

**Procesamiento del alimento balanceado utilizado en la crianza de terneras y su efecto
sobre el crecimiento y el desarrollo ruminal.**

Pamela Castro Flores

**Tesis presentada para optar por el grado de Licenciatura en
Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia**

**Escuela de Zootecnia
Facultad de Ciencias Agroalimentarias
Universidad de Costa Rica**

2011

Esta tesis fue aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por grado de Licenciatura.



Ing. Jorge Elizondo Salazar, PhD.

Director de Tesis



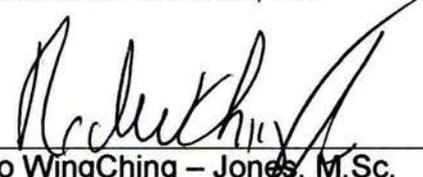
Ing. Augusto Bourrillón, M.Sc.

Miembro del Tribunal



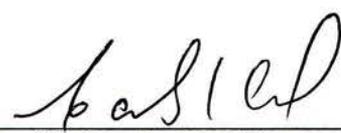
Ing. Roger Martínez Martínez, Lic.

Miembro del Tribunal



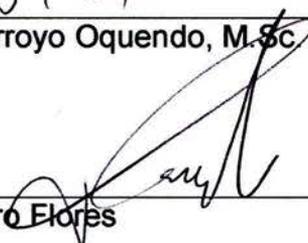
Ing. Rodolfo WingChing - Jones, M.Sc.

Miembro del Tribunal



Ing. Carlos Arroyo Oquendo, M.Sc.

Director de Escuela



Pamela Castro Flores

Sustentante

AGRADECIMIENTO

Cuando comencé a escribir los agradecimientos pensé que por descuido podía dejar a alguien importante fuera de la mención, por eso desde ya pido las disculpas correspondientes en caso de que suceda.

Antes que todo, quiero agradecer a Dios por darme las fuerzas necesarias en los momentos en que más las necesité y llenar de tantas bendiciones mi vida.

Hay cuatro personas que no podría olvidar por nada del mundo. Una es mi mamá, Margarita Flores que además de ser mi ejemplo de vida, desde un inicio, cuando elegí mi carrera me apoyó incondicionalmente hasta el día de hoy. Mi hermano, Sergio Castro que ha sido mi aliado por 26 años; además de colaborarme con soporte técnico. Los otros dos son definitivamente mis ángeles, mi "Tita" Teresita Alvarado y mi papá Sergio Humberto Castro; que a pesar de que físicamente no estén acá conmigo, tengo la convicción de que cuidan cada uno de mis pasos y me libran de peligros.

También quiero agradecer a mi profesor Dr. Jorge Alberto Elizondo Salazar, por la confianza en mi persona, la paciencia y la dirección de este trabajo.

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron muchas personas, las cuáles no puedo omitir de este agradecimiento:

Don Guillermo Durán y doña Carmen Rodríguez, me abrieron las puertas no solo de su finca, sino también las de su casa y de sus corazones.

Joselyn Durán me brindó su cariño y compañía, invaluable.

Francini, Jessica, María Fernanda, gracias por su cariño.

"Neo" siempre estuvo atento a ayudarme con mis terneros.

Don Róger Martínez que me brindó su apoyo, comprensión y paciencia.

Allan Rodríguez más de una vez corrió por mí, y alguna que otra vez me cubrió la espalda.

A mi Tío Enmanuel Flores por su colaboración.

Mi padrastro, Mauricio Torres por sus atinadas correcciones.

A mis compañeros de trabajo que me brindaron ánimo.

A mis amigos, profesores y familiares que siempre me apoyaron para que culminara esta etapa de mi vida (y que por motivos de espacio no puedo mencionarlos uno a uno).

A Agueda Serrano por su apoyo incondicional y su amistad.

A todos los muchachos de la distribuidora de concentrados y del matadero por su

disposición a colaborar.

A los estudiantes que me ayudaron con la medición de las papilas: Natalia Ortiz y Eduardo Aguiar.

Y por último pero no menos importante; a mi novio Daniel Romero por acompañarme durante la elaboración de la tesis, y por demostrarme que cuenta con la virtud de la paciencia.

Gracias de todo corazón, por el apoyo que cada uno me brindó.

ÍNDICE

	Página
PORTADA.....	I
TRIBUNAL EVALUADOR.....	li
AGRADECIMIENTO.....	lii
ÍNDICE.....	V
RESUMEN.....	Vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	Viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	Xi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción general.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. General.....	3
1.2.2. Específicos.....	3
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Introducción.....	4
2.2. Aspectos generales de las terneras.....	6
2.2.1. Calostro e inmunidad.....	7
2.2.2. Pesos.....	11
2.3. Anatomía y fisiología del bovino.....	17
2.3.1. Pliegue retículo-omasal (gotera esofágica).....	18
2.4. Desarrollo ruminal.....	19
2.4.1. Alimentación líquida.....	20
2.4.2. Introducción al suministro de alimentos sólidos.....	22
CAPITULO III: TRABAJO EXPERIMENTAL.....	27
3.1. Materiales y métodos.....	27
3.2. Resultados y discusión.....	34
3.2.1. Transferencia de inmunidad pasiva.....	34
3.2.2. Consumo de alimento.....	35
3.2.3. Medidas de peso, perímetro torácico y altura a la cadera y a la cruz.....	37
3.2.4. Rendimiento en canal y tamaño relativo de los compartimientos del estómago.....	40
3.2.5. Desarrollo ruminal.....	41
3.3. Recomendaciones y conclusiones.....	49
LITERATURA CITADA.....	50

RESUMEN.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del procesamiento del alimento balanceado utilizado en la crianza de terneras sobre el crecimiento de los animales y el desarrollo ruminal durante el período pre y pos-destete. El experimento se llevó a cabo en la finca "Valle Don Jesús" ubicada en el cantón de Zarcerro, provincia de Alajuela.

Se utilizaron 12 terneros de la raza Holstein con peso vivo inicial promedio de 38 kg. Ocho terneros fueron sacrificados a las 8 semanas de edad y los 4 restantes a las 12 semanas de vida. Los tratamientos experimentales fueron a) alimento en harina, b) alimento en harina + forraje, c) alimento pelletizado y d) alimento extruzado. El alimento se ofreció a partir del tercer día de iniciado el experimento.

Cada animal fue ubicado en una jaula individual y recibió cada tratamiento (asignado al azar) diariamente en las mañanas, llevando un registro de consumos y rechazos semanales. El período experimental fue de 8 y 12 semanas. Al final del período se realizó la cosecha de los animales, recolectándose los estómagos para posteriormente realizar la toma de muestras del tejido ruminal.

Se recolectó información semanal correspondiente a las mediciones de peso corporal, perímetro torácico, altura a la cadera (distancia desde la base de las patas traseras hasta los huesos de la cadera) y altura a la cruz (altura desde la base de las patas delanteras hasta la cruz).

No se observaron diferencias estadísticas en las mediciones de consumo de alimento, altura a la cadera, ni en las correspondientes al peso de los animales. En la toma del perímetro torácico se observaron algunas diferencias en las semanas 3 y 7 donde el tratamiento Harina+Forraje, reportó mediciones más bajas. Mientras que en lo que respecta a la altura a la cruz los tratamientos Pelletizado y Extruzado reportan mediciones mayores en las semanas 7 y 8.

En lo referente al desarrollo ruminal, se realizaron evaluaciones del alto y ancho de las papilas, así como el grosor de la pared ruminal. En general la forma física de la dieta no afectó las mediciones de estas estructuras. La única diferencia estadística obtenida fue para la porción del saco ciego caudo-dorsal donde el tratamiento Harina reportó medidas mayores para la altura de las papilas y el tratamiento Extruzado alturas menores.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Tamaño relativo de los compartimientos del estómago de un bovino desde el nacimiento hasta la edad adulta.....	1
2	Características y composición química del calostro y leche de ganado Holstein.....	8
3	Relación entre la edad del primer suministro de calostro y la absorción de inmunoglobulinas.....	9
4	Peso promedio (kg) esperado de terneras y novillas Holstein según país.....	13
5	Peso promedio (kg) esperado de terneras y novillas Jersey según país.....	14
6	Peso y altura sugeridos para el primer servicio en novillas de diferentes razas	15
7	Proporción relativa del peso adulto a diferentes edades.....	17
8	Efecto del consumo de agua sobre el consumo la ganancia de peso, consumo de concentrado y días con diarrea.....	23
9	Fórmula nutricional del alimento balanceado utilizado en la prueba.....	28
10	Composición nutricional del reemplazador utilizado en la prueba.....	29
11	Contenido de MS, PC, EE, cenizas, FND, FDA del pasto estrella africana promedio de varios estudios realizados en Costa Rica (% de la MS).....	30
12	Concentración promedio de proteína sérica total (PST) en los terneros utilizados en el experimento.....	35
13	Consumo de alimento semanal (g) obtenidos con los diferentes tratamientos.....	35
14	Peso promedio de los animales (kg) en cada tratamiento.....	37
15	Circunferencia torácica (cm) promedio para cada tratamiento.	38

Cuadro		Página
16	Altura a la cruz (cm) promedio de los animales para cada tratamiento.....	39
17	Altura a la cadera (cm) promedio de los animales para cada tratamiento.....	40
18	Porcentaje de rendimiento en canal para cada tratamiento....	40
19	Tamaño relativo promedio de los compartimientos para cada tratamiento.....	40
20	Efecto del tratamiento sobre la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 8 semanas de vida. Zona B, saco Caudo-Dorsal.....	43
21	Efecto del tratamiento sobre la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 12 semanas de vida. Zona B, saco Caudo-Dorsal.....	43
22	Efecto del tratamiento sobre la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 8 semanas de vida. Zona C, saco Craneo-Dorsal.....	44
23	Efecto del tratamiento sobre la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 12 semanas de vida. Zona C, saco Craneo-Dorsal.....	44
24	Efecto del tratamiento sobre la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 8 semanas de vida. Zona E, saco Ciego Caudo-Dorsal.....	45
25	Efecto del tratamiento sobre la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 12 semanas de vida. Zona E, saco Ciego Caudo-Dorsal.....	45
26	Efecto del tratamiento sobre la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 8 semanas de vida. Zona D, saco Ventral.....	46
27	Efecto del tratamiento sobre la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 12 semanas de vida. Zona D, saco Ventral.....	46

Cuadro		Página
28	Efecto del tratamiento sobre la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 8 semanas de vida. Zona A, saco Ciego Caudo-Ventral.....	46
29	Efecto del tratamiento sobre la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 12 semanas de vida. Zona A, saco Ciego Caudo-Ventral.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Cuadro		Página
1	Participación porcentual en la producción de leche por zona.....	5
2	Producción de leche de acuerdo a la edad al primer parto en vacas Holstein.....	16
3	Ejemplo de procedimiento de apertura de un rumen, donde se representan las áreas físicas de la toma de muestras del rumen y las etiquetas correspondientes.....	32
4	Visión a escala de las papilas ruminales y ejemplificación de las medidas de altura y ancho de las papilas.....	33
5	Visión a escala de las papilas rúmiales y ejemplificación de la medida de la pared ruminal.....	33

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Introducción general.

A 10 años de que los productos y subproductos lácteos provenientes de los Estados Unidos puedan ingresar a nuestro país sin aranceles; y a las puertas de un nuevo tratado de libre comercio con China, se hace necesario que el sector lechero haga conciencia de la necesidad de innovar prácticas de manejo que permitan optimizar la eficiencia de las explotaciones.

Una forma de maximizar la productividad en las fincas es mediante mejoras en la crianza y desarrollo de terneras (Elizondo, 2008b), ya que cada ternera que nace, representa una oportunidad para mantener o incrementar el tamaño del hato, para mejorarlo genéticamente o para aumentar el ingreso económico (Elizondo, 2006).

En la crianza de terneras de lechería, la alimentación es un factor determinante, tanto para el crecimiento del animal como para el desarrollo ruminal, por lo que se debe considerar el hecho de que pese a que las terneras nacen con los cuatro compartimientos estomacales, solamente el abomaso es funcional.

Tanto el crecimiento del animal como el desarrollo de los pre-estómagos (retículo, rumen y omaso) ocurren con el transcurso del tiempo (Cuadro 1) y están íntimamente ligados con la alimentación.

Cuadro 1. Tamaño relativo de los compartimientos del estómago de un bovino desde el nacimiento hasta la edad adulta.

Edad	% de la capacidad total del estómago			
	Rumen	Retículo	Omaso	Abomaso
Recién nacido	25	5	10	60
3-4 meses	65	5	10	20
Adulto	80	5	7-8	7-8

Adaptado de Heinrichs y Jones, 2003.

En la conformación del aparato digestivo, uno de los puntos más importantes es el desarrollo ruminal, ya que este compartimento funcionará como una cámara de

fermentación para la digestión de carbohidratos y fibras. Este desarrollo ruminal presenta, además del aumento en el tamaño y grosor de las paredes, la prolongación de las innumerables papilas que revisten las paredes rumiales, las cuáles son estimuladas por los ácidos grasos volátiles producto de la fermentación de los alimentos, principalmente del ácido butírico, resultante de la fermentación del alimento balanceado (Heinrichs y Jones, 2003). En términos generales se puede decir que el alimento es clave para el desarrollo ruminal, por lo que su calidad se debe tomar muy en cuenta.

Si bien es cierto que en otros países se han venido realizando investigaciones sobre la relación que existe entre el tipo de dieta ofrecida a las terneras y su efecto sobre el desarrollo ruminal (Tamate et al., 1962; Bar-Pelet et al, 1997; Heinrichs y Jones, 2003; Coverdale et al., 2004), en Costa Rica no se tienen datos al respecto.

Por esta razón se llevó a cabo el presente experimento con el fin de evaluar el procesamiento del alimento balanceado utilizado en la crianza de terneras sobre el crecimiento de los animales y el desarrollo ruminal.

1.2. Objetivos.

1.2.1. General.

Evaluar el efecto del procesamiento del alimento balanceado utilizado en la crianza de terneras, sobre el crecimiento de los animales y el desarrollo ruminal durante el período pre y post-destete.

1.2.2. Específicos

Evaluar el efecto de la textura física de un alimento iniciador de terneras sobre el desarrollo ruminal de terneras.

Evaluar el efecto de la textura física de un alimento iniciador de terneras sobre diferentes parámetros de crecimiento.

Evidenciar si los criterios de alimentación temprana de forraje o concentrado iniciador fomenta el rápido desarrollo de las paredes del rumen.

Reconocer posibles ventajas de manejo en finca de los diferentes procesamientos del alimento balanceado.

CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Introducción.

La industria láctea en el mundo.

La Unión Europea es el mayor productor lácteo del mundo, produciendo alrededor de 113 millones de toneladas al año. El 50% del consumo total en esta zona geográfica es en forma de quesos (Borga, 1998).

Estados Unidos es el segundo productor de leche con una producción de 99,1 millones de toneladas al año (Gil, 2010).

En Brasil el consumo de leche es de 140-150 litros persona por año. Su producción es de 27 715 ton, lo que lo convierte en el sétimo país mayor productor (Borga, 1998).

Con respecto a los países latinoamericanos hay tres de mayor importancia. Chile donde el consumo por habitante es de 141 litros de leche al año, y a pesar de que desde 1984 viene experimentando un crecimiento en la producción no deja de ser un importador nato, teniendo Nueva Zelandia un 65% de ese mercado (Borga, 1998); en Venezuela la producción es de 1350 millones de litros al año y el consumo está mayormente concentrado en leche en polvo y es un país exportador (Borga, 1998).

Otro de los países latinoamericanos de importancia en el sector lácteo es Costa Rica, donde el sector pecuario que incluye la ganadería bovina de carne, leche y de doble propósito representa el 1,3% del producto interno bruto (PIB) y aportan el 17,6% del valor agregado de la producción agropecuaria (Barrientos y Villegas, 2010).

En Costa Rica esta actividad provoca un gran impacto social, ya que de ella dependen aproximadamente 36000 productores en forma directa y sus familias, especialmente en medianas y pequeñas explotaciones, siendo las zonas rurales las

más impactadas (Cámara Nacional de Productores de Leche, 2010).

Del total de las fincas ganaderas 14355 (37%) corresponden a fincas lecheras, de éstas 6408 son lecherías especializadas y 7947 son de doble propósito (Cámara Nacional de Productores de leche, 2010).

En lo que a empleos se refiere, la actividad lechera aporta 387520 empleos directos y unos 143550 indirectos (Barrientos y Villegas, 2010).

Se estima que el país produce cerca de 890 millones de litros al año (Cámara Nacional de Productores de Leche, 2010). Las principales zonas productoras son la Huetar Norte con un 43% y la Región Central con un 41%, como se aprecia en la Figura 1.

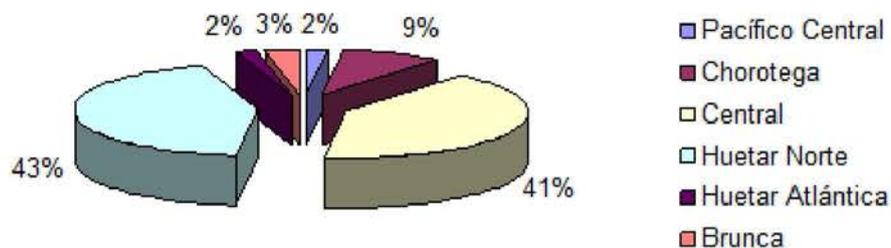


Figura 1. Participación porcentual en la producción de leche por zona. (Adaptado de Barrientos y Villegas, 2010).

En Costa Rica, se encuentran 3 sistemas de producción bien diferenciados, a saber: lechería de altura en zonas con altitud mayor a 1300 msnm donde las razas predominantes son la Holstein, Jersey y Pardo Suizo; lechería de bajura en zonas donde la altitud se encuentra entre 900 y 1300 msnm con animales con alto encaste lechero, y finalmente las explotaciones de doble propósito en zonas por debajo de 900 msnm donde los hatos son de sangre cebuina con cruces de razas lechera (Villegas, 2010).

Del total de la producción de leche un 60% está destinado al sector industrial mientras que un 40% al sector artesanal y de éste el 32,5% se destina a la producción de quesos. (Cámara Nacional de Productores de Leche, 2010).

En lo que respecta a las industrias lácteas se clasifican en dos tipos: las cooperativas como lo son Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L, CoopeCoronado, Coopeleche y CoopeBrisas, y empresas de capital privado como Sigma Alimentos, Monteverde, Blanco y Negro, Quesos de calidad Holanda, Copralac, etc (Cámara Nacional de Productores de Leche, 2010).

En el sector artesanal se presentan 3 tipos de agentes económicos: vendedores de leche cruda, productores artesanales de queso crudo, que normalmente son explotaciones familiares de gran tradición, y finalmente las mini-plantas industrializadoras de quesos frescos, caracterizadas por la pasteurización de quesos blancos.

2.2. Aspectos relevantes de las terneras.

Un aspecto indispensable para la productividad de una finca lechera, es la crianza de sus reemplazos y su adecuado desarrollo, lo que se encuentra íntimamente ligado con el manejo y el consumo del calostro.

A lo largo de muchos años se ha demostrado la importancia de suministrar calostro y lograr una concentración adecuada de inmunoglobulinas séricas en las terneras recién nacidas, ya que los animales con bajas concentraciones de estos elementos, presentan una alta incidencia de diarreas y bajas ganancias de peso, lo que se traduce en un mayor tiempo para alcanzar la edad y peso adecuado a la pubertad y por ende al parto (Bateman et al., 2009).

Así también es importante tener en cuenta las diferencias anatómicas que existen entre una ternera y un animal adulto y las consideraciones que por ello se deben tener en cuanto a la alimentación y prácticas de manejo.

2.2.1. Calostro e Inmunidad.

La estructura de la placenta bovina impide la transferencia de inmunoglobulinas (Igs) séricas de la madre al feto antes del nacimiento (Nocek et al., 1984; Argüello et al., 2005), por lo que la ternera nace sin inmunidad humoral (anticuerpos) adecuada, lo que significa que depende totalmente de la inmunidad pasiva que pueda adquirir por medio del calostro.

Es por medio de la absorción intestinal de inmunoglobulinas presentes en el calostro, que la ternera se protege de las enfermedades hasta que su propio sistema inmune sea completamente funcional (Figura 2) (Elizondo, 2010a).

El calostro es la primera secreción producida por la glándula mamaria después del parto (Elizondo, 2007) y es la primera fuente de nutrientes para la ternera después de nacida. Contiene casi el doble de los sólidos presentes en la leche, su contenido de grasa y proteína es mayor, así como también la concentración de vitaminas y minerales (Elizondo, 2010a).

Además contiene gran cantidad de linfocitos, neutrófilos, macrófagos, factores de crecimiento y hormonas como la insulina y el cortisol (Le Jan, 1996), por lo que juega un papel muy importante en la estimulación del desarrollo del tracto gastrointestinal de la ternera recién nacida.

Las inmunoglobulinas presentes en el calostro son transferidas durante el período seco desde el torrente sanguíneo de la madre hasta la glándula mamaria (Larson et al., 1980; Sasaki et al., 1983). En el calostro se encuentran 3 tipos de inmunoglobulinas: G, M y A; la mayoría de Igs presentes en el calostro bovino son de clase G, más específicamente G₁ (Muller y Ellinger, 1981). Las IgG constituyen del 80 al 85 por ciento de las Igs en el calostro y proporcionan inmunidad contra una amplia variedad de infecciones sistémicas y enfermedades. Las IgA representan del 8 al 10 % mientras que las IgM un 5-12%. La vida media de las IgG es de 21 días, IgM es de 4 días y IgA es de 2 días. Por lo que IgG no son solo el tipo más frecuente sino que

también dura más tiempo en la corriente sanguínea (Heinrichs y Jones, 2003). Estas inmunoglobulinas junto con las proteínas y péptidos disminuyen significativamente en los ordeños subsecuentes (Davis y Drackley, 1998) (Cuadro2).

Debido a la predominante cantidad de IgG, la medida de la concentración total de IgG o IgG₁ en el suero sanguíneo es utilizada como un indicativo adecuado de la transferencia de inmunidad pasiva, y se ha demostrado que la concentración de IgG en sangre de las terneras está claramente asociada con la sobrevivencia y salud de las mismas (Besser y Gay, 1985).

Cuadro 2. Características y composición química del calostro y leche de ganado Holstein.

Variable	Calostro (ordeño post-parto)			Leche
	1	2	3	
Gravedad específica	1,05	1,04	1,035	1,03
Sólidos Totales, %	23,90	17,90	14,10	12,50
Grasa, %	6,70	5,40	3,90	3,60
Sólidos no grasos, %	16,70	12,20	9,80	8,60
Proteína total, %	14,00	8,40	5,10	3,20
Caseína, %	4,80	4,30	3,80	2,50
Albúmina, %	0,90	1,10	0,90	0,50
Inmunoglobulinas, %	6,00	4,20	2,40	0,09
IgG, g/dl	3,20	2,50	1,50	0,06
Nitrógeno no proteico, %	8,00	7,00	8,30	4,90
Lactosa, %	2,70	3,90	4,40	4,90
Calcio, %	0,26	0,15	0,15	0,13
Potasio, %	0,14	0,13	0,14	0,15
Sodio, %	0,14	0,13	0,14	0,15
Vit A, µg/dl	295,00	190,00	113,00	34,00
Vit E, µg/dl de grasa	84,00	76,00	56,00	15,00
Riboflavina, µg/ml	4,83	2,71	1,85	1,47
Colina, µg/ml	0,79	0,34	0,23	0,13

Adaptado de Davis y Drackley, 1998

Las inmunoglobulinas presentes en el calostro, pasan al estómago y a pesar de ser proteínas, no son degradadas, ya que cuentan con dos mecanismos de defensa. Primero que en ese momento la actividad del jugo gástrico todavía es débil y segundo, que cuentan con una sustancia que inhibe la acción de enzimas proteolíticas, por lo que se asegura el paso de los anticuerpos al intestino donde son fácilmente absorbidos

y transportados a la sangre (Hutjens, 2003).

La absorción es permitida gracias a que por aproximadamente unas 24 horas la mucosa intestinal no es selectiva (permeable). Esta permeabilidad se reduce con la edad del animal (Cuadro 3), acelerándose después de las 12 horas post-parto e interrumpiéndose completamente a las 24-36 horas de edad (Rojas, 1992). Transcurrido este tiempo se da lo que se conoce como cierre intestinal (Elizondo, 2007).

Cuadro 3. Relación entre la edad del primer suministro de calostro y la absorción de inmunoglobulinas.

Edad, horas	Inmunoglobulinas			Promedio
	G	M	A	
12	0	0	3	3
16	10	3	17	17
20	23	30	30	30
24	50	53	57	50

Fuente: Rojas, 1992

Existen varios factores que se encuentran íntimamente relacionados con la concentración de inmunoglobulinas en el calostro:

- a. El volumen del calostro producido en el primer ordeño después del parto influye significativamente, ya que grandes volúmenes diluyen las IgG acumuladas en la glándula mamaria (Pritchett et al., 1991). En otras palabras, la concentración de IgG está inversamente relacionada con el peso del calostro al inicio de la lactancia, por lo que vacas altas productoras pueden tener calostros con concentraciones bajas de IgG (Stott et al., 1981; Morin et al., 1997)
- b. La pérdida de calostro de la ubre que se presenta por goteo durante los últimos días de gestación ocasiona bajas concentraciones de inmunoglobulinas (Petrie, 1984).
- c. Generalmente se ha dicho que el calostro producido por novillas de primer parto

presenta menor concentración que los obtenidos de las vacas con mayor número de partos, debido a que las novillas han sido expuestas a antígenos por menor tiempo que las vacas más viejas. Diversos estudios demostraron que la concentración de Igs en el calostro aumentó linealmente con el número de lactancias hasta llegar a la cuarta, donde se estabilizó (Oyeniya y Hunter, 1978; Devery y Larson, 1983; Robinson et al., 1988).

- d. El período seco es otro factor importante. Si el mismo es muy corto (menor a 3 semanas), la glándula mamaria no tendrá el tiempo necesario para acumular Igs (Nousiainen et al., 1994).

Existen diversos métodos para medir la calidad del calostro, tal es el caso del calostrómetro, que correlaciona la gravedad específica del calostro y la concentración de inmunoglobulinas en el mismo. En lecherías donde solo alimentan con calostro de buena calidad, necesitan tener una reserva o banco de calostro para ofrecer a las terneras que nacen de vacas con baja calidad de calostro (Elizondo, 2010b).

Es importante considerar algunas recomendaciones básicas con respecto al manejo y suministro de calostro a las terneras.

- a. Hace algunos años era considerado aceptable que las terneras permanecieran con sus madres durante los tres primeros días de vida, pero después de que los productores crearon conciencia acerca de la importancia del calostro; se adoptó la práctica de separar a la ternera de la madre y proveer una cantidad adecuada de calostro de buena calidad lo antes posible, de manera que se pueda maximizar la absorción de inmunoglobulinas. (Stott et al., 1979a; Stott et al., 1979b; Stott et al. 1979c; Stott and Fella, 1983).
- b. Además hay que tener en cuenta que el separar a las terneras de los animales adultos disminuye la posibilidad de transmisión de enfermedades (Quigley et al., 1995). En los Estados Unidos, más de 50% de las explotaciones separan las terneras de su madre inmediatamente después del parto (NAHMS, 2007).

- c. Suministrar calostro lo antes posible, preferiblemente durante las primeras 4 horas de nacida. En el caso de que no se conozca la concentración de inmunoglobulinas del calostro se recomienda alimentar con al menos 2,84 litro por medio de chupón o alimentador esofágico lo antes posible y repetir 6 horas después (Franklin et al., 2003).
- d. El método que se utiliza para suministrar el calostro es menos importante que otros aspectos (Elizondo, 2008c). Lo importante es recordar que lo que se desea es que las terneras ingieran una cantidad adecuada de calostro de buena calidad.

En las terneras, la transferencia de inmunidad pasiva puede determinarse mediante la medición de proteína sérica total utilizando un refractómetro. La interpretación se realiza mediante una escala donde medidas $>5,5$ g/dl representa una transferencia exitosa de inmunidad pasiva, rango entre 5,0 y 5,4 g/dl una transferencia medianamente exitosa y valores $<5,0$ g/dl son animales donde la absorción de la inmunidad pasiva no fue exitosa (Rodríguez et al., 2010).

La posibilidad de que las terneras sobrevivan durante las primeras semanas de vida se ve reducida si no ingieren y absorben cantidades adecuadas de inmunoglobulinas presentes en el calostro. Las terneras que no consumen calostro son de 4 a 6 veces más propensas a enfermarse o morir en comparación con aquellas que lo consumen (Donovan et al., 1998).

2.2.2. Pesos.

La meta principal de un programa de reemplazos es criar y desarrollar a las novillas para alcanzar un tamaño y peso óptimo tempranamente para iniciar la pubertad, establecer la preñez y parir fácilmente alrededor de los 24 meses al menor costo posible. Esta meta requiere de una nutrición y manejo adecuado de manera que las novillas tienen un tamaño apropiado para ser servidas alrededor de los 15 meses de edad. Sin embargo, se ha notado que la crianza y desarrollo de terneras no es una

prioridad en muchas fincas lecheras y esto puede repercutir en las tasa de crecimiento de los animales pues tiene un efecto significativo en el comportamiento productivo y reproductivo de los animales (Elizondo, 2010a)

Cualquier esfuerzo para mejorar la productividad, debe identificar sistemas de crianza que obtenga un ritmo de crecimiento óptimo de manera que maximice la expresión del potencial genético de producción de leche de las novillas, reduzca la edad a primer parto y aumente la eficiencia reproductiva subsecuente (Solano y Vargas, 1997).

Se debe tener presente que la pubertad en novillas de lechería está más relacionada con el peso y la conformación esquelética que con la edad. El cerebro requiere “reconocer” cierto desarrollo corporal mínimo para comenzar con los mecanismos reproductivos (Elizondo, 2010a).

Debido a esto, cualquier programa de crianza y desarrollo de terneras debe monitorear el peso de los animales al menos 5 veces antes de que alcancen los 2 años de edad. Es importante reconocer que los animales de baja estatura, de bajo peso o de sobre peso indican que existe un manejo y alimentación inadecuados. Monitorear el peso y el tamaño de los animales le permite al productor identificar problemas potenciales y hacer cambios basados en la información que se deriva de las mediciones repetidas de los animales. Las mediciones deben realizarse alrededor de los 3 meses de edad, 6 meses de edad, la siguiente entre los 9 y 12 meses para evaluar el período cercano a la pubertad; una cuarta pesa puede realizarse al momento del servicio o cuando se realiza el chequeo de preñez y finalmente una quinta cercana al parto. Estas medidas permitirán asegurar que el crecimiento de los animales es el adecuado y permitirá crear una base de datos para una futura referencia con el fin de ayudar en las tomas de decisiones (Elizondo, 2010a).

En los Cuadros 4 y 5 se pueden observar una serie de parámetros que pueden ayudar a identificar pesos metas para las diferentes razas de ganado de leche.

Cuadro 4. Peso promedio (kg) esperado de terneras y novillas Holstein según país.

Edad (meses)	Costa Rica ¹	Estados Unidos ²
1	53	62
2	73	82
3	93	99
4	116	123
5	139	144
6	156	169
7	172	191
8	191	209
9	206	231
10	221	256
11	238	279
12	251	302
13	264	317
14	279	344
15	290	368
16	301	380
17	315	400
18	325	420
19	335	436
20	346	448
21	355	478
22	364	496
23	374	500
24	382	515

¹Solano, C.; Vargas, B. 1997.

²Heinrichs, J.; Harcrove, G. 1987.

Cuadro 5. Peso promedio (kg) esperado de terneras y novillas Jersey según país.

Edad (meses)	Costa Rica ¹	Estados Unidos ²
1	43	46
2	60	62
3	75	76
4	91	92
5	109	118
6	123	134
7	136	153
8	152	172
9	164	186
10	176	201
11	190	214
12	201	235
13	211	247
14	224	262
15	233	278
16	243	287
17	254	301
18	262	321
19	270	327
20	280	348
21	287	356
22	294	373
23	303	378
24	310	388

¹Solano, C.; Vargas, B. 1997.

²Heinrichs, J.; Lammers, B. 1998.

Estos valores pueden servir como patrones de comparación sobre los cuales hacer diagnósticos de la efectividad de los sistemas de crianza y desarrollo de una finca y conocer las posibilidades de mejoramiento (Solano y Vargas, 1997).

Para los datos de Costa Rica, Solano y Vargas (1997) utilizaron una base de datos de 20310 observaciones de peso, correspondientes a 4264 novillas de la raza Holstein procedentes de 80 hatos y 9510 observaciones de peso de 1689 novillas Jersey de 51 fincas. Dichas observaciones correspondieron a edades entre 1 y 104 semanas, las cuales fueron recopiladas entre 1988 y 1994 en fincas ubicadas en San Carlos, Cañas y la zona volcánica central.

También se han desarrollado una serie de ecuaciones que permiten estimar el peso de los animales de acuerdo al perímetro torácico de los animales (Elizondo, 2010a). Las siguientes son algunas fórmulas desarrolladas en Costa Rica para estimar el peso de animales:

$$\text{Holstein: } Y = 0,029x^2 - 3,493x + 139,1$$

$$\text{Jersey: } Y = 0,028x^2 - 3,180x + 121,5$$

Dónde:

Y= Peso en kilogramos

X= Medida del perímetro torácico en centímetros

Algunas otras medidas sugeridas para el servicio en animales de diferentes razas lecheras se encuentran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Peso y altura sugeridos para el primer servicio en novillas de diferentes razas.

Raza	Peso (kg)	Altura cruz (cm)	Altura cadera (cm)
Jersey	242-265	109-116	116-122
Guernsey	322-346	116-122	122-129
Holstein	346-369	122-129	129-135
Pardo Suizo	346-369	122-129	129-135

Fuente: Heinrichs y Lammers, 1998

Según Elizondo (2010a), algunos de los factores más importantes que se deben de considerar para monitorear y controlar en la crianza y desarrollo de reemplazos para una productividad óptima son, la ganancia de peso diaria, la edad a primer parto (al primer servicio, concepción), el peso al parto y la condición corporal de los animales.

Según estudios que se han llevado a cabo en los Estados Unidos, la tasa de crecimiento más apropiada de los tres meses de edad a la pubertad debe de ser de 0,8 kg/d (Zanton y Heinrichs, 2005). A esta tasa de ganancia la edad al parto oscilará entre 22 y 25 meses (Elizondo, 2010a).

La ganancia de peso después de la pubertad, no ha sido tan ampliamente

estudiada y se ha demostrado que las tasas de crecimiento en esta etapa parecen no afectar la producción láctea (Hoffman et al., 1997). Sin embargo, altos pesos corporales y una condición corporal elevada puede resultar en problemas metabólicos (Grummer et al., 1995).

Otros autores han estudiado las producciones obtenidas según la edad al primer parto, donde las producciones máximas se han obtenido cuando el primer parto se da entre los 22 y 27 meses de edad (Figura 2) (Elizondo, 2010a).

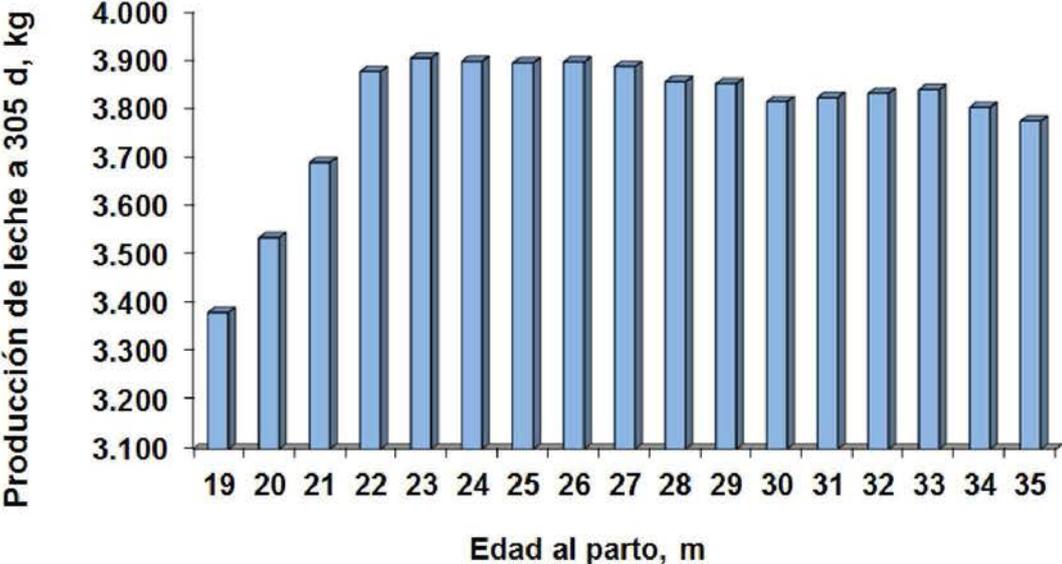


Figura 2. Producción de leche de acuerdo a la edad a primer parto en vacas Holstein (Elizondo, 2010a).

Las ganancias de pesos diarias meta en novillas Holstein que nos permitan alcanzar el parto a los 22 y 27 meses de edad, deben rondar los 0.460 a 0.550 kg/día en el pre-destete, 0.800 kg/día del destete al servicio y 0.690 a 1.150 kg/día del servicio al parto (Elizondo, 2010a).

Es importante tomar en consideración el peso de un animal adulto para poder establecer la proporción relativa de peso que deba tener el animal a diferentes edades (Cuadro 7).

Cuadro 7. Proporción relativa del peso adulto a diferentes edades.

Etapa	Porcentaje de peso adulto
Pubertad	50
Servicio	60
Primer parto	82
Segundo parto	92
Tercer parto	100

Fuente: Elizondo, 2010a

De estas afirmaciones radica la importancia de monitorear las novillas mediante registros de peso y altura por períodos de tiempo determinados. Comparar los datos obtenidos en la finca con los promedios de la raza; y en el caso de grandes desviaciones, tomar medidas correctivas en los programas de crianza y desarrollo (Elizondo, 2010a).

2.3. Anatomía y fisiología digestiva del bovino.

El estómago de los rumiantes se encuentra dividido en 4 compartimientos, que se categorizan como tres pre-estómagos (rumen, retículo y omaso) y un estómago verdadero (abomaso).

El rumen es el primer pre-estómago y el más grande, ocupa toda la mitad izquierda de la cavidad abdominal. La pared interna está cubierta por un epitelio cornificado escamoso con papilas de hasta 1cm de longitud (en animales adultos) (Gloobe, 1989). Las mismas no tienen función mecánica; aumentan la superficie interna y facilitan de ese modo la absorción de nutrientes (Gloobe, 1989). Su principal función es el desdoblamiento de materiales fibrosos.

El retículo en su parte interna está formado por una configuración muy característica parecida a un panal de abejas. Los ácidos grasos volátiles producidos por la fermentación microbiana son absorbidos en el rumen y el retículo (Gloobe, 1989).

El omaso consta de una serie de láminas que salen de las paredes hacia la cavidad del órgano. Son entre 100 y 130 láminas longitudinales, paralelas de diferentes tamaños llamadas hojas. Estas hojas aumentan el proceso mecánico y de absorción

que sufre el contenido alimenticio (Gloobe, 1998).

El abomaso es el estómago verdadero de los rumiantes. Contiene glándulas gástricas de color rosado con pliegues (Gloobe, 1989).

Al nacimiento el tamaño del conjunto de pre-estómagos es algo menor que el tamaño del abomaso. Sin embargo en el animal adulto los mismos constituyen alrededor del 90% del volumen total. El crecimiento de los pre-estómagos se produce de una forma bastante rápida tras el nacimiento, sobre todo si el animal tiene acceso pronto a la alimentación sólida (Church, 1988).

Desde el nacimiento hasta aproximadamente las dos semanas, el sistema digestivo de la ternera se encuentra subdesarrollado, por lo tanto funciona como el de un monogástrico. El abomaso es el único compartimiento del estómago desarrollado y funcional; preparado para la digestión de los nutrientes presentes en la leche o en los reemplazadores de leche (Kellems y Church, 1988; Davis y Drackley, 1998).

Al nacimiento, el retículo y rumen representan el 30% de la capacidad estomacal y el omaso un 10% aproximadamente (Heinrichs y Jones, 2003). Los compartimientos estomacales crecen en proporción a la talla corporal de la ternera, por lo que a las 12 semanas de edad el retículo y rumen son las dos terceras partes de la capacidad estomacal total, el omaso mantiene su tamaño mientras el abomaso se comprime a un 20% (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2009). Este desarrollo en tamaño y función permiten a la ternera empezar a funcionar como poligástrico.

2.3.1. Pliegue retículo - omasal (Gotera esofágica).

Durante el período en el que el sistema digestivo de las terneras se encuentra subdesarrollado, las terneras se alimentan a base de una dieta líquida la cual pueden aprovechar gracias a que estos líquidos pasan directamente al abomaso mediante la gotera esofágica (Heinrichs y Jones, 2003).

La gotera o escotadura esofágica es una invaginación que atraviesa la pared del retículo desde la desembocadura del esófago hasta el orificio reticulo-omasal. Cuando es estimulada, sus músculos se contraen y se cierra formando un tubo casi perfecto (Church, 1988).

Este canal es fundamental en el animal lactante ya que permite que el calostro y la leche pasen directamente al abomaso sin caer en el retículo y rumen donde se darían fermentaciones no deseadas (Church, 1988), que pueden causar timpanismo y diarrea.

La escotadura esofágica cumple una importante función a la hora del consumo del calostro. Debido a que el ternero nace con el sistema inmune no funcional, desde las primeras horas de vida hasta los dos o tres primeros días de vida. La existencia del acto reflejo de cierre de la escotadura esofágica permite que las inmunoglobulinas del calostro sean transferidas al duodeno, donde son rápidamente absorbidas por la mucosa entérica, que es sumamente permeable por un corto tiempo. Además como se dijo anteriormente, en los rumiantes recién nacidos la mucosa abomasal se encuentra desprovista de células parietales por lo que las inmunoglobulinas no son degradadas por las enzimas (Church, 1988).

2.4. Desarrollo ruminal.

Las paredes del rumen se encuentran formadas por dos capas, una muscular y otra epitelial. La capa muscular está ubicada en la parte exterior del rumen y da soporte a la epitelial. Su función consiste en contracciones musculares que permiten mezclar el contenido ruminal y movilizarlo hacia el retículo y el omaso. En la cara interna se encuentra la capa epitelial, que está formada por un tejido de absorción y se mantiene en contacto con el contenido del rumen (Tamate, 1962).

La capa epitelial se encuentra cubierta por pronunciadas papilas que funcionan como dedos que se proyectan y aumentan el área superficial, de manera que los

nutrientes puedan ser absorbidos. El desarrollo de las papilas es estimulado por los productos finales de la fermentación microbiana, específicamente los ácidos grasos volátiles (Flatt, 1958), los cuales son producto de la fermentación de carbohidratos que se lleva a cabo por los microorganismos anaeróbicos presentes en el rumen (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2009).

El principal objetivo de la alimentación temprana de terneras es maximizar el desarrollo ruminal, desde el nacimiento hasta el destete (octava-duodécima semana); para alcanzar la capacidad de utilizar y aprovechar los forrajes complementados con el alimento balanceado.

2.4.1. Alimentación líquida.

En las primeras semanas, la ternera debe recibir leche o sustituto de leche (reemplazador). Esta alimentación busca criar terneras sanas y obtener un adecuado crecimiento esquelético.

Existen varias alternativas para el suministro de dieta líquida:

- Leche íntegra
- Leche de descarte (leche mastítica o con antibiótico)
- Leche desgrasada u otros subproductos de derivados
- Exceso de calostro
- Reemplazador o sustituto lácteo

La leche íntegra es el alimento por excelencia para la ternera joven. Provee adecuada cantidad de proteína, agua y suficiente energía (Rojas, 1992).

El calostro extra, la leche de transición, así como la leche mastítica, pueden utilizarse como una alternativa para alimentar a las terneras. Por ejemplo, el caso del calostro y la leche de transición, contienen un alto valor nutricional por lo que es una

pena que sean descartados.

En cuanto a la leche descremada (desgrasada) es una alternativa, pero hay que tener en cuenta que a pesar de ser relativamente alta en proteína, contiene menos energía que la leche (45-50%) (Rojas, 1992), además menor contenido de vitaminas liposolubles (vitamina A y vitamina D). Lo que se podría traducirse en menores reservas corporales para ser utilizadas en el estrés post-destete y mayor predisposición a enfermedades infecciosas.

Los reemplazadores o sustitutos de leche, son una de las posibilidades más atractivas para los ganaderos, ya que permite la comercialización de toda la leche disponible en la explotación.

La cantidad de leche o sustituto a suministrar, varía con el tamaño del animal, disponibilidad y costo, ofreciéndose con base al 10 a 20% del peso vivo del animal (Elizondo, 2006), manteniéndose esta cantidad fija hasta que son destetadas. Este consumo limitado puede propiciar que las terneras consuman alimento sólido en una etapa más temprana (Jasper, 2002).

La leche debe de ser ofrecida preferiblemente en dos tomas iguales cada día. Cuando la cantidad de leche que es requerida por día se ofrece en una sola ración, la capacidad volumétrica del abomaso es excedida por lo cual el exceso de leche regresa hacia el rumen en donde puede causar problemas digestivos (ej. Timpanismo, diarreas) (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2009).

En lo que respecta al método de ofrecer la dieta líquida, anteriormente se recomendaba la alimentación con chupón versus la alimentación en cubeta o balde. Sin embargo, el día de hoy se sabe que lo más importante es el estímulo que se provoca con la preparación de la dieta líquida; el cuál propicia el cierre de la escotadura esofágica (Church, 1988).

Si bien es cierto que la dieta líquida es necesaria en la crianza de terneras, se debe tener presente su limitada función en el desarrollo ruminal. La digestión de la leche no provee productos necesarios para desarrollar las papilas del rumen ya que debido a la presencia de la gotera esofágica, la leche y algunos otros líquidos pasan directamente al abomaso y no al rumen, evitando así la producción de ácidos grasos volátiles (Elizondo 2010a). Por esta razón el rumen de las terneras alimentadas únicamente con leche o reemplazador permanecerá pequeño, con paredes delgadas y el desarrollo de las papilas se verá restringido (Harrison et al., 1960; Anderson et al., 1982).

Además durante la digestión de la leche el principal ácido graso volátil resultante es el acetato; el cuál no ofrece mayor aporte para el desarrollo del epitelio ruminal (Quigley, 1997).

2.4.2. Introducción al suministro de alimentos sólidos.

La alimentación con un pre-iniciador o iniciador debidamente formulado para la etapa de crianza es indispensable para alcanzar beneficios de salud y mejoras en las tasas de crecimiento (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2009).

Un buen concentrado iniciador debe ser palatable, fácilmente fermentable, optimizar el crecimiento bacterial en el rumen y proveer el tipo de proteínas y almidones que sobrepasen, para que sean digeridos en el intestino delgado (Elizondo, 2010b).

Para optimizar el consumo de alimento balanceado se pueden considerar las siguientes estrategias de manejo:

- Asegurar que las terneras tengan fácil acceso a un concentrado palatable y de alta calidad; suministrando pequeñas cantidades de alimento a partir del tercer día de edad. Se puede enseñar a los animales a consumir concentrado, ya sea colocando un poco de alimento en la mano y

llevándolo a la boca del animal o colocándole una pequeña porción en el mismo balde en el que se la suministra leche o reemplazador, cuando el animal haya terminado.

- El suministro de agua fresca debe ser a partir del tercer día de edad. Kertz et al. (1984) demostraron que ofrecer agua ad libitum en la etapa pre-destete maximiza el consumo de concentrado y la ganancia de peso, como se puede apreciar en el Cuadro 8. Se recomienda que el ofrecimiento de agua sea aproximadamente dos horas después de la toma de la dieta líquida, esto para evitar que por el estímulo de la leche o reemplazador, las terneras tomen agua en exceso.

Cuadro 8. Efecto del consumo de agua sobre el consumo la ganancia de peso, consumo de concentrado y días con diarrea.

Variable	Con agua	Sin agua
Consumo de agua al mes de edad, L	41,33	
Peso ganado al mes de edad, kg	8,45 ^a	5,26 ^b
Cons. de concentrado al mes de edad, kg	11,72 ^a	8,08 ^b
Días con diarrea por ternero	4,5	5,4

Fuente: Rojas, 1992

- Incrementar paulatinamente la cantidad de concentrado ofrecida para asegurar que las terneras siempre tengan disponibilidad del mismo (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2009).
- Terneras que no tienen una adecuada transferencia de inmunidad pasiva muestran mayores problemas de salud y bajas tasas de crecimiento. Terneras con niveles de proteína sérica total menores a 5,5 mg/dL duran más tiempo para aprender a consumir concentrado (Jonson et al., 2007).
- En sistemas convencionales de alimentación líquida, se debe ofrecer el reemplazador a razón de 10-12% del peso vivo al nacimiento y

mantenerlo durante todo el período (Elizondo, 2010b).

- Minimizar el efecto de estrés calórico.
- Mantener comederos y bebederos limpios para evitar la proliferación de hongos y los malos olores producidos por éstos.
- Evitar las partículas muy finas en los alimentos. Se ha demostrado que terneras alimentadas con alimentos que contenían grandes cantidades de “finos”, tuvieron un consumo menor y ganancias de paso más bajas, cuando se compararon con animales a los que se les ofreció alimento texturizado (Bateman et al., 2009).

La ingesta de alimento seco, específicamente concentrados, resulta en una mayor funcionalidad del rumen, en lo que se refiere a la población microbial y su función fisiológica de absorción (Elizondo, 2006). Esta mejora redundará en un incremento en la capacidad de fermentación de los alimentos y maximiza la eficiencia en el uso de ácidos grasos volátiles. Estos ácidos, especialmente el butirato, estimulan el crecimiento y desarrollo del rumen (Elizondo, 2006). Este desarrollo, junto con un aumento en el flujo y actividad de enzimas en el intestino delgado, resulta en una mayor digestión del concentrado, lo que repercute en un mejoramiento en la eficiencia del crecimiento y conformación de las terneras.

Otro cambio estructural que ocurre en la pared ruminal en terneras alimentadas con alimento balanceado es una mayor vascularización o crecimiento del tejido capilar. La vascularización permite mayor absorción de ácidos grasos volátiles (Sutton et al., 1963).

Además de su función fisiológica de absorción, el rumen también actúa como

una línea de defensa contra patógenos intestinales, que causan diarrea en terneras, por lo que normalmente el consumo de alimento seco, altera la tasa de pasaje en el tracto gastrointestinal, resultando en alteraciones en la consistencia fecal (menos diarreas) (Elizondo, 2010b).

En lo que se refiere al consumo de forrajes, anteriormente se creía que el consumo de forraje era indispensable para el desarrollo del retículo-rumen, pero después de muchos estudios, se descubrió que el alimento seco daba mayor estímulo, especialmente, los materiales altamente fermentables que provocan a un desarrollo más rápido de los tejidos de los pre-estómagos (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2009).

Cuando las terneras son alimentadas a edades tempranas con forrajes, el desarrollo de las papilas y el engrosamiento de la pared ruminal son limitados, ya que el principal producto de la fermentación de los forrajes es ácido acético, el cuál, no es eficientemente utilizado para el crecimiento y desarrollo del rumen (Coverdale et al., 2004). Elizondo (2010b) menciona que antes que las terneras consuman forraje a libre consumo, deberían estar consumiendo 2,2 a 2,7 kg de concentrado por día.

El desarrollo de terneras alimentadas con leche, concentrado y forraje variará, dependiendo de la preferencia de la ternera por determinado alimento. Lo importante con respecto al forraje es que sin duda alguna, las terneras lo necesitan, pero el rumen debe estar bien desarrollado y funcional para operar eficientemente y hacer el mejor uso para continuar con su crecimiento. Cuando las terneras se alimentan con forraje a una edad temprana, el desarrollo de las papilas y el engrosamiento de la pared ruminal son limitados (Coverdale et al., 2004).

En resumen se puede decir que el grano hace la diferencia, la clave para un desarrollo rápido y funcional del rumen a tiempo para el destete, es ofrecer grano a las terneras a edades tempranas (Heinrichs y Lesmeister, 2000).

La digestión de las proteínas y almidones, en un período cercano a las tres semanas, dependerá del origen, la calidad y el procesamiento de los alimentos. De esta manera materias primas de alta calidad y digestibilidad sometidas a procesamientos termo-mecánicos como el peletizado o la extrusión favorecen el aprovechamiento de dichas materias (Elizondo, 2006). Además debido a que durante las primeras semanas de vida la ternera es muy susceptible a desórdenes gastrointestinales, alimentos termo-procesados pueden ayudar a prevenir problemas de esa índole. Así también las terneras presentan una susceptibilidad fisiológica, por lo que estos alimentos permiten ofrecer una mínima contaminación microbiológica (Elizondo, 2006).

Es necesario mencionar que la granulometría de los alimentos juega un papel importante, ya que terneras alimentadas con iniciadores finamente molidos desarrollan queratinización de las papilas (Greenwood et al., 1997). La queratinización (paraqueratosis) es un recubrimiento del tejido epitelial con una capa endurecida de queratina, debido a la inhabilidad de la dieta de remover las células epiteliales que se van muriendo (Bull et al., 1965; Hinders y Owen, 1965). La paraqueratosis crea una barrera física, que disminuye el área de absorción y por lo tanto la asimilación de ácidos grasos volátiles, reduciendo el flujo de sangre hacia el tejido epitelial y la motilidad del rumen, que causa una degeneración de las papilas (Nocek et al., 1984; Anderson et al., 1987; Beharka et al., 1998).

CAPITULO III. TRABAJO EXPERIMENTAL.

3.1. Materiales y métodos.

El protocolo para este experimento fue aprobado por el CICUA (Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los animales), de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica.

El experimento se llevó a cabo en el módulo para terneras de la Finca "Valle Don Jesús" ubicada en la localidad de La Peña, en el distrito Laguna del cantón de Zarcero, en el período comprendido entre los meses de marzo a agosto del 2011.

La finca se ubica a 1840 msnm, con una precipitación promedio anual entre 1500 y 3500 mm y una temperatura media de 17°C.

Se trabajó con 12 terneros Holstein, adquiridos de fincas de zonas aledañas. Los terneros se adquirieron de aproximadamente 2 a 3 días de edad y con peso inicial promedio de 38,08 kg.

A su llegada (antes de iniciar el estudio), los terneros fueron asignados aleatoriamente a uno de los cuatro tratamientos.

Los animales fueron alojados en jaulas individuales de 1,50 m x 0,90 m, en piso de rejillas de madera a 20 cm del suelo. El espacio se acondicionó con cortinas para evitar las corrientes de aire.

Las dietas fueron formuladas para contener igual concentración de nutrientes (Cuadro 9).

Cuadro 9. Fórmula nutricional de alimento balanceado utilizado en la prueba.

Rubro	Máximo/Mínimo	Valor
Humedad, %	Máximo	13,00
Proteína cruda, %	Mínimo	18,00
Extracto etéreo, %	Mínimo	3,50
Fibra cruda, %	Máximo	7,00
Energía digestible, Mcal/kg	Mínimo	3,30
Energía neta de ganancia, Mcal/kg	Mínimo	1,25
Calcio, %	Mínimo	0,75
Calcio, %	Máximo	1,00
Fósforo, %	Mínimo	0,45
Sal (NaCl), %	Mínimo	0,50
Sal (NaCl), %	Máximo	0,80

La única variación en las dietas sólidas de concentrado; fue el procesamiento del mismo (harina, peletizado, extruzado) y por ende su textura.

El concentrado se ofreció a partir del tercer día, iniciando con pequeñas cantidades y practicando estímulo para el consumo del mismo. Este se ofreció de manera fresca todos los días por la mañana. Llevando un registro semanal de los consumos y rechazos por animal.

La dieta líquida consistió en un reemplazador de leche comercial (Cuadro 10), el cual se reconstituía a razón de 250 g de polvo en 2 L de agua caliente (45°C).

El reemplazador se ofreció, en una proporción de 10% del peso al inicio del ensayo y se mantuvo constante hasta el destete (8^{ta} semana). La alimentación líquida se realizaba dos veces al día con porciones iguales correspondiente a cada animal y por medio de balde. En la semana 7 (una semana antes del destete) se eliminó la dosis de la tarde y únicamente se les ofreció en la mañana. Esto con el fin de buscar un destete menos traumático (Elizondo, 2010b).

Cuadro 10. Composición del reemplazador utilizado en la prueba.

Nutriente	Concentración
Proteína, %	20,5
Grasa, %	16,0
Cenizas, %	8,5
Lactosa, %	43,0
Fibra, %	0,3
Humedad, %	3,0

El día de recibo de los terneros, después de colocarles un arete de identificación con el número y tratamiento correspondientes; se pesaron (peso inicial), se les practicó la curación del ombligo utilizando iodo al 7% y se les suministró oralmente 2 L de electrolitos.

Además se tomaron muestras de sangre para posteriormente medir la proteína sérica total. Todas la muestras fueron refrigeradas y dentro de las 24 h se centrifugaron para separar el suero (Johnson et al., 2007). Las concentraciones séricas de proteína total (g/dL) se determinaron mediante un refractómetro de mano (FP 360, Reichert Inc., Depew, NY). Utilizando esta medida como criterio de descarte para los terneros que no cumplieran con una transferencia de inmunidad adecuada. De un total de 20 animales se seleccionaron los 12 animales experimentales.

Los tratamientos utilizados fueron:

Tratamiento 1: Alimento en harina.

Tratamiento 2: Alimento en harina + forraje.

Tratamiento 3: Alimento peletizado.

Tratamiento 4: Alimento extruzado

El forraje utilizado para el tratamiento 2, fue pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) de corta (25 días de rebrote) a un tamaño de partícula aproximado de 4 pulgadas, ofrecido ad-libitum con un consumo promedio durante las 8 y 12 semanas del proyecto de 200 g/día (tal como ofrecido), se ofreció en un recipiente separado del concentrado y después del mismo. La composición nutricional promedio en Costa Rica

se puede apreciar en el cuadro 11. Todos los animales tuvieron acceso a agua durante toda la duración del experimento.

Cuadro 11. Contenido de MS, PC, EE, cenizas, FND, FDA del pasto estrella africana promedio de varios estudios realizados en Costa Rica (% de la MS).

	Unidad	Valor promedio
Materia Seca (MS)	%	23,04
Proteína Cruda (PC)	%	16,72
Extracto Etéreo (EE)	%	2,32
Cenizas	%	9,70
Fibra Detergente Neutro (FDN)	%	69,07
Fibra Detergente Ácido (FDA)	%	37,13
Lignina	%	4,96

Fuente: Sánchez y Soto, 1996; Sánchez y Soto, 1998, Villalobos, 2008.

Las mediciones de peso corporal, la circunferencia torácica, la altura a la cruz (la altura desde la base de las patas delanteras hasta la cruz) y la altura a la cadera (distancia desde la base de las patas traseras hasta los huesos de la cadera) se realizaron semanalmente, siempre el mismo día de la semana y prácticamente a la misma hora, para evitar inconsistencias (Khan et al, 2007).

Para el peso se utilizó una romana Transcell modelo TI-500 con capacidad de hasta 2000 kg, para la altura a la cadera y a la cruz se empleó una regla especial diseñada para dicho fin (Heinrichs y Lammers, 1998) y la medición del perímetro torácico se hizo con una cinta de peso para razas de vacas lecheras marca Nasco, las cuales tienen una precisión de 5 a 7 por ciento del peso corporal real (Heinrichs y Lammers, 1998).

Durante todo el experimento los animales fueron atendidos de conformidad con la guía para el cuidado y uso de animales de granja (Fass, 1999).

El sacrificio se llevó a cabo a las a la 8 semanas en el caso de 8 terneros; y a las 12 semanas sacrificaron los 4 restantes.

La cosecha de los animales se realizó en el matadero “La Codorniz” ubicado en el cantón de Zarcero (Registrado ante el SENASA, MAG, Costa Rica). En ese momento se registró el peso de la canal.

El retículo-rumen, omaso y abomaso fueron recolectados, vaciados y enjuagados con abundante agua fría; una vez escurrido el exceso de agua se diseccionaron y pesaron.

Para la disección del retículo-rumen, el mismo fue colocado sobre su lado izquierdo, surco esofágico de espaldas, y se hace una incisión alrededor de la circunferencia retículo-rumen en línea con la ranura del esófago (Lesmeister et al., 2004).

El retículo-rumen se abrió y en plano se creó un aspecto más o menos simétrico a la derecha e izquierda separadas por la porción del rumen que se mantuvo intacta (Figura 3).

Posteriormente para el muestreo de las papilas del rumen, se separaron 9 zonas de muestreo diferentes (Figura 3), que se etiquetan de la siguiente manera:

- A: porción caudal del saco ciego caudo-ventral
- RB: lado derecho de saco caudo-dorsal
- LB: lado izquierdo del saco caudo-dorsal
- RC: el lado derecho del saco crano-dorsal
- LC: lado izquierdo del saco craneo-dorsal
- RD: lado derecho del saco craneo-ventral
- LD: lado izquierdo del saco craneo-ventral
- RE: lado derecho de la porción ventral del saco ciego caudo-ventral
- LE: parte izquierda de la porción ventral del saco ciego caudo-ventral

Se tomó una muestra de aproximadamente 1,0 cm² tejido del centro de cada área y cuatro muestras más de las esquinas de cada zona. Las muestras fueron fijadas en solución de formaldehído al 30% para las mediciones posteriores.

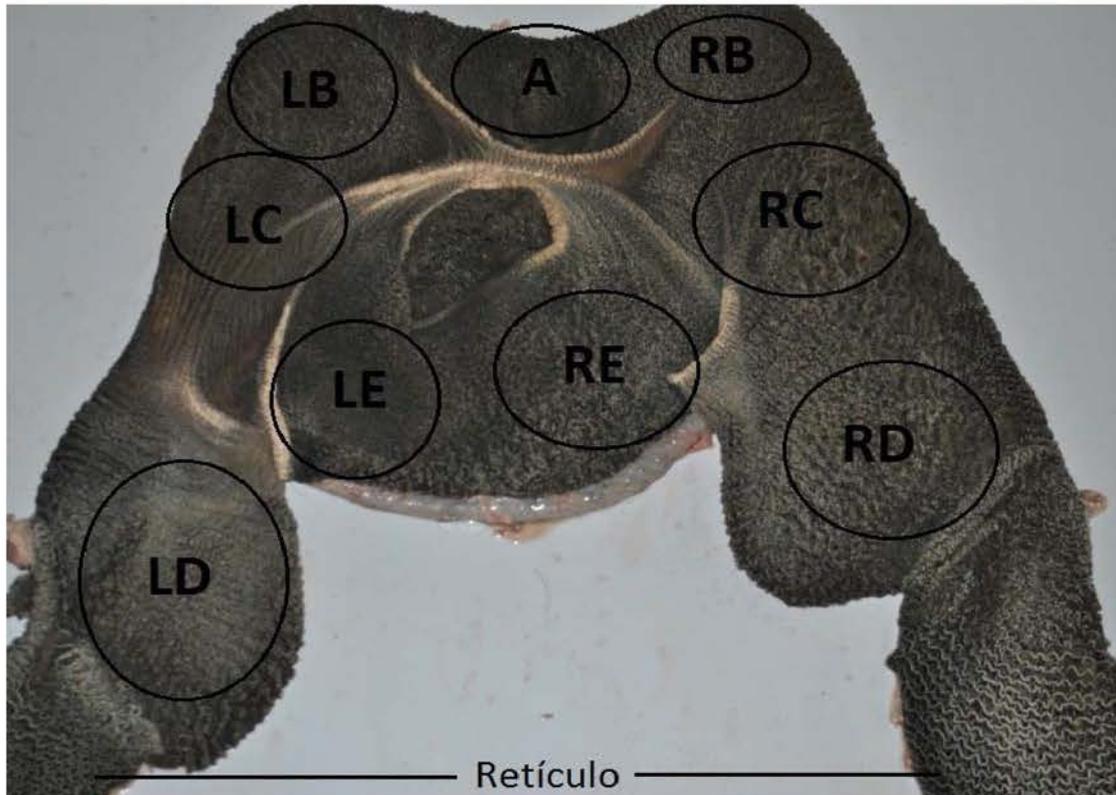


Figura 3. Ejemplo de procedimiento de apertura de un rumen donde se representan las áreas físicas de la toma de muestras del rumen y las etiquetas correspondientes. A: porción caudal del saco ciego caudo-ventral, RB: lado derecho de saco caudo-dorsal, LB: lado izquierdo del saco caudo-dorsal, RC: el lado derecho del saco crano-dorsal, LC: lado izquierdo del saco craneo-dorsal, RD: lado derecho del saco cráneo-ventral, LD: lado izquierdo del saco craneo-ventral, RE: lado derecho de la porción ventral del saco ciego caudo-ventral, LE: parte izquierda de la porción ventral del saco ciego caudo-ventral.

De cada zona muestreada, se seleccionó al azar, por muestra, 5 papilas (25 por zona), a las cuáles se les realizaron mediciones de: longitud de las papilas (LP) y ancho de las papilas (AP) (Figura 4) y espesor de la pared del rumen (EPR) (Figura 5) (Lesmeister et al, 2004).

Las mediciones de las papilas fueron tomadas con la ayuda de un estereoscopio marca Zeiss, modelo Sterri con aumento de 2000-c y un vernier digital de precisión de 0,01 mm.

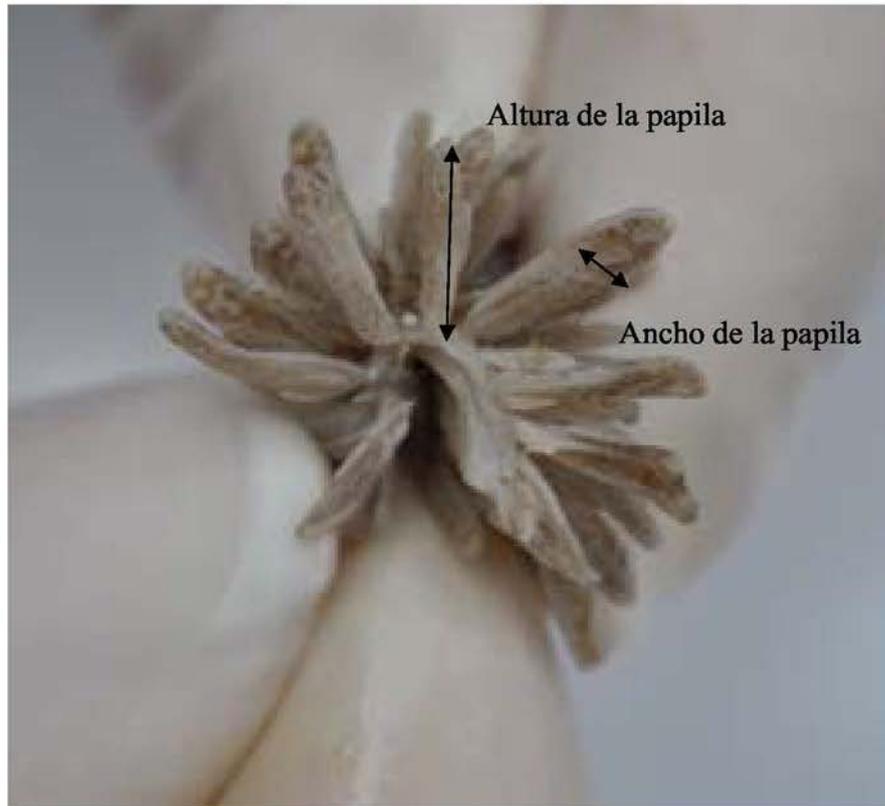


Figura 4. Visión a escala de las papilas ruminales y ejemplificación de las medidas de altura y ancho de las mismas.



Figura 5. Visión a escala de las papilas ruminales y ejemplificación de la medida del grosor de la pared ruminal.

Los datos de consumos, pesos y medidas de los animales fueron analizados utilizando el análisis de medidas repetidas y el procedimiento MIXED de SAS 9.1 (SAS Institute, 2006), donde cada ternero se consideró como la variable aleatoria y el peso inicial se utilizó como covariable.

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + W_j + (TW)_{ij} + \text{Ternero}_k + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variables dependientes

μ = media general

T_i = efecto fijo del tratamiento i

Donde i = alimento en harina, alimento en harina+forraje, alimento pelletizado y alimento extruzado

W_j = medida repetidas en el tiempo j

$(TW)_{ij}$ = efecto del tratamiento por el tiempo de interacción

Ternero = efecto aleatorio del ternero k

e_{ijk} = efecto residual.

En cuanto a los datos del estómago y las papilas, los datos fueron analizados utilizando el procedimiento GLM de SAS (Versión 9.2, SAS Institute INC.) como un diseño completamente al azar.

3.2. Resultados y discusión.

3.2.1. Transferencia de inmunidad pasiva.

En el Cuadro 12, se resume las mediciones de proteína sérica total, obtenidas por medio de un refractómetro de mano. Este es un método indirecto que permite relacionar la concentración de proteína sérica con la concentración de inmunoglobulinas (Weaver et al., 2000), lo cual se interpreta como una medida de la transferencia de inmunidad pasiva.

Al inicio del ensayo, esta medida se utilizó como criterio de descarte para los terneros que no cumplían con una adquisición de inmunidad pasiva adecuada, ya que una adecuada transferencia de inmunidad es el factor más importante, asociado con la mortalidad antes del destete (Quigley et al., 2002).

Cuadro 12. Concentración promedio de proteína sérica total (PST) en los terneros utilizados en el experimento.

Tratamiento	PST, g/dL
Harina	7,0
Harina+Forraje	6,0
Peletizado	6,0
Extruzado	6,0

Puede observarse que los animales utilizados en cada tratamiento presentaron una transferencia de inmunidad pasiva exitosa mayor a 5,5 g/dL (Rodríguez et al., 2010).

En estudios anteriores se reporta que aproximadamente el 50% de la mortalidad que se produjo en terneras antes del destete estaba directamente relacionada a la adquisición inadecuada de inmunidad pasiva (Quigley et al., 2002).

3.2.2. Consumo de Alimento.

La información sobre el consumo de alimento recolectado durante el trabajo experimental se puede apreciar en el Cuadro 13. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos, observándose en la semana 3, consumos mayores para el tratamiento con alimento pelletizado y consumo menor para el tratamiento de alimento en harina y forraje, mientras que en las semanas 6 y 7, con el alimento en harina (Tratamiento 1) se presentaron mayores consumos. Puede que no haya una explicación del porque se obtuvieron mayores consumos en harina; sin embargo, Coverdale et al. (2004), ha establecido que presentaciones tanto en harina como en pellets enteros no ocasionan diferencias en los consumos de concentrado.

Así mismo todos los tratamientos presentaron un comportamiento normal semana a semana, donde el consumo aumentó con la edad de los terneros. Lo cual concuerda con los datos obtenidos por Elizondo (2008a).

Cuadro 13. Consumo de alimento balanceado semanal (g) obtenido con los diferentes tratamientos.

Semana	Tratamiento			
	Harina	Harina+Forraje	Peletizado	Extruzado
1	154	142	195	142
2	411	379	420	411
3	793 ^{ab}	567 ^b	900 ^a	802 ^{ab}
4	1595	1285	1322	1695
5	3600	2933	3467	3333
6	5700 ^a	3667 ^b	4067 ^b	3467 ^b
7	6400 ^a	4133 ^b	4967 ^b	4467 ^b
8	7030	5169	5856	6086

^{ab} Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ($P < 0,05$)

Coverdale et al. (2004) reporta consumos de concentrado que varían desde 260 g/d en la etapa pre-destete hasta los 1890 g/d post-destete (el destete se realiza 9 semanas de edad). Mientras Elizondo (2008a) reporta consumos de 490 gramos por día a las 8 semanas de edad. Heinrichs y Jones (2003) mencionan que los animales deberían consumir de 680 a 907 gramos por día antes del destete.

Algunos estudios anteriores reportan mayores consumos en dietas donde se adiciona forraje (Kincaid, 1980; Thomas y Hinks, 1982; Stobo et al., 1985), lo que no concuerda con los datos obtenidos en el presente experimento, donde en el tratamiento 2 (con consumos promedios generales de forraje de 200 g/día Materia Fresca (MF)) a lo largo de todo el experimento), se puede observar que el uso de forraje en dicho tratamiento pudo producir una reducción en el consumo de concentrado, pero sin mostrar diferencias significativas en el consumo total. En otras investigaciones el uso de forraje en un tamaño de partícula adecuada sirvió para reducir la variación en la ingesta observada en otras investigaciones con fibra larga (Thomas y Hinks, 1982). Sin embargo otros han encontrado una correlación negativa entre el consumo del iniciador y el heno en la ración; debido al llenado físico que puede provocar el forraje (Whitaker et al., 1957; Leibholz, 1975).

Beharka et al., 1998 menciona que una de las desventajas de la inclusión de forraje en la dieta de terneras, es que el consumo de iniciador puede ser muy variable, debido a la selectividad que puede presentar la ternera.

3.2.3. Medidas de peso, perímetro torácico y alturas a la cadera y a la cruz.

Los pesos de los animales registrados durante el estudio, no mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 14).

Estos pesos se encuentran muy bajos, cuando se comparan con los reportados para la misma raza en Estados Unidos y Costa Rica (Heinrichs y Hargrove, 1987; Solano y Vargas, 1997). Sin embargo si se observa, los datos reportados por Coverdale et al., 2004 donde reporta pesos pre-destete (9 semanas) de 44,9 a 48,5 kg y los registrados por Suarez et al., (2011) de 45,9 a 47,1 kg a las 5 semanas de edad; los datos del presente estudio (37,7-44,20 kg a las 5 semanas), no distan de valores obtenidos en pruebas similares realizadas anteriormente.

Cuadro 14. Peso promedio de los animales (kg) en cada tratamiento.

Semana	Tratamiento			
	Harina	Harina+Forraje	Peletizado	Extruzado
Nacimiento	35,00	35,50	41,50	40,30
1	35,10	35,50	41,50	40,30
2	35,80	35,50	41,50	40,30
3	37,30	37,70	41,70	40,70
4	41,30	37,70	42,30	41,80
5	42,20	37,70	44,20	43,00
6	47,20	39,30	47,50	44,30
7	51,80	42,00	52,30	47,80
8	56,50	46,50	55,50	51,70
Acumulado	21,50	11,00	14,00	11,40

Coverdale et al. (2004) encontraron en su experimento aumentos en las ganancias de peso con el uso de dieta gruesa (pellet) y la adición de heno. Estos resultados se encuentran en conflicto con los observados por Beharka et al. (1998) quienes observaron un mayor peso corporal en terneros alimentados con alimento molido en comparación con una dieta sin moler (pellet) de idéntica composición. Otros estudios no han mostrado ninguna diferencia en la ganancia de peso con respecto al

tipo de dieta (fino, intermedio o grueso) (Coverdale et al., 2004), lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde no se reportaron diferencias significativas entre tratamientos.

En lo referente a la circunferencia torácica los datos se pueden observar en el Cuadro 15. Esta medida permite a los productores estimar el peso de los animales mediante el uso de cintas de peso que tienen una precisión de 5 a 7 por ciento del peso corporal real (Heinrichs y Lammers, 1998).

En estas medidas se encontraron diferencias significativas entre tratamientos 2 (Alimento Harina + Forraje) y 3 (Alimento peletizado) en las semanas 3 y 7, donde el alimento peletizado reportó los valores mayores. Esto muy probablemente está relacionado con el menor consumo de alimento que tuvieron los animales del tratamiento 2 durante la semana 3 del ensayo.

Algunos autores mencionan que el forraje produce un efecto de disminución en el consumo de concentrado, ya que el efecto de llenado que provoca el forraje puede provocar que los animales consuman menos alimento.

Cuadro 15. Circunferencia torácica (cm) promedio de cada tratamiento.

Semana	Tratamiento			
	Harina	Harina+Forraje	Peletizado	Extruzado
Nacimiento	30,00	30,20	31,80	31,80
1	31,30	30,80	32,30	31,80
2	32,20	31,00	32,30	31,80
3	32,20 ^{ab}	31,20 ^b	34,00 ^a	32,30 ^{ab}
4	32,30	32,00	34,00	33,00
5	33,30	32,50	34,80	33,70
6	33,30	32,80	34,80	33,70
7	34,50 ^{ab}	33,00 ^b	36,00 ^a	34,80 ^{ab}
8	36,20	34,50	36,80	35,50

^{ab} Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente (P<0,05)

Estos valores se encuentran muy lejos de los reportados por Elizondo (2008a) donde en la semana 8 se alcanzaron medidas de perímetro torácico de hasta 96 cm.

Otras de las medidas evaluadas en el presente estudio fueron la altura a la cadera (Cuadro 16) y la altura a la cruz (Cuadro 17) las cuales son medidas sugeridas para utilizar como referencia para la toma de decisiones reproductivas; como el momento adecuado de destete, primer servicio y por ende al parto.

Las medidas de altura a la cadera no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Mientras que en los datos de altura a la cruz para las dos últimas semanas (semana 7 y 8) si presentaron diferencias, donde los tratamientos 1 y 2, mostrando medidas menores que las registradas para los tratamientos 3 y 4.

La altura a la cruz no estuvo muy lejos de los valores reportados para la raza a los dos meses de edad 93.9 cm (Heinrichs y Lammers, 1998). Este mismo autor menciona que la altura a la cruz es muy variable en animales jóvenes.

Cuadro 16. Altura a la cruz (cm) promedio de los animales para cada tratamiento.

Semana	Tratamiento			
	Harina	Harina+Forraje	Peletizado	Extruzado
Nacimiento	73,30	74,00	78,30	77,30
1	73,30	74,00	78,30	77,80
2	75,30	75,30	78,30	79,70
3	76,30	77,30	78,70	80,00
4	78,70	77,70	82,00	80,00
5	79,00	77,70	82,00	80,00
6	79,00	78,70	82,00	82,70
7	79,00 ^b	78,70 ^b	86,70 ^a	83,30 ^a
8	79,70 ^b	78,70 ^b	86,70 ^a	84,30 ^a

^{ab} Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente (P<0,05)

Elizondo (2008a) reporta valores de altura a la cadera de 89,7 y 91,7 cm a las 8 semanas de edad realizando un destete a las 6 semanas. Mientras que para la altura a la cruz se reportan valores de 85,1 y 86,1 cm. Estos datos no se encuentran muy distantes de los obtenidos en el presente trabajo.

En nuestro país estos datos no son de uso frecuente en la toma de decisiones en las fincas, por lo que probablemente esta sea la razón de que no se encuentren datos experimentales de los mismos a nivel nacional.

3.2.4. Rendimiento en canal y tamaño relativo de los compartimientos del estómago.

A pesar de que estas mediciones no fueron objeto del presente estudio, el mismo arrojó datos que pueden ser de interés para futuras investigaciones.

En el Cuadro 18 se presenta un resumen de los pesos obtenidos durante la última toma de peso vivo de los animales, así como los pesos de las canales, y por medio de estos datos se obtuvieron los promedios de los porcentajes de rendimiento en canal de cada tratamiento.

Todos los porcentajes de rendimiento se encontraron dentro de los rangos mencionados en la literatura (55-70%) (Guárico, 2009).

Cuadro 18. Porcentajes de rendimiento en canal promedio para cada tratamiento.

	Tratamiento			
	Harina	Harina+Forraje	Pelletizado	Extruzado
Peso Vivo(kg)	63,67	48,50	63,33	58,00
Peso Canal(kg)	36,23	26,50	37,70	33,90
% Rendimiento	57,00	55,00	59,00	58,00

Cuando se habla del crecimiento y las proporciones de los compartimientos del estómago, el comportamiento también fue el normal en los 4 tratamientos (Cuadro 19). A los dos o tres meses de edad, los tamaños relativos de cada compartimiento del estómago se van acercando a los de un animal adulto.

Cuadro 19. Tamaño relativo promedio (capacidad total del estómago, %) de los compartimientos del estómago para cada tratamiento.

	Tratamiento			
	Harina	Harina+Forraje	Pelletizado	Extruzado
Retículo-Rumen	67	68	73	75
Omaso	11	12	9	8
Abomaso	22	20	18	17

A la edad de dos meses se espera que el rumen abarque el 65% del estómago y el abomaso el 20% (Rojas, 1992; Heinrichs y Jones, 2003), las medidas obtenidas en el estudio se encuentran muy cercanas a las antes mencionadas.

Por ejemplo Suarez et al., 2011 analizando diferentes niveles de inclusión de granos de destilería (DDGS), no encontró diferencias entre los pesos del retículo-rumen, el abomaso y el omaso. Igualmente, Beharka et al. (1998) y Baldwin et al. (2004) reportan que ni el tipo ni la forma física de la dieta afectan los pesos del retículo-rumen, omaso y abomaso; lo que concuerda con los resultados del presente estudio.

3.2.5. Desarrollo ruminal.

Para el análisis del desarrollo ruminal los datos obtenidos de los 8 terneros a las 8 semanas de edad, se sometieron al análisis estadístico correspondiente y los resultados obtenidos se pueden apreciar en los Cuadros 20, 22, 24, 26 y 28, en tanto que los datos de los 4 terneros a las 12 semanas de vida se trabajaron como promedios debido a que no se contaba con repeticiones suficientes para trabajarlos estadísticamente. Estos datos se pueden observar en los Cuadros 21, 23, 25, 27 y 29.

Estudios anteriores se han abocado a evaluar el efecto de la inclusión de alimentos balanceados en las dietas de terneras y dichas investigaciones han reportado que los alimentos secos producen un mayor estímulo para el desarrollo del retículo-rumen y que las terneras alimentadas únicamente con dietas líquidas exhiben un desarrollo anormal de los pre-estómagos (Tamate et al., 1962). En el presente estudio no se trataron animales únicamente con dieta líquida por lo que toma como punto de partida la suplementación de un alimento iniciador de adecuada formulación. A pesar que se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre la influencia de la composición de la dieta, poco se ha investigado sobre los efectos de la forma física de la misma, especialmente en Costa Rica.

Anteriormente se han evaluado dietas en harina versus texturizadas, donde no se reportan diferencias en el crecimiento de los pre-estómagos, pero en el desarrollo de las papilas a nivel de microscopio arrojan algunas diferencias en la forma y tamaño de las papilas (Beharka et al., 1998).

Lesmeister et al., 2004; mencionan que el largo de las papilas es la variable más

importante en el análisis de desarrollo ruminal, además de ser la variable más influenciada por la dieta. Investigaciones anteriores han reportado la influencia de la dieta (leche e iniciador) sobre el largo de las papilas (Nocek et al., 1984; Greenwood et al., 1997; Zitnan et al., 1999; Baldwin et al., 2004); mencionando que el desarrollo de las mismas está fuertemente relacionado con la edad y la presencia del butirato como resultado de la digestión fermentativa de carbohidratos (Brownlee, 1956; Warner et al., 1956; Klein et al., 1987). Sin embargo otras investigaciones no han detectado diferencias influenciadas por la alimentación, pero sí por la edad (Anderson et al., 1982; Klein et al. 1987).

Esta última aseveración parece concordar con los resultados del presente estudio; donde en cada zona muestreada tanto al lado derecho, como el izquierdo del rumen, las papilas muestran una mayor longitud en los animales cosechados a las 12 semanas versus los cosechados a las 8 semanas de edad. Se puede observar un comportamiento particular en la mayoría de las zonas, donde el tratamiento Harina+Forraje presenta un crecimiento retardado con respecto a los demás tratamientos, lo que se puede asociar al menor consumo de alimento balanceado. Estos resultados se pueden asociar con los reportados por algunos autores, donde se menciona que cuando las terneras son alimentadas a edades tempranas con forrajes, el desarrollo de las papilas y el engrosamiento de la pared ruminal son limitados, ya que el principal producto de la fermentación de los forrajes es ácido acético, no es eficientemente utilizado para el crecimiento y desarrollo del rumen y que el desarrollo de la ternera dependerá de la preferencia de la misma por determinado alimento (Coverdale et al., 2004).

Los valores correspondientes al ancho de las papilas parecen estar mayormente afectados por la edad del animal, que por los productos de la fermentación o diferencias físicas de la porción seca de la dieta (Klein et al., 1987; Greenwood et al., 1997; Zitnan et al., 1999). En el presente estudio los resultados coinciden con las afirmaciones anteriores donde es fácil observar que en todas las zonas muestreadas los terneros cosechados a las 12 semanas presentaban valores mayores que los sacrificados a las 8 semanas.

No se pudieron encontrar ensayos que reporten datos de desarrollo ruminal en terneras a las 8 o 12 semanas de vida; sin embargo, si se comparan los valores correspondientes al ancho y largo de las papilas obtenidos en el presente experimento, con los datos obtenidos en el estudio de Lesmeister et al. (2004) a las 5 semanas de vida promedio, por zona del rumen muestreada, se pueden realizar algunas comparaciones, que se presentan a continuación. Lo que nos permite observar que los valores se encuentran cercanos a los anteriormente obtenidos por Lesmeister et al. (2004).

Cuadro 20. Efecto del tratamiento en la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 8 semanas de vida. Zona B, saco Caudo-Dorsal.

Tratamiento	Saco Caudo Dorsal (B)					
	Izquierda			Derecha		
	Altura	Ancho	Grosor	Altura	Ancho	Grosor
Harina	1,46	0,86	2,37	1,87	0,99	2,34
Harina+Forraje	1,44	1,04	2,07	2,36	1,20	1,89
Pelletizado	1,57	0,98	2,09	1,60	1,10	2,02
Extruzado	1,18	0,86	2,18	1,40	1,17	1,78

Para el saco caudo dorsal (B) los valores obtenidos para el largo de las papilas fueron de 1,60 mm en promedio a las 8 semanas y los reportados por Lesmeister et al. (2004) a las 5 semanas fueron de 1,11 mm. Para el grosor de la pared ruminal se obtuvieron datos promedio de 2,08 mm, mientras que Lemeister et al. (2004) reporta valores de 1,25 mm.

Cuadro 21. Efecto del tratamiento en la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 12 semanas de vida. Zona B, saco Caudo-Dorsal.

Tratamiento	Saco Caudo Dorsal (B)					
	Izquierda			Derecha		
	Altura	Ancho	Grosor	Altura	Ancho	Grosor
Harina	3,27	1,57	1,77	4,36	1,91	1,89
Harina+Forraje	1,18	1,10	1,88	1,19	1,17	1,77
Pelletizado	4,31	2,08	1,93	3,86	1,12	1,84
Extruzado	1,86	1,25	2,32	1,95	1,68	2,30

Para el saco caudo dorsal (B) los valores obtenidos para el ancho de las papilas fueron de 1,48 mm en promedio a las 12 semanas y los reportados por Lesmeister et al. (2004) fueron de 0,72 mm a las 5 semanas.

Cuadro 22. Efecto del tratamiento en la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 8 semanas de vida. Zona C, saco Craneo-Dorsal.

Tratamiento	Saco Craneo Dorsal (C)					
	Izquierda			Derecha		
	Altura	Ancho	Grosor	Altura	Ancho	Grosor
Harina	1,26	0,84	2,40	1,26	0,88	2,18
Harina+Forraje	1,16	0,95	2,10	0,84	0,73	1,82
Pelletizado	1,18	0,88	1,90	0,74	0,69	1,51
Extruzado	1,10	0,95	2,60	0,62	0,64	1,76

En el saco craneo dorsal (C) para el largo de las papilas presento valores de 1,33 mm en promedio a las 8 semanas, mientras que Lesmeister et al. (2004) reporto 0,74 mm en promedio a las 5 semanas, y para el grosor de la pared ruminal tenemos valores de 2,06 mm y 1,39 mm respectivamente.

Cuadro 23. Efecto del tratamiento en la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 12 semanas de vida. Zona C, saco Craneo-Dorsal.

Tratamiento	Saco Craneo Dorsal (C)					
	Izquierda			Derecha		
	Altura	Ancho	Grosor	Altura	Ancho	Grosor
Harina	2,20	1,37	1,95	1,23	0,88	1,56
Harina+Forraje	0,76	0,80	1,49	1,17	0,85	1,81
Pelletizado	4,03	2,44	1,84	1,37	2,02	1,49
Extruzado	2,02	1,55	2,87	1,16	0,95	1,94

El saco craneo dorsal (C) para el ancho de las papilas presento valores de 1,42 mm a las 12 semanas y los valores de Lesmeister et al. (2004) fueron de 0,74mm en promedio a las 5 semanas.

Cuadro 24. Efecto del tratamiento en la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 8 semanas de vida. Zona E, saco Ciego Caudo-Dorsal.

Tratamiento	Saco Ciego Caudo Dorsal (E)					
	Izquierda			Derecha		
	Altura	Ancho	Grosor	Altura	Ancho	Grosor
Harina	2,62 ^a	1,08	2,70	2,16	1,17	2,94
Harina+Forraje	1,81 ^{ab}	1,18	2,23	1,92	1,26	2,16
Pelletizado	1,82 ^{ab}	1,10	1,98	1,58	0,97	2,24
Extruzado	1,16 ^b	1,02	1,29	1,16	1,04	1,48

^{ab} Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente (P<0,05)

Para el saco ciego caudo dorsal (E) se obtuvieron valores de 1,77 mm para el largo de las papilas y 2,12 mm para el grosor de la pared a las 8 semanas y Lesmeister et al. (2004) reporta valores de 0,55 mm y 1,32 mm respectivamente a las 5 semanas.

La influencia de la forma física de la dieta sobre el largo de las papilas, solo reportó diferencias estadísticas en el saco ciego caudo-dorsal en el lado izquierdo donde la mayor altura se presentó con el alimento en Harina y el menor con el alimento extruzado. Estos resultados difieren de las investigaciones que reportan un mayor crecimiento de las papilas cuando se utiliza un alimento de partícula gruesa (Beharka et al., 1998; Suarez, 2011).

Cuadro 25. Efecto del tratamiento en la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 12 semanas de vida. Zona E, saco Ciego Caudo-Dorsal.

Tratamiento	Saco Ciego Caudo Dorsal (E)					
	Izquierda			Derecha		
	Altura	Ancho	Grosor	Altura	Ancho	Grosor
Harina	5,24	2,23	2,24	4,45	2,15	2,12
Harina+Forraje	1,09	1,06	1,48	1,21	1,15	2,18
Pelletizado	3,97	2,23	1,17	3,96	1,97	2,20
Extruzado	2,27	1,60	2,59	2,01	1,37	2,68

Para el saco ciego caudo dorsal (E) se obtuvieron valores de 1,72 mm para el ancho de las papilas a las 12 semanas. Mientras que Lesmeister et al. (2004) reporta valores de 0,53 mm a las 5 semanas.

Cuadro 26. Efecto del tratamiento en la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 8 semanas de vida. Zona D, saco Ventral.

Saco Ventral (D)						
Tratamiento	Izquierda			Derecha		
	Altura	Ancho	Grosor	Altura	Ancho	Grosor
Harina	2,66	1,01	3,19	2,04	0,96	2,62
Harina+Forraje	3,37	1,10	2,66	2,64	1,15	2,67
Pelletizado	2,36	1,18	2,48	1,99	1,09	2,32
Extruzado	1,86	1,14	2,97	1,38	0,95	1,96

Para el saco ventral (D) se obtuvieron valores promedio para el largo de las papilas de 2,28 mm y para el grosor de la pared de 2,60 mm a las 8 semanas de edad y en Lesmeister et al. (2004) reporto valores de 1,72 mm para el largo de las papilas y 1,62 mm para el grosor de la pared ruminal a las 5 semanas.

Cuadro 27. Efecto del tratamiento en la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 12 semanas de vida. Zona D, saco Ventral.

Saco Ventral (D)						
Tratamiento	Izquierda			Derecha		
	Altura	Ancho	Grosor	Altura	Ancho	Grosor
Harina	5,57	1,88	2,10	3,72	1,86	1,92
Harina+Forraje	1,72	1,13	2,14	1,91	1,29	1,68
Pelletizado	5,50	2,19	2,03	4,48	1,97	2,07
Extruzado	3,12	1,69	2,79	2,15	1,45	2,30

Para el saco ventral (D) se obtuvieron valores promedio de 1,69 mm para el ancho de las papilas a las 12 semanas, mientras que Lesmeister et al. (2004) reporta valores de 0,79mm a las 5 semanas.

Cuadro 28. Efecto del tratamiento en la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 8 semanas de vida. Zona A, saco Ciego Caudal-Ventral.

Saco Ciego Caudal Ventral			
Tratamiento	Altura	Ancho	Grosor
Harina	2,01	1,08	2,88
Harina+Forraje	2,23	0,99	1,64
Pelletizado	1,49	0,80	1,85
Extruzado	1,39	0,94	1,94

Para el saco ciego caudo ventral (A) los valores obtenidos para el largo de las papilas fueron en promedio de 1,78 mm a las 8 semanas y los reportados por Lesmeister et al. (2004) fueron de 1,09 mm a las 5 semanas. Mientras que para el

grosor de la pared ruminal se reportan valores de 2,07 mm en el presente trabajo y de 1,24 mm en Lemeister et al (2004).

Cuadro 29. Efecto del tratamiento en la altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal (mm) a las 12 semanas de vida. Zona A, saco Ciego Caudo-Ventral.

Tratamiento	Saco Ciego Caudo Ventral		
	Altura	Ancho	Grosor
Harina	4,80	2,57	1,62
Harina+Forraje	1,19	1,01	1,31
Pelletizado	4,80	2,24	1,72
Extruzado	2,15	1,50	2,05

Para el saco ciego caudo ventral (A) los valores obtenidos para el ancho de las papilas a las 12 semanas fueron en promedio 1,83 mm y los reportados por Lesmeister et al. (2004) fueron de 0,74 mm a las 5 semanas.

Si se analizan los valores de las comparaciones anteriores se puede observar que al extrapolar las edades con las variables de las papilas, los valores no distan de los obtenidos por Lemeister et al. (2004).

En general si se analizan los datos por lateralidad de las muestras como lo es en el caso del saco caudo-dorsal, el saco craneo-dorsal, saco ciego caudo-dorsal y el saco ventral los resultados son muy similares entre sí. Lesmeister et al., 2004, reporta algunas diferencias pero de manera muy sensible ($P < 0,001$).

En cuanto a la segmentación dorsal-ventral y Craneo-caudal se puede notar una tendencia a que en las zonas ventral y caudal presentan valores levemente mayores principalmente en el largo de las papilas. Esto concuerdan con los datos reportados por McGavin y Morril, 1976, quienes informaron que las papilas en la región craneal son menos sensibles a la influencia de la dieta. Así también lo reporta Behaka, 1998, quién menciona que cranealmente no hay diferencias en apariencia ni en tamaño de las papilas debido a la dieta, donde la comparación entre una dieta de alimento molido y alimento pelletizado, no reporta diferencias en las porciones craneales, ni ventrales. Mientras que para la porción dorsal, este mismo autor reporta diferencias significativas

donde la dieta de alimento pelletizado presenta valores mayores para el largo de las papilas.

Si se analizan los valores de altura de las papilas como tales, estos se encuentran cercanos a los reportados por otros estudios, por ejemplo, Beharka et al. (1998) a las 10 semanas de vida, para el saco craneal reporta alturas de 4,8 mm para alimento pelletizado y 4,4 mm para alimento finamente molido, en el presente estudio a las 12 semanas se encontraron valores de hasta 4,03 mm para alimento pelletizado y de 2,20 mm para alimento en harina. Para el saco ventral los valores de Beharka et al. fueron de 3,2 mm para alimento pelletizado y de 3,3 mm para alimento molido, mientras que en nuestro experimento los valores son de hasta 4,48 mm para alimento pelletizado y de 3,72 mm de alimento en harina para la porción derecha.

Para los datos del grosor de la pared ruminal, en estudios anteriores no se han notado diferencias significativas influenciadas por diferencias en la dieta (Anderson et al., 1982; Greenwood et al., 1997). Además se ha mencionado que un aumento en la muscularización del rumen puede ocurrir independientemente del crecimiento epitelial (Brownlee, 1956; Harrison et al., 1960), pero siempre teniendo en cuenta la importancia de la estimulación que ejerce el alimento sólido sobre el desarrollo y la motilidad del músculo (Beharka, 1998). En la presente investigación no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Los valores obtenidos en el presente estudio, se encuentran cercanos a los obtenidos por Lesmeister et al. (2004) y concuerdan con los obtenidos por Suarez, 2011, donde utilizando distintos niveles de inclusión de granos de destilería (DDGS) no encontró diferencias significativas en los valores del grosor de la pared ruminal.

Algunas investigaciones que se han dedicado a la evaluación de la concentración de los ácidos grasos volátiles, donde algunas han analizado la suplementación en diferentes cantidades de un mismo concentrado y no han reportado diferencias influenciadas por dicha suplementación (Reis et al. 2000; Baldwin et al., 2004), mientras que otros han evaluado diferentes fuentes de carbohidratos, mostrando variaciones (Suarez et al., 2006). Algunos de estos autores mencionan la influencia de

aspectos genéticos, pero en general no han llegado a conclusiones concretas con respecto al desarrollo papilar.

3.3. Conclusiones y recomendaciones.

1. En la mayoría de las zonas muestreadas el procesamiento del alimento balanceado (harina, pelletizado y extruzado) no presentó diferencias significativas en cuanto al desarrollo ruminal (altura y ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal), lo cual evidencia que en el presente estudio la textura del alimento no tuvo ninguna repercusión en el mismo. En cuanto al largo de las papilas, este valor parece estar directamente influenciado por la edad del animal.
2. En los diferentes parámetros de crecimiento evaluados: peso corporal, perímetro torácico y altura a la cadera y a la cruz, no se reportaron diferencias significativas a excepción de la circunferencia torácica donde las semanas 3 y 7 donde el tratamiento con alimento pelletizado presentó valores mayores; y para la altura a la cruz las únicas diferencias significativas se presentaron durante las semanas 7 y 8, acá los tratamientos con alimento texturizados (pelletizado y extruzado) presentaron valores mayores.
3. Los alimentos texturizados presentan muchas ventajas de manejo como: facilidad de limpieza de comederos, menor desperdicio, se facilita el que las terneras aprendan a consumirlo, además de presentar menor contaminación microbiológica, lo que permite prevenir desordenes gastrointestinales.
4. Pese a que se encontraron diferencias estadísticas significativas en algunas mediciones no se puede concluir que son debidas a efectos de los tratamientos.
5. Es importante realizar más investigaciones referentes a este tema, que permitan utilizar mayor número de repeticiones y evaluar otros tratamientos.
6. Para realizar estudios como este es necesario buscar financiamiento.

LITERATURA CITADA

- ANDERDON, K.; NAGARAJA T.; MORRIL J. 1987. Ruminant and metabolic development in calves weaned conventionally or early. *J. Dairy Sci.* 70: 1000-1005.
- ANDERSON, M.; KHOYLOO, M.; WALTERS, J. 1982. Effect of feeding whole cottonseed on intake, body weight, and reticulum-rumen development of young Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 65:764-772.
- ARGUELLO, A.; CASTRO, N.; CAPOTE, J. 2005. Short Communication: Evaluation of a color method for testing immunoglobulin G concentration in goat colostrums. *J. Dairy Sci.* 88: 1752-1754.
- BALDWIN, R.; McLEOD, K.; KLOTZ, J.; HEITMANN, R. 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *J. Dairy Sci.* 87:55-65.
- BAR-PELED, U.; ROBINZON, B.; MALTZ, E.; TAGARI, H.; FOLMAN, Y.; BRUCKENTAL, L.; VOET, H.; GACITUA, H.; LEHRER, R. 1997. Increased weight gain and effects on production parameters of Holstein heifer calves that were allowed to suckle from birth to six weeks of age. *J. Dairy Sci.* 80: 2523-2528.
- BARRIENTOS, O.; VILLEGAS, L. 2010. Cadena productiva de leche: políticas y acciones. SEPSA y MAG.
- BATEMAN, H.; HILL, T.; ALDRICH, J.; SCHLOT-TERBECK, R. 2009. Effect of corn processing, particle size, and diet form on performance of calves in bedded pens. *J. Dairy Sci.* 92: 782-789.
- BEHARKA, A.; NAGARAJA, T.; MORRIL, J.; KENNEDY, G.; KLEMM, R. 1998. Effect of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 81:1946-1955.
- BESSER, T.; GAY, C. 1985. Septicemic colibacillosis and failure of passive transfer of colostral immunoglobulin in calves. *Vet. Clin. N. Am.: Food Anim. Pract.* 1:445-459.
- BORGA, S. 1998. Seminario Internacional del Sector Lechero. Lácteos 2000.
- BROWNLEE, A. 1956. The development of rumen papillae in cattle fed on different diets. *Br. Vet. J.* 112:369-375
- BULL, L.; BUSH, L.; FRIEND, J.; HARRIS, B.; JONES, E. 1965. Incidence of ruminal parakeratosis in calves fed different rations and its relation to volatile fatty acid absorption. *J. Dairy. Sci.* 48: 1459-1466.
- CAMARA NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE. 2010. Información del Sector Lácteo 2010.

- CHURCH, D. 1988. The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition. Prentice Hall Eglewood cliffs, N.L. Simon & Schuster.
- COVERDALE, J.; TYLER, H.; QUIGLEY, J.; BRUMM, J. 2004. Effect of various levels of forage and form of diet on rumen development and growth in calves. *J. Dairy Sci.* 87: 2554-2562.
- DAVIS, C.; DRACKLEY, J. 1998. The development, nutrition, and management of the young calf. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- DEVERY, J.; LARSON, B. 1983. Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostrum immunoglobulins. *J. Dairy Sci.* 66:221-226.
- DONOVAN, G.; DAHOO, I.; MONTGOMERY, D.; BENNETT, F. 1998. Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Prevent. Vet. Med.* 34: 31-46.
- ELIZONDO, J. 2006. Desarrollo del rumen en terneras de leche. *ECAG informa* 38: 29-32.
- ELIZONDO, J. 2007. Importancia del calostro en la crianza de terneras. *ECAG informa.* 39: 53-55.
- ELIZONDO, J. 2008a. Destete temprano en terneras: Reduce los costos de alimentación y mano de obra. *ECAG informa.* 43:46-49
- ELIZONDO, J. 2008b. Parámetros de manejo en la crianza de terneras. *ECAG informa.* 45: 31-34.
- ELIZONDO, J. 2008c. Suministro de calostro con alimentador esofágico. *ECAG Informa.* 44: 35-38.
- ELIZONDO, J. 2010a. Curso teórico y práctico sobre crianza y desarrollo de terneras de lechería. Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica.
- ELIZONDO, J. 2010b. Estrategias para aumentar el consumo de concentrado en terneras, en la etapa pre-destete. *ECAG informa* 53: 38-40.
- FASS. 1999. Guide for the care and use of Agricultural Animals in Agricultural Research and teaching 1st rev. IL ed. Federation of Animal Science Societies, Savoy.
- FLATT, W.; WARNER, R.; LOOSLI, J. 1958. Influence of purified materials on the development of the ruminant stomach. *J. Dairy Sci.* 41: 1593-1600.
- FRANKLIN, S.; AMARAL-PHILLIPS, D.; JACKSON, J.; CAMPBELL, A. 2003. Health and performance of Holstein calves that suckled or were hand-fed colostrums and were fed one of three physical forms of starter. *J. Dairy Sci.* 86:2145-2153.

- GIL, C. 2010. Ensayo: La Crisis en el Sector Lácteo. Business Milk. En: www.la-leche.es. Consultado el Agosto del 2011.
- GLOOBE, H. 1989. Anatomía Aplicada del Bovino. IICA. 226p.
- GREENWOOD, R.; MORRILL, J.; TITGEMEYER, E.; KENNEDY, G. 1997. A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. J. Dairy Sci. 80: 2534-3541.
- GRUMMER, R.; HOFFMAN, P.; LUCK, M.; BERTICS, S. 1995. Effect of prepartum and postpartum dietary energy on growth and lactation of primiparous cows. J. Dairy Sci. 78: 172-180.
- GUÁRICO. 2009. Precio del Ganado. Portal Oficial. Venezuela En: www.guarico.com.ve. Consultado el Julio del 2011.
- HARRISON, H.; WARNER, R.; SANDER, E. AND LOOSLI S. 1960. Changes in the tissue and volume of the stomachs of calves following the removal of dry feed or consumption of inert bulk. J. Dairy Sci. 43: 1301-1312.
- HEINRICH, A., HARCROVE, G. 1987. Standards of weight and height for Holstein heifers. J. Dairy Sci. 70: 653-660.
- HEINRICH, A.; JONES, C. 2003. Feeding the Newborn Dairy Calf. The Penn State University. 23p.
- HEINRICH, A.; LAMMERS, B. 1998. Monitoring dairy heifer growth. The Pennsylvania State University. College of Agricultural Sciences. Agricultural Research and Cooperative Extension.
- HEINRICH, A., LESMEISTER, J. 2000. Why you should hold off on feeding forage to calves. Hoard Dairyman. September, 25th.
- HINDERS, R.; OWEN, F. 1965. Relations of ruminal parakeratosis development to volatile fatty acid. J. Dairy Sci. 48:1069-1073.
- HOFFMAN, P. 1997. Optimum body size of Holstein replacement heifers. J. Anim. Sci. 75: 836-845.
- HUTJENS, M. 2003. Guía de Alimentación. 2ed. Hoard's Dairyman. 84p.
- JASPER, J.; WEARY, D. 2002. Effects of ad libitum milk intake on Dairy Calves. J. Dairy Sci. 85: 3054-3058.
- JOHNSON J.; GODDEN S.; MOLITOR T.; AMES T.; HAGMAN D. 2007. Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immune and nutritional parameters in neonatal dairy calves. J. Dairy Sci. 90: 5189-5198.

- KELLEMS, R.; CHURCH, D. 1988. *Livestock feeds and feeding*. 4 ed. Prentice Hall, Inc. New Jersey, U.S.A.
- KERTZ, A.; REUTZEL, L.; MAHONEY, J. 1984. Ad libitum water intake by neonatal calves and its relationship to calf starter intake, weight gain, feces. *J. Dairy Sci.* 67: 264-269.
- KHAN, M.; LEE, H.; LEE, W.; KIM, H.; KIM, S.B; PARK, S.; CHOI, Y. 2007. Starch Source Evaluation in Calf Starter: I. Feed Consumption, Body Weight Gain, Structural Growth and Blood metabolites in Holstein Calves. *J. Dairy Sci.* 90: 5259-5268.
- KINCAID, R. 1980. Alternate methods of feeding alfalfa to calves. *J. Dairy Sci.*:63:91-94.
- KLEIN, R.; KINCAID, A.; HODGSON, J.; HARRISON, J.; HILLERS, J.; CRONRATH, J. 1987. Dietary fiber and early weaning on growth and rumen development of calves. *J. Dairy Sci.* 70:2095-2104.
- LARSON, B.; HEARY, H.; DEVERY, J. 1980. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 63:665-671.
- LE JAN, C. 1996. Cellular components of mammary secretions and neonatal immunity: a review. *Vet. Res.* 27:403-417.
- LEIBHOLZ, J. 1975. Ground roughage in the diet of the early-weaned calf. *Anim. Prod.*: 20:93-100.
- LESMEISTER, K.; TOZER, P.; HEINRICHS, A. 2004. Development and Analysis of a rumen. Tissue Sampling Procedure. *J. Dairy Sci.* 87: 1336-1344.
- McGAVIN, M.; MORRILL, J. 1976. Scanning electron microscopy of ruminal papillae in calves fed various amounts and forms of roughage. *Am. J. Vet. Res.* 37:497-508.
- MORIN, D.; MCCOY, G.; HURLEY, W. 1997. Effects of quality and timing of colostrums feeding and addition of dried colostrums supplement of immunoglobulin G1 absorption in Holstein bull calves. *J. Dairy Sci.* 80: 747-753.
- MULLER, L.; ELLINGER, D. 1981. Colostral immunoglobulin concentrations among dairy breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64:1727-1730.
- NATIONAL ANIMAL HEALTH MONITORING SYSTEM (NAHMS), 2007. Part I: Reference of dairy cattle health and management practices in the United States. USDA: APHIS Veterinary Services, Ft. Collins, CO.
- NOCEK, J.; HEALD, C.; POLAN, C. 1984. Influence of ration physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves. *J. Dairy Sci.* 67:334-343.

- NOUSIAINEN, J.; KORHONEN, H.; SYVAOJA, E.L.; SAVOLAINEN, S.; SALONIEMI, H.; HALONEN, H. 1994. The effect of colostral, immunoglobulin supplement on the passive immunity, growth and health of neonatal calves. *Agric. Sci. Finly* 3:421-428.
- OYENIYI, O.; HUNTER, A.. 1978. Colostral constituents including immunoglobulins in the first three milkings postpartum. *J. Dairy Sci.* 61: 44-48.
- PETRIE, L. 1984. Maximizing the absorption of calostr al immunoglobulins in the newborn dairy calf. *Vet. Rec.* 114:157-163.
- PRITCHETT, L.; GAY, C.; BESSER, T.; HANCOCK, D. 1991. Management and production factors influencing immunoglobulin G₁ concentration in colostrums from Holstein cows. *J. Dairy. Sci.* 74:2336-2341.
- QUIGLEY, J.; DREWRY, J.; MURRAY, L.; IVEY, S. 1997. Effects of Lasalocid in Milk Replacer or Calf Starter on Health and Performance of Calves Challenged with *Eimeria* Species. *J. Dairy Sci.* 80: 2972-2976.
- QUIGLEY, J.; KOST, C.; WOLFE, T. 2002. Absorption of protein and IgG in calves fed a colostrum supplement or replacer. *J. Dairy Sci.* 85:1243–1248.
- QUIGLEY, J.; MARTIN, H.; DOWLEN. 1995. Concentrations of trypsin inhibitor and immunoglobulins in colostrum of Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 78: 1573-1577.
- REIS, R.; COMBS, D. 2000. Effects of increasing levels of grain supplementation on rumen environment and lactation grass-legume pasture. *J. Dairy Sci.* 83:2888-2898.
- ROBINSON, J.; STOTT, G.; DENISE, S. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 71:1283-1287.
- RODRIGUEZ, J.; NOGUERA, L.; ELIZONDO, J. 2010. Manejo de las terneras recién nacidas para lograr una adecuada inmunidad pasiva. *ECAG informa* 52: 20-22
- ROJAS, A. 1992. Alimentación y Manejo de terneras de lechería. UCR. 1ed. Costa Rica. 80p.
- SANCHEZ, J.; SOTO, H. 1996. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares. *Nutrición Animal Tropical.* 3:3-18.
- SNACHEZ, J.; SOTO, H. 1998. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. II. Componentes de la pared celular. *Nutrición Animal Tropical.* 4: 3-23.
- SAS. 2006. SAS/STAT. User's Guide. SAS Inst. Inc., Cary. NC.
- SASAKI, M.; DAVIS, C.; LARSON, B. 1983. Immunoglobulin IgG₁ metabolism in new born calves. *J. Dairy Sci.* 60:623-626.

- SOLANO, C., VARGAS, B. 1997. El crecimiento de novillas de reemplazo en fincas lecheras de Costa Rica. I. Tipificación del crecimiento de novillas Holstein y Jersey. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(1): 21-36.
- STOBO, I.; LUCCI .; ROY, H.; PERFITT, M. 1985. Comparison of high-energy pellets containing processed fiber with a coarse concentrate mixture in relation to the development of solid food intake in the calf. *Anim. Prod.*:40:570.
- SUAREZ, B.; VAN REENEN, C.; BELDMAN, G.; VAN VUUREN, A.; DIJKSTRA, J.; GERRITS, W.; STOCKHOFE, N. 2006. Effects of Supplementing Concentrates Differing in Carbohydrate Composition in Veal Calf Diets: II. Rumen Development. *J. Dairy Sci.* 11:4376-4386.
- SUAREZ, F.; HILL, T.; HEINRICHS, A.; BATEMAN, H.; ALDRICH, J.; SCHLOTTERBECK. 2011. Effects of including corn distillers dried grains with soluble in dairy calf feeds. *J. Dairy. Sci.* 94:3037-3044.
- STOTT, G.; FELLAH, A. 1983. Colostral immunoglobulin absorption linearly related to concentration for calves. *J. Dairy Sci.* 66: 1319-1328.
- STOTT, G.; FLEENOR, W.; KLEESE, W. 1981. Colostral immunoglobulin concentration in two fractions of first milking postpartum and five additional milkings. *J. Dairy Sci.* 64: 459-465.
- STOTT, G.; MARX, D.; MENEFEE, B.; NIGHTENGALE, G. 1979a. Colostral immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption. *J. Dairy Sci.* 62: 1632-1638.
- STOTT, G.; MARX, D.; MENEFEE, B.; NIGHTENGALE, G. 1979b. Colostral immunoglobulin transfer in calves II. The rate of absorption. *J. Dairy Sci.* 62: 1766-1773.
- STOTT, G.; MARX, D.; MENEFEE, B.; NIGHTENGALE, G. 1979c. Colostral immunoglobulin transfer in calves III. Amount of absorption. *J. Dairy Sci.* 62: 1902-1907.
- SUTTON, J.; MCGILLIARD, A.; JACOBSON, N. 1963. Functional development of rumen mucosa. I Absorptive. *J. Dairy Sci.* 46: 426-436.
- TAMATE, H.; MCGILLIARD, A.; JACOBSON, N.; GETTY, R. 1962. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J. Dairy Sci.* 45: 408-420.
- THOMAS, D.; HINKS, C. 1982. The effect of changing the physical form of roughage on the performance of the early-weaned calf. *Anim. Prod.*:35:375–384.
- UNION GANADERA REGIONAL DE JALISCO.2009. Asociaciones Ganaderas Locales del Estado de Jalisco (UGRJ). Consultado 2009-2010.

- VILLALOBOS, L. 2008. Comportamiento productivo del pasto estrella africana (*Cynodon lenfuensis* Vanderyst) en la zona de Monte Verde, Costa Rica. Centro de Investigación en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica.
- VILLEGAS, L. 2010. Cadena productiva de leche: políticas y acciones. secretaría ejecutiva de planificación sectorial agropecuaria. MAG.
- WARNER, R.; FLATT, W.; LOOSLI, J. 1956. Dietary factors influencing the development of the ruminant stomach. *J. Agric. Food Chem.* 4:788-792
- WEAVER, D.; TYLER, J.; VANMETRE, D.; HOSTETLER, D.; BARRINGTON, G. 2000. Passive transfer of calostrual immunoglobulins in calves. *J. Vet. Intern. Med.* 14: 569-577.
- WHITAKER, R.; MILLER, W.; CARMON, J.; DALTON, H. 1957. Influence of and source of crude fiber in calf starters on weight and feed consumption. *J. Dairy Sci.*: 40:887-892.
- ZANTON, G.; HEINRICHS, J. 2005. Meta-analysis to assess effect of prepubertal average dairy gain of Holstein heifers on first-lactation production. *J. Dairy Sci.* 88: 3860-3867.
- ZITNAN, R.; VOIGT, J.; WEGNER, J.; BREVES, G.; SCHRODER, B.; WINCKLER, C.; LEVKUT, M.; KOKARDOVA, M.; SCHONHUSEN, U.; KUHLA, S.; HAGEMEISTER, H.; SOMMER, A. 1999. Morphological and functional development of the rumen in the calf: Influence of the time of weaning. *Arch. Anim. Nutr.* 52:351-362.