

# CRECIMIENTO Y DESARROLLO RUMINAL EN TERNEROS ALIMENTADOS CON INICIADOR SOMETIDO A DIFERENTES PROCESOS<sup>1</sup>

*Pamela Castro-Flores<sup>2</sup>, Jorge Alberto Elizondo-Salazar<sup>2</sup>*

## RESUMEN

**Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos.** El objetivo del presente estudio fue 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-destete. Se utilizaron doce terneros Holstein con peso promedio de 38 kg, estos se asignaron aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos: alimento en harina, alimento en harina+forraje, alimento peletizado y alimento extruzado. Mediciones de consumo, peso corporal, altura a la cruz y altura a la cadera se realizaron semanalmente. A las ocho semanas de edad, se sacrificaron los terneros y se recolectaron los estómagos para determinar la altura y ancho de las papilas ruminales y el grosor de la pared ruminal. Al evaluar el consumo de alimento, se encontraron diferencias entre tratamientos, específicamente entre el peletizado con respecto al de harina+forraje. Al final del ensayo, el alimento en forma de harina presentó los mayores consumos. No hubo diferencias entre tratamientos para el peso de los animales, la altura a la cadera y el peso de los compartimientos del estómago. Los tratamientos peletizado y extruzado registraron la mayor altura a la cruz en las dos últimas semanas. Los animales que consumieron el alimento extruzado presentaron la menor altura de las papilas cuando se comparó con los animales que consumieron alimento en harina y harina+forraje. Los resultados indican que el desarrollo ruminal se vio afectado por el procesamiento del alimento; sin embargo, otros factores deben considerarse.

**Palabras clave:** nutrición, rumiantes, consumo de alimento, destete, terneras.

## ABSTRACT

**Growth and rumen development in calves fed starter submitted to different processing.** The objective of the study was to evaluate the effect of calf starter processing on growth and rumen development during the pre-weaning period. Twelve Holstein bull calves weighing on average 38 kg were used. Calves were randomly assigned to one of four treatments: ground, ground+forage, pelleted, and extruded. Feed intake, body weight, withers height, and hip height were recorded weekly. Calves were harvested at eight weeks of age and stomachs were collected to determine papillae length and width, and rumen wall thickness. Feed intake was different between pelleted and ground+forage treatments. At the end on the trial calves on the ground treatment had the highest intake. Body weight was not different between treatments. Calves on the pelleted and extruded treatments presented the highest withers height during the last two weeks of the trial. Hip height showed no differences between treatments. When examining weight of the stomach compartments no differences were found. Calves on the extruded treatment showed the lowest papillae height when compared to animals on the ground or ground+forage treatment. These results indicate that rumen development is affected by feed processing; however, other factors should be considered.

**Key words:** nutrition, ruminants, feed intake, weaning, calves.

<sup>1</sup> Recibido: 27 de febrero, 2012. Aceptado: 10 de octubre, 2012. Inscrito en la Vicerrectoría de Investigación. Proyecto 737-A9-184. Universidad de Costa Rica.

<sup>2</sup> Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. pamelacr@yahoo.com; jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr

## INTRODUCCIÓN

La meta principal de cualquier programa de reemplazos debe ser criar y desarrollar animales que alcancen un tamaño y peso óptimo tempranamente para iniciar la pubertad, establecer la preñez y parir fácilmente a una edad adecuada y al menor costo posible (Garnsworthy 2005). Esta meta requiere de conocimientos básicos de nutrición y de manejo apropiado. Sin embargo, la alimentación y prácticas de manejo en la crianza y desarrollo de terneras no son una prioridad en muchas fincas lecheras de nuestro país y esto puede repercutir negativamente en la tasa de crecimiento de los animales y afectar su desempeño productivo y reproductivo.

Uno de los principales objetivos de la alimentación temprana de terneras es maximizar el desarrollo ruminal, para alcanzar la capacidad de utilizar y aprovechar los forrajes complementados con el alimento balanceado. Para alcanzar dicho desarrollo, el tracto gastrointestinal y específicamente el rumen, debe sufrir una serie de cambios anatómicos y fisiológicos que son estimulados o acelerados por el tipo de dieta (Suárez *et al.* 2007). Esto tiene que ver directamente con la producción de ácidos grasos volátiles que resultan de la fermentación de materia orgánica en el rumen (Suárez *et al.* 2006b). Butirato y en menor grado propionato, estimulan el desarrollo de la mucosa del rumen, principalmente por su uso como fuentes energéticas para el epitelio ruminal (Tamate *et al.* 1962). Así por ejemplo, los forrajes usualmente se utilizan poco o nada en las etapas tempranas, ya que disminuyen el consumo de materia seca y presentan bajas tasas de fermentación, mientras que los alimentos balanceados son ampliamente utilizados (Nocek y Kesler 1980), ya que aumentan el consumo de materia seca y proveen de altas concentraciones de ácidos grasos volátiles requeridos para el desarrollo papilar óptimo (Coverdale *et al.* 2004, Suárez *et al.* 2007).

Los granos presentes en los alimentos balanceados, son la principal fuente de almidones en las dietas para terneras. Maíz, trigo, sorgo, avena y cebada son comúnmente utilizados como fuentes de almidón a nivel mundial. Las alteraciones mecánicas y químicas durante el procesamiento de estas materias primas incrementan el área superficial de exposición e incrementan la digestibilidad del almidón a nivel ruminal (Huntington 1997), y por lo tanto pueden tener una influencia sustancial en el funcionamiento del rumen,

ya que mejoran el nivel de fermentación. Así por ejemplo, Murphy *et al.* (1994) reportaron un incremento en la producción total de ácidos grasos volátiles cuando granos de maíz entero fueron reemplazados con maíz roado. Por su parte, Joy *et al.* (1997) y Crocker *et al.* (1998) demostraron un incremento en la producción de propionato al someter los granos a un proceso de calor, mientras que la producción de butirato incrementó por el procesamiento físico (Murphy *et al.* 1994).

Con esto en mente, diversos estudios han evaluado la suplementación con alimento balanceado que difiere en la composición de sus carbohidratos (Suárez *et al.* 2006b), la forma física del alimento (Nocek *et al.* 1980, Beharka *et al.* 1998) y la fuente de almidón (Khan *et al.* 2008) sobre el desarrollo del rumen en terneras de lechería. Estas y otras investigaciones han recalcado la importancia de que el crecimiento post-destete de los animales, es totalmente dependiente de la habilidad de los mismos para consumir y digerir alimentos sólidos y por ello la importancia que se le da al desarrollo ruminal en cualquier sistema de crianza de terneras.

Por lo tanto, el presente estudio se llevó a cabo con el fin de 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-destete.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación, animales y tratamientos

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 Zarco, en el período comprendido entre los meses de marzo a agosto del 2011. La finca se ubica a 1736 msnm, presenta una precipitación media anual de 2273 mm y una temperatura media de 17°C (IMN 2011).

Se obtuvieron de fincas aledañas veinte terneros machos Holstein de aproximadamente dos a tres días de edad y con peso inicial promedio de 38,08 kg. El día de recibo, se les colocó un arete de identificación, se les practicó la curación del ombligo utilizando yodo al 7% y se les suministró dos litros de electrolitos por vía oral. Se tomaron también muestras de sangre para posteriormente medir la proteína sérica total de acuerdo a la metodología descrita por Johnson *et al.* (2007), donde las muestras fueron refrigeradas y dentro de las 24 h

se centrifugaron para separar el suero. Las concentraciones séricas de proteína total (g/dl) se determinaron mediante un refractómetro de mano (FP 360, Reichert Inc., Depew, NY). Esta valoración se utilizó como criterio de descarte para los terneros que no cumplieran con una adecuada transferencia de inmunidad pasiva. Por lo que del total de veinte animales, se seleccionaron los doce que presentaron una concentración de proteína sérica total mayor o igual a 6,0 g/dl.

Los terneros se asignaron aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos y fueron alojados en jaulas individuales de 1,50 m x 0,90 m, en piso de rejillas de madera a 20 cm del suelo. Los tratamientos utilizados fueron a) alimento en harina, b) alimento en harina+forraje, c) alimento peletizado y d) alimento extrusado. El alimento balanceado fue formulado para contener igual concentración de nutrientes (Cuadro 1) y se elaboró en sus diferentes presentaciones en una fábrica comercial de alimentos para animales.

El alimento balanceado se ofreció a partir del tercer día, iniciando con pequeñas cantidades y estimulando a los animales a consumirlo. Este se ofreció de manera fresca todos los días por la mañana, llevando un registro semanal de consumo y rechazo por animal.

La dieta líquida consistió en un reemplazador de leche comercial (Cuadro 2), el cual se reconstituyó a razón de 250 g de polvo en dos litros de agua caliente (37°C).

**Cuadro 1.** Perfil nutricional de alimento balanceado utilizado durante el ensayo. Zarcero, Costa Rica. 2011.

| Nutriente                          | Nivel  | Valor   |
|------------------------------------|--------|---------|
| Humedad (%)                        | Máximo | 13,00   |
| Proteína cruda (%)                 | Mínimo | 18,00   |
| Extracto etéreo (%)                | Mínimo | 3,50    |
| Fibra cruda (%)                    | Máximo | 7,00    |
| Energía digestible (kcal/kg)       | Mínimo | 3300,00 |
| 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    |

**Cuadro 2.** Composición del reemplazador de leche (antes de mezclarlo con el agua) utilizado durante el ensayo. Zarcero, Costa Rica. 2011.

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

El reemplazador se ofreció, en una proporción de 10% del peso vivo al inicio del ensayo y se mantuvo constante hasta la octava semana, momento en que se destetaron los animales. La alimentación líquida se realizó dos veces al día en iguales porciones y se ofreció en un balde. En la semana siete (una semana antes del destete) se eliminó la dosis de la tarde y únicamente se les ofreció la de la mañana.

El forraje utilizado para el tratamiento b, fue pasto estrella (*Cynodon nlemfluenensis*) de corta (veinticinco días de rebrote con perfil nutricional de 23% materia seca (MS), 16% proteína cruda (PC), 2% extracto etéreo (EE), 10% cenizas, 69% fibra detergente neutro (FDN), 37% fibra detergente ácido (FDA), y 5% lignina) a un tamaño de partícula aproximado de cuatro pulgadas, ofrecido *ad-libitum*. Todos los animales tuvieron libre acceso a agua.

### Medición del crecimiento, sacrificio de animales y procedimientos

Mediciones de peso corporal, altura a la cruz y altura a la cadera se realizaron semanalmente, siempre el mismo día de la semana y prácticamente a la misma hora, para evitar inconsistencias y reducir el error experimental (Khan *et al.* 2007a).

A las ocho semanas de edad, se sacrificaron los terneros en la planta de proceso "La Codorniz" ubicado en el cantón de Zarcero (Registrado ante el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Costa Rica). Una vez sacrificados los animales, los estómagos fueron recolectados, vaciados y enjuagados con abundante

agua fría. Una vez escurrido el exceso de agua se diseccionaron y pesaron.

El procedimiento utilizado para medir el desarrollo ruminal fue el establecido por Lesmeister *et al.* (2004), donde el retículo-rumen se abrió en un plano más o menos simétrico a la derecha e izquierda, separadas por una porción del rumen que se mantuvo intacta. Posteriormente, para el muestreo de las papilas, el rumen se separó en nueve zonas de muestreo diferentes, a saber: porción caudal del saco ciego caudo-ventral, lado derecho de saco caudo-dorsal, lado izquierdo del saco caudo-dorsal, el lado derecho del saco cráneo-dorsal, lado izquierdo del saco cráneo-dorsal, lado derecho del saco cráneo-ventral, lado izquierdo del saco cráneo-ventral, lado derecho de la porción ventral del saco ciego caudo-ventral y parte izquierda de la porción ventral del saco ciego caudo-ventral.

Se tomó una muestra de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> de tejido del centro de cada área y cuatro más de las esquinas de cada zona (cinco muestras por zona, 45 muestras por rumen). Estas fueron fijadas en solución de formaldehído al 30% para las mediciones posteriores.

De cada trozo de tejido muestreado, se seleccionaron cinco papilas (veinticinco por zona) al azar, a las cuáles se les realizaron mediciones de longitud y ancho de las papilas. También se midió el espesor de la pared del rumen. Las medidas se llevaron a cabo 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.

Los datos de consumo, peso y medidas de los animales fueron evaluados utilizando el análisis de medidas repetidas y el procedimiento MIXED de SAS (SAS Institute 2006), donde cada ternero se consideró como la variable aleatoria y el peso inicial se utilizó como covariable y se efectuó la separación de medias con la prueba de Waller-Duncan en aquellas variables que resultaron significativas.

El modelo estadístico utilizado fue:

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

Donde:

$Y_{ijk}$  = variables dependientes

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto fijo del tratamiento  $i$

$W_j$  = efecto de la edad  $j$  (medidas repetidas en el tiempo)

$(TW)_{ij}$  = efecto de la interacción del tratamiento por la edad

Ternero = efecto aleatorio del ternero  $k$

$e_{ijk}$  = efecto residual

En cuanto a los datos para el desarrollo ruminal fueron analizados utilizando el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute 2006) como un diseño completamente al azar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Consumo de alimento

La información sobre el consumo de alimento recolectado durante el trabajo experimental se aprecia en el Cuadro 3. Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos, observándose en la semana 3 una diferencia entre el alimento peletizado con respecto al de harina+forraje, mientras que en las semanas seis, siete y ocho, los animales que consumieron el alimento en forma de harina, presentaron los mayores consumos. No queda claramente establecido el por qué de estas diferencias y se presume que no se deben a efectos entre tratamientos, especialmente cuando estos mayores consumos no se vieron reflejados en mayor peso de los animales. Además, Coverdale *et al.* (2004) han establecido que presentaciones tanto en harina como en pelets enteros no ocasionan diferencias en los consumos.

Sin embargo, el método y grado de procesamiento del grano parecen influir sobre el consumo de materia seca, ya que mayores consumos se han reportado en dietas que contienen granos quebrados, seguidos de enteros, rolados y finalmente con grano fino de mollienda (Owens *et al.* 1997).

Todos los tratamientos presentaron un comportamiento normal semana a semana, donde el consumo aumentó con la edad de los terneros.

En Costa Rica no existe información propia que indique la cantidad de alimento que deberían consumir las terneras; sin embargo, en otras latitudes se reportan consumos de alimento balanceado que varían desde 260 g/d en la etapa pre-destete hasta los 1890 g/d post-destete (Coverdale *et al.* 2004). Lesmeister y Heinrichs (2005) reportan un consumo promedio total de 3563 g/

**Cuadro 3.** Consumo de alimento balanceado semanal (g) en terneros que lo recibieron en diferente presentación física. Zarcero, Costa Rica. 2011.

| 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 a      | 5169 b         | 5856 b     | 6086 b    |

Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ( $P < 0,05$ ).

semana de un alimento texturizado con 5% de melaza a las seis semanas de edad. Por su parte, Suárez *et al.* (2006a) reportan consumos que van desde los 2800 hasta los 4900 g/semana de alimento balanceado a las ocho semanas de edad en terneros que se suplementaron con diferentes tipos de alimentos balanceados.

Cuando se considera la adición de forraje en las dietas para terneras, la literatura muestra resultados inconsistentes con respecto al consumo total de materia seca. Algunos estudios concluyen que la adición de forraje aumenta el consumo de materia seca proveniente del alimento balanceado (Kincaid 1980, Thomas y Hinks 1982, Stobo *et al.* 1985). Sin embargo, otros han demostrado un impacto negativo y recomiendan no utilizarlo (Leibholz 1975). En el presente estudio, los animales del tratamiento harina+forraje, consumieron en promedio 200 g/d de forraje verde después de la tercera semana y hasta las ocho semanas de edad. Se considera que este consumo es bajo y por lo tanto, es poco probable que haya disminuido la ingesta de alimento balanceado.

### Crecimiento de los animales

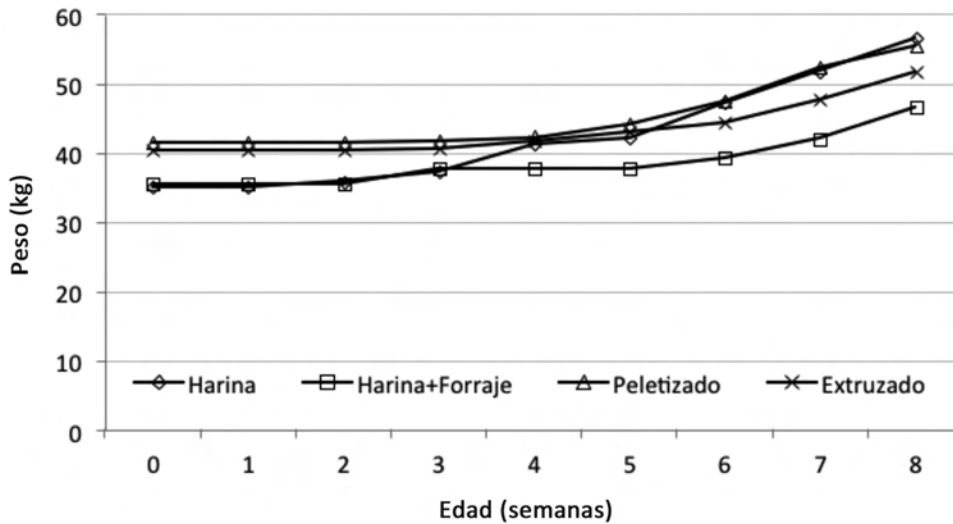
Los pesos de los animales registrados durante el estudio, no mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 1). Estos se encuentran por debajo de los reportados para la misma raza en Estados Unidos (Heinrichs y Hargrove 1987) y Costa Rica (Solano y Vargas 1997). Sin embargo, Coverdale *et*

*al.* (2004) reportan pesos entre 58,7 y 65,6 kg a los 52 días. En animales destetados a las siete semanas, Khan *et al.* (2007b) reportan entre los 64,13 y 68,71 kg, pero Suárez *et al.* (2011) indican entre 45,9 y 47,1 kg a las cinco semanas de edad.

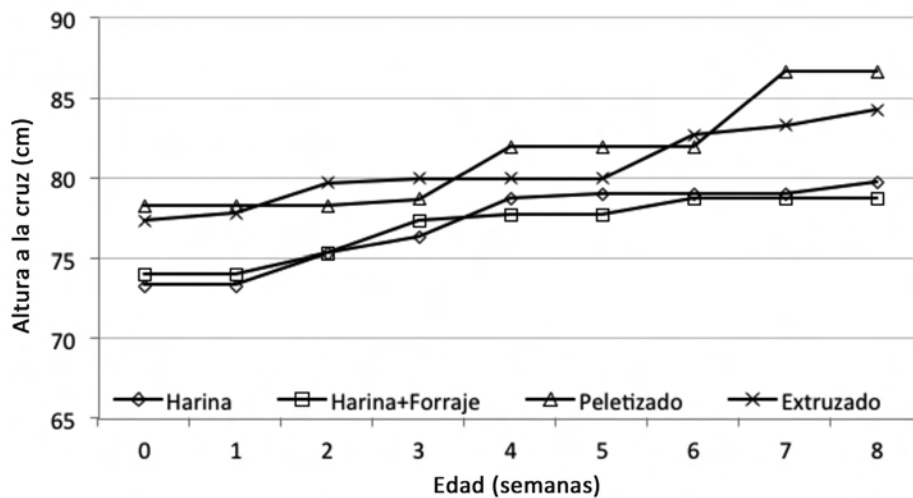
Un estudio no mostró ninguna diferencia en los pesos de los animales cuando varió la textura de la dieta (fino, intermedio, grueso) (Coverdale *et al.* 2004), lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio. Tampoco se observó una interacción entre tratamiento y la edad de los animales.

Otras de las medidas evaluadas fueron la altura a la cruz (Figura 2) y la altura a la cadera (Figura 3). Se presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para la altura a la cruz en las dos últimas semanas (semana siete y ocho), donde los tratamientos peletizado y extruzado registraron las mayores alturas. Heinrichs y Lammers (1998) reportaron 93,9 cm de altura a la cruz al destete para la raza Holstein e indican que esta medida es muy variable en animales jóvenes. Lesmeister y Heinrichs (2005) reportan valores promedios de 77,08 y 83,08 cm para el nacimiento y el destete, respectivamente. En tanto que Khan *et al.* (2007b) reportan valores muy similares de 75,72 cm al nacimiento y 85,73 cm al destete.

La altura a la cadera (Figura 3) no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Estos valores son muy similares a los reportados en otros estudios, que fueron en promedio de 79,08 y 88,95 cm



**Figura 1.** Peso promedio (kg) de terneros que recibieron alimento balanceado en diferente presentación física. Zarcero, Costa Rica. 2011.



**Figura 2.** Altura promedio a la cruz (cm) en terneros que recibieron alimento balanceado en diferente presentación física. Zarcero, Costa Rica. 2011.

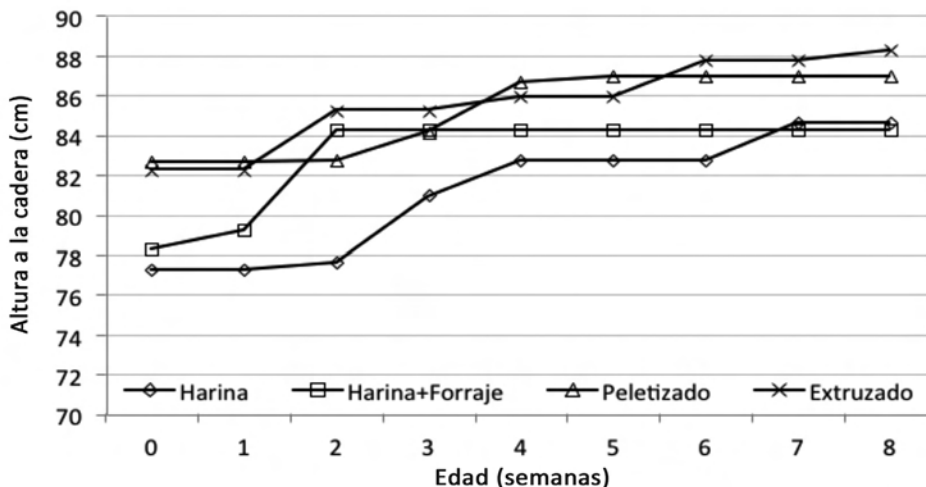
al nacimiento y al destete, respectivamente, cuando se evaluaron diferentes fuentes de almidón en alimentos balanceados para terneras (Khan *et al.* 2007b). Lesmeister y Heinrichs (2005) reportan valores de 80,49 cm al nacimiento y 86,39 cm al destete.

En Costa Rica, la toma de este tipo de datos a nivel de finca o a nivel experimental no es muy

frecuente, por lo que no se cuenta con datos nacionales para poder hacer comparaciones.

### Desarrollo ruminal

Al evaluar el peso de los compartimientos del estómago, no se presentaron diferencias significativas



**Figura 3.** Altura promedio a la cadera (cm) en terneros que recibieron alimento balanceado en diferente presentación física. Zarcero, Costa Rica. 2011.

( $P > 0,05$ ) entre tratamientos (Cuadro 4). Al evaluar diferentes fuentes de almidón en alimentos balanceados para terneras, se encontró valores promedios de 1,360; 0,432 y 0,442 kg para el retículo-rumen, omaso y abomaso, respectivamente (Khan *et al.* 2007b). En otro estudio, se analizaron diferentes niveles de inclusión de granos de destilería (DDGS) y no se encontró diferencias significativas entre los pesos del retículo-rumen, el abomaso y el omaso para los diferentes tratamientos (Suárez *et al.* 2011). Igualmente, Beharka *et al.* (1998) y Baldwin *et al.* (2004) concluyeron que ni el tipo ni la forma física de la dieta afectan los

**Cuadro 4.** Peso promedio (kg) de los compartimientos del estómago en terneros de ocho semanas de edad que recibieron alimento balanceado en diferente presentación física. Zarcero, Costa Rica. 2011.

|                | Tratamiento |                  |             |           |
|----------------|-------------|------------------|-------------|-----------|
|                | Harina      | Harina + forraje | Pelletizado | Extruzado |
| Retículo-Rumen | 0,897       | 0,880            | 1,076       | 0,804     |
| Omaso          | 0,182       | 0,170            | 0,106       | 0,130     |
| Abomaso        | 0,349       | 0,290            | 0,299       | 0,276     |

pesos del retículo-rumen, omaso y abomaso; lo que concuerda con los resultados obtenidos.

Para el análisis del desarrollo ruminal, los datos obtenidos de los terneros a las ocho semanas de edad (Cuadro 5), se sometieron al análisis estadístico correspondiente. Los animales que consumieron el alimento extrusado presentaron la menor altura de las papilas cuando se comparó con los animales que consumieron alimento en harina y harina+forraje. De manera similar el tratamiento de alimento extrusado

**Cuadro 5.** Altura y ancho de las papilas ruminales y grosor de la pared ruminal a las ocho semanas de edad en terneros que recibieron alimento balanceado en diferente presentación física. Zarcero, Costa Rica. 2011.

|             | Tratamiento |                  |             |           |
|-------------|-------------|------------------|-------------|-----------|
|             | Harina      | Harina + forraje | Pelletizado | Extruzado |
| Altura (mm) | 1,93 a      | 1,97 a           | 1,59 ab     | 1,25 b    |
| Ancho (mm)  | 0,98        | 1,07             | 0,98        | 0,97      |
| Grosor (mm) | 2,62 a      | 2,14 b           | 2,04 b      | 2,00 b    |

Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ( $P < 0,05$ ).

presentó el menor grosor de la pared ruminal en comparación con el tratamiento en harina. 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 (Lesmeister *et al.* 2004). Una mayor longitud de las papilas se pueden atribuir a un mejor estímulo químico por mayores concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV) (Khan *et al.* 2008). Diversas investigaciones han reportado la influencia de la dieta (leche e iniciador) sobre el largo de las papilas (Nocek *et al.* 1980, Greenwood *et al.* 1997, 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).

Beharka *et al.* (1998) estudiaron el efecto de la forma física del alimento sólido sobre el desarrollo anatómico, el conteo de bacterias anaeróbicas y el desarrollo fisiológico del rumen en terneros de la raza Holstein; tal como en el presente experimento, todas las dietas presentaban el mismo perfil nutricional. Ellos encontraron que el pH del rumen fue menor para los animales que consumieron la dieta más fina. El conteo de bacterias no fue afectado por alimento, pero los animales que consumieron la dieta fina tuvieron menor número de bacterias celulolíticas y mayor número de amilolíticas. La forma de la dieta no afectó el peso de los compartimentos estomacales ni el grosor de la pared ruminal, pero sí afectó el tamaño de las papilas. En dicho estudio los animales con dieta fina tuvieron menores consumos. Adicionalmente la concentración de AGV tendió a ser mayor en animales que consumieron la dieta fina. Esta situación podría eventualmente explicar el hecho de que los animales que consumieron el alimento extrusado presentaron una menor longitud de las papilas y un menor grosor de la pared ruminal, al compararse con aquellos que consumieron el alimento en harina.

Es importante comprender que la alteración de la forma física del alimento puede tener una influencia sustancial en la función ruminal, digestibilidad y consumo, ya que durante el procesamiento de los granos, se aumenta el área superficial disponible para que los microorganismos ruminales puedan adherirse y atacar (Huntington 1997, Beharka *et al.* 1998).

Otros estudios también indican que el grado del procesamiento del grano también influye sobre la producción de AGV, el pH y la concentración de

amoniaco del rumen (Murphy *et al.* 1994) y además, un incremento en la digestibilidad del almidón debido al procesamiento puede ser ventajoso para el crecimiento de las terneras. Sin embargo, un efecto negativo posible entre el grado de procesamiento y el pH del rumen pueden disminuir su desarrollo y la capacidad absorptiva del epitelio (Lesmeister y Heinrichs 2005), situación que pudo haberse dado con el alimento extrusado.

En una reciente publicación se indica que el desarrollo ruminal en terneras se ve afectado por algo más allá del butirato (Khan *et al.* 2011) y hay que considerar, especialmente antes de las tres semanas de edad, otros agentes como cambios en los factores endocrinos (insulina, IGF-I) cuando se promueve el consumo de mayores cantidades de leche y factores de crecimiento encontrados en el calostro (Elizondo 2007). Sin embargo, se requiere de mayor investigación para determinar la función de estos factores en el desarrollo ruminal.

Para concluir, es importante indicar que un adecuado desarrollo ruminal en animales de reemplazo, tiene que ver más con la alimentación que con la edad de los mismos y esto debe ser considerado al momento del destete para poder desarrollar así animales con una baja incidencia de enfermedades, adecuadas ganancias de peso y que puedan llegar a producir eficientemente.

## LITERATURA CITADA

- 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:E55-E65.
- Beharka, A; Nagaraja, T; Morrill, J; Kennedy, G; Klemm, R. 1998. Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 81:1946-1955.
- Brownlee, A. 1956. The development of rumen papillae in cattle fed on different diets. *Br. Vet. J.* 112:369-375.
- 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.
- Crocker, L; DePeters, E; Fadel, J; Perez-Monti, H; Taylor, S; Wyckoff, J; Zinn, R. 1998. Influence of processed corn grain in diets of dairy cows on digestion of nutrients and milk composition. *J. Dairy Sci.* 81:2394-2407.



- Elizondo, J. 2007. Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana* 18:271-281.
- Garnsworthy, P. 2005. Modern calves and heifers: Challenges for rearing systems. *In* Garnsworthy, P. ed. *Calf and heifer rearing*. Nottingham University Press. p. 1-12.
- 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.
- Heinrichs, A; Hargrove, G. 1987. Standards of weight and height for Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 70:653-660.
- Heinrichs, A; Lammers, B. 1998. Monitoring dairy heifer growth. The Pennsylvania State University. College of Agricultural Sciences. Agricultural Research and Cooperative Extension. 12 p.
- Huntington, G. 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75:852-867.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2011. Boletín meteorológico mensual (enero a diciembre del 2011). Instituto Meteorológico Nacional. Costa Rica. 28 p.
- Johnson, J; Godden, S; Molitor, T; Ames, T; Hagman, D. 2007. Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immunity and nutritional parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 90:5189-5198.
- Joy, M; DePeters, E; Fadel, J; Zinn, R. 1997. Effects of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 80:2087-2097.
- Khan, M; Weary, D; von Keyserlingk, M. 2011. Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 94:1071-1081.
- Khan, M; Lee, H; Lee, W; Kim, H; Ki, K; Hur, T; Suh, G; Kang, S; Choi, Y. 2007a. Structural growth, rumen development, and metabolic and immune responses of Holstein male calves fed milk through step-down and conventional methods. *J. Dairy Sci.* 90:3376-3387.
- Khan, M; Lee, H; Lee, W; Kim, H; Kim, S; Ki, K; Park, S; Ha, J; Choi, Y. 2007b. 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.
- Khan, M; Lee, H; Lee, W; Kim, H; Kim, S; Park, S; Baek, K; Ha, J; Choi, Y. 2008. Starch source evaluation in calf starter: II. Ruminant parameters, rumen development, nutrient digestibilities, and nitrogen utilization in Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 91:1140-1149.
- 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; Conrath, J. 1987. Dietary fiber and early weaning on growth and rumen development of calves. *J. Dairy Sci.* 70:2095-2104.
- Leibholz, J. 1975. Ground roughage in the diet of the early-weaned calf. *Anim. Prod.* 20:93-100.
- Lesmeister, K; Heinrichs, A. 2005. Effects of adding extra molasses to a texturized calf starter on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 88:411-418.
- Lesmeister, K; Tozer, P; Heinrichs, A. 2004. Development and analysis of a rumen tissue sampling procedure. *J. Dairy Sci.* 87:1336-1344.
- Murphy, T; Fluharty, F; Loerch, S. 1994. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 72:1608-1615.
- Nocek, J; Kesler, E. 1980. Growth and rumen characteristics of Holstein steers fed pelleted or conventional diets. *J. Dairy Sci.* 63:249-254.
- Nocek, J; Herbein, J; Polan, C. 1980. Influence of ration physical form, ruminal degradable nitrogen and age on rumen epithelial propionate and acetate transport and some enzymatic activities. *The Journal of Nutrition* 110:2355-2364.
- Owens, F; Secrist, D; Hill, W; Gill, D. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 75:868-879.
- SAS Institute. 2006. SAS/STAT. User's guide. SAS Inst. Inc., Cary, NC. 1563 p.
- 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, C; 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.* 40:570-576.
- Suárez, B; Van Reenen, C; Beldman, G; van Delen, J; Dijkstra, J; Gerrits, W. 2006a. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics. *J. Dairy Sci.* 89:4365-4375.
- Suárez, B; Van Reenen, C; Gerrits, W; Stockhofe, N; van Vuuren, A; Dijkstra, J. 2006b. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: II. Rumen development. *J. Dairy Sci.* 89:4376-4386.

- Suárez, B; Van Reenen, C; Stockhofe, N; Dijkstra, J; Gerrits, W. 2007. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. *J. Dairy Sci.* 90:2390-2403.
- Suárez, F; Hill, T; Heinrichs, A; Bateman, H; Aldrich, J; Schlotterbeck, R. 2011. Effects of including corn distillers dried grains with solubles in dairy calf feeds. *J. Dairy Sci.* 94:3037-3044.
- 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.
- Warner, R; Flatt, W; Loosli, J. 1956. Dietary factors influencing the development of the ruminant stomach. *J. Agric. Food Chem.* 4:788-792.