad de 20 meses de la caña de azúcar.
- ✓ No se presentaron diferencias estadísticas en relación al incremento de peso en los tratamientos evaluados, estos fueron en promedio 172,67kg en la primera evaluación y 270,56kg a las 24 semanas, es decir 97,89Kg de incremento.
- ✓ De la cuarta semana a la octava semana, los pesos de los animales fueron semejantes, debido a un alto consumo de alfalfa por exceso de precipitaciones.

- ✓ En esta investigación el realizar los coeficientes de determinación, se comprobó, que los cambios de peso, en el 40% de las terneras de todos los tratamientos, son atribuidos a los niveles de suplementación con caña de azúcar, mientras que el 60% corresponde a una alimentación proteica (alfalfa + concentrado), tomando en cuenta que la caña presenta bajo porcentaje de proteína pero un alto porcentaje de fibra y energía.

- ✓ A pesar de no haber diferencia estadística entre los tratamientos se determinó que, para la ganancia de peso diario, el mejor fue el T1 con 0,98 Kg/día, y el sucesor fue el T2 con 0,832 Kg por día.

- ✓ Los promedios generales de la altura a la cruz de las novillas fueron: 102,47 cm en la primera evaluación semanal, hasta alcanzar los 123,78cm en la evaluación vigésima cuarta; siendo esto importante ya que los animales obtuvieron un mayor desarrollo muscular y esquelético necesario para los periodos de monta y parto.

- ✓ No existió diferencias estadísticas en la evaluación de la CC, pese a esto se determinó que en promedio general el T1 obtuvo mejores resultados con valores de 3,23 en la escala de Gasque (2008).

- ✓ El costo por kilogramo de incremento de peso de las novillas de levante más conveniente lo obtuvo el T1, con un costo de \$3,77; atribuido al bajo precio por kilogramo de Caña de Azúcar, en relación a la alfalfa, a diferencia del T2 y T3.

- ✓ Para un mejor aprovechamiento de la caña de azúcar para el ganado, se debe de proporcionar en forma picada con un tamaño de partícula pequeño para facilidad de su palatabilidad.

- ✓ Después de la picada de la caña de azúcar se recomienda dotar inmediatamente a los animales ya que la caña picada es expuesta directamente al medio ambiente y esto causa una gran aceleración de su fermentación lo que puede causar malestar y hasta intoxicación del animal.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda utilizar la caña como suplemento a la edad de veinte meses, 35% de caña de azúcar, ya que expresa un más alto contenido energético lo que repercute en una mayor ganancia de peso.

- ✓ Se recomienda continuar con las investigaciones en caña de azúcar por su bajo costo y muy buenos resultados en la producción animal, así como por su alta producción de materia seca por hectárea y su capacidad de mantener su potencial energético durante período de verano o época seca.

VII. RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue el de establecer el efecto de tres niveles de suplementación con Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) en el levante de novillas, de una forma optima en la cual se pueda aprovechar al máximo las características nutritivas con la edad correcta a la que debemos suministrarles a los animales.

La investigación se dividió en dos etapas: en la primera etapa se determinó el efecto de la edad de corte sobre las condiciones bromatológicas de la caña de azúcar, y la segunda etapa el efecto de la edad de la caña de azúcar sobre las variables en estudio de las novillas de levante.

La investigación fue llevada a cabo en el cantón Ibarra sector Salinas de Ibarra, en la Hacienda San Luis, en donde la caña de azúcar se utilizó como forraje de suplementación a diferentes edades de corte, en 15 novillas Holstein Friesian comprendidas entre 4 a 12 meses de edad, divididas en tres diferentes tratamientos y corrales separados.

Las variables utilizadas fueron: su condición corporal, peso con ayuda de una cinta bovinométrica y altura a la cruz por un período de 6 meses consecutivos.

Los resultados indicaron que para la primera etapa del estudio, la mejor edad para el corte de caña de azúcar fue de 20 meses de edad, y para la segunda etapa del estudio, no hubo diferencias estadísticas en ninguna de las variables en estudio, sin

embargo, el T1 tanto para peso, altura a la cruz, y condición corporal, fue el que mayor incremento obtuvo a lo largo de todas las evaluaciones. En ganancia de peso diaria obtuvieron: el T1 0,98Kg/día, el T2 0,83Kg/día y T3 con 0,82Kg/día. En el análisis económico el T1 fue el que mostro menor costo por Kg de incremento de peso.

Palabras clave: niveles de suplementación, caña de azúcar, peso, altura a la cruz.

VIII. SUMMARY

The objective of this research was to establish the effect of three levels of supplementation of sugarcane (*Saccharum officinarum*) in dairy heifers, in an optimal way in which it can use at maximum the nutritional characteristics with the right age that we must provide the sugarcane to the animals.

The research was divided into two stages: the first stage, the effect of cutting age over the dietetics conditions of sugar cane, and the second stage the effect of age of the sugar cane over the study variables of the dairy heifers.

The research was conducted in the canton Ibarra, Salinas de Ibarra in the Hacienda San Luis, where sugar cane was used as feed supplementation at different cutting ages, in 15 Holstein Friesian heifers between 4 to 12 months of age, divided into three different treatments and separate pens.

The variables were: body condition, weight measured with a Dairy Cow Weigh tape and height at the withers for a period of 6 months.

The results indicated that for the first phase of the study, the best age for cutting sugar cane was 20 months old, and for the second stage of the study, there were no statistical differences in any of the variables under study, however, the T1 for both weight, height at withers, body condition, was the largest increase obtained over all assessments. In daily weight gain were: T1 0.98 kg/day, T2 0.83 kg/day and

T3 with 0.82 kg / day. In economic analysis, the T1 was the one who showed lower cost per kg of weight gain.

Keywords: levels of supplementation, sugar cane, weight, height at withers.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, F.J. Experiencia con la caña de azúcar integral en la alimentación animal en México. Consultado 5 de Junio del 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E06.htm>

Angeles C., 2007. Fermentación Ruminal, Tamaño de partícula y Efecto de la Fibra en la Alimentación de Vacas Lecheras. la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. México. Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgZooG014.pdf>

Aranda E., Ramos J., Mendoza G., 2005. Caña de azúcar en la Alimentación de Bovinos. Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa Tabasco, México. Disponible en: http://www.cardenas.gob.mx/secciones/ciencia/pecuario/cannia_en_bovinos.pdf

Araque C, Espinoza F.; 2003. Efecto de la suplementación con caña de azúcar-urea en la ganancia de peso en mautas a pastoreo. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad del Zulia. Maracaibo Venezuela. Disponible en: www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/27968/2/art3.pdf

Araque C, D'Aubeterre R.; 2006. La caña de azúcar: modalidades de uso en época de sequía. INIA-Lara, El Cuji. Barquisimeto. Venezuela. Disponible en: http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion4/articulo4-s4.pdf

Araujo O., Vergara J.; 2007. Propiedades Físicas y Químicas del Rumen. Sitio Argentino de Producción Animal. XXX Reunión APPA-Cusco-Perú. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/58-rumen.pdf

Arias J., 1982. Aspectos generales de la biología del Rumen. Monografías de Medicina Veterinaria. Universidad de Chile, Chile. Disponible en: http://www.monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_seccion/0,1419,SCID%253D7669%2526ISID%253D411,00.html

Blanco M., 1999. Bacterias Ruminales. Sitio Argentino de Producción Animal. Argentina. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/69-acterias_ruminales.pdf

Benvenuti, M.A., Pavetti, D.R. y Moreno, F.C., 2006. Efecto del tamaño de partícula de caña de azúcar y nivel de suplementación sobre el consumo y ganancia de peso de novillos en confinamiento invernal. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Cerro Azul. Misiones, Argentina. <http://www.aapa.org.ar/archivos/revistas/2006/vol26n2/001NA751Benvenuti.pdf>

Calsamiglia S., 1997. Nuevas base para la utilización de la Fibra en dietas de Rumiantes. Universidad Autónoma de Barcelona, España. Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Uso_de_Fibra_en_Rumiantes.pdf

Chaves M., 2005. La Caña de Azúcar como materia prima para la Producción de Alcohol Carburante. Director Ejecutivo Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Costa Rica. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/SEPSA/documentacion/genero/ALCOHOLCARBURANTE.pdf>

Cofee L., 2005. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy of Sciences. Washington D.C, Estados Unidos. Disponible en: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9825

CINCAE, 2007. La industria Azucarera del Ecuador. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador. (En línea) Consultado 25 Mayo 2011. Disponible en: <http://www.cincae.org/prueba.htm>

Corporación ganadera (CORFOGA), (En línea) Costa Rica, 2008. Consultado 14 Abril 2011. Disponible en: http://www.corfoga.org/blog_la-cao-de-azcar-como-forraje.php

Elias A.; Aplicación comercial de la melaza como alimento para rumiantes. 1988. Consultado 5 de Junio del 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E06.htm>

Etgen, W. 1985. Ganado lechero, Alimentación y Administración. Editorial Limusa. México.

Espinoza F., Argenti P., Carrillo C., Araque C., Torres A., Valle A., 2006. Uso estratégico de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en novillas mestizas gestantes. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Aragua. Venezuela. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2220517>

Fiallos F., Quilambaqui M.; 2009. Reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) del Banco de Germoplasma del CINCAE, al Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow) y Mosaico (Sugarcane Mosaic Virus) en la zona del Cantón El Triunfo. Facultad de Ingeniería y Ciencias en la Producción Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1208/1/2403.pdf>

Garibay A, 2010. Medidas Zoometricas. Anatomía Topográfica. (En línea). Consultado 16 Abril 2011. Disponible en: <http://www.slideshare.net/wera151206/medidas-zoometricas>

Gasque, R. 2008. Enciclopedia Bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Primera edición. México

Henrichs J., Lammers B.; 1998. The Pennsylvania State University, College of agricultural sciences. The Pennsylvania State University. Pensilvania. Estados Unidos. Disponible en: <http://www.das.psu.edu/research-extension/dairy/nutrition/pdf/economicos.pdf>

Jones C., Heinrichs J.; 2007. Early Weaning Strategies. Department of Dairy and Animal Science. The Pennsylvania State University. Pensilvania. Estados Unidos. Disponible en: <http://dasweb.psu.edu/pdf/earlywean07117.pdf>

Manual del Ganadero Actual. Tomo 1. 2004. Grupo Latino Ltda. Colección Volvamos al Campo. Colombia.

Manual de Nutrición Animal. 2007. Grupo Latino editores. Colección volvamos al campo. Colombia.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO. INEC-MAG-SICA. (En línea) Ecuador. Consultado 14 Abril. 2011. Disponible en: http://sigagro.flunal.com/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=236

Nogal A.; 1999. La Evaluación de la Condición Corporal como Metodología preferente para la Estimación del Estado de Engrasamiento en vacas lecheras. Dpto. de Producción Animal I. Universidad de León. León, España. Disponible en: http://www.inia.es/gcontrec/pub/05.P.J.ALVAREZ_1048154881812.pdf

Nouel G., 2006. Alimentación sustentable de vacas en el bosque seco tropical. Departamento de Producción Animal, Universidad Centrooccidental "Lisandro Alvarado" Barquisimeto-Venezuela. Disponible en: http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion4/articulo1-s4.pdf

Ojeda A, 2005. Recursos agrícolas fibrosos: potencial de uso. Facultad de Agronomía, Universidad Central. Maracay, Venezuela. Disponible en: http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion4/articulo2-s4.pdf

Padilla G, 2006. La Aparición de la Pubertad en Vaquillas. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. SARH. Palo Alto MéxicoD.F. Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol2/CVv2c11.pdf>

Preston T. R. Sugarcane as animal feed: an overview . 1976. Consultado 5 de Junio del 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E06.htm>

Romero T.; 2006. Como Comprar Vaquillas de Reemplazo. Departamento de producción animal: rumiantes. México. Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgZooG007.pdf>

Rosales R.; 2008. Uso de la caña de azúcar en la alimentación animal. Escuela de Zootecnia, UCR. Uruguay. Disponible en: http://www.corfoga.org/images/public/documentos/pdf/uso_de_la_cana_en_la_alimentacion_animal.pdf

Rotger A., 2006. Fermentación Ruminal, Degradación Proteica y Sincronización Energía-Proteína en Terneras en Cebo Intensivo. Universidad Autónoma de Barcelona. Tesis Doctoral. Barcelona, España.

Santini F., Elizalde I., 1994. Digestión Ruminal aspectos Conceptuales e Implicancias practicas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Balcarce. Buenos Aires, Argentina. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar

Suárez H., Suárez O., Gracia H., Gómez I., Hernández J., Santana I., Zambrano Y., Sao E., 2008. Diversificación de la Caña de Azúcar: uso en la alimentación del ganado vacuno. Ciudad Habana, Cuba. Disponible en: http://www.corfoga.org/images/public/documentos/pdf/diversificacion_de_la_cana_de_azucar_hector_jorge_suarez.pdf

Torres M.; 2009. Manejo de la Caña de Azúcar para Forraje en la Producción de Carne Bovina. San José, Costa Rica. Disponible en: www.corfoga.org/.../manejo_cana_azucar_produccion_carne.pdf

Urdaneta J.; 2009. “La caña de azúcar”: una opción para el ganadero. INIA Yaracuy. Estado Yaracuy, Venezuela. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/130-azucar.pdf

Unión Ganadera Regional de Jalisco (UGRJ), Alimentando Terneras y Novillas. Universidad de Wisconsin Madison. (En línea) México D.F. Consultado 25 Mayo. 2011. Disponible en <http://www.ugrj.org.mx>

Unión Ganadera Regional de Jalisco (UGRJ), Novillas en relación a la dinámica del hato lechero. Universidad de Wisconsin Madison. (En línea) México D.F. Consultado 20 Jun. 2010. Disponible en <http://www.ugrj.org.mx>

Unión Ganadera Regional de Jalisco (UGRJ), Crecimiento de las terneras. Universidad de Wisconsin Madison. (En línea) México D.F. Consultado 20 Jun. 2010. Disponible en <http://www.ugrj.org.mx>

Unión Ganadera Regional de Jalisco (UGRJ), Nutrición y Reproducción de Ganado Bovino. Universidad de Wisconsin Madison. (En línea) México D.F. Consultado 16 Abril. 2011. Disponible en <http://www.ugrj.org.mx>

Vasallo M, 2007. Caña de azúcar, mandioca y batata para forraje en la producción intensiva de carne. Centro de Investigaciones Nematológicas, Corrientes, Argentina. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/.pdf

Villalobos G., Quintero A.; 2006. Manejo de las novillas de reemplazo. Unidad de Investigación en Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. Disponible en: http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_content&do.pdf

Ventura M., Barrios A.; 2005. Hembras de Reemplazo: mejorando su manejo alimenticio. Dpto. de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela. Disponible en: http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion4/articulo9-s4.pdf

Wattiaux M., Howard T.; 2002. Digestión en la Vaca Lechera. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison, Estados Unidos. Disponible en: http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_01.es.pdf

Wattiaux M.; 2002. Crianza de novillas del destete al parto: midiendo el crecimiento. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison, (En línea). Estados Unidos. Consultado 27 Mayo 2011. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/frame%20score/05-novillas_del_destete_al_parto.htm