

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Efecto del volumen de dieta líquida sobre el consumo de concentrado y desempeño en terneras lecheras

Karol Ruiz-Villarreal^{A1}; Reynaldo Vargas-Vargas^{AB2}, Miguel Castillo-Umaña^{C3}; Alex Ríos-Moreno^{BD4}; Efraín Quintero-Chanis^{E5}; Servelio Hernández-Argueta^{F6}; Joseph Grajales-Cedeño^{A7}

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del volumen de dieta líquida sobre el consumo de concentrado y desempeño en terneras. Se utilizaron dieciséis animales divididos en dos tratamientos: el tratamiento de dieta líquida con orden creciente/decreciente (OC/D), ofreciendo 6, 8, 10, 8, 6, 4, 2, 1 litros de leche entera por día durante la semana 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, respectivamente y el tratamiento de 6 l.d⁻¹(n=8), ofreciendo 6 litros diarios de leche entera desde el día 0 hasta el destete (57 días). Los datos se analizaron con el software STATISTICA (StatSoftV10) y GraphPadPrism V.8.0.2 empleando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Resultados significativos se evaluaron con la prueba de Dunn's. Se empleó la prueba de no paramétrica Mann-Whitney U. El consumo de materia seca para el tratamiento OC/D y 6 l.d⁻¹ fue diferente en la tercera (p<0,001) y séptima semana (p=0,02). Los resultados indican que en cuanto al consumo de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) no hubo diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, hubo un efecto de estos entre semanas. El consumo de concentrado al destete fue 0,80 y 0,48 kg(p<0,05) para el tratamiento OC/D y 6 l.d⁻¹, respectivamente. Las terneras que recibieron el tratamiento OC/D y 6 l.d⁻¹ tuvieron un peso promedio al destete de 64,63±1,79 y 56,00±3,26kg (p<0,05); ganancia diaria de peso de 0,50±0,03 y 0,30±0,04 kg.d⁻¹(p<0,05); estatura al destete de 86,8±0,54 y 84,1±0,89 cm (p<0,05) y ganancia diaria de estatura al destete de 0,22±0,009 y 0,17±0,01 cm.d⁻¹ (p<0,05), respectivamente. Las terneras que recibieron 6 l.d⁻¹ tuvieron un mayor costo de crianza (p<0,05). En conclusión, los resultados demuestran que la alimentación con volúmenes de leche entera

^A Universidad de Panamá, Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí, Panamá.

^B Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Senacyt. Panamá, Panamá

^C Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Ciencias Agrarias. Heredia, Costa Rica

^D Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Protección Vegetal. Chiriquí, Panamá

^E Servicio de Reproducción Animal SRA, S.C. Chiriquí, Panamá.

^F CalfSolution, Chiriquí, Panamá

carol27ruiz@gmail.com¹, reynaldo.var4gas@up.ac.pa², miguel.castillo.umana@una.cr³, alex.morenom@up.ac.pa⁴, reneejr@gmail.com⁵, calfsolution@gmail.com⁶, joseph.grajales@up.ac.pa⁷ (https://orcid.org/0000-0002-1021-3945)
Autor para correspondencia:

Recibido: 12 junio 2020

Aceptado: 14 diciembre 2020

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



con orden creciente-decreciente tuvo un impacto positivo en el consumo de concentrado, desempeño productivo y un menor costo de crianza durante el pre-destete.

Palabras clave: crecimiento acelerado, alimentación, consumo de materia seca, bienestar animal

ABSTRACT

Effect of the volume of liquid diet on the consumption of concentrate and performance of dairy calves. The objective of this study was to evaluate the effect of volume of liquid diet on the consumption of concentrate and performance in calves. Sixteen animals were divided into two treatments: the liquid diet treatment with increasing/decreasing order (OC / D), offering 6,8,10,8,6,4,2,1 liters of whole milk per day during the weeks 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8, respectively, and the 6 l.d⁻¹ treatment (n = 8), offering 6 liters of whole milk daily from day 0 to weaning (57 days). The data were analyzed with STATISTICA software (StatSoftV10) and Graph Pad Prism V.8.0.2 using the non-parametric Kruskal-Wallis test. Significant results were evaluated with Dunn's test. The non-parametric Mann-Whitney U test was used. The dry matter intake for the OC/D treatment and 6 l.d⁻¹ was different in the third (p <0.001) and seventh week (p = 0.02). The results indicate that in terms of dry matter intake (DM), crude protein (CP) and metabolizable energy (ME) there were no significant differences between treatments, however, there was an effect of these between weeks. The consumption of concentrate at weaning was 0.80 and 0.48 kg (p <0.05) for the OC/D treatment and 6 l.d⁻¹, respectively. The calves that received the OC/D treatment and 6 l.d⁻¹ had an average weaning weight of 64.63 ± 1.79 and 56.00 ± 3.26 kg (p <0.05); daily weight gain of 0.50 ± 0.03 and 0.30 ± 0.04 kg.d⁻¹ (p <0.05); height at weaning of 86.8 ± 0.54 and 84.1 ± 0.89 cm (p <0.05) and daily height gain at weaning of 0.22 ± 0.009 and 0.17 ± 0.01 cm.d⁻¹ (p <0.05), respectively. The calves that received 6 l.d⁻¹ had a higher rearing cost (p <0.05). In conclusion, the results show that feeding volumes of whole milk with increasing-decreasing order had a positive impact on the consumption of concentrate, productive performance, and a lower cost of rearing during pre-weaning.

Key words: accelerated growth, feeding, dry matter intake, animal welfare

INTRODUCCIÓN

La crianza de terneras de reemplazo es una de las etapas más importantes dentro del sistema de producción de leche. Por lo tanto, es de vital importancia que esta etapa se realice de la mejor manera para obtener animales con un buen desarrollo, crecimiento y por ende alcanzar una edad al primer parto de 24 meses con un buen desempeño productivo en sus futuras lactancias.

La mayoría de los sistemas crianza de terneras, en varias latitudes se basan en programas convencionales de alimentación, donde se les ofrece a los animales una dieta líquida en base al 10 % del peso vivo (Elizondo-Salazar & Sánchez-Álvarez, 2016; Raeth-Knight et al., 2009). Bajo estas condiciones las terneras muchas veces están subalimentadas, lo cual compromete el crecimiento, desarrollo y su bienestar. Por otro lado, se encuentra el programa de crianza intensiva (Drackley, 2001), cuyo fundamento se basa en el comportamiento de los animales, aplicando los principios del bienestar animal; en donde se les suministra mayores cantidades de dieta líquida (Khan et al. 2007a), hasta un 20% del peso vivo (Khan, Weary & von Keyserlingk, 2011). Es conocido que existen variaciones en los programas de alimentación intensiva en cuanto a los volúmenes de dieta líquida ofrecida. En ese sentido estudios llevados a cabo por Omid-Mirzaei et al. (2015) demostraron que un programa de alimentación con orden creciente/decreciente de volúmenes de leche, mejoró el desempeño de las terneras.

En la alimentación intensiva de terneras, se proporcionan mayores cantidades de nutrientes al aumentar el volumen total de dieta líquida (Leão et al., 2016; Rosenberger, Costa, Neave, von Keyserlingk, & Weary, 2017; Silper et al. 2014). La crianza intensiva ha demostrado aumentar la ganancia diaria de peso pre destete (Drackley, 2005), mayores tasas de crecimiento y eficiencia alimenticia (Jasper & Weary, 2002; Khan et al. 2007b), mayor consumo de concentrado postdestete (Soberon & Van Amburgh, 2011), una mayor ganancia diaria de peso a los 180 días (Jasper & Weary 2002, Khan et al. 2007a,b), aumento de la producción de leche y grasa durante la primera lactancia (Faber, Faber, Mccauley & Ax 2005; Soberon, Raffrenato, Everett & Van Amburgh 2012; Soberon & Van Amburgh, 2013), y disminución de la edad al primer parto (Davis Rincker et al., 2011). En función de lo antes expuesto y debido a la escasez de estudios científicos en la región referente a esta temática, se evaluó el efecto del consumo de dieta líquida sobre el consumo de nutrientes, consumo de concentrado y desempeño en terneras lecheras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se llevó a cabo del 2 de enero al 2 de abril del 2019 en un establecimiento comercial ubicado en el corregimiento de la Arena, Distrito de Chitré, Herrera en Panamá. La misma se encuentra ubicada a 7°58'16"N, 80°27'51"O con una elevación de 32 msnm. La zona se caracteriza por contar con un clima tropical, con una temperatura media para los meses de estudio de 27,8 °C, humedad relativa de 67,4% y una precipitación media de 8,5 mm (ETESA, 2019).

Animales

Dieciséis terneras cruzadas F1 (Holstein x Pardo Suizo) recién nacidas (peso al nacer $37,0 \pm 1,30$ kg) se utilizaron en un diseño experimental completamente al azar. Las terneras fueron separadas de su madre al momento del nacimiento y se les ofreció calostro de la propia madre en sus primeras 6 horas de vida, luego, las terneras fueron alojadas individualmente en refugios de madera (2m^2) en un campo de hierba (*Cynodon dactylon*) y fueron alimentadas con leche entera (12,5% de materia seca, 3,40% de proteína cruda y 5,4 Mcal/kg de materia seca) dos veces por día (08:00 y 14:00 horas).

Los animales se distribuyeron aleatoriamente en dos tratamientos de la siguiente manera: terneras alimentadas con volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente (OC/D; n=8); 6, 8, 10, 8, 6, 4, 2 y 1 l.d⁻¹) y terneras a las cuales se les ofreció una dieta líquida de 6 l.d⁻¹ de forma constante durante los 57 días (n=8). Las terneras de tratamiento OC/D y 6 l.d⁻¹ tuvieron un peso promedio al nacimiento de $38,0 \pm 2,40$ y $37,0 \pm 1,10$ kg, respectivamente. Las mismas consumieron la dieta líquida sin dejar excedentes. Los animales se pesaron semanalmente a la misma hora, antes de la alimentación con una cinta métrica pesadora.

En cuanto a la dieta sólida, se les ofreció alimento balanceado *ad libitum* desde la primera semana de vida con un perfil nutricional de 25,00% proteína cruda (PC), 4,71% grasa, 86% de materia seca (MS), 2,55% fibra cruda (FC) y 80,00% de nutrientes digestibles totales (TDN), del cual se pesaba el excedente al día siguiente. El consumo por ternera se obtuvo restando el alimento rechazado del ofrecido. Se ofreció agua fresca *ad libitum* apta para el consumo partir del primer día de vida.

Semanalmente las variables evaluadas fueron: consumo (materia seca, consumo de concentrado, proteína cruda, energía metabolizable), desempeño productivo (peso, ganancia diaria de peso), crecimiento (estatura, ganancia de diaria de estatura) y costo de crianza. Para determinar el aporte nutricional de energía y proteína de la leche se utilizó el valor de referencia de 12,5% de materia seca, 3,40% de proteína cruda y 5,4 Mcal/kg de materia seca (Elizondo, 2013). Con estos valores se determinaron los consumos de materia seca total y nutrientes en cada tratamiento, los cuales fueron contrastados con los requerimientos nutricionales para estos animales según la NRC (2001).

Con relación a la valoración económica, los costos se dividieron principalmente en tres categorías: alimentación, salud y mano de obra. Se tomo como referencia el precio del litro de leche entera a un valor de 0,42 dólares y el costo por kg de concentrado en 0,52 dólares. Con relación a la mano de obra, se estimó las horas dedicadas a la atención de las terneras, asumiendo un costo por hora laborable de 1,65 dólares.

Análisis estadístico

Todos los datos se ingresaron en una hoja de cálculo de Excel (Microsoft Excel 2020) para su procesamiento y el análisis estadístico se realizó con Statistica versión 10 (StatSoftV10) y los gráficos con GraphPadPrism V.8.0.2 (San Diego, CA, USA). Los datos fueron sometidos a evaluación utilizando la prueba de Shapiro-Wilk's para analizar si contaban con una distribución normal y con la prueba de Levene's para analizar la homogeneidad de varianzas. Si los datos no cumplían con estos supuestos se procedía a realizar un análisis utilizando pruebas no paramétricas. Se utilizó un alfa de 0,05. Las variables fueron analizadas utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, equivalente al ANOVA. Resultados significativos en la prueba de Kruskal Wallis se evaluaron con la prueba de comparaciones múltiples de Dunn's para identificar posibles diferencias entre tratamiento. Los resultados fueron expresados como media \pm EE (error estándar). En algunos casos se empleó la prueba no paramétrica Mann-Whitney U equivalente a la prueba de t.

Se utilizó un diseño completamente al azar cuyo modelo lineal fue:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + T_j + (G * T)_k + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variables dependientes (Consumo de materia seca, energía, proteína, desempeño productivo); μ = Media general; G_i = Efecto del tratamiento (OC/D vs 6 l.d⁻¹); T_j = Efecto del tiempo (semanas 1, 2, 3, ...8); $(G \times T)_k$ = Efecto de la interacción del tratamiento * tiempo; E_{ijk} = error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de materia seca, proteína y energía metabolizable por semana según programa de alimentación

De manera general no hubo un efecto de los tratamientos ($p > 0,05$) en el consumo de materia seca (CMS), sin embargo, hubo un efecto de las semanas ($p = 0,02$) y de la interacción del tratamiento*semanas en el CMS ($p < 0,001$). Los resultados de comparaciones múltiples indican que hubo diferencias significativas entre el tratamiento OC/D y el 6 l.d⁻¹ en la tercera semana ($p < 0,001$; 8,75 y 5,25 Kg de MS, respectivamente) y en la séptima semana ($p = 0,02$; 5,16 y 7,64 kg de MS, respectivamente; Cuadro 1).

En relación con el consumo de proteína cruda (PC) no hubo un efecto de los tratamientos ($p > 0,05$), sin embargo, hubo un efecto de las semanas ($p = 0,01$) y de la interacción de los tratamientos*tiempo en el consumo de PC ($p < 0,001$). Los resultados de comparaciones múltiples muestran que hubo diferencias significativas en las terneras del tratamiento OC/D y el 6 l.d⁻¹ en la tercera semana ($p < 0,001$; 2,38 y 1,43 Kg de PC, respectivamente) y en la séptima semana ($p = 0,02$; 2,12 y 1,46 kg de PC, respectivamente, Cuadro 1).

Con respecto al consumo de energía metabolizable (EM) no hubo un efecto de los programas de alimentación ($p > 0,05$), sin embargo, hubo un efecto de las semanas ($p < 0,01$) y de la interacción del tratamiento*semanas en el consumo de EM ($p < 0,001$). Los resultados muestran que hubo diferencias significativas entre el tratamiento OC/D y el 6 l.d⁻¹ en la tercera semana ($p = 0,003$; 47,25 vs 28,35 Mcal/kg de EM respectivamente), séptima semana ($p < 0,001$; 19,06 vs 35,08 Mcal/kg de EM respectivamente) y en la octava semana ($p < 0,001$; 18,2 vs 36,53 Mcal/kg de EM respectivamente, Cuadro 1).

Los resultados de este estudio muestran que hubo diferencias significativas en el consumo de materia seca, proteína y energía en ambos tratamientos de acuerdo con las semanas. Se observa que de la segunda a la quinta semana el consumo de nutrientes fue mayor para el grupo de terneras del tratamiento con volumen de dieta líquida OC/D. Sin embargo, de la sexta semana en adelante se invierte el consumo de nutrientes, favoreciendo a las terneras que recibieron 6 l.d⁻¹. Esta diferencia pudiera estar explicada por la reducción de forma escalonada de la ingesta de leche en el tratamiento OC/D.

Basándose en la ingesta de leche en las primeras semanas, se observa como las terneras que recibieron el tratamiento OC/D sobrepasaron los requerimientos de proteína y energía indicados por la NRC (2001). Estudios previos han demostrado que las mejoras en el crecimiento y la eficiencia alimenticia ocurren como resultado de alimentar con mayores cantidades de leche o sustituto de leche, proporcionando niveles de nutrientes por encima de los requisitos de mantenimiento del animal (Bartlett, McKeith, Van de Haar, Dahl & Drackley, 2006; Jasper & Weary, 2002; Silper et al., 2014). Posiblemente el alto consumo de MS en la tercera semana fue el precursor para que la ganancia de peso del grupo OC/D fuera superior a las terneras que recibieron el tratamiento de 6 l.d⁻¹ al momento del destete. Estudios anteriores reportan que un mayor consumo de energía y proteína en las primeras semanas de vida ayuda a incrementar el peso corporal y la estatura a la cruz de las terneras (Marrón et al., 2005) y reduce los costos de cría (Brown et al., 2005).

Cuadro 1. Media \pm error estándar del consumo de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable por semana según tratamiento.

Semanas	CMS (kg)		PC (kg)		EM (Mcal/kg)	
	OC/D	6 l.d ⁻¹	OC/D	6 l.d ⁻¹	OC/D	6 l.d ⁻¹
1	5,25 \pm 0,00	5,25 \pm 0,0	1,43 \pm 0,00	1,43 \pm 0,00	28,40 \pm 0,00	28,4 \pm 0,00
2	7,00 \pm 0,00	5,25 \pm 0,0	1,90 \pm 0,00	1,43 \pm 0,00	37,80 \pm 0,00	28,4 \pm 0,00
3	8,75 \pm 0,00 ^a	5,25 \pm 0,0 ^b	2,38 \pm 0,00 ^a	1,43 \pm 0,00 ^b	47,30 \pm 0,00 ^a	28,4 \pm 0,00 ^b
4	7,34 \pm 0,22	5,42 \pm 0,17	2,00 \pm 0,06	1,48 \pm 0,05	38,80 \pm 0,63	28,8 \pm 0,48
5	6,44 \pm 0,40	5,59 \pm 0,34	1,98 \pm 0,12	1,53 \pm 0,09	35,80 \pm 1,13	29,3 \pm 0,96
6	5,38 \pm 0,25	6,79 \pm 0,40	1,50 \pm 0,07	1,87 \pm 0,12	24,20 \pm 0,70	32,7 \pm 1,13
7	5,16 \pm 0,26 ^a	7,64 \pm 0,34 ^b	1,47 \pm 0,07 ^a	2,12 \pm 0,09 ^b	19,10 \pm 0,73 ^a	35,1 \pm 0,96 ^b
8	5,65 \pm 0,36	8,15 \pm 0,54	1,63 \pm 0,11	2,27 \pm 0,15	18,20 \pm 1,03 ^a	36,5 \pm 1,53 ^b

^{a,b} Letras diferentes en la fila indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). CMS (kg): consumo de materia seca, PC (kg): Proteína cruda, EM (Mcal/kg): Energía metabolizable, OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. 6 l.d⁻¹: volumen de dieta líquida de 6 litros por día.

Los resultados expuestos en este estudio coinciden con reportes científicos que han demostrado que uno de los beneficios a corto plazo de alimentar a las terneras con un mayor volumen de leche se refleja en un mayor aumento de peso (Jasper & Weary, 2002; Huuskonen & Khalili, 2008), especialmente durante la primera semana o los primeros días (Borderas, de Passillé & Rushen, 2009; Hammon, Schiessler, Nussbaum & Blum, 2002).

Balance nutricional por semana de acuerdo con el volumen de dieta líquida suministrada

El Cuadro 2 indica que para el tratamiento OC/D el balance nutricional en términos de energía y proteína fue cubierto con éxito en las primeras cinco semanas. Por su parte, las terneras alimentadas con 6 l.d⁻¹ mostró déficit de proteína durante la segunda, tercera y cuarta semana. Sin embargo, de la sexta semana en adelante hubo un pequeño déficit en cuanto a energía y proteína en el grupo OC/D. Mientras que la situación fue favorable para el grupo 6 l.d⁻¹ durante ese periodo de tiempo.

Cuadro 2. Balance nutricional de PC (g) y EM (Mcal/kg) de acuerdo con el tratamiento en función de las semanas.

Sem	Requerimiento diario		Consumo				Balance			
			OC/D		6 l.d ⁻¹		OC/D		6 l.d ⁻¹	
	PC ^Ω (g)	EM ^Ω (Mcal/kg)	PC (g)	EM (Mcal/kg)	PC (g)	EM (Mcal/kg)	PC (g)	EM (Mcal/kg)	PC (g)	EM (Mcal/kg)
1	145	2,55	204,0	4,1	204,0	4,1	59,0	1,5	59,0	1,5
2	205	3,44	272,0	5,4	204,0	4,1	67,0	2,0	-1,0	0,6
3	212	3,89	340,0	6,8	204,0	4,1	128,0	2,9	-8,0	0,2
4	212	3,89	286,2	5,5	211,1	4,1	74,2	1,6	-0,9	0,2
5	213	4,11	282,7	5,1	218,2	4,2	69,7	1,0	5,2	0,1
6	214	4,12	213,9	3,5	267,8	4,7	-0,1	-0,7	53,8	0,5
7	215	4,31	209,6	2,7	303,2	5,0	-5,4	-1,6	88,2	0,7
8	215,1	4,31	232,4	2,6	324,4	5,2	17,3	-1,7	109,4	0,9

^ΩEl símbolo indica que los valores provienen de la NRC (2001). Sem: semana, OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente, 6 l.d⁻¹: volumen de dieta líquida de 6 litros por día.

Consumo de leche entera y alimento balanceado según programa de alimentación por semana

Los resultados muestran que en el tratamiento OC/D el aumento en el consumo de alimento concentrado es inversamente proporcional al consumo de leche entera. En el caso del grupo 6 l.d⁻¹ el comportamiento para el consumo de concentrado tiene la misma dinámica del OC/D, sin embargo, el consumo fue menor, producto de la mayor ingesta de dieta líquida (Figura 1A y 1B).

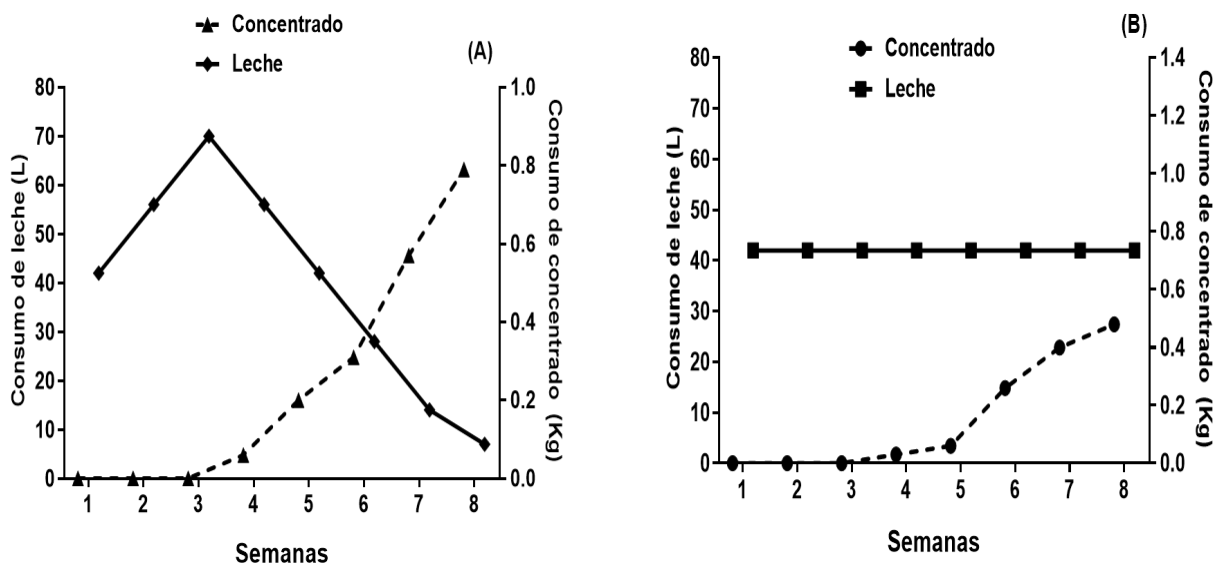


Figura 1. Media de consumo diario cada semana de dieta líquida (litros de leche) y concentrado (kg) para el tratamiento OC/D, volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente(A) y 6 l.d⁻¹, volumen de dieta líquida de 6 litros por día. (B).

Consumo de concentrado por semana de acuerdo con el programa de alimentación

De manera general hubo un efecto del tratamiento ($p=0,03$), de las semanas ($p<0,001$) y de la interacción de estos en el consumo de concentrado ($p<0,001$; Figura 2A). A pesar de que los resultados de las comparaciones múltiples manifiestan que no hubo diferencias significativas entre las terneras que recibieron tratamiento de dieta líquida OC/D y 6 l.d⁻¹ en las semanas ($p>0,05$).

El consumo de alimento concentrado se mantuvo estático durante las primeras semanas y comenzó a ascender en la cuarta semana de vida de las terneras en ambos tratamientos. Sin embargo, fue superior en las terneras que recibieron el tratamiento OC/D en 0,32 kg con respecto a las que se les suministró 6 l.d⁻¹, resultado que esta explicado en parte por la forma en que se ofreció la dieta líquida con orden creciente/decreciente (Omid-Mirzaei et al., 2015). La literatura indica que un pobre consumo de concentrado retrasa el desarrollo del rumen y dificulta el destete (De Paula et al., 2017) y que para obtener un buen desempeño de las terneras después del destete, es necesario el consumo adecuado de alimentos sólidos (Miller-Cushon, Bergeron, Leslie, & DeVries, 2013). Estos resultados coinciden con las investigaciones realizadas por Khan et al. (2007a) y Jasper & Weary (2002), indicando que la ingesta de concentrado aumenta cuando se reduce el consumo de leche. Lo anterior sugiere que ofrecer

dietas líquidas en base a 6 l.d⁻¹ de forma constante hasta el destete afecta de forma negativa el consumo de concentrado.

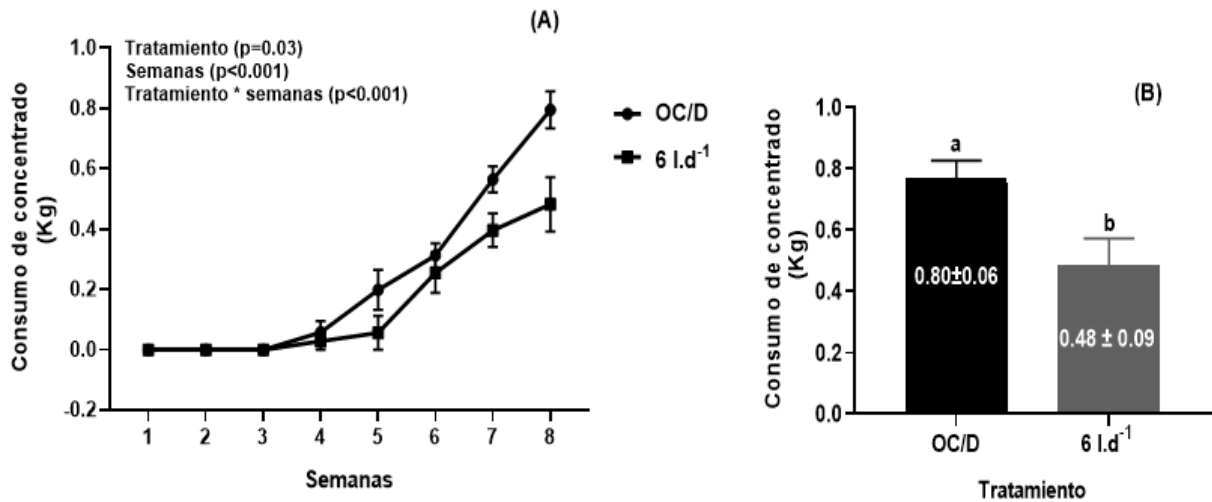


Figura 2. Media de consumo diario cada semana de concentrado por semana (A) y consumo de concentrado al destete (B) de acuerdo con el tratamiento.

^{a,b} Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente, 6 l.d⁻¹: volumen de dieta líquida de 6 litros por día.

Las terneras que recibieron el tratamiento OC/D y 6 l.d⁻¹ consumieron al destete 0,80±0,06 y 0,48±0,09 kg de concentrado, respectivamente (Mann-Whitney U=12; $p < 0,05$; Figura 2B). Por lo tanto, existe la posibilidad que las terneras que recibieron el tratamiento en base a 6 l.d⁻¹ pudieran tener un pobre desarrollo ruminal (Khan et al, 2007a,b) producto de la baja ingesta de concentrado, ya que la leche por si sola ejerce poco efecto en el desarrollo de las papilas ruminales, debido a que la gotera esofágica dirige líquidos hacia el abomaso, evitando de esta forma los estímulos a nivel ruminal (Elizondo-Salazar & Sánchez-Álvarez, 2012). Estos hallazgos están en línea con lo reportado previamente por De Paula et al. (2017), quienes utilizaron tres programas de alimentación distintos: convencional (4 l.d⁻¹), intensivo (8l.d⁻¹) y gradual (semanas 1, 4 l.d⁻¹; semana 2 a 6, 8 l.d⁻¹; semana 7 y 8, 4 l.d⁻¹) e indicaron al respecto que la ingesta de sustituto de leche y de iniciador se vio afectada inversamente por el sistema de alimentación, con resultados favorables en el consumo de concentrado para el programa de alimentación de forma escalonada cuando se comenzó a reducir la dieta líquida.

Desempeño productivo de acuerdo los tratamientos empleados

De manera general hubo un efecto del tratamiento ($p < 0,001$), de las semanas ($p < 0,001$) y de la interacción del tratamiento*semanas en el peso ($p < 0,001$). Sin embargo, los resultados de las comparaciones múltiples muestran que no hubo diferencias significativas entre ambos tratamientos en las semanas ($p > 0,05$; Figura 3A). Las terneras del tratamiento OC/D tuvieron pesos de $37,25 \pm 0,94$; $40,88 \pm 1,60$; $46,13 \pm 2,36$; $52,88 \pm 1,54$; $55,75 \pm 1,11$; $58,38 \pm 1,92$; $60,50 \pm 1,98$ y $64,63 \pm 1,79$ kg mientras que las terneras del tratamiento 6 l.d^{-1} pesaron $37,50 \pm 2,58$; $38,63 \pm 2,49$; $39,50 \pm 2,46$; $44,00 \pm 2,75$; $48,25 \pm 2,41$; $49,25 \pm 3,22$; $51,63 \pm 3,21$ y $56,00 \pm 3,26$ kg durante la primera, segunda, tercera, cuarta, quinta, sexta, séptima y octava semana, respectivamente (Figura 3A).

El peso al destete fue estadísticamente diferente entre tratamientos (Mann-Whitney $U=10$; $p < 0,05$). Las terneras que recibieron una dieta líquida con OC/D pesaron $64,63 \pm 1,79$ kg; a su vez las que recibieron 6 l.d^{-1} pesaron $56,00 \pm 3,26$ kg (Figura 3B). En cuanto a la ganancia diaria de peso los resultados muestran que hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos (Mann-Whitney $U=5$; $p < 0,01$). Siendo esta de $0,50 \pm 0,02$ y $0,30 \pm 0,04 \text{ kg.d}^{-1}$ para el tratamiento OC/D y 6 l.d^{-1} , respectivamente (Figura 3C).

En cuanto a las variables de desempeño, se ha demostrado que la tasa de crecimiento de las terneras luego del destete hasta la pubertad es cuadrática y está relacionada con la producción de leche, reflejándose la máxima producción láctea con ganancias diarias de peso de 799 g/d (Zanton & Heinrichs, 2005). Los resultados del presente estudio están en línea con lo reportado por Jasper & Weary (2002) y Stamey, Janovick, Kertz, & Drackley (2012), reportando que la utilización de un programa de alimentación intensivo en terneras recién nacidas aumenta las tasas de crecimiento, lo que se traduce en una mayor estatura y peso al destete.

Uno de los objetivos principales de los programas de alimentación en terneras lecheras es duplicar el peso del nacimiento al momento del destete (DCHA, 2016). Sin embargo, en este estudio no se pudo duplicar el peso del nacimiento al destete ($37,25 \pm 0,94$ kg vs $64,63 \pm 1,79$ kg). A pesar de esto los presentes resultados son consistentes con los estudios llevados a cabo por Omid-Mirzaei et al. (2015), quienes informaron pesos de $64,8$ kg al destete. Sin embargo, difiere de lo reportado por Grajales, Alvarado, Quintero, Castillo & Cedeño (2016), en su estudio llevado a cabo en la cuenca lechera de Chiriquí-Panamá, reportando un peso promedio al destete en terneras Holstein de $80,48$ kg siendo superior a lo encontrado en este estudio ($15,88$ Kg). Probablemente estos resultados se deban a las diferencias ambientales de ambas fincas, estrés térmico, al manejo, al grupo racial y al plano nutricional.

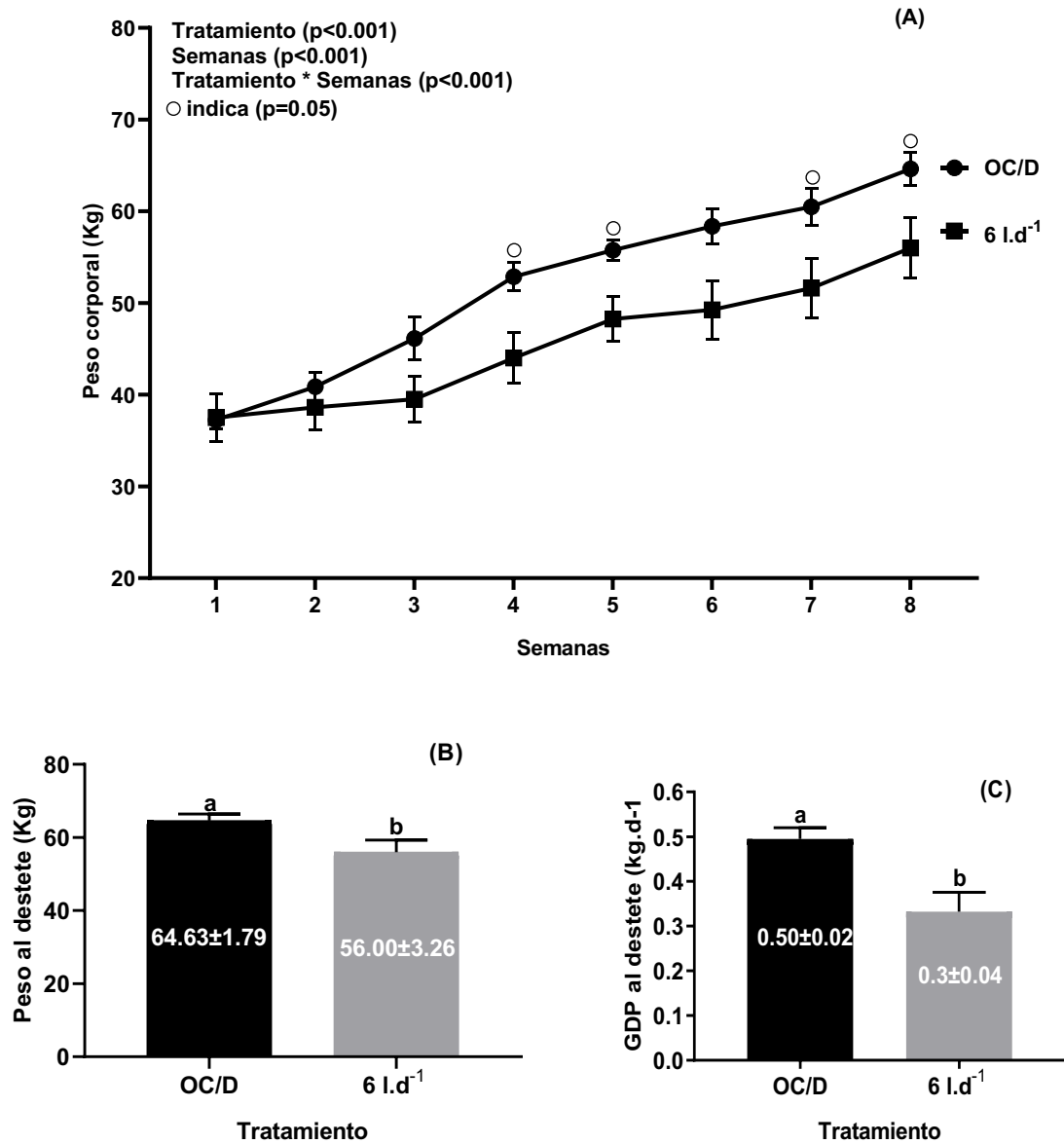


Figura 3. Media \pm error estándar del peso (kg) en función del tiempo (A), peso al destete (B) y ganancia diaria de peso al destete (C) de acuerdo con el tratamiento (C).

^{a,b} Letras diferentes indican diferencias significativas. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente, 6 l.d⁻¹: volumen de dieta líquida de 6 litros por día.

Los resultados expuestos en este estudio coinciden con lo señalado por Khan et al. (2007a), quienes reportaron pesos entre los 64,13 y 68,71 kg en animales destetados a las 7 semanas. Además, estos resultados están acorde con los estudios efectuados por Coverdale, Tyler, Quigley & Brumm (2004), donde también reportan pesos similares que oscilan entre 58,70 y 65,60 kg al destete. Por su parte Jasper & Weary (2002), utilizando un programa de crecimiento acelerado reportaron pesos al destete de 68 ± 4 kg.

Este estudio corrobora que al incrementar el consumo de energía y proteína utilizando un programa de crecimiento acelerado o crianza con ofertas de dieta líquida con orden creciente/decreciente es favorable en cuanto al desempeño de las terneras. Por su parte, Elizondo-Salazar & Sánchez-Álvarez (2012), en un estudio similar al nuestro, pero con variaciones en el volumen de leche, informaron pesos al destete de 68 ± 4 kg para animales que recibieron 8 l.d^{-1} y 62 ± 5 kg para animales alimentadas con 4 l.d^{-1} . Sin embargo, los resultados de su estudio no demostraron diferencias significativas entre tratamientos, esto probablemente pudiera deberse a la metodología de alimentación que se utilizó en los estudios, donde se suministraban 4 l para tratamiento convencional y un máximo de 8 l para el tratamiento intensivo, mientras que en nuestro estudio los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) gracias a la metodología de suministrar la dieta líquida de forma escalonada, con orden creciente/decreciente.

En cuanto a la ganancia diaria de peso al destete, también se encontraron diferencias significativas favoreciendo al tratamiento OC/D ($0,5 \text{ kg.d}^{-1}$). Sin embargo, este resultado aun pudiera ser mejor, ya que lo ideal es que la ganancia diaria de peso durante el pre-destete sea sobre los $0,8 \text{ kg.d}^{-1}$. Esto radica en que ya existe evidencia científica donde se ha correlacionado la ganancia diaria de peso con mayor producción de leche. Tal es el caso de los estudios recientes llevados a cabo por el grupo de Raethet al. (2016), informando que por cada 1 kg de GDP a las 6 semanas, la producción de leche de a 305 días mejoró en 456 kg. En un metaanálisis de Gelsinger, Heinrichs & Jones (2016) se informó que, aunque la ganancia diaria de peso antes del destete está positivamente relacionada con el rendimiento de la leche de primera lactancia, otros factores además de la ingesta y la tasa de crecimiento previos al destete son más importantes para determinar el rendimiento de la primera lactancia. Por lo tanto, los esfuerzos en la crianza de terneras deben estar encaminados a ofrecer mayor disponibilidad de nutrientes producto de una mayor ingesta de leche, de forma escalonada para promover un mejor desempeño, salud y desarrollo ruminal en esta etapa de crianza.

Crecimiento según programa de crianza empleado

De manera general hubo un efecto del tratamiento ($p < 0,001$), de las semanas ($p < 0,001$) y de la interacción tratamiento*semanas en la estatura ($p = 0,001$). A pesar de esto, los resultados de las comparaciones múltiples muestran que no hubo diferencias significativas en la estatura entre el tratamiento OC/D y 6l.d⁻¹ en las semanas ($p > 0,05$). Las terneras a las que se les suministró el tratamiento OC/D tuvieron una estatura de 75,88±0,72; 79,25±0,77; 80,88±0,58; 82,25±0,65; 83,13±0,48; 84,38±0,68; 85,88±0,67 y 86,88±0,55 cm, mientras que las terneras del grupo 6l.d⁻¹ midieron 75,38±0,92; 77,25±1,06; 78,00±0,76; 79,75±0,92; 80,88±0,81; 82,38±0,73; 83,50±0,63 y 84,13±0,90 cm durante la primera, segunda, tercera, cuarta, quinta, sexta, séptima y octava semana, respectivamente (Figura 4A).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos (Mann-Whitney U=10; $p < 0,05$). Las terneras del grupo OC/D midieron 86,8±0,54 cm, mientras que las que recibieron 6 l.d⁻¹ midieron 84,1±0,89 cm de estatura al destete (Figura 4B).

La ganancia diaria de estatura al destete (GDE,cm.d⁻¹) fue estadísticamente diferente entre grupos (Mann-Whitney U=12,5; $p = 0,04$). El grupo de terneras que recibió el tratamiento de dieta líquida con OC/D tuvieron una GDE de 0,22±0,009 cm.d⁻¹; a su vez las terneras que recibieron el tratamiento 6 l.d⁻¹ tuvieron una GDE de 0,17±0,01 cm.d⁻¹ (Figura 4C).

En cuanto a la estatura se obtuvieron diferencias estadísticas entre ambos grupos. Las terneras del grupo OC/D fueron 2,75 cm más altas que las del que recibieron 6 l.d⁻¹ (84.13 vs 86.88 cm, respectivamente). La estatura es un componente importante debido a que ya hay estudios donde se ha demostrado la asociación entre la estatura de la cadera de las terneras antes del destete y la producción de leche (Van De Stroet, Calderón, Stalder, Heinrichs & Dechow, 2016). Al respecto estos autores sugieren que las terneras con baja estatura de cadera tuvieron menor producción de leche que las terneras más altas y además las terneras de menor estatura fueron menos propensas a permanecer en el rebaño hasta la primera lactancia. En esa misma línea, los estudios llevados a cabo por Geiger, Parsons, James & Akers(2016) confirman que la alimentación con un mayor plano de nutrición durante el período previo al destete tiene efectos positivos en la ingesta, el peso corporal y en el crecimiento de los órganos sin comprometer la salud de las terneras.

En estudios llevados a cabo en Panamá por Grajales, Alvarado, Quintero, Castillo & Cedeño, (2016) se reportaron resultados similares, informando que los animales del grupo OC/D midieron en promedio 87,98 cm, a pesar de tratar con animales de diferente encaste genético estos resultados fueron similares a los encontrados en nuestra investigación (86,8±0,54 cm).

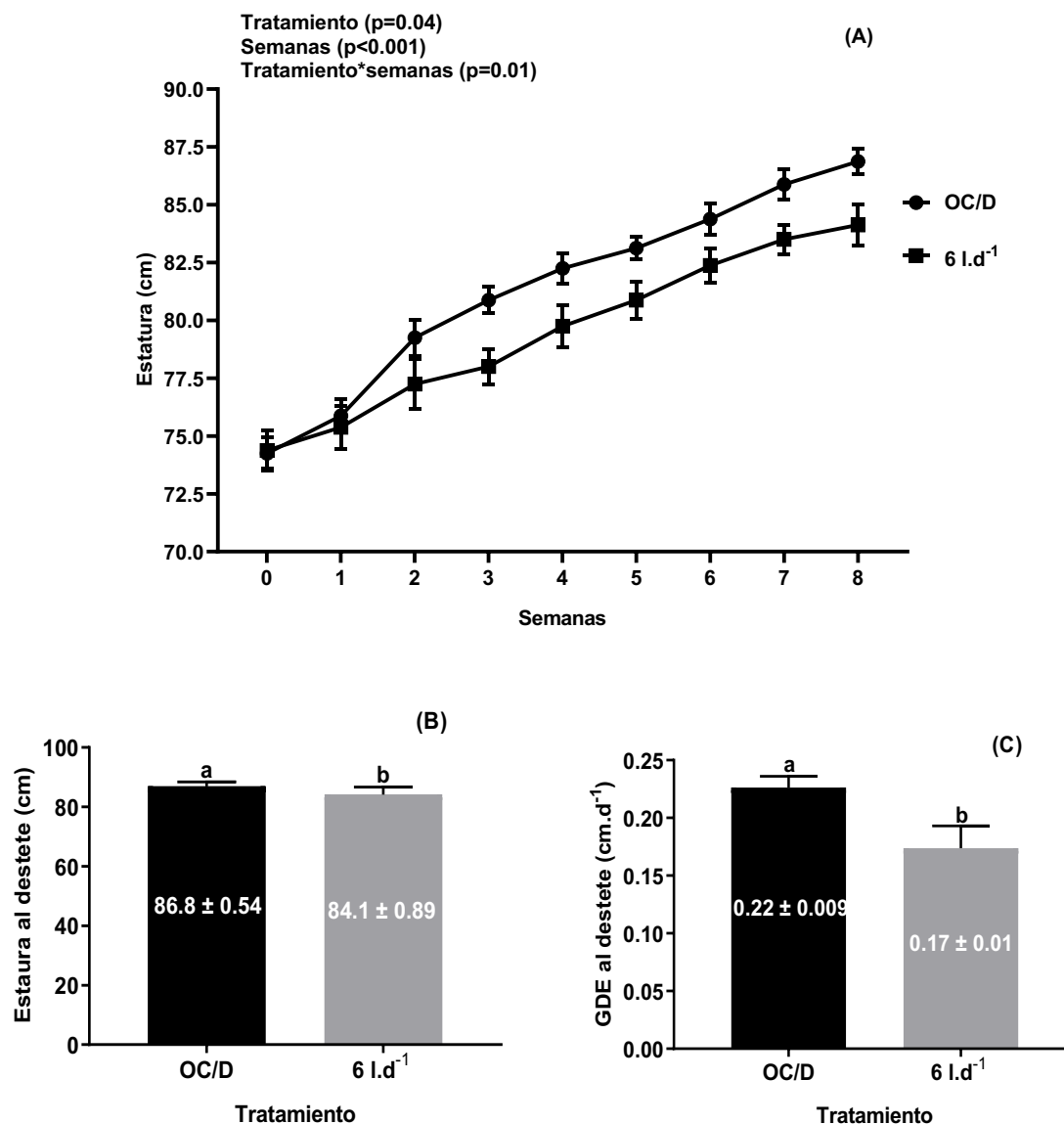


Figura 4. Media ± error estándar de la estatura (cm) en función del tiempo (A), estatura al destete (B) y ganancia diaria de estatura al destete (C) en las terneras de acuerdo con el tratamiento.

^{a,b} Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0.05). OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente, 6 l.d⁻¹: volumen de dieta líquida de 6 litros por día.

Por otra parte, Elizondo-Salazar & Sánchez-Álvarez (2012) obtuvieron resultados similares a los nuestros, donde animales del tratamiento convencional y 8 l.d^{-1} midieron 90,0 y 91,2 cm al destete, respectivamente, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre tratamientos. En una investigación realizada en Canadá por Kiezebrink, Edwards, Wright, Cant & Osborne (2015) obtuvieron ganancias de la estatura al destete de 1,2 cm beneficiando a los animales alimentados con mayor volumen de leche. Sin embargo, en nuestro estudio la diferencia en la estatura al destete fue superior (2,7 cm) más para las terneras alimentadas en el programa de crianza OC/D.

Análisis económico de ambos programas de alimentación

Los gastos en salud y mano de obra fueron iguales para ambos grupos, mientras que en la alimentación el costo variaba. Estos costos son mostrados por consumo de dieta líquida y consumo de alimento concentrado, dividido por programa de alimentación (OC/D vs 6 l.d^{-1}) durante las ocho semanas.

El costo diario promedio de crianza durante el pre-destete en base a dieta líquida fue de 2,36 y 2,52 dólares.animal⁻¹.d⁻¹ y el de consumo de concentrado fue de 0,22 y 0,16 dólares.animal⁻¹.d⁻¹ para las terneras que recibieron el tratamiento OC/D y 6 l.d^{-1} , respectivamente. Mientras que el costo de la mano de obra fue de 0,21 dólares.animal⁻¹.d⁻¹ para ambos tratamientos. De forma general el 85% de los costos en ambos grupos pertenece a la alimentación, mientras que el 15% restante está distribuido entre mano de obra y salud.

El costo total promedio de crianza hasta el destete fue de $164,80 \pm 0,70$ y $170,90 \pm 0,98$ dólares.animal⁻¹ para el grupo de terneras que recibieron el tratamiento OC/D y 6 l.d^{-1} , respectivamente ($t=5,0$; $p<0,001$). Se puede apreciar en la Figura 5 que la diferencia de costo entre ambos tratamientos es altamente significativa, con un costo menor de $6,090 \pm 1,21$ dólares a favor del grupo de terneras alimentadas con un programa de crecimiento OC/D. Las diferencias en términos económicos a favor del programa de alimentación OC/D obedecen a un menor consumo acumulado a los 56 días de leche entera, comparado con el grupo que recibió seis litros de leche de forma constante. La dieta líquida representó un costo al destete de 132,30 y 141,12 dólares para el tratamiento OC/D y 6 l.d^{-1} , respectivamente, mientras que la dieta sólida tuvo un valor al destete de 7,69 dólares para el grupo OC/D y 4,98 dólares para el grupo 6 l.d^{-1} . Aunado a esto se añade a ambos grupos los costos de salud y mano de obra con un costo de 12,43 y 12,38 dólares, respectivamente.

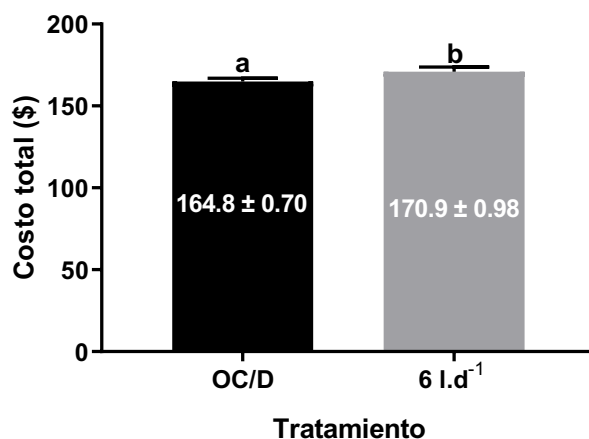


Figura 5. Media \pm error estándar del costo (dólares) de acuerdo con el programa de crianza.

^{a,b} Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.01$). OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente, 6 l.d⁻¹: volumen de dieta líquida de 6 litros por día.

Los resultados indican que, en términos económicos, el costo por kilo de ternera destetada a los 57 días fue de 2,55 y 3,05 dólares para la ternera del grupo OC/D y 6 l.d⁻¹, respectivamente. Estos resultados difieren de otras investigaciones como es el caso de Elizondo-Salazar & Sánchez-Álvarez (2012) indicando que la dieta líquida representó un mayor costo para el tratamiento 6 l.d⁻¹. Sin embargo, al considerar el costo total de la dieta líquida, el tratamiento OC/D resultó (1,85 dólares) más barato que el tratamiento 6 l.d⁻¹. También, Davis et al. (2011) reportan 1,27 dólares más para un programa de alimentación OC/D en comparación con uno tradicional. Estas diferencias en los costos se deben a la cantidad de dieta líquida suministrada en ambos estudios, el cual es superior a la cantidad de leche suministrada en esta investigación.

CONSIDERACIONES FINALES

El consumo de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y energía Metabolizable (Mcal/kg) fue superior en las primeras semanas al emplear volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. Sin embargo, en la séptima semana el efecto se revirtió por un menor aporte de nutrientes producto del descenso de la dieta líquida.

El consumo de concentrado al destete fue superior en las terneras que recibieron una dieta líquida con orden creciente/decreciente. El mejor desempeño de las terneras del tratamiento en base a dieta líquida con orden creciente/decreciente en términos de peso, ganancia diaria de

peso, peso al destete, estatura y ganancia diaria de estatura al destete podría explicarse por la mayor disponibilidad de nutrientes debido a la ingesta de leche en las primeras semanas de vida. El programa de alimentación de oferta de leche con orden creciente/decreciente demostró ser más económico que el 6 l.d⁻¹.

LITERATURA CITADA

- Bartlett, K. S., McKeith, F. K., VandeHaar, M. J., Dahl, G. E & Drackley, J. K. (2006). Growth and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein at two feeding rates. *Journal of Dairy Science*, 84, 1454–1467.
- Borderas, T.F., de Passillé, A.M.B., & Rushen, J. (2009). Feeding behavior of calves fed small or large amounts of milk. *Journal of Dairy Science*, 92, 2843–2852.
- Brown, E.G., VandeHaar, M.J., Daniels, K.M., Liesman, J.S., Chapin, L.T., Keisler, D.H., & Nielsen, M.S. (2005). Effect of Increasing Energy and Protein Intake on Body Growth and Carcass Composition of Heifer Calves. *Journal of Dairy Science*, 88(2), 585–594.
- Raeth, M., Chester-Jones, H., Ziegler, D., Ziegler, B., Schimek, D., Cook, D. L., Golombeski, G., & Grove, A. V. (2016). Pre- and postweaning performance and health of dairy calves fed milk replacers with differing protein sources. *Professional Animal Scientist*, 32(6), 833–841. <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01536>
- 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. *Journal of Dairy Science*, 87, 2554–2562.
- Davis Rincker, L.E., VandeHaar, M.J., Wolf, C.A., Liesman, J.S., Chapin, L., & Weber M.S. (2011). Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. *Journal of Dairy Science*, 94, 3554–3567.
- DCHA Gold Standards I. (2016). Production standards for Holstein calves, from birth to 6 months of age, across the United States Recuperado de: www.calfandheifer.org/?page=GoldStandards. (Consultado 06 de mar. 2020).
- De Paula, M.R., Oltramari, C.E., Silva, J. T., Gallo, M.P., Mourão, G.B., & Bittar, C.M. (2017). Intensive liquid feeding of dairy calves with a raw milk protein substitute: effects on performance, rumen, and blood parameters. *Journal of Dairy Science*, 100, 1–9.
- Drackley, J. K. (2001). Milk feeding strategies for calves: Does “accelerated growth” make sense? in Proc. 5th Annual Professional Dairy Heifer Growers Assoc. National Conf., Seattle, WA. PDHGA, Savoy, IL. 27–36 p.

- Drackley, J. K. (2005). Early growth effects on subsequent health and performance of dairy heifers. Chapter 12 in "Calf and heifer rearing: Principles of rearing the modern dairy heifer from calf to calving". Nottingham Univ. Press. P.C. Garnsworthy, ed. 213-235 p.
- Elizondo-Salazar, J., & Sánchez-Álvarez, M. (2016). Efecto del consumo de dieta líquida y alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. *Agronomía Costarricense* 36(2), 81-90.
- Elizondo, J. (2013). Requerimientos de energía para terneras de lechería. *Agronomía Mesoamericana* 24(1), 209-214.
- Elizondo-Salazar, J. A., & Sánchez-Álvarez, M. (2012). Efecto del consumo de dieta líquida y alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. *Agronomía Costarricense*, 36(2), 81-90.
- ETESA. Hidrometeorología. 2019. Recuperado de: http://www.hidromet.com.pa/clima_historicos.php.%20. Consultado 06 de mar. 2020).
- Faber, S. N., Faber, N. E., McCauley, T. C., & Ax, R. L. (2005). Case Study: Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *Professional Animal Scientist*, 21, 420-425.
- Geiger, A. J., Parsons, C. L. M., James, R. E., & Akers, R. M. (2016). Growth, intake, and health of Holstein heifer calves fed an enhanced preweaning diet with or without postweaning exogenous estrogen. *Journal of Dairy Science*, 99, 3995-4004.
- Gelsinger, S.L., Heinrichs, A.J., & 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, 1-9.
- Grajales, J., Alvarado, J., Quintero, E., Castillo, M., & Cedeño, H. (2016). Efectividad de la utilización de un programa de crecimiento acelerado o programación metabólica en terneras Holstein en un establecimiento de la cuenca lechera de Panamá. *Actualidad educativa Latinoamericana*, 7, 2-10.
- "One-way ANOVA followed by Dunnett's multiple comparisons test was performed using GraphPad Prism version 8.0.2 for Windows, GraphPad Software, San Diego, California USA, www.graphpad.com".
- Hammon, H. M., Schiessler, G., Nussbaum, A., & Blum, J. W. (2002). Feed intake patterns, growth performance, and metabolic and endocrine traits in calves fed unlimited amounts of colostrum and milk by automate, starting in the neonatal period. *Journal of Dairy Science*, 85, 3352-3362.
- Huuskonen, A., & Khalili, H. (2008). Computer-controlled milk replacer feeding strategies for group-reared dairy calves. *Livestock Science*, 113, 302-306.

- Jasper, J., & Weary, D.M. (2002). Efectos de la ingesta de leche ad libitum en terneros lecheros. *Journal of Dairy Science*, *85*, 3054–3058.
- Kiezebrink, D.J., Edwards, A.M., Wright, T. C., Cant, J.P., & Osborne, V.R. (2015). Effect of enhanced whole-milk feeding in calves on subsequent first-lactation performance. *Journal of Dairy Science*, *98*, 349-356.
- Khan, M.A., Weary, D.M., & von Keyserlingk, M.A.G. (2011). Effects of milk ration on solid feed intake weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, *94*, 1071-1081.
- Khan, M., Lee, H., Lee W., Kim, H., Kim, 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. *Journal of Dairy Science*, *90*, 3376-3387.
- Khan, M.A., Lee, H.J., Lee, W.S., Kim, H.S., Ki, S.B., Ki, K.S., Ha, J.K., Lee, H.G. & Choi, Y.J. (2007b). Pre- and Postweaning Performance of Holstein Female Calves Fed Milk Through Step-Down and Conventional Methods. *Journal of Dairy Science*, *90*, 876–885.
- Leão, J. M., Lima, J. A. M., Lana, A. M. Q., Saturnino, H. M., Reis, R. B., Barbosa, F. A., Azevedo, R. A., Sá Fortes, R. V., & Coelho, S. G. (2016). Performance of crossbred heifers in different step-down waste milk-feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production*, *48*, 1607–1612.
- Marrón, E.G., VandeHaar, M.J., Daniels, K.M. Liesman, J.S., Chapin, L.T., Keisler, D.H., & Weber, M.S. (2005). Effect of increased energy and protein intake on body growth and calf carcass composition. *Journal of Dairy Science*, *88*, 585-594.
- Miller-Cushon, E. K., Bergeron, R., Leslie, K. E., & DeVries, T. J. (2013). Effect of milk feeding level on development of feeding behavior in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *96*(1), 551–564.
- NRC (National Research Council). (2001). Nutrient requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Washington, DC., USA. National Academy Press.
- Omid-Mirzaei, H., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Moshiri, B., Mirzaei, M., Pezeshki, A., & Ghaffari, M. H. (2015). Effects of the step-up/step-down and step-down milk feeding procedures on the performance, structural growth, and blood metabolites of Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *98*(11), 7975–7981.
- Raeth-Knight, M., H. Chester-Jones, S., Hayes, J. Linn., R. Larson, D., Ziegler, B., Zeigler, & Broadwater, N. (2009). Impact of conventional or intensive milk replacer programs on Holstein heifer performance through six months of age and during first lactation. *Journal of Dairy Science*, *92*, 799–809.

- Rosenberger, K., Costa, J. H. C., Neave, H. W., von Keyserlingk, M. A. G. & Weary, D. M. (2017). The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *100*, 504–512.
- Silper, B.F., Lana, A.M.Q., Carvalho, A.U., Ferreira, C.S., Franzoni, A.P.S., Lima, A.M., Saturnino, H.M., Reis, R.B., & Coelho, S.G. (2014). Effects of milk replacer feeding strategies on performance, ruminal development, and metabolism of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *97*, 1016–1025.
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R.W., & Van Amburgh, M.E. (2012). Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *95*, 783–793.
- Soberon, F., & Van Amburgh, M. E. (2011). Effects of colostrum intake and pre-weaning nutrient intake on post-weaning feed efficiency and voluntary feed intake. *Journal of Dairy Science*, *94*(1), 69.
- Soberon, F., & Van Amburgh, M.E. (2013). Breastfeeding Biology Symposium. The effect of the nutrient intake of milk or the milk substitute of preheated dairy calves on the performance of lactation milk in adults: a meta-analysis of current data. *Journal of Dairy Science*, *91*, 706–712.
- Stamey, J. A., Janovick, N. A., Kertz, A. F., & 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.
- StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.
- Van De Stroet, D. L., Calderón, J. A., Stalder, K. J., Heinrichs, A. J., & Dechow, C. D. (2016). Association of calf growth traits with production characteristics in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *99*, 8347–8355.
- Zanton, G.I. & Heinrichs, A.J. (2005). Meta-analysis to assess effect of prepubertal average daily gain of Holstein heifers on first-lactation production. *Journal of Dairy Science*, *88*, 3860–3867.