



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**EFFECTO DE LA ESTRATEGIA DE DESLECHE SOBRE EL COMPORTAMIENTO  
INGESTIVO Y LA ACTIVIDAD FERMENTATIVA RUMINAL DE TERNEROS  
HOLANDO**

**“Por”**

BORTAGARAY, Luisina  
CARDOZO, Valeria  
ROTUNDO, Antonella

TESIS DE GRADO presentada como  
uno de los requisitos para obtener el  
título de Doctor en Ciencias Veterinarias  
Orientación: Producción Animal

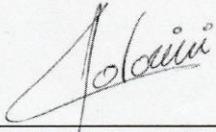
MODALIDAD: Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2021**

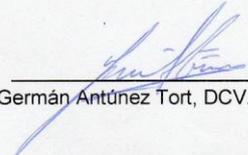
**PÁGINA DE APROBACIÓN**

Tesis de grado aprobada por:

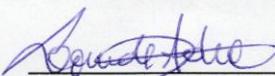
Presidente de mesa:

  
Maximiliano Pastorini, DMTV., MSc.

Segundo miembro:

  
Germán Antúnez Tort, DCV., MSc.

Tercer miembro:

  
Lourdes Adrién, DCV., MSc., PhD.

Cuarto miembro:

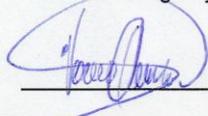
  
José Eduardo Blanc, DMTV

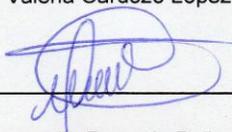
Fecha:

6/12/2021

Autores:

  
Luisina Bortagaray Panizza

  
Valeria Cardozo López

  
Antonella Rotundo Palivoda

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro tutor el Dr. Germán Antúnez y a nuestro co-tutor el Dr. Eduardo Blanc por los conocimientos compartidos y por brindarnos su tiempo, con una gran dedicación tanto a lo largo del ensayo experimental como en el transcurso de la tesis.

A nuestros compañeros de proyecto y a todo el equipo de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) por ayudarnos cada día durante el trabajo y darnos la posibilidad de dejarnos utilizar sus materiales para poder incorporar conocimientos muy valiosos los cuales serán de mucha ayuda en nuestras vidas profesionales.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional y estímulo durante este trayecto, dándonos la oportunidad de estudiar, por creer en nosotros brindándonos ejemplos dignos de superación, entrega y formarnos como personas. Porque en gran parte gracias a ellos hoy podemos ver alcanzada nuestra meta, ya que siempre nos apoyaron en los momentos difíciles de la carrera y disfrutaron con nosotros los buenos momentos.

A todos los compañeros y amigos que nos dejó facultad, por los momentos compartidos.

A la Facultad de Veterinaria y a todos nuestros profesores por contribuir en nuestra formación profesional.

A la Universidad de la República por brindarnos una educación de calidad, pública y gratuita.

Muchas gracias.

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	3
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	4
<b>1. RESUMEN</b>	6
<b>2. SUMMARY</b>	7
<b>3. INTRODUCCIÓN</b>	8
<b>4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	9
<b>4.1. Sistemas de cría en Uruguay</b>	9
<b>4.2 Particularidades del aparato digestivo del ternero</b>	10
<b>4.3 Alimentación del ternero pre rumiante</b>	12
<b>4.4 Comportamiento de los terneros durante el desleche</b>	13
<b>5. HIPÓTESIS</b>	15
<b>6. OBJETIVOS</b>	15
<b>6.1 Objetivo general</b>	15
<b>6.2 Objetivos específicos</b>	15
<b>7. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	16
<b>7.1 Diseño del experimento</b>	16
<b>7.2 Mediciones y determinaciones</b>	17
<b>7.3 Composición de los alimentos</b>	18
<b>7.4. Análisis estadístico</b>	19
<b>8. RESULTADOS</b>	21
<b>8.1 Edad al desleche, consumo de nutrientes y crecimiento corporal</b>	21
<b>8.2 Desarrollo digestivo</b>	22
<b>8.3 Comportamiento</b>	25
<b>9. DISCUSIÓN</b>	26
<b>10. CONCLUSIONES</b>	29
<b>11. BIBLIOGRAFÍA</b>	30

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

### Cuadros

Cuadro 1. Composición química de los alimentos.....	19
Cuadro 2. Consumo de alimento, crecimiento corporal y eficiencia de alimentación durante la cría de terneros Holando bajo tres estrategias de desleche.....	24
Cuadro 3. Concentraciones de Beta-Hidroxibutirato (BHB) y pH ruminal en terneros Holando bajo tres estrategias de desleche.....	25
Cuadro 4. Frecuencia de observación de cada comportamiento realizado por los terneros en la semana posterior al desleche.....	28

### Figuras

Figura 1. Tratamientos aplicados durante el periodo experimental.....	16
Figura 2. Edades al desleche en cada tratamiento.....	23
Figura 3. Concentraciones de Beta-Hidroxibutirato en suero sanguíneo de los terneros de los tres tratamientos en diferentes momentos de medición.....	26
Figura 4. Regresión entre las concentraciones de BHB en suero (x) y el consumo de MS de concentrado (y) promedio en los tres días previos a la medición.....	27

## 1. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue comparar tres estrategias de desleche de terneros Holando y evaluar sus efectos sobre el consumo de nutrientes, el crecimiento corporal, el desarrollo ruminal, la actividad fermentativa en rumen y el comportamiento ingestivo. El experimento se desarrolló en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, se utilizaron 36 terneros Holando de  $3 \pm 3,0$  días de vida,  $38 \pm 3,5$  kg de PV inicial. Los mismos fueron criados bajo techo, en estacas individuales durante todo el periodo experimental (63 días). Durante ese periodo se alimentaron con leche entera pasteurizada según cada tratamiento y concentrado de inicio que se ofreció *ad libitum* en todos los tratamientos. Los tratamientos nutricionales consistieron en: 1) **Desleche por edad (DPE)**: a los 50 días de vida se redujo la oferta inicial de leche en 25% cada dos días y el desleche se completó a los 6 días independientemente del consumo de concentrado, 2) **Desleche por consumo inicial (DCI)**: cuando consumieron 1000 g de concentrado durante 2 días consecutivos se redujo la oferta inicial de leche en 25% cada dos días y el desleche se completó a los 6 días de iniciado el desleche y 3) **Desleche por habilidad de consumo (DPH)**: cuando consumieron 700 g durante 2 días consecutivos se redujo 25% la oferta de leche cada 2 días y el desleche finalizó cuando los terneros lograron consumir 1000 g de concentrado durante 2 días consecutivos. Los terneros que se deslecharon a menor edad fueron los del tratamiento DPH (36 días promedio), en cambio los terneros del tratamiento DCI se deslecharon en 48 días promedio, y los del tratamiento DPE en 57 días. Las ganancias diarias de peso, la eficiencia de alimentación y los valores de pH y Beta-Hidroxibutirato (BHB), no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Se concluyó que, el criterio de desleche en base al consumo de concentrado permite reducir la edad al desleche sin afectar en forma negativa el crecimiento corporal, el comportamiento en los días siguientes al desleche, ni el desarrollo digestivo.

## 2. SUMMARY

The aim of this study was to compare three strategies of weaning, to evaluate their effect on nutrient consumption, body growth, ruminal development and ingestive behavior in dairy calves. The experiment was done at the Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Thirty-six Holstein male and female calves ( $3 \pm 3.0$  d old, and  $38 \pm 3.5$  kg of BW) were reared individually indoors facilities during the whole experimental period (63 d). During that period, they were fed pasteurized whole milk according to each treatment and concentrated *ad libitum*. The treatments consisted of: 1) **Weaning by age (DPE)**: at 50 days of age, the initial milk supply was reduced by 25 % every two days and weaning was completed after 6 days, 2) **Weaning by starter intake (DCI)**: when they consumed 1000 g of concentrate for 2 consecutive days, the initial milk supply was reduced by 25 % every two days and weaning was completed 6 days after the process started, 3) **Weaning by consumption ability (DPH)**: when they consumed 700 g of concentrate during 2 consecutive days, milk supply was reduced by 25 % every 2 days and weaning ended when the calves were able to consume 1000 gr of concentrate during 2 consecutive days. Calves that were weaned by concentrate intake ability (36 d) or concentrate intake (48 d) received milk for less days than calves weaned by age (57 d). Average daily gains, feeding efficiency, ruminal pH and  $\beta$ -hydroxybutyrate (BHB) were similar among treatments. It was concluded that weaning by concentrated consumption allows to reduce the pre-weaning period without negative effects on body growth, behavior or digestive development.

### 3. INTRODUCCIÓN

En los sistemas lecheros comerciales de nuestro país los terneros son separados de sus madres inmediatamente después del parto y trasladados a áreas especialmente destinadas a la crianza artificial (Schild, 2017). Allí la alimentación se realiza mediante la administración de sustitutos lácteos líquidos y/o leche entera del propio tambo, utilizando mamaderas, baldes, tetineras y/o sistemas automáticos (Schild, 2017).

Los terneros pueden criarse en distintos sistemas que se pueden clasificar de acuerdo al alojamiento (galpón o intemperie), a la forma en que se disponen los terneros (individuales vs. colectivos), a la cantidad de leche o sustituto (cría convencional vs. acelerada), entre otras (Rodríguez, Maiztegui y Allassia, 2011). La alimentación de los terneros de tambo en Uruguay se basa en el suministro de leche o sustituto durante las primeras 7 a 9 semanas y concentrado de inicio ofrecido *ad libitum* desde las primeras semanas de vida (Schild et al., 2020).

El desleche, es decir la transición de una alimentación con leche y concentrado a una alimentación exclusiva con alimentos sólidos, es un momento crítico para el ternero, dado que supone un cambio de alimentación y manejo que puede tener repercusiones metabólicas, digestivas, productivas, sanitarias y comportamentales (Khan, Bach, Weary y Keyserlingk, 2016). Luego del desleche suelen observarse menor crecimiento corporal como resultado de pobre desarrollo digestivo, falta de adaptación al manejo y la dieta (Khan et al., 2016).

El crecimiento corporal, así como la capacidad de consumir y digerir los alimentos sólidos depende en mayor medida de la cantidad de leche o el sustituto y del tipo de concentrado, que de la edad cronológica (Khan et al., 2016). Debido a esto, el consumo de concentrado es de gran importancia, dado que a partir de su fermentación en el rumen se desarrolla la microbiota ruminal, aumenta la producción de ácidos grasos volátiles, y se favorece el desarrollo del epitelio ruminal, lo que determina la capacidad de los terneros para obtener nutrientes a partir de alimentos sólidos (Davis y Drackley, 2002). El consumo de concentrado suele ser el criterio de desleche más frecuente en los sistemas de cría individuales y los terneros son deslechados cuando consumen al menos 1 kg de concentrado durante dos a tres días consecutivos (Davis y Drackley, 2002).

Por otro lado, en la cría colectiva, donde el consumo de concentrado no puede ser determinado en forma individual, el desleche se realiza en base a la edad y suele ser a las 7, 8 o 9 semanas de vida (NAHMS, 2007). En estos últimos se han utilizado las concentraciones de Beta-Hidroxibutirato en sangre como indicadores que permitan estimar el consumo de concentrado y el desarrollo ruminal pre y pos-desleche (Deelen et al., 2016; Suarez-Mena, Hu, Dennis, Hill y Schlotterbeck, 2017).

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Sistemas de cría en Uruguay

El proceso de desleche implica grandes cambios a nivel digestivo, metabólico y comportamental (Khan et al., 2016). El cual consiste en la finalización del consumo de leche o sustituto y el inicio de la transición de lactante a rumiante (Davis y Drackley, 2002; Khan et al., 2016). Los tipos de crianza de terneros Holando se clasifican por los sistemas de instalaciones y la forma de alimentación (Rodríguez et al., 2011).

En la crianza “natural” los terneros pasan los primeros días de vida al pie de sus madres, alimentándose directamente. En cambio, en los sistemas de crianza “artificial” los terneros son separados luego de su nacimiento y son llevados a “guacheras”, áreas destinadas a la crianza. Allí la alimentación se realiza mediante la administración de sustitutos lácteos y/o leche del propio tambo usando mamaderas, baldes, tetineras o “amamantadoras” automatizadas controlados por computadora (Rodríguez et al., 2011), adicionalmente los terneros reciben alimentos sólidos (concentrado), agua y heno (Lorenz, Mee, Earley y More, 2011; Rodríguez et al., 2011).

En los sistemas de crianza artificial los terneros se instalan de forma individual (jaulas, estacas, correderas y establos) o grupal (corrales, potreros, jaulas, galpones), ya sea a la intemperie o bajo techo (Rodríguez et al., 2011). En la cría individual los animales no presentan contacto directo, a diferencia de los sistemas grupales lo que ocasiona mayores posibilidades de adquirir infecciones por patógenos digestivos y/o respiratorios (Waltner-Toews et al., 1986; Olsson et al., 1993; Stull y Reynolds 2008 citado por Schild 2017).

Cuando se realiza la cría a la intemperie en inviernos húmedos y fríos tendrán mayor riesgo de sufrir hipotermia y enfermedad respiratoria, mientras que en la crianza bajo techo la incidencia de enfermedades respiratorias posiblemente esté asociado a deficiente ventilación, alta humedad, presencia de gases nocivos y/o transmisión aerógena de microorganismos (Lorenz et al., 2011).

La cría artificial se clasifica según la cantidad de alimento líquido suministrado, en tradicional (convencional) e intensivo (crecimiento acelerado). La forma tradicional consiste en administrar la menor cantidad posible de leche entera o sustituto lácteo, 8-10% de PV en dos tomas diarias, además se administra concentrado iniciador desde los primeros días de vida, hasta alcanzar un consumo de 1 kg/d durante 3 días consecutivos (Lagger, 2010).

En la cría acelerada se suministra 20 % de PV de leche/d, o bien sustituto lácteo con 24 a 26 % de proteína cruda en simultáneo con la administración de concentrado hasta el desleche (Lagger, 2010). Este aumento en el aporte de proteínas mejora nutricionalmente al ternero en las etapas críticas, que se corresponden con las primeras semanas de vida (Stamey, 2006 citado por Lagger, 2010).

Bacha (1999) describe que el desleche se debe realizar en torno a los 60 días de vida, sin considerar el consumo de concentrado de los terneros. Mientras que Davis y Drackley (2002), sugieren que el desleche debería asociarse al consumo voluntario de concentrado, dado que esto refleja el desarrollo digestivo de los terneros y se relaciona con el crecimiento corporal pos-desleche (Stamey, Janovick, Kertz y Drackley, 2012).

Una de las sugerencias más extendidas en relación al desleche según el consumo de concentrado es que los terneros deberían consumir un equivalente a 1,5% de peso vivo (PV) inicial durante tres días consecutivos (Bacha, 1999). Si partimos de animales de 40 kg de PV aproximadamente, podrían ser deslechados cuando se obtiene un consumo de 600 g MS de concentrado por día durante tres días consecutivos (Greenwood, Morrill y Titgemeyer, 1997) o 680-907 g/d durante dos días consecutivos (Quigley, 1997). Según un trabajo realizado por Stamey et al. (2012), cuando los terneros consumieron 1kg de concentrado en la semana previa al desleche, obtuvieron ganancias diarias de PV de aproximadamente 750 g durante el periodo pos-desleche, estas ganancias son adecuadas para terneros de razas lecheras.

Si bien no existe información detallada, los resultados de una encuesta realizada en Uruguay por Schild (2017), donde analizó 225 tambos, el 77% de los mismos ofrecen concentrados comerciales a partir de las primeras semanas de vida. Sin embargo, el desleche suele realizarse en forma gradual (74%) a los 73 días de vida (Schild, 2017), los resultados indicarían que el principal criterio empleado para el desleche de los terneros en Uruguay es la edad.

#### **4.2 Particularidades del aparato digestivo del ternero**

Cuando nacen los terneros, el retículo-rumen tienen una capacidad similar a la del abomaso. Durante los primeros meses de vida el proceso de digestión se comporta en forma similar a un animal monogástrico, debido a que el compartimento retículo-rumen no es funcional y la dieta láctea pasa directamente al abomaso. De manera general el desarrollo del estómago, transita por diferentes fases: pre rumiante, una de transición y una final de rumiante (Fournier, 1998 citado por Garzón Quintero, 2007).

La fase de pre rumiante se extiende desde el nacimiento al momento que inicia el consumo de alimentos sólidos (2 o 3 semanas de vida), en esta etapa el abomaso constituye el principal órgano relacionado con el proceso digestivo, la obtención de nutrientes para el mantenimiento y/o crecimiento se obtiene del consumo de alimentos lácteos o sustitutos líquidos que llegan directamente al abomaso por el cierre de la gotera esofágica (Garzón Quintero, 2007).

Una vez que el ternero inicia el consumo de concentrado constituye la fase de transición, la misma se extiende hasta que se retire el alimento lácteo (desleche). La producción de ácidos grasos volátiles (AGV), acompañado al efecto físico de la dieta,

son los responsables del desarrollo del rumen, que junto al abomaso constituyen los órganos implicados en el proceso digestivo (Garzón Quintero, 2007).

Luego del desleche los animales pasan a la fase de rumiante, que finaliza con la vida del animal, por lo tanto, la única fuente de nutrientes está integrada por los alimentos sólidos que junto con el agua constituyen los elementos imprescindibles para que se produzca el proceso digestivo ruminal. En esta fase el rumen pasa a ser el principal órgano encargado de la digestión, produciendo elevadas cantidades de AGV y proteína microbiana por medio de la degradación de nutrientes, favoreciendo la obtención de energía y proteína necesaria para el mantenimiento y/o crecimiento (Garzón Quintero, 2007).

Estudios anteriores han demostrado que el pH del rumen de los terneros Holando es más bajo que en vacas adultas (Suárez et al., 2007 citado por Laarman y Oba, 2011). Estos valores de pH ruminal provocados por dietas altamente fermentables pueden causar acidosis ruminal, una enfermedad metabólica que afectan las funciones ruminales y sistémicas (Gelsinger, Coblenz, Zanton, Ogden y Akins, 2020).

En terneros jóvenes se han observado altas concentraciones de AGV y reducción del pH ruminal, especialmente al desleche (Laarman y Oba, 2011; Suarez-Mena, Heinrichs, Jones, Hill y Quigley, 2015). Las dietas ofrecidas han variado desde granos completamente peletizados hasta granos molidos (Suarez-Mena et al., 2015). En cada caso, el pH del rumen cayó por debajo de 5,6 durante períodos variables de tiempo durante el proceso del desleche (Laarman y Oba, 2011; Suarez-Mena et al., 2015).

La acidosis ruminal aguda y subaguda rondan en valores de pH entre 5,2 y 5,6 (Cooper, Klopfenstein, Stock, Parrott y Herold, 1997). Las bacterias del rumen se ven alteradas cuando los valores de pH ruminal son inferiores a 5,6 (Russell y Hino, 1985; Nocek, 1997), desarrollando paraqueratosis en la superficie de las papilas ruminales (Steele, Croom, Kahler, AlZahal, Hook, Plaizier y McBride, 2011).

Un estudio realizado por Khan et al. (2007) en terneros Holando evaluaron el pH del rumen, 1 y 5 h después de la alimentación, como tal los datos de pH no tuvieron en cuenta la variación en el día y por ende no se pudo determinar la gravedad de la acidosis ruminal. Sin embargo, observaron que el pH ruminal aumenta progresivamente con la edad, entre los 35 y 70 días de vida (Khan et al., 2007). No obstante, los mecanismos de regulación de pH en terneros no han sido estudiados específicamente y una de las interrogantes es si el bajo pH ruminal en los terneros genera disfunción en el rumen, en la misma medida que en animales adultos (Kim et al., 2016).

El butirato es un AGV producto de la fermentación del concentrado iniciador, esencial para el desarrollo del epitelio ruminal, permitiendo el crecimiento de las papilas y el desarrollo del sistema digestivo. La transición de pre-rumiante a rumiante se produce

cuando ocurre un cambio en la ruta metabólica, pasando de glucolítica a gluconeogénica (Baldwin, McLeod, Klotz y Heitmann, 2004).

El desarrollo del rumen y el consumo de iniciador están completamente relacionados (Baldwin et al., 2004; Suarez-Mena et al., 2017), lo que permitiría utilizar la capacidad de consumo de concentrado como un indicador adecuado para determinar el momento óptimo para el desleche. Sin embargo, puede ser difícil de medir en sistemas de cría colectivos, a la intemperie y cuando la mano de obra es limitada (Deelen et al., 2016). Por esta razón Deelen et al. (2016) plantearon realizar el desleche en base al BHB sanguíneo, ya que se correlaciona con ingesta de concentrado iniciador. Sin embargo, una de las limitantes para utilizar las concentraciones de BHB sanguíneo y glucosa como indicador del desleche, es que las concentraciones de los mismos aumentan una hora después del consumo de leche o sustituto (Suarez y Mena, 2017).

### **4.3 Alimentación del ternero pre rumiante**

La alimentación del neonato inicia con la ingesta de calostro, donde se debe aportar el equivalente al 10 % del PV, aproximadamente 4 litros entre las 3 y 6 h de nacido y antes de las 12 h. (Mendoza, Caffarena, Fariña, Morales, Giannitti, 2017).

Durante la cría, la recomendación a nivel mundial es proporcionar dieta líquida, a razón de un 10% del PV del ternero, con el objetivo de realizar el desleche temprano, reducir los costos de alimentación y fomentar el consumo de concentrado (Coelho, 2016). Sin embargo, el suministro restringido de leche durante la fase de lactancia proporciona una baja ganancia diaria de peso, aumentando el riesgo de enfermedades y comportamientos indicativos de hambre, reduciendo el bienestar de los animales (Coelho, 2016).

En cuanto a la calidad de la leche administrada, las ventajas del uso de leche “sana” (leche de tanque) o leche de descarte pasteurizada proporcionan una mayor calidad nutricional, menor morbilidad y mortalidad en relación a los sustitutos lácteos, (Godden, 2008). La leche ofrece una mayor cantidad de energía, mejor balance de los nutrientes, variedad de hormonas y factores de crecimiento (Vasseur, Borderas, Cue, Lefebvre, Pellerin, Rushen y de Passillé, 2010; Lorenz et al., 2011).

Varios estudios demuestran la correlación que existe entre una adecuada alimentación en la crianza con el desempeño productivo futuro, tales como: la producción de leche de las vacas, la menor edad al primer parto, disminución en el índice de mortalidad, mayor desarrollo de la glándula mamaria, mejor desarrollo corporal y mayor producción en la primera lactación (Khan et al., 2007; Gelsinger, Heinrichs y Jones, 2016). Esto se obtiene con cantidades superiores al 10% del PV/día de leche o sustituto lácteo (Khan et al., 2007), mientras que Rodríguez et al. 2011 recomienda administrar al menos 15% de PV/día.

Los factores esenciales para estimular el desarrollo del retículo rumen son los AGV propiónico y butírico, estos son obtenidos a partir de la degradación de concentrados, por lo que el consumo precoz de alimento sólido de fácil fermentación, permitirá que el ternero pase de digestión y metabolismo pre rumiante a la de rumiante adulto (Davis y Drackley, 2002, Stamey *et al.*, 2012).

La administración de fibras, granos y agua desde temprana edad favorecen el desarrollo físico y funcional del rumen (Vasseur *et al.*, 2010; Lorenz *et al.*, 2011). Sin embargo, el heno de gran tamaño, dificulta la aprehensión y digestión en terneros de menos de 8 semanas (Davis y Drackley, 2002). Brownlee 1956 citado por Davis y Drackley, 2002 describió que, a mayor cantidad de fibra en la dieta, el crecimiento de las papilas será menor, por lo tanto, lo que establece el grado de desarrollo, más probablemente, es el valor energético del alimento o la velocidad con la que se desdobra en fracciones absorbibles (Davis y Drackley, 2002).

En terneros de desleche temprano (anterior a las 4 semanas de edad), los niveles de proteína bruta en el concentrado, deben ser superiores al 18 %. En cambio, en los terneros deslechados entre las 4 y 6 semanas de vida se recomienda administrar concentrado de 16 a 18 % de PB en conjunto con leche o sustituto lácteo (Davis y Drackley, 2002). Además de la composición del alimento, parecería ser importante la presentación del mismo, en este sentido las dietas compuestas por alimentos sólidos peletizados o texturizados permiten mejorar el rendimiento en terneros recién nacidos, comparado con aquellos que reciben una dieta con alimento molido. Un estudio llevado a cabo por Nejad *et al.* (2012) demostró que el tamaño de partícula de los alimentos ofrecidos puede influir en la ingesta y en el crecimiento de los terneros.

El consumo de materia seca está delimitado por el consumo de agua, por esta razón se debe administrar 8 a 10 % de PV o en una proporción de 4 a 1 con respecto al consumo de materia seca, independientemente de la administración de leche o sustituto lácteo (Kertz, Reutzel y Mahoney, 1984). La restricción al agua disminuye el consumo de concentrado iniciador en un 31%, lo que se ve reflejado en la reducción en un 38 % en la ganancia de peso (Kertz *et al.*, 1984).

#### **4.4 Comportamiento de los terneros durante el desleche**

La cría de terneros sigue siendo uno de los cuellos de botella en los sistemas de producción de leche, especialmente debido a las tasas de mortalidad y los altos costos de la cría asociados a mano de obra, instalaciones y alimentación que se reportan en varios países en los que se realiza lechería en forma comercial (Coelho, 2016). En Uruguay las muertes de los terneros en torno al parto y durante la crianza rondan el 15% (Schild *et al.*, 2020).

En general, cualquier tipo de instalación para terneros debe ser adecuada desde el punto de vista del bienestar, debe cumplir con las premisas básicas, un lugar limpio y

seco; acceso a la comida, agua y sombra, control de temperaturas extremas e interacción con otros animales (Coelho, 2016).

Las formas de desleche pueden ser, de forma abrupta, de esta manera los terneros dejan de recibir leche o sustituto de un día para otro, mientras que en el desleche progresivo se retira la leche paulatinamente dependiendo del criterio utilizado por cada establecimiento. En trabajos previos sobre comportamiento en terneros Holando, se llegó a la conclusión que a diferencia del desleche gradual, los sistemas que realizan el desleche en forma abrupta, los terneros concurren con más frecuencia a las amamantadoras, vocalizan y se mantienen más tiempo parados, estos signos son indicativos de hambre (Budzynska y Weary, 2007; Jasper, Budzynska y Weary, 2008).

## **5. HIPÓTESIS**

La hipótesis de este trabajo es que los terneros deslechados en base a la capacidad de consumir concentrado iniciador serán deslechados a menor edad y presentarán igual desarrollo digestivo y desempeño productivo durante las primeras nueve semanas de vida que los terneros deslechados en base a la edad.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivo general**

Comparar tres estrategias de desleche de terneros Holando y evaluar sus efectos sobre el consumo de nutrientes, el crecimiento corporal, el desarrollo ruminal, la actividad fermentativa en rumen y el comportamiento ingestivo.

### **6.2 Objetivos específicos**

- Evaluar la edad a la que se suprimió el acceso a la leche en los terneros que se deslechan en base al consumo de concentrado.
- Determinar el consumo de nutrientes y la ganancia de peso de los terneros durante las primeras 9 semanas de vida.
- Evaluar el pH del contenido ruminal, como indicador de actividad fermentativa, al momento del desleche.
- Determinar las concentraciones de BHB tanto en suero sanguíneo como en sangre fresca y relacionarlas con el consumo de concentrado y el desarrollo digestivo de los terneros.
- Evaluar el comportamiento ingestivo de los terneros al desleche.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 Diseño del experimento

El experimento se desarrolló en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la UdelaR, Paysandú. Entre el 11 de marzo y el 25 de mayo del 2019. Todos los procedimientos experimentales fueron aprobados por la Comisión de Experimentación y Uso Animal de la Facultad de Agronomía (Exp. N° 020300-002974-19).

Se utilizaron 36 terneros Holando machos ( $n = 15$ ) y hembras ( $n = 21$ ), de  $3 \pm 3,0$  días de vida,  $38 \pm 3,5$  kg de PV inicial y  $7,1 \pm 0,93$  mg de proteínas séricas/dl. Para cada ternero se estimó la transferencia de inmunidad pasiva a través de la concentración de proteínas séricas totales y sólo se incluyeron aquellos terneros que tuvieron más de 5,2 mg de proteínas séricas totales/dl entre las 24-72 horas de vida (Calloway, Tyler, Tessman, Hostetler y Holle, 2002). Los mismos fueron bloqueados por fecha de nacimiento, sexo y PV. Posteriormente, los terneros de cada bloque se asignaron al azar a uno de los tres tratamientos propuestos ( $n = 12$ ).

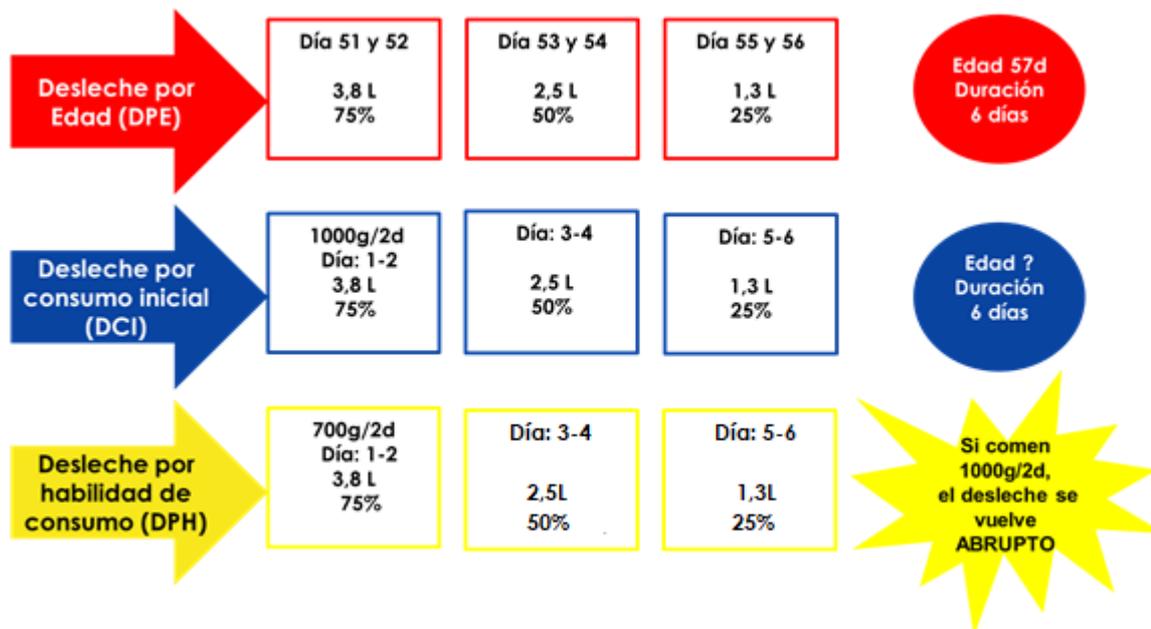
Los terneros fueron criados bajo techo, en estacas individuales durante todo el periodo experimental (63 días). En este periodo, comprendido entre el 11 de marzo y el 25 de mayo, la temperatura ambiente promedio fue de  $17^{\circ}\text{C}$  (Estación meteorológica EEMAC). Se alimentaron con 5 litros/d de leche entera pasteurizada, suministrada en dos tomas diarias (8:00 y 18:00 h.) en baldes individuales y se ofreció *ad libitum* concentrado iniciador, durante todo el periodo.

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

1) Desleche por edad (DPE): a los 51 días de vida se redujo la oferta inicial de leche en 25% cada dos días y el desleche se completó a los 6 días independientemente del consumo de concentrado.

2) Desleche por consumo inicial (DCI): cuando consumieron 1000 g de concentrado durante 2 días consecutivos se redujo la oferta inicial de leche en 25% cada dos días y el desleche se completó a los 6 días de iniciado el desleche.

3) Desleche por habilidad de consumo (DPH): cuando consumieron 700 g durante 2 días consecutivos se redujo 25% la oferta de leche cada 2 días y el desleche finalizó a los 6 días de iniciado el mismo. En el caso que los terneros lograron consumir 1000 g de concentrado durante 2 días consecutivos el desleche fue de forma abrupta.



**Figura 1.** Tratamientos aplicados durante el periodo experimental

## 7.2 Mediciones y determinaciones

En el periodo experimental (1- 9 semanas de vida) se registró cada día el consumo individual de leche y concentrado durante el periodo pre desleche, en el desleche y la semana posterior al mismo. Dichas cantidades fueron pesadas usando balanza digital (Ohaus V11P15, USA).

El peso de los terneros se registró mediante una balanza mecánica (Toledo, Greifensee, Suiza) las ganancias diarias de PV se calcularon para cada semana dividiendo la diferencia de dos mediciones consecutivas entre el intervalo de días entre dichas mediciones. La eficiencia de alimentación fue calculada como los kg de PV logrados por cada kg de alimento consumido en base seca.

Cuando los terneros consumieron 700 g, 1000 g, y el día del desleche, se tomó muestras de sangre tres horas después del suministro de leche de la mañana (07:00 h), mediante punción yugular empleando tubos vacutainer sin aditivos. Los vacutainer fueron mantenidos en posición vertical en una conservadora con hielo por una hora y luego centrifugado a 3000 rpm durante 10 minutos. El suero obtenido fue guardado en microtubos (Eppendorf) de 2 ml y congelados a -18°C hasta que se determinó las concentraciones de BHB, empleando un kit enzimático comercial (RANDOX Lab. Ltd., Ardmore, UK) y la posterior lectura en espectrofotómetro. Se utilizaron controles bajos y altos los cuales fueron colocados al inicio y al final de las corridas de las muestras, aceptándose coeficientes de variación menores a 10%. Los coeficientes de variación obtenidos para los controles bajos y altos fueron de 3,1% y 9,4%, respectivamente.

Por otra parte, una submuestra de sangre fue utilizada para determinar las concentraciones de cuerpos cetónicos (principalmente BHB) en sangre fresca

inmediatamente luego de la colecta. Las mismas fueron determinadas mediante tiras reactivas Abbott y un lector FreeStyle Precision Neo Abbott (Abbott Diabetes Care Ltd., Witney, Oxford, UK).

En la semana siguiente al desleche se colectó una muestra de 50 ml de líquido ruminal, mediante sonda oro-esofágica, cuatro horas después de la oferta de alimento de la mañana (07:00 hs). A partir de esta muestra se determinó el pH mediante un pHmetro. Este procedimiento se realizó una sola vez a cada ternero en la semana posterior al desleche.

El comportamiento de cada ternero fue observado individualmente cada 5 minutos durante 6 horas consecutivas mediante observación directa en dos días distintos durante la semana posterior al desleche. En cada observación se registró alguno de los siguientes comportamientos: echado, parado, rumiando (parado o echado), comiendo concentrado, comportamientos orales no relacionados con la alimentación (lamido de su cuerpo, lamido de cualquier superficie, torneo de lengua, etc.). Posteriormente se calculó la frecuencia relativa de cada comportamiento. Diariamente se registraron todos los procesos patológicos y los tratamientos realizados en los períodos pre y pos-desleche, basándonos mediante una cartilla score de salud de terneros neonatos (Cicconi-Hogan et al., 2013).

### 7.3 Composición de los alimentos

La composición química de los alimentos se reporta en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Composición química de los alimentos (media ± desvío estándar).

Ítem	Leche <sup>1</sup>	Concentrado <sup>2</sup>
MS <sup>3</sup> , %	12,3 ± 0,93	90,2
PB, % MS	27,1 ± 1,70	18,0
EE <sup>7</sup> , % MS	28,7 ± 6,57	2,5
Lactosa, %MS	37,4 ± 1,37	-
FND, % MS	-	15,5
Cenizas, % MS	7,6	6,9
CNF <sup>4</sup> , % MS	-	51,5
EM <sup>5,6</sup> , Mcal/kg MS	5,3	3,2

<sup>1</sup> La composición de la leche es el promedio de 12 muestras tomadas durante el experimento.

<sup>2</sup> La composición del concentrado hace referencia a una única muestra compuesta (pool).

<sup>3</sup> El % de MS de la leche se calculó como: PB + grasa + lactosa + cenizas. El contenido de cenizas no fue determinado y se tomó el valor de referencia reportado por Alais (2003).

<sup>4</sup> Carbohidratos no fibrosos (CNF como % MS) = 100 - (FND % + PB % + EE % + cenizas %).

<sup>5</sup> EM del sustituto (Mcal/kg MS) = [(9,11 × EE %) + (5,86 × PB %) + (3,95 × Lactosa %)] × 0,93 /100.

<sup>6</sup> EM del concentrado (Mcal/kg MS) = (1,01 × ED - 0,45) + [0,0046 × (EE% - 3)]. La energía digestible (ED), expresada como Mcal/kg MS, se calculó en base a las ecuaciones propuestas por el NRC (2001), considerando el contenido de energía y la digestibilidad (*dig*) de las diferentes fracciones del alimento = (*dig*. CNF × 4,2) + (*dig*. FND × 4,2) + (*dig*. PB × 5,6) + (*dig*. EE × 9,4).

Las muestras de concentrado se analizaron para determinar: materia seca (MS), cenizas totales, proteína cruda (PC; N x 6,25) y extracto etéreo (EE; Association of Official Analytical Chemists, AOAC, 1990). Además, se determinó fibra detergente neutro (FND) utilizando  $\alpha$ -amilasa termoestable, empleando sulfito de sodio (FND; Van Soest, Robertson y Lewis, 1991).

La leche fue analizada en el Laboratorio de Calidad de Leche de INIA la Estanzuela para determinar la concentración de grasa, proteína y lactosa (ISO 9622, IDF 141:2013), la composición de la misma es el promedio de 12 muestras tomadas durante el experimento. En cambio, la composición del concentrado hace referencia a una única muestra compuesta (pool).

#### 7.4. Análisis estadístico

El consumo de alimentos (leche y concentrado), el consumo total de nutrientes (MS, EM, CNF y PB), el PV, la ganancia diaria de PV y la eficiencia de conversión fueron analizadas como medidas repetidas en el tiempo utilizando el PROC MIXED de SAS (University Edition, SAS Inst. Inc., Cary NC, USA). El modelo incluyó los efectos fijos del tratamiento, la semana de vida (1 a 9) y la interacción del tratamiento por semana. El bloque fue incluido como efecto aleatorio y se empleó una estructura de covarianza de tipo AR (1), según el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + (T_i \times S_j) + B_k + e_{ijk}$$

Donde:

Y = variable analizada.

$\mu$  = media general.

$T_i$  = efecto fijo del tratamiento.

$S_j$  = efecto fijo de la semana de vida.

$T_i \times S_j$  = efecto fijo de la interacción entre el tratamiento y la semana.

$B_k$  = efecto aleatorio del bloque.

$e_{ijk}$  = error residual.

La edad al desleche, el pH ruminal y las concentraciones de BHB se analizaron mediante el PROC MIXED de SAS e incluyó el efecto fijo del tratamiento, mientras que el bloque fue considerado como efecto aleatorio. Se empleó una estructura de covarianza de tipo AR (1), en el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

Donde:

Y = variable analizada.

$\mu$  = media general.

$T_i$  = efecto fijo del tratamiento.

$B_j$  = efecto aleatorio del bloque.

$e_{ij}$  = error residual.

La frecuencia de cada comportamiento fue calculada como el promedio de dos días de medición para cada ternero en cada hora. Las frecuencias fueron analizadas como medidas repetidas en el tiempo mediante el PROC MIXED de SAS (University Edition, SAS Inst. Inc., Cary NC, USA). El modelo incluyó los efectos fijos del tratamiento, el efecto de la hora de medición y la interacción del tratamiento por hora. El bloque fue incluido como efecto aleatorio y se empleó una estructura de covarianza de tipo AR (1), según el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + (T_i \times H_j) + B_k + e_{ijk}$$

Donde:

Y = variable analizada.

$\mu$  = media general.

$T_i$  = efecto fijo del tratamiento.

$H_j$  = efecto fijo de la hora de vida.

$T_i \times H_j$  = efecto fijo de la interacción entre el tratamiento y la hora.

$B_k$  = efecto aleatorio del bloque.

$e_{ijk}$  = error residual.

En todos los casos el ternero se consideró la unidad experimental y fueron declaradas diferencias significativas cuando  $P < 0,05$  y tendencias cuando  $0,05 < P \leq 0,10$ . Las medias fueron comparadas con el test de Tukey cuando se detectó efecto ( $P < 0,05$ ) del tratamiento. Salvo que se especifique otra cosa, se reporta la media de los mínimos cuadrados de cada variable para cada tratamiento  $\pm$  el error estándar de la media (EEM).

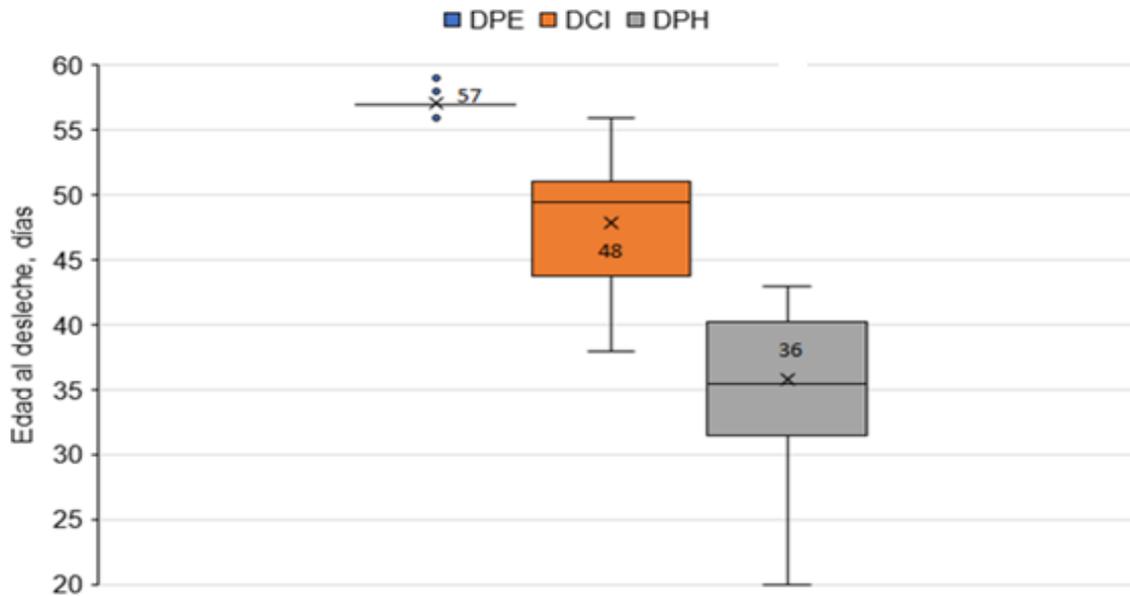
Se realizó una matriz de correlaciones lineales simples en las que se consideraron las concentraciones de BHB en suero sanguíneo, las concentraciones de BHB en sangre fresca, la edad de los terneros, así como el consumo de concentrado durante el día de medición, el promedio de los 3 días previos, el promedio de la semana de medición de BHB y el consumo acumulado de carbohidratos no fibrosos (CNFa). En este análisis se consideraron los terneros independientemente del tratamiento. Los análisis fueron realizados con el PROC CORR y PROC REG de SAS. Se consideraron correlaciones y regresiones significativas cuando  $P < 0,05$ .

## 8. RESULTADOS

### 8.1 Edad al desleche, consumo de nutrientes y crecimiento corporal

En el tratamiento DCI el desleche se produjo en promedio a los 48 días de vida y el 75% de los terneros se deslecharon antes de los 51 días de vida (Figura 1). En el tratamiento DPH la edad promedio al desleche fue a los 36 días de vida y el 75% de los terneros se deslecharon antes de los 40 días de vida (Figura 1).

No fueron detectadas diferencias significativas en el escore respiratorio ( $0 \pm 0,0$ ) y fecal ( $0,12 \pm 0,005$ ) entre tratamientos, ni interacción tratamiento por semana para estas variables. Sin embargo, se detectó efecto de la semana sobre el escore fecal, siendo este mayor durante la semana cuatro ( $0,6 \pm 0,07$ ;  $P < 0,01$ ) en comparación con las demás semanas del estudio, independientemente del tratamiento.



**Figura 2.** Edades al desleche en cada tratamiento.

DPE= desleche por edad; DCI= desleche por consumo inicial de concentrado (1 kg/d para iniciar el desleche); DPH= desleche por habilidad para aumentar el consumo de concentrado durante el desleche (700 g durante dos días para iniciar el desleche y 1000 g durante dos días para finalizarlo).

Los terneros del tratamiento DPE consumieron ~15% y ~36% más leche, energía metabolizable (EM) y proteína bruta (PB) que los terneros del tratamiento DCI y DPH respectivamente, observándose diferencias significativas entre los tres tratamientos ( $P < 0,05$ ; Cuadro 2). Al cabo de las nueve semanas experimentales, los terneros del tratamiento DPH consumieron más concentrado (295 g MS/d;  $P < 0,05$ ), PB (54 g/d;  $P < 0,05$ ) y carbohidratos no fibrosos (CNF; 171 g/d;  $P < 0,05$ ) con respecto a DPE y DCI que no se diferenciaron entre sí. En el tratamiento DPH consumieron 0,7 Mcal más de EM proveniente del concentrado que los terneros de los otros dos tratamientos ( $P < 0,05$ ; Cuadro 2).

No se detectaron diferencias significativas en el consumo total de MS, EM y PB entre los tratamientos (Cuadro 2). No obstante, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en la relación PB/EM de la dieta ( $P < 0,01$ ). Los terneros del tratamiento DPH consumieron 1,5 y 2,4 g más de PB/Mcal EM que los tratamientos DCI y DPE respectivamente.

**Cuadro 2.** Consumo de alimento, crecimiento corporal y eficiencia de alimentación durante la cría de terneros Holando bajo tres estrategias de desleche

Ítem	Tratamientos <sup>1</sup>				P- valor <sup>2</sup>		
	DPE	DCI	DPH	EEM	T	S	T x S
<b>Consumo de leche</b>							
Consumo de MS, g/d	513 <sup>a</sup>	437 <sup>b</sup>	332 <sup>c</sup>	17	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Consumo de EM, Mcal/d	3.41 <sup>a</sup>	2.91 <sup>b</sup>	2.21 <sup>c</sup>	0.114	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Consumo de PB, g/d	143 <sup>a</sup>	122 <sup>b</sup>	92 <sup>c</sup>	4.93	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>Consumo total de concentrado</b>							
Consumo de MS, g/d	776 <sup>b</sup>	883 <sup>ab</sup>	1071 <sup>a</sup>	65.5	0,01	< 0,01	< 0,01
Consumo de EM, Mcal/d	2,7 <sup>b</sup>	2,9 <sup>b</sup>	3,5 <sup>a</sup>	0,19	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Consumo de PB, g/d	139 <sup>b</sup>	159 <sup>ab</sup>	193 <sup>a</sup>	11,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Consumo de CNF, g/d	442 <sup>b</sup>	506 <sup>ab</sup>	613 <sup>a</sup>	36,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>Consumo total de nutrientes</b>							
Consumo de MS, g/d	1252	1301	1384	59,2	0,294	< 0,01	0,047
Consumo de EM, Mcal/d	5,9	5,7	5,6	0,14	0,476	< 0,01	< 0,01
Consumo de PB, g/d	282	281	285	83,0	0,936	< 0,01	0,026
Relación PB/EM, g/Mcal	46,8 <sup>c</sup>	47,7 <sup>b</sup>	49,2 <sup>a</sup>	0,29	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>Crecimiento corporal</b>							
Peso vivo al desleche, kg	81.6 <sup>a</sup>	69.7 <sup>b</sup>	58.9 <sup>c</sup>	2.56	< 0,01	-	-
Ganancia de peso pre-desleche, g/d	821	776	781	38,7	0,583	< 0,01	0,897
Ganancia de peso en todo el periodo, g/d	822	776	781	41.3	0,620	< 0,01	0,859
Ef. Alimentación g PV/kg MS	706	642	681	36,5	0,459	< 0,01	0,826
Ef. Alimentación g PV/Mcal EM	138	133	150	8,10	0,320	< 0,01	0,893
Ef. Alimentación g PV/g PB	3,0	2,8	3,1	1,85	0,482	< 0,01	0,902

a, b, c Indican efecto del tratamiento ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> DPE = desleche por edad; DCI = desleche por consumo inicial de concentrado (1 kg/d para iniciar el desleche); DPH= desleche por habilidad para aumentar el consumo de concentrado durante el desleche (700 g durante dos días para iniciar el desleche y 1000 g durante dos días para finalizarlo).

<sup>2</sup> T = efecto del tratamiento; S= efecto de la semana; T x S = interacción tratamiento por semana.

En DPE los terneros fueron 12 y 23 kg más pesados al desleche que en DCI y DPH respectivamente ( $P < 0,05$ ), mientras que la diferencia entre DCI y DPH fue de 11 kg ( $P < 0,05$ ; Cuadro 2). Las ganancias diarias de PV (pre-desleche y en todo el periodo) y la eficiencia de alimentación (expresada en kg PV por cada g MS, Mcal de EM o g de PB consumidos) fueron similares entre tratamientos durante todo el periodo experimental, no detectándose interacción tratamiento por semana en estas variables (Cuadro 2).

## 8.2 Desarrollo digestivo

A continuación, se presentan las concentraciones séricas de BHB y el pH ruminal de los terneros de los diferentes tratamientos. No se detectó efecto del tratamiento en ninguna de las variables analizadas (Cuadro 3). Sin embargo, los terneros del

tratamiento DPE tendieron ( $P = 0,08$ ) a un pH ruminal más ácido en comparación con los del tratamiento DPH (Cuadro 3).

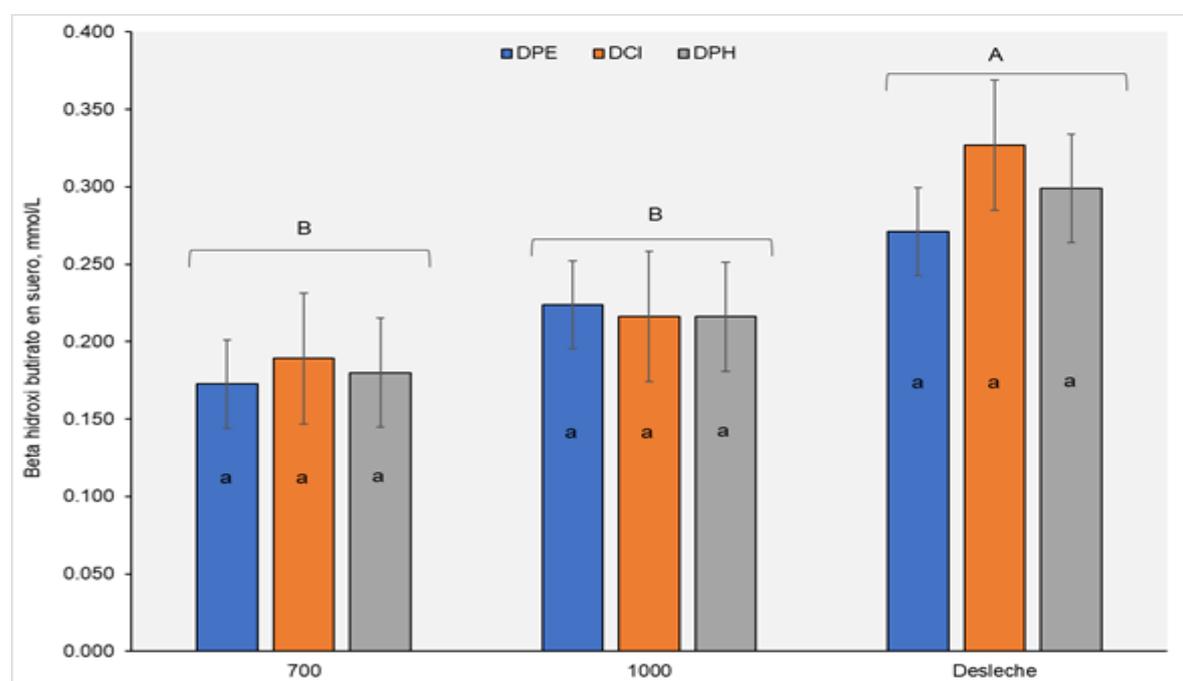
**Cuadro 3.** Concentraciones de Beta-Hidroxibutirato (BHB) y pH ruminal de terneros Holando bajo tres estrategias de desleche

Ítem	Tratamientos <sup>1</sup>				P- valor <sup>2</sup>		
	DPE	DCI	DPH	EEM	T	S	T x S
pH ruminal al desleche	4,88 <sup>y</sup>	5,10 <sup>xy</sup>	5.36 <sup>x</sup>	0,015	0,080	-	-
BHB al desleche, mmol/L	0,298	0,340	0.32	0,062	0,828	-	-
BHB promedio, mmol/L	0,230	0,240	0,23	0,032	0,939	< 0,01	0,730

<sup>x, y, z</sup> Indican tendencia del tratamiento ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> DPE = desleche por edad; DCI = desleche por consumo inicial de concentrado (1 kg/d para iniciar el desleche); DPH= desleche por habilidad para aumentar el consumo de concentrado durante el desleche (700 g durante dos días para iniciar el desleche y 1000 g durante dos días para finalizarlo).

<sup>2</sup> T = efecto del tratamiento; S= efecto de la semana; T x S = interacción tratamiento por semana.

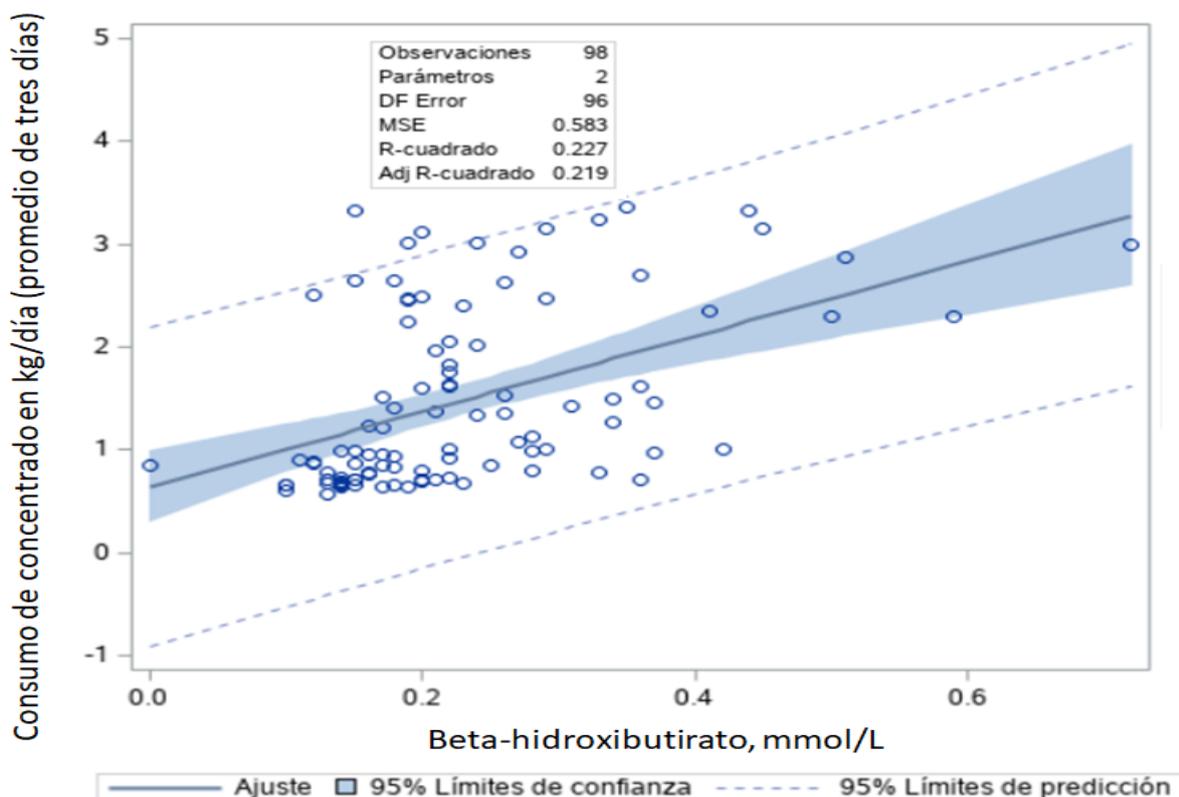


**Figura 3.** Concentraciones de Beta-Hidroxibutirato en suero sanguíneo de los terneros de los tres tratamientos<sup>1</sup> en diferentes momentos. <sup>a, b</sup> indican diferencias entre los tratamientos en cada momento ( $P < 0,05$ ). <sup>A, B</sup> Indican diferencias entre los momentos de medición ( $P < 0,05$ ). <sup>1</sup>Tratamientos: DPE = desleche por edad; DCI = desleche por consumo inicial de concentrado; DPH= desleche por habilidad para aumentar el consumo de concentrado durante el desleche. Las muestras fueron tomadas cuando los terneros consumieron 700 g MS de concentrado por día, 1000 g MS de concentrado por día y al momento del desleche.

Por otra parte, se detectó efecto del momento de medición sobre las concentraciones séricas de BHB ( $P < 0,01$ ). Las mismas fueron mayores al momento del desleche, pero similares cuando los terneros consumieron 700 o 1000 g MS del concentrado por día durante los días previos a la medición (Figura 2).

Por otra parte, los resultados permiten observar que existe una correlación positiva entre las concentraciones de BHB en suero con la edad de los terneros ( $r = 0,48$ ;  $P < 0,01$ ), el consumo de MS de concentrado durante el día del muestreo ( $r = 0,45$ ;  $P < 0,01$ ), el consumo de MS de concentrado en los tres días previos ( $r = 0,51$ ;  $P < 0,01$ ), el consumo de MS de concentrado promedio en la semana de muestreo ( $r = 0,43$ ;  $P < 0,01$ ) y el consumo acumulado de CNF hasta el muestreo ( $r = 0,41$ ;  $P < 0,01$ ). La correlación más fuerte se encontró cuando las concentraciones de BHB en suero se correlacionaron con el consumo promedio de concentrado durante los tres días previos a la toma de muestra de sangre ( $r = 0,51$ ;  $P < 0,01$ ). No obstante, el  $R^2$  obtenido muestra una baja precisión de las concentraciones de BHB en suero para predecir el consumo de concentrado de los terneros ( $R^2 = 0,22$ ;  $P < 0,01$ ).

La correlación de las concentraciones de BHB determinadas en suero con las concentraciones de cuerpos cetónicos (principalmente BHB) determinadas en sangre fresca mediante tiras reactivas fue estadísticamente significativa ( $P < 0,01$ ), pero relativamente baja ( $r = 0,42$ ). Cuando se correlacionó las concentraciones de cuerpos cetónicos en sangre fresca con el consumo de concentrados en diferentes momentos, las mismas fueron estadísticamente significativas ( $P < 0,01$ ), pero en todos los casos muy débiles ( $r < 0,23$ ).



**Figura 4.** Regresión entre las concentraciones de BHB en suero (x) y el consumo de MS de concentrado (y) promedio en los tres días previos a la medición.

### 8.3 Comportamiento

La frecuencia de los comportamientos de rumia, comportamientos orales no nutricionales (CONN), parado y acostado, fueron similares entre tratamientos. En el tratamiento DCI la frecuencia del comportamiento come fue mayor que en DPE ( $P = 0,03$ ), sin embargo, DPH no se diferenció de ninguno de los tratamientos anteriores. Los terneros del tratamiento DPH fueron observados con mayor frecuencia que los del tratamiento DPE bebiendo agua ( $P < 0,05$ ; Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Frecuencias de observaciones de cada comportamiento<sup>1</sup> realizado por los terneros en la semana posterior al desleche (expresado en %).

Comportamiento <sup>1</sup>	Tratamientos <sup>2</sup>				P- valor <sup>3</sup>		
	DPE	DCI	DPH	EEM	T	D	T × D
Come, %	1 <sup>b</sup>	14 <sup>a</sup>	11 <sup>ab</sup>	1,10	0,028	< 0,01	0,061
Rumia, %	4,9	4,9	6,5	1,00	0,324	< 0,01	0,039
Bebe agua, %	0,9 <sup>b</sup>	1,3 <sup>ab</sup>	2,4 <sup>a</sup>	0,50	0,023	0,082	0,664
CONN <sup>4</sup> , %	10,9	10,1	11,4	1,40	0,820	0,07	0,736
Parado, %	18,2	18,4	21,1	1,70	0,417	< 0,01	0,356
Acostado, %	55,4	52,4	49	2,80	0,126	< 0,01	0,466

a, b, c Indican diferencias significativas entre las medidas de cada tratamiento ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> el comportamiento de cada ternero fue observado individualmente cada 5 minutos durante 6 horas consecutivas en dos días distintos durante la semana posterior al desleche.

<sup>2</sup> DPE = desleche por edad; DCI = desleche por consumo inicial de concentrado (1 kg/d para iniciar el desleche); DPH= desleche por habilidad para aumentar el consumo de concentrado durante el desleche (700 g durante dos días para iniciar el desleche y 1000 g durante dos días para finalizarlo).

<sup>3</sup> T = efecto del tratamiento; D= efecto del día; T × D = interacción tratamiento por día.

<sup>4</sup> CONN= Comportamiento orales no nutricionales que incluyen: lamido de las superficies de objetos cercanos, lamido de su cuerpo, torneo de lengua (*rolling tongue*), ingestión de objetos del suelo.

## 9. DISCUSIÓN

Los rangos de edad al desleche que se obtuvieron fueron similares a lo descrito en un trabajo previo, donde reportaron que el consumo de concentrado permite reducir la edad a la que los terneros son deslechados (Benetton, Neave, Costa, von Keyserlingk y Weary 2019). Se ha reportado que a mayor consumo de leche disminuye el consumo de concentrado durante el periodo de cría (Gelsinger et al., 2016). En este trabajo, los terneros que fueron deslechados por edad accedieron a leche durante más tiempo y esto podría explicar el menor consumo de concentrado que tuvieron dichos terneros con respecto a los del tratamiento DPH.

Un bajo consumo de concentrado en la etapa pre-desleche, se asocia con un pobre desarrollo ruminal y bajas tasas de crecimiento corporal luego del desleche (Baldwin et al., 2004; Khan et al., 2016). Si bien era esperable que los terneros del tratamiento DPE, que consumieron menos concentrado antes del desleche, tuvieran menor desarrollo digestivo al momento del desleche, no fue lo ocurrido en este trabajo debido a que no se encontraron diferencias en ninguno de los tres tratamientos.

Las ganancias diarias de peso y la eficiencia de alimentación fueron similares entre tratamientos y concuerda con el consumo similar de EM y PB total. En este estudio, las dietas de los tratamientos contenían relaciones de EM/PB de 46,8 a 49,2 g PB/Mcal EM, siendo algo inferiores a los niveles óptimos (57,1 g PB/Mcal de EM) sugeridos para maximizar las ganancias diarias de peso en terneros en torno al desleche (Hill, Bateman, Aldrich y Schlotterbeck, 2008). No obstante, las ganancias de PV fueron muy buenas e incluso superiores a las reportadas en trabajos nacionales en los cuales los terneros recibieron una cantidad similar de leche o sustituto lácteo (de Trinidad, 2014; Dearnas, Facet, Macchi, 2016).

Si bien se registraron grandes diferencias en el PV de los terneros al desleche, es necesario precisar que tenían edades muy distintas en dicho momento. Cuando se analizó todo el periodo experimental, tanto las ganancias diarias, como el PV final, fueron similares entre tratamientos. Al parecer, la estrategia de desleche no genera efectos detectables sobre el crecimiento corporal de los terneros a las nueve semanas de vida.

Los valores de pH ruminal encontrados fueron llamativamente bajos en todos los tratamientos y se encuentran en rangos de pH considerados de acidosis ruminal aguda en rumiantes adultos ( $\text{pH} < 5,5$ ; Kim et al., 2016). Los valores encontrados son incluso menores a los reportados en un trabajo en el que se comparó la capacidad de dos tipos de concentrados para inducir acidosis ruminal en terneros de 6 - 16 semanas de vida (Gelsinger, Coblenz, Zanton, Ogden y Akins, 2019; 2020). Tales diferencias podrían ser explicadas tanto por la edad de los terneros, cómo por el momento de medición del pH ruminal. En esta tesis la medición de pH se realizó una sola vez al día (4 horas post ingesta), en cambio en el trabajo realizado por Gelsinger et al. (2020) evaluaron el pH en varios momentos del día -8, -4, 0, 2, 4, 8, 12 y 24 hs. (en relación a la ingesta de concentrado), durante las semanas 6, 8, 10, 12, 14 y 16 de edad.

Además, el momento de medición del pH pudo coincidir con el momento en el que se suelen encontrar los valores diarios más bajos, que según algunos reportes es entre 2-6 hs. luego de la ingesta principal de alimentos (Kim et al., 2016; Suarez-Mena et al., 2015; Vazquez-Anon, Heinrichs, Aldrich y Varga, 1993).

Además, los resultados de pH ruminal pueden deberse al tipo de alimentación proporcionada (Kim et al., 2016). En este caso la dieta estaba compuesta de leche entera, concentrado y agua, por lo tanto, al no tener aporte de heno y sumado a que los concentrados no estimulan la rumia (debido al tamaño de la molienda), se presume que el efecto buffer provocado por la saliva generada durante la rumia no estuvo presente en gran medida (Vazquez-Anon et al., 1993).

Kim et al. (2016) reporta que la acidosis ruminal subaguda (SARA) no afecta negativamente el rendimiento de los terneros durante el desleche, lo que coincide con nuestro trabajo en el que los terneros lograron buenas tasas de crecimiento. Las causas por las cuales los terneros logran buenas tasas de crecimiento y tienen aparentemente buen estado de salud con valores de pH ruminal tan bajos es actualmente objeto de estudio. Se ha sugerido que el bajo pH ruminal afecta tanto el desarrollo del epitelio (Pazoki et al., 2017) cómo la microbiota ruminal (Rey et al., 2014), sin embargo, no generarían efectos a nivel metabólico debido a la baja capacidad de absorción de los AGV a través del epitelio ruminal que suelen tener los terneros durante las primeras semanas de vida (Aschenbach, Penner, Stumpff y Gäbel, 2011).

Las concentraciones de BHB en suero se han utilizado como indicador del desarrollo ruminal de los terneros al desleche (Deelen et al., 2016; Suarez-Mena et al., 2017). El butirato es uno de los principales AGV que se generan en el rumen como resultado de la fermentación de los alimentos por parte de la microbiota (Davis y Drackley, 2002). Cerca del 70% del butirato es metabolizado y constituye la principal fuente energética para el epitelio ruminal (Aschenbach et al., 2011). Como resultado de la metabolización del butirato en el interior de las células del epitelio ruminal se generan compuestos intermediarios como el BHB que pasa a la sangre. De esta forma, cuando el epitelio ruminal es metabólicamente más activo, habría una mayor producción de compuestos intermedios y se generarían mayores concentraciones de BHB en sangre (Lane, Baldwin y Jesse, 2000).

A diferencia de algunos trabajos previos (Deelen et al., 2016), en esta tesis las concentraciones de BHB en suero fueron similares cuando los terneros de todos los tratamientos consumieron 700 y 1000 g/día de concentrado. Esto podría indicar que no hubo diferencias detectables en el desarrollo ruminal cuando los terneros alcanzaron estos consumos de concentrado. Por otra parte, concuerda con Suarez-Mena et al. (2017), quienes al igual que en nuestro estudio, encontraron un bajo  $R^2$  entre el consumo de concentrado y las concentraciones de BHB en suero. En dicho trabajo concluye que la estimación del consumo de concentrado a través de la

determinación de las concentraciones de BHB en suero no son suficientemente precisas (Suarez-Mena et al., 2017).

En trabajos anteriores sobre comportamientos en terneros Holando, se pudo observar una mayor frecuencia de visitas a las amamantadoras, vocalizaciones y conductas posturales durante el desleche en aquellos tratamientos en el que se administraba leche en cantidades equivalentes al 10 % de PV, como reflejo de estrés y hambre (Budzynska y Weary, 2007; Jasper et al., 2008). En este trabajo los terneros en la etapa pos-desleche no variaron su comportamiento independientemente del tratamiento asignado, lo que podría sugerir que los tratamientos en los que los terneros se deslechaban más jóvenes no exacerbaban el estrés y hambre con respecto a los terneros deslechados por edad, pero no descarta que en todos los tratamientos hubiera existido. Sin embargo, el diseño de este trabajo no permite profundizar en este análisis.

Los resultados encontrados en este trabajo indican que es posible el desleche en base al consumo inicial de 700 g de concentrado por día, dado que no encontramos evidencia que dicha práctica genera efectos negativos sobre el desarrollo digestivo o el crecimiento corporal de los terneros. Esta práctica, reduce el tiempo en el que los terneros permanecen en la etapa lactante y reduce el consumo total de leche que permiten disminuir los costos totales de alimentación (Bidagaray, Bottino y Paganini, 2021).

Sin embargo, para el desleche en base al consumo de concentrado es necesario tener un registro individual diario del consumo. Esto podría dificultar el manejo de los animales, aunque dependiendo del tamaño del establecimiento se podrá realizar de forma manual o con un sistema automatizado. Por otra parte, cada ternero tiene diferente capacidad para aumentar el consumo de alimento sólido, lo que establece diferentes edades al desleche a la vez que dificulta el manejo de los animales en grupos estables y homogéneos.

## **10. CONCLUSIONES**

El desleche en base al consumo inicial o la habilidad para incrementar el consumo de concentrado durante el desleche permiten reducir el tiempo de la etapa lactante sin afectar en forma negativa el crecimiento corporal, la eficiencia de alimentación, el comportamiento, el desarrollo digestivo ni la salud de los terneros.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Alais, C. (2003). *Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera* (4ª ed.). Buenos Aires: Reverté.
- Aschenbach, J.R., Penner, G.B., Stumpff, F. y Gäbel, G. (2011). Ruminant Nutrition Symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *Journal of Animal Science*, 89(4), 1092–1107.
- Association of Official Analytical Chemists. (1990). *Official Methods of Analysis* (15ª ed.). Arlington: AOAC.
- Bacha, F. (1999). Nutrición del ternero neonato. En *XV Curso de Especialización. Avances en Nutrición y Alimentación Animal* (pp. 277-301). Barcelona: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
- Baldwin, R.L., McLeod, K.R., Klotz, J.L. y Heitmann, R.N. (2004). Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre-and postweaning ruminant. *Journal of Dairy Science*, 87, E55–E65.
- Benetton, J.B., Neave, H.W., Costa, J.H.C., von Keyserlingk, M.A.G. y Weary, D.M., (2019). Automatic weaning based on individual solid feed intake: Effects on behavior and performance of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5475-5491.
- Bidagaray, A., Bottino, N. y Paganini, A. (2021). *Estrategia para el desleche de terneros Holando y sus efectos sobre el consumo de alimentos, el crecimiento corporal y los costos de alimentación* (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Paysandú.
- Budzynska, M. y Weary, D.M. (2007). Weaning distress in dairy calves: Effects of alternative weaning procedures. *Applied Animal Behaviour Science*, 112, 33-39.
- Calloway, C.D., Tyler, J.W., Tessman, R.K., Hostetler, D. y Holle, J. (2002). Comparison of refractometers and test endpoints in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 221(11), 1605–1608.
- Cicconi-Hogan, K. M., Gamroth, M., Richert, R., Ruegg, P. L., Stiglbauer, K. E., y Schukken, Y. H. (2013). Risk factors associated with bulk tank standard plate count, bulk tank coliform count, and the presence of *Staphylococcus aureus* on organic and conventional dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*, 96(12), 7578–7590.

- Coelho, S. (2016). Concentrado e água para bezerros. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, (81), 75-89.
- Davis, C.L. y Drackley, J.K. (2002). En *Desarrollo, nutrición y manejo del ternero joven* (pp. 25–137). Buenos Aires: Inter-Médica.
- De Trinidad S. (2014). Alimentación diferencial durante la etapa lactante en terneras Holstein: efectos inmediatos y residuales sobre el crecimiento, desarrollo corporal y pubertad. Tesis de Maestría en Reproducción Animal, Programa de Posgrados de la Facultad de Veterinaria, UdelaR, Montevideo, Uruguay. 63 p.
- Dearmas, B., Facet, F. y Macchi, M. V. (2016). Niveles de alimentación de terneras Holstein durante la cría y recría temprana y sus efectos sobre el crecimiento y desarrollo corporal (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Deelen, S.M., Leslie, K.E., Steele, M.A., Eckert, E., Brown, H.E. y DeVries, T.J. (2016). Validation of a calf-side  $\beta$ -hydroxybutyrate test and its utility for estimation of starter intake in dairy calves around weaning. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7624–7633.
- Garzón Quintero, B. (2007). Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. *REDVET*, 7(5), 1-39.
- Gelsinger, S.L., Coblenz, W.K., Zanton, G.I., Ogden, R.K. y Akins, M.S. (2020). Physiological effects of starter-induced ruminal acidosis in calves before, during, and after weaning. *Journal of Dairy Science*, 103(3), 2762–2772.
- Gelsinger, S.L., Coblenz, W.K., Zanton, G.I., Ogden, R.K. y Akins, M.S. (2019). Ruminal in situ disappearance and whole-tract digestion of starter feeds in calves before, during, and after weaning. *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2196-2206.
- Gelsinger, S.L., Heinrichs, A.J. y Jones, C.M. (2016). A meta-analysis of the effects of preweaned calf nutrition and growth on first-lactation performance. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6206–6214.
- Godden, S. (2008). Colostrum Management for Dairy Calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24(1), 19–39.
- Greenwood, R.H., Morrill, J.L. y Titgemeyer, E.C. (1997). Using Dry Feed Intake as a Percentage of Initial Body Weight as a Weaning Criterion. *Journal of Dairy Science*, 80(10), 2542–2546.

- Hill, T.M., Bateman, H.G., Aldrich, J.M. y Schlotterbeck, R.L. (2008). Crude Protein for Diets Fed to Weaned Dairy Calves. *The Professional Animal Scientist*, 24(6), 596–603.
- Jasper, J., Budzynska, M. y Weary, D.M. (2008). Weaning distress in dairy calves: Acute behavioural responses by limit-fed calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 110, 136-143.
- Kertz, A.F. y Chester-Jones, H. (2004). Invited review: guidelines for measuring and reporting calf and heifer experimental data. *Journal of Dairy Science*, 87, 3577–3580.
- Kertz, A.F., Reutzel, L.F. y Mahoney, J.H. (1984). Ad Libitum Water Intake by Neonatal Calves and Its Relationship to Calf Starter Intake, Weight Gain, Feces Score, and Season. *Journal of Dairy Science*, 67(12), 2964–2969.
- Khan, M.A., Bach, A., Weary, D.M. y von Keyserlingk, M.A.G. (2016). Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99, 885-902.
- Khan, M.A., Lee, H.J., Lee, W.S., Kim, H.S., Kim, S.B., Ki, K.S. y Choi, Y. J. (2007). Pre- and Postweaning Performance of Holstein Female Calves Fed Milk Through Step-Down and Conventional Methods. *Journal of Dairy Science*, 90, 3376–3387.
- Kim, Y.H., Nagata, R., Ohtani, N., Ichijo, T., Ikuta, K. y Sato, S. (2016). Effects of Dietary Forage and Calf Starter Diet on Ruminal pH and Bacteria in Holstein Calves during Weaning Transition. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1578.
- Laarman, A. H. y Oba, M. (2011). Short communication: Effect of calf starter on rumen pH of Holstein dairy calves at weaning. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5661–5664.
- Lagger, J. (2010). Crecimiento intensivo de cría y recría de vaquillonas, aplicando los principios de bienestar. *Veterinaria Argentina*, 27(265). Recuperado de [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/cria\\_artificial/10-Crecimiento\\_Intensivo.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/cria_artificial/10-Crecimiento_Intensivo.pdf).
- Lane, M. A., Baldwin, R. L. y Jesse, B. W. (2000). Sheep rumen metabolic development in response to age and dietary treatments. *J. Anim. Sci.* 78:1990–1996.
- Lorenz, I., Mee, J. F., Earley, B. y More, S. J. (2011). Calf Health From Birth To Weaning. I. General aspects of disease prevention. *Irish Veterinary Journal*, 64, 1-8.

- Mendoza, A., Caffarena, D., Fariña, S., Morales, T. y Giannitti, F. (2017). *Manejo del calostrado en el ternero neonato: Herramientas para una crianza más saludable y eficiente*. Montevideo: INIA.
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7<sup>a</sup> ed.). Washington: National Academy.
- Nejad, J.G., Torbatinejad, N., Naserian, A. A., Kumar, S., Kim, J. D., Song, Y. H. y Sung, K. I. (2012). Effects of Processing of Starter Diets on Performance, Nutrient Digestibility, Rumen Biochemical Parameters and Body Measurements of Brown Swiss Dairy Calves. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25, 980–987.
- Pazoki, A., Ghorbani, G. R., Kargar, S., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Drackley, J. K. y Ghaffari, M.H. (2017). Growth performance, nutrient digestibility, ruminal fermentation, and rumen development of calves during transition from liquid to solid feed: Effects of physical form of starter feed and forage provision. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 173–185.
- Quigley, J. (1997). *Nota acerca de Terneros #09 – ¿Cuándo está lista una becerrera para ser destetada?* Recuperado de <https://www.calfnotes.com/pdf/CN009e.pdf>.
- Rey, M., Enjalbert, F., Combes, S., Cauquil, L., Bouchez, O. y Monteils, V. (2014). Establishment of the ruminal bacterial community in dairy calves from birth to weaning is sequential. *Journal of Applied Microbiology*, 116(2), 245–257.
- Rodríguez, A.R., Maiztegui, J.A. y Allassia, M.A. (2011). *Crianza artificial de terneros, un real desafío tecnológico* (2<sup>a</sup> ed.). Santa Fe: Fondo Editor Allignani.
- Schild, C.O. (2017). *Caracterización de los sistemas de crianza y parto y estimación de las tasas de mortalidad de terneros y abortos vistos en establecimientos lecheros de Uruguay*. (Tesis de maestría en salud animal). Facultad de veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Schild, C.O., Caffarena, R.D., Gil, A., Sánchez, J., Riet-Correa, F. y Giannitti, F. (2020). A survey of management practices that influence calf welfare and estimation of the annual calf mortality risk in pastured dairy herds in Uruguay. *Journal of Dairy Science*, 103, 9418-9429.
- Stamey, J.A., Janovick, N.A., Kertz, A.F. y Drackley, J.K. (2012). Influence of starter protein content on growth of dairy calves in an enhanced early nutrition program. *Journal of Dairy Science*, 95(6), 3327–3336.

- Suarez-Mena, F.X., Heinrichs, A.J., Jones, C.M., Hill, T.M. y Quigley, J.D. (2015). Digestive development in neonatal dairy calves with either whole or ground oats in the calf starter<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 3417–3431.
- Suarez-Mena, F.X., Hu, W., Dennis, D.S., Hill, T.M. y Schlotterbeck, R.L. (2017).  $\beta$ -Hydroxybutyrate (BHB) and glucose concentrations in the blood dairy calves as influenced by age, vaccination stress, weaning, and starter intake including evaluation of BHB and glucose markers of starter intake. *Journal of Dairy Science*, 100, 2614–2624.
- United States Department of Agriculture. (2010). *Heifer Calf Health and Management Practices on U.S. Dairy Operations, 2007*. Fort Collins: USDA. Recuperado de [https://www.aphis.usda.gov/animal\\_health/nahms/dairy/downloads/dairy07/Dairy07\\_ir\\_CalfHealth\\_1.pdf](https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/dairy07/Dairy07_ir_CalfHealth_1.pdf).
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. y Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583–3597.
- Vasseur, E., Borderas, F., Cue, R.I., Lefebvre, D., Pellerin, D., Rushen, J. y de Passillé, A.M. (2010). A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare. *Journal of Dairy Science*, 93, 1307–1316.
- Vazquez-Anon, M., Heinrichs, A.J., Aldrich, J.M. y Varga, G.A. (1993). Postweaning Age Effects on Rumen Fermentation End-Products and Digesta Kinetics in Calves Weaned at 5 Weeks of Age. *Journal of Dairy Science*, 76, 2742–2748.
- Cooper, R., Klopfenstein, T. J., Stock, R., Parrott, C., y Herold, D. (1997). Effect of Rumensin and feed intake variation on ruminal pH. *Nebraska Beef Cattle Reports*, 430.
- Russell, J. B., y Hino, T. (1985). Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: a spiraling effect that contributes to rumen acidosis. *Journal of Dairy Science*, 68(7), 1712-1721.
- Nocek, J. E. (1997). Bovine acidosis: Implications on laminitis. *Journal of dairy science*, 80(5), 1005-1028.
- Steele, M. A., Croom, J., Kahler, M., AlZahal, O., Hook, S. E., Plaizier, K., y McBride, B. W. (2011). Bovine rumen epithelium undergoes rapid structural adaptations during grain-induced subacute ruminal acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 300(6), R1515-R1523.