

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS

**Evaluación de un programa de crianza con oferta de volúmenes de leche
con orden creciente/decreciente en el desarrollo y rendimiento de terneras
Jersey en la Finca Experimental Santa Lucía**

Trabajo final de graduación en modalidad de tesis de grado para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería
Agronómica

Estudiante

Bach. Fiorella Sofía Rodríguez Quesada

Tutor

M Sc. Miguel Castillo Umaña

Asesores

M Sc. Andrés Alpízar Naranjo

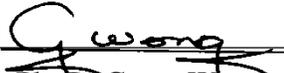
M Sc. Joseph Kaled Grajales Cedeño

Campus Omar Dengo

Heredia, Costa Rica, 2021

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR



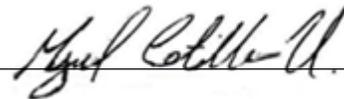
Ph. D. Grace Wong

Decano de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar



Dr. Rafael Evelio Granados

Director de la Escuela de Ciencias Agrarias



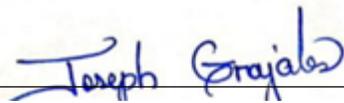
M Sc. Miguel Castillo Umaña

Tutor



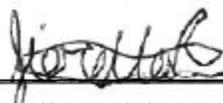
M Sc. Andrés Alpízar Naranjo

Lector



M Sc. Joseph Kaled Grajales Cedeño

Lector



Bach. Fiorella Rodríguez Quesada

Postulante

RESUMEN

Los sistemas de crianza convencionales están basados en métodos que restringen la ingesta líquida de leche diaria a una proporción de 10 % del peso vivo de las terneras. Este generalmente está asociado con un rendimiento reducido por falta de nutrientes, salud pobre y una productividad más baja. El sistema con oferta de volúmenes de leche con orden creciente/decreciente (OC/D) se da como una alternativa que posee como base el comportamiento natural del animal, el cual equivale a 2 o 3 veces más leche que en la crianza convencional, resultando en mayores ganancias de peso y mejores rendimientos productivos, aumentando la rentabilidad del sistema. El objetivo del presente estudio fue evaluar un programa de crianza OC/D en el desarrollo y rendimiento de terneras Jersey que sirva de recomendaciones viables en cuanto al manejo de terneras a productores lecheros. Se utilizaron un total de 16 terneras Jersey, asignadas aleatoriamente al grupo OC/D o convencional (8 animales por grupo). Se determinó el consumo de alimento sólido para ambos grupos al medirse diariamente por medio de una balanza. También, se obtuvo el peso, la altura a la cruz y la cadera de manera semanal, utilizando una balanza electrónica y regla de medición respectivamente. Se llevó un registro diario de la consistencia fecal y muertes de los animales. Los datos fueron analizados por medio del programa estadístico Graph Pad Prism V.9.2.0, donde se utilizó la prueba T Student para evaluar la diferencia entre medias. Se determinó el costo de producción de un kilogramo de ternera destetada, para lo cual se llevó un registro diario de los gastos referentes a la crianza de cada animal y posteriormente se analizaron los datos mediante el programa Excel® de Microsoft. El consumo de alimento concentrado fue igual para ambos tratamientos. Sin embargo, el grupo OC/D presentó mayor ingesta al destete. Se dio un efecto del tratamiento en el peso de las terneras, así como un mayor peso al destete y ganancias de peso diario para el grupo OC/D. La altura a la cruz y cadera fue similar para ambos tratamientos, alcanzando los márgenes esperados de altura. No se presentaron diferencias en las consistencias fecales de los grupos, ni se dio la muerte de terneras. El tratamiento OC/D fue más costoso que el convencional, sin embargo, este último presentó un costo por kilo de ternera destetada mayor, lo que indica que el grupo OC/D fue más eficiente económicamente.

ABSTRACT

Conventional rearing systems are based on methods that restrict the daily fluid intake of milk to a proportion of 10% of the live weight of calves. This is generally associated with reduced performance due to lack of nutrients, poor health, and lower productivity. The system with supply of milk volumes in increasing/decreasing order (OC/D) is given as an alternative based on the natural behavior of the animal, which is equivalent to 2 or 3 times more milk than in conventional breeding, resulting in greater weight gains and better production yields, increasing the profitability of the system. The objective of this study was to evaluate an OC/D rearing program in the development and performance of Jersey calves that serves as viable recommendations regarding the management of calves to dairy producers. A total of 16 Jersey calves were used, randomly assigned to the OC/D or conventional group (8 animals per group). Solid food consumption was determined for both groups when measured daily by using a floor weighing scale. Also, weight, height at withers and hips were obtained on a weekly basis, using an electronic scale and measuring ruler, respectively. A daily record was kept of the fecal consistency and deaths of the animals. The data were analyzed through the statistical program Graph Pad Prism V.9.2.0, using the Student's T test to evaluate the difference between means. The production cost of one kilogram of weaned calf, for which a daily record of the expenses related to the rearing of each animal was kept and the data were subsequently analyzed using the Microsoft Excel® program. The consumption of concentrated feed was the same for both treatments. However, the OC/D group had a higher intake at weaning. There was an effect of treatment on calf weight, as well as higher weaning weight and daily weight gains for the OC/D group. Height at withers and hip was similar for both treatments, reaching the expected height margins. There were no differences in the fecal consistencies of the groups, also, no calf died. The OC/D treatment was more expensive than the conventional, however, this last one presented a higher cost per kilo of weaned calf, which indicates that the OC/D group was more efficient economically.

DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud y constancia para poder llevar a cabo esta investigación.

A mi madre, padre y abuela por ser los principales pilares en mi vida, quienes con su ejemplo me motivaron a esforzarme para cumplir mis metas.

A mi novio Alejandro por su ayuda, amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional de Costa Rica por formarme como profesional.

De corazón gracias a todas las personas que laboran en la Finca Experimental Santa Lucía, principalmente a José Enrique León y al Lic. José Enrique Padilla, por su ayuda durante mi trabajo en la finca.

Quiero agradecer a mi tutor M Sc. Miguel Castillo, a mis asesores M Sc. Joseph Grajales y M Sc. Andrés Alpízar, por su apoyo y dedicación para el desarrollo de esta investigación.

Gracias a mi novio Alejandro Retana, por su constante ayuda y esfuerzo día a día acompañándome a realizar las labores de campo durante todo el proceso.

ÍNDICE

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1. Raza de bovinos Jersey	4
3.2. Desarrollo fisiológico de terneras	4
3.3. Crianza y desarrollo de terneras	6
3.4. Crianza convencional	6
3.5. Crianza intensiva	7
3.6. Efectos del régimen de alimentación OC/D en terneras	7
3.7. Evaluación de parámetros productivos y de crecimiento	8
3.8. Morbilidad y mortalidad en terneras pre-destete	9
3.9. Aspectos económicos de la evaluación de ensayos en terneras	10
4. METODOLOGÍA	12
4.1. Localización	12
4.2. Animales utilizados y su manejo	12
4.3. Tratamientos	12
4.4. Diseño experimental	13
4.5. Variables a evaluar	14
4.5.1. Consumo de alimento sólido	14
4.5.2. Peso y altura	14
4.5.3. Morbilidad y mortalidad	14

4.6.	Análisis estadístico	14
4.7.	Análisis de costo-beneficio	15
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
5.1.	Consumo de alimento sólido, leche y nutrientes	16
5.1.1.	Consumo de alimento concentrado por semana	16
5.1.2.	Consumo diario de alimento concentrado al destete	21
5.1.3.	Consumo de heno	22
5.1.4.	Consumo de materia seca total, proteína y energía metabolizable por semana según programa de alimentación	24
5.2.	Peso y altura	28
5.2.1.	Peso y ganancia de peso diaria	28
5.2.2.	Peso al destete	30
5.2.3.	Estatura a la cruz semanal y al destete	32
5.2.4.	Estatura a la cadera semanal y al destete	34
5.2.5.	Ganancia diaria de estatura a la cruz y cadera	37
5.3.	Morbilidad y mortalidad	39
5.3.1.	Consistencia fecal	39
5.3.2.	Mortalidad	41
5.4.	Análisis de costo-beneficio	42
6.	CONCLUSIONES	44
7.	RECOMENDACIONES	45
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
7.	ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de alimentos sólidos ofrecidos a las terneras. 13

Tabla 2. Costo total de crianza por ternera para el tratamiento con volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente y convencional (4 litros por día) desde el nacimiento al destete..... 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Litros de leche entera ofrecidos por semana para las terneras del sistema de crecimiento intensivo.	13
Figura 2. Consumo promedio diario de concentrado (Kg de MS) por semana de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	17
Figura 3. Media del consumo diario por semana de dieta líquida (litros de leche) y concentrado (Kg) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente (a). CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día (b).	18
Figura 4. Consumo total de leche entera de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	19
Figura 5. Media del consumo diario (Kg/día) de concentrado al destete de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	21
Figura 6. Consumo diario de heno en materia seca (Kg) por semana de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	23
Figura 7. Consumo de materia seca (a), proteína cruda (b) y energía metabolizable (c) por semana según tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	26
Figura 8. Media del peso corporal (Kg) de acuerdo con las semanas en función de los tratamientos. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	28
Figura 9. Media de ganancia de peso diario (Kg/día) en los tratamientos. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	29
Figura 10. Media del peso al destete de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	31

Figura 11. Media de la estatura a la cruz (cm) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día. ...	32
Figura 12. Media de la estatura a la cruz al destete (cm) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	33
Figura 13. Media de la estatura a la cadera (cm) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	35
Figura 14. Media de la estatura a la cadera al destete (cm) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	35
Figura 15. Media de la ganancia diaria de estatura a la cruz (a) y cadera (b) al destete (cm/d) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.	38
Figura 16. Media del score fecal diario de acuerdo con los tratamientos en función de las semanas. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de clasificación de la consistencia fecal para los terneros. 57

Anexo 2. Consumo de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable de los tratamientos.... 58

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C: Grados Celcius
am: Antes de medio día
Ca: Calcio
Ce: Cenizas totales
cm: Centrímetros
cm/d: Centímetros por día
CMS: Consumo de materia seca
CON: Convencional
ED: Energía digestible
EE: Extracto etéreo
EM: Energía metabolizable
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FC: Fibra cruda
FDA: Fibra detergente ácido
FND: Fibra neutro detergente
g: Gramos
GDP: Ganancia diaria de peso
GH: Growth hormone
IGF-1: Factor de crecimiento insulínico tipo 1
IMN: Instituto Metereológico Nacional
INDER: Instituto de Desarrollo Rural
INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos
Kcal: Kilocaloría
Kg/día: Kilogramo por día
Kg: Kilogramos
L/día: Litros por día
L: Litros
Mcal/kg: Megacaloría por kilogramo
MS: Materia seca
msnm: Metros sobre el nivel del mar
N: Norte
O: Oeste

OC/D: Sistema de crianza con oferta de volúmenes de leche con orden creciente/decreciente

p: Porcentaje de significancia

P: Fósforo

PC: Proteína Cruda

pm: Posterior a medio día

U.S: United States of America

1. INTRODUCCIÓN

Costa Rica cuenta con un total de 1 278 817 vacunos en 37 171 fincas, de las cuales 25.6% se dedican a la producción de leche especializada (INEC, 2015). Según Cordero, Vargas, León, Chacón y Martínez (2015), al analizar la diversidad genética del ganado bovino en el país, las razas lecheras más importantes corresponden a Jersey (siendo la más abundante), seguida por Holstein, Guersey y Pardo Suizo. Los bovinos *Bos Taurus*, específicamente de la raza Jersey, son muy utilizados en la región tropical debido a su gran adaptación a las condiciones climáticas, características anatómicas y por ser productores de leche de alta calidad (Vargas y Díaz, 2016).

La alimentación representa el mayor costo variable en la mayoría de los sistemas productivos lecheros y el factor que más influye en la rentabilidad, con la particularidad de que el productor tiene muy poco control sobre este. La habilidad de reducir los costos relacionados con el consumo de alimento sin que ocurra un efecto negativo en el crecimiento, la reproducción y la calidad de la leche, se ha convertido en la prioridad de los productores. La eficiencia en el uso del recurso alimentario es de suma importancia debido a que los costos de alimentación representan de 40 a 60 % en las actividades productivas de ganado lechero (Alpízar, 2016).

Otro elemento esencial dentro de un sistema productivo es la cría y desarrollo de hembras de reemplazo, ya que permite sustituir y renovar el hato productivo, así como realizar mejoramiento genético (Elizondo, 2015). Lo que se espera a partir de una adecuada crianza de reemplazos es poder desarrollar hembras saludables que realicen su primer parto a los 24 meses de edad. Sin embargo, esto requiere una alta inversión en cuanto a alimentación, capital, productos veterinarios, mano de obra, entre otros (Elizondo y Solís, 2018).

Se han realizado estudios en los que se analiza el efecto de incrementar la cantidad de leche brindada hasta un aproximado del 20 % peso vivo, éstos indican mayor ganancia de peso, comportamiento más natural de los terneros, reducción de signos de hambre y mejoramiento de la salud (Khan, Weary y Von Keyserlingk, 2011a). Este método de alimentación se ha descrito utilizando una variedad de términos, incluida la nutrición temprana acelerada, crecimiento acelerado, nutrición mejorada, nutrición intensificada y crecimiento biológicamente apropiado (Khan *et al.*, 2011a).

El sistema de crecimiento con oferta de volúmenes de leche con orden creciente/decreciente (OC/D) se da como una alternativa al método de crianza convencional que posee como base el comportamiento natural, así como principios del bienestar animal y el abastecimiento de leche sin restricción. Esta se

brinda en cantidades semejantes a lo que toma el ternero estando al pie de la vaca, lo que equivale a 2 o 3 veces más leche que en la crianza convencional (Rodríguez, Sarramone y Bilbao, 2017). Una alimentación basada en cantidades mayores de leche ofrecida resulta en mayores ganancias de peso antes del destete, incluso luego del destete esta ganancia de peso es persistente (Rosenberger, Costa, Neave, Keyserlingk y Weary, 2017). Asimismo, se reporta que aquellas terneras que han sido alimentadas con leche entera *ad libitum* son capaces de presentar rendimientos más altos de producción de leche en la primera lactancia (Moallem *et al.*, 2010).

Los sistemas de crianza y desarrollo de terneras se han basado tradicionalmente en métodos que restringen la ingesta líquida de leche diaria a una proporción del 10% peso vivo del animal (Elizondo, 2009). Este sistema de alimentación restringido está generalmente asociado con un rendimiento reducido por falta de nutrientes, salud pobre y productividad más baja de terneros lecheros (Khan *et al.*, 2007b), además de un efecto negativo sobre el bienestar del animal. Esto puede generar que no se desarrolle de manera adecuada el potencial genético, resultando en la disminución de producción de leche en el momento que las terneras alcancen la edad adulta (Khan *et al.*, 2007b), siendo esto un sistema que puede resultar más costoso a largo plazo al aumentar los costos de producción en esta etapa de vida.

Las buenas prácticas de manejo y alimentación en la crianza de terneras no son prioridad en muchas fincas lecheras en Costa Rica (Castro y Elizondo, 2012). Por este motivo, actualmente se busca un método de cría que genere hembras en óptimas condiciones y con bajos costos. También, que retribuya al productor la inversión realizada para el desarrollo de acuerdo con los rendimientos productivos futuros que pueda brindar el animal.

En Costa Rica existen algunos estudios que comparan un sistema de crianza convencional respecto a un sistema de crecimiento OC/D (Elizondo y Sánchez, 2012). Sin embargo, no se han realizado evaluaciones en terneras de raza Jersey utilizando este programa de alimentación. Por lo que la investigación pretende evaluar un programa de crianza OC/D en el desarrollo y rendimiento de terneras Jersey, con la finalidad de aportar opciones que sean técnica y económicamente viables para los productores de leche bovina, en función de mejorar la rentabilidad de los sistemas de producción lecheros.

2. OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar un programa de crianza con oferta de volúmenes de leche con orden creciente/decreciente en el desarrollo y rendimiento de terneras Jersey que sirva de recomendaciones viables en cuanto al manejo de terneras a productores lecheros.

Objetivos Específicos:

- Determinar el consumo en kilogramos de materia seca/animal/día de dieta sólida (alimento concentrado y paca de heno) de ambos programas de alimentación.
- Determinar parámetros de crecimiento y productivos en terneras sometidas a un sistema de alimentación con oferta de volúmenes de leche con orden creciente/decreciente y otro convencional.
- Analizar los parámetros de morbilidad y mortalidad de las terneras para la estimación del nivel de salud del hato en los distintos programas de alimentación.
- Especificar el costo-beneficio de ambos programas de alimentación para la estimación del sistema de menor costo.

Hipótesis

Ho: No existe diferencia significativa entre un sistema de alimentación convencional y uno de crecimiento con oferta de volúmenes de leche con orden creciente/decreciente en cuanto a ganancia de peso, estatura, consumo de dieta sólida, morbilidad, mortalidad y costo beneficio.

Ha: Existe diferencia significativa entre un sistema de alimentación convencional y uno de crecimiento con oferta de volúmenes de leche con orden creciente/decreciente en cuanto a ganancia de peso, estatura, consumo de dieta sólida, morbilidad, mortalidad y costo beneficio.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Raza de bovinos Jersey

Según Bulacio y Castillo (2014), la raza Jersey es la más difundida de las razas lecheras inglesas. Ésta es originaria de la isla de Jersey, situada en el Canal de la Mancha, en ella la raza adquirió sus principales características adaptándose a las necesidades de los habitantes y posibilidades forrajeras limitadas. En el año 1743, los isleños al notar la particularidad de las vacas, deciden preservar sus características al impedir la entrada de bovinos que no fueran destinados para faena. De esta forma se asegura la pureza genética de la raza; para el año 1784 comienzan a exportar ejemplares a Inglaterra (Bulacio y Castillo, 2014).

De acuerdo con lo indicado por Mendoza (2017), en sus características físicas destaca por ser la más ligera de las razas lecheras (peso promedio 430 kilogramos), así como la más refinada (angulosidad y proporción). Presenta piel fina y pelo corto cuyo color varía de café a café negruzco, cabeza pequeña con una hendidura o concavidad frontal característica, ojos saltones y hocico oscuro. Asimismo, destacan sus características funcionales, siendo su leche la más rica en grasa y sólidos totales. La producción corresponde a 21.2 kilogramos de leche al día, con una composición de 4.77% grasa y 3.64% proteína (Díaz y García, 2013).

3.2. Desarrollo fisiológico de terneras

Entre los principales objetivos de la alimentación temprana en terneras se encuentra el desarrollo ruminal, el cual tiene como finalidad lograr la capacidad de utilizar y aprovechar los forrajes. Según Castro y Elizondo (2012), para obtener este desarrollo, el tracto gastrointestinal y el rumen deben sufrir una serie de cambios anatómicos y fisiológicos, los cuales son estimulados o acelerados por el tipo de dieta que se brinde. Esto tiene relación directa con la producción de ácidos volátiles de la fermentación que ocurre en el rumen. El butirato y en menor grado el propionato, estimulan el desarrollo de la mucosa en el rumen ya que se utilizan como fuentes energéticas para el epitelio ruminal. Por lo que en edades tempranas se estimula el consumo de alimento balanceado, lo cual proveen altas concentraciones de ácidos grasos volátiles requerido para el desarrollo papilar óptimo.

En los terneros recién nacidos los requerimientos nutricionales son satisfechos mediante el consumo de calostro, el cual es digerido en el abomaso y en el posterior tracto gastrointestinal. Esto provee energía, nutrientes esenciales, así como moléculas que contribuyen al sistema inmunológico del animal (Meale, Chaucheyras, Berends, Guan y Steele, 2017). En la fase pre destete la mayoría de la

energía se obtiene mediante la leche, el cual debido al cierre del surco reticular se desvía del rumen y entra directamente en el abomaso (Baldwin, Mcleod, Klotz, y Heitmann, 2004).

Se cree que la maduración del rumen inicia debido a la ingesta de alimento sólido, sin embargo, esto puede ocurrir mucho antes, ya que el consumo de dieta sólida estimula un rápido aumento de la fermentación ruminal (Meale *et al.*, 2017). Las principales actividades enzimáticas (fibrólisis, amilólisis, proteólisis y ureólisis) de la microbiota ruminal han sido observadas en el rumen desde los 4 días de edad (Sahoo, Kamra, y Pathak, 2005). La inoculación microbiana del rumen de un recién nacido inicia inmediatamente después del parto, a través del canal vaginal, material fecal, calostro, piel y saliva de la madre (Meale *et al.*, 2017). Sin embargo, poblaciones como metanógenos, bacterias fibrolíticas y *Proteobacteria* se han detectado en el rumen a menos de 20 minutos de haber nacido el ternero, lo que sugiere una inoculación que ocurre incluso antes del nacimiento (Guzmán, Bereza, De Groef, y Franks, 2015).

Rápidos cambios ocurren en la composición de la comunidad bacteriana del rumen en los primeros días del ternero. En el que se da el establecimiento de bacterias aeróbicas o anaeróbicas facultativas como *Proteobacteria* o *Streptococcus* las cuales son rápidamente suplantadas por comunidades de bacterias anaeróbicas como *Coprococcus*, *Ruminococcus*, *Prevotella* (Jami, Israel, Kotser y Mizrahi, 2013). La importancia de estas bacterias aeróbicas recae en que poseen la capacidad de crear condiciones ecológicas que permiten el establecimiento de comunidades anaerobias en el rumen (Meale *et al.*, 2017). En el proceso del destete, en el que la leche es completamente removida de la dieta, se generan grandes cambios morfológicos, así como la capacidad total del rumen que aumenta de un 30% a un 70% de la totalidad del tracto gastrointestinal (Meale *et al.*, 2017).

El desarrollo de la ubre presenta distintas etapas de crecimiento que se deben tomar en consideración para una adecuada crianza de los animales de reemplazo. Según Grajales y Castillo (2016), en la etapa antes del destete (2-3 meses) la ternera posee un crecimiento isométrico, por lo que las altas tasas de crecimiento no producen un efecto negativo en el desarrollo normal de las estructuras de la glándula mamaria. En este periodo se puede favorecer una mayor tasa de crecimiento magro, sin causar problemas en el desarrollo mamario, así como la ingesta de alto contenido de proteínas que puede ser beneficioso para obtener buenos rendimientos de peso al destete. Sin embargo, en el periodo pre pubertal (3-8 meses) post destete, se presenta un crecimiento alométrico, por lo que una sobrealimentación podría impactar negativamente sobre el desarrollo adecuado de la glándula

mamaria, ya que produce un aumento en el tejido graso y una disminución en el tejido del parénquima que a futuro contiene el tejido alveolar que sintetiza la leche.

3.3. Crianza y desarrollo de terneras

La sustitución de las vacas de ordeño es muy importante debido a que en ellas recae el desempeño futuro del sistema de producción. La crianza es la primera etapa en el proceso de reemplazo, la cual abarca los primeros 2 meses de vida, que luego continúa con una segunda etapa llamada recría hasta el primer parto (2 años aproximadamente) (Dichio *et al.*, 2015). La crianza puede realizarse de manera “natural” al pie de la vaca, pero se recomienda realizarlo de manera “artificial” en el que se separa el ternero de la madre a los pocos días de nacido (Dichio *et al.*, 2015), para aprovechar la leche de la madre. Los métodos de crianza artificial cuentan con distintos regímenes de alimentación.

La cantidad y el método de alimentación con leche en terneras puede afectar de manera fisiológica, inmunológica, el comportamiento y características económicas de la producción. La cantidad de leche ofrecida en la etapa pre destete no sólo tiene influencia el consumo de dieta sólida, crecimiento y salud; sino también el desarrollo del intestino, crecimiento de la glándula mamaria y capacidad en la producción de leche (Khan *et al.*, 2011a).

3.4. Crianza convencional

El objetivo general de un sistema de alimentación convencional es el de estimular el consumo de alimento sólido en el rumiante, lo que promueve el desarrollo del rumen permitiendo un destete más temprano sin darse una reducción en el rendimiento productivo (De Paula *et al.*, 2017). En este método se suministra una cantidad de leche constante con restricciones que van del 8% al 10% del peso vivo del ternero, por lo que en animales de 40 kilogramos de peso corresponde a 4 litros que se dan en 2 tomas al día (Lagger, 2010).

Al limitar el consumo de leche estimula la ingesta de alimento concentrado y heno, lo que facilita el destete a las 7 o 8 semanas de edad (Khan *et al.*, 2011a). Se ha demostrado que el crecimiento de las papilas del rumen es estimulado por ácidos grasos volátiles, en particular el butirato, cuya producción es mayor en terneros que consumen mayores cantidades de concentrado (Khan *et al.*, 2011a). Esto brinda una ventaja, ya que sugiere que una exposición temprana a dieta sólida puede mejorar la función del rumen. Como resultado, bajos volúmenes de leche brindados en la dieta son utilizados con el fin de incrementar el consumo de concentrado, lo que promueve el desarrollo del rumen, y una edad más temprana para realizar el destete.

Entre las desventajas que se encuentran al utilizar este sistema de alimentación es que los índices de crecimiento son menores que terneros criados por la vaca, así como un menor consumo de nutrientes que contribuye a aumento en índices de mortalidad y morbilidad, que son frecuentes en esta industria (National Animal Health Monitoring System (U.S.), 2007). Además, puede causar hambre crónica, ya que bajo este régimen son incapaces de llenar sus requerimientos energéticos diarios (Ellingsen, Mejdell, Ottesen, Larsen y Grøndahl, 2016). Una nutrición inadecuada puede incrementar los costos, debido a la extensión del periodo de crianza, así como un inicio tardío de la madurez sexual (Krapalkova *et al.*, 2014).

3.5. Crianza intensiva

En contraste, se encuentran los programas de crecimiento intensivo o acelerado, que permiten a los terneros ingestas de dieta líquida (leche íntegra o reemplazador de leche) mayores en la etapa temprana de vida. Esto se aproxima en mayor medida a las condiciones naturales en las que el ternero poseería acceso *ad libitum* a la leche de la vaca. Los rangos de ingesta líquida en estos sistemas son aproximadamente el doble de lo que se consume en programas convencionales (Drackley, 2008), por lo que se debe ofrecer en una proporción de alrededor de un 20% del peso corporal del ternero.

Estos programas de crianza acelerada con la utilización de leche entera son exitosos cuando se utiliza un plan de OC/D o destete gradual (Drackley, 2008). En este sistema, las cantidades de leche deben brindarse de manera gradual, incrementándose poco a poco hasta alcanzar un punto máximo de ingesta, seguido de una disminución que permita al ternero un consumo de alimento sólido adecuado para el destete. Según lo recomendado por Elizondo (2009) en el caso de las terneras Jersey, el consumo aproximado de alimento sólido es de 450 gramos por día, durante tres días consecutivos, para ser destetadas.

3.6. Efectos del régimen de alimentación OC/D en terneras

Entre los beneficios de mejorar el estado nutricional en las primeras semanas de vida de las terneras se puede incluir alcanzar la edad reproductiva más rápidamente, ya que un peso al destete mayor puede disminuir la edad a la primera monta y por lo tanto también al primer parto, reduciendo los costos de producción (Korst *et al.*, 2017). Además, se puede desarrollar la habilidad de resistir a desafíos infecciosos y un aumento en la subsecuente producción de leche (Gelsinger, Heinrichs y Jones, 2016). Al incrementar el consumo de leche se da un aumento en las ganancias de peso y un mayor crecimiento con respecto a terneros que son alimentados con dietas convencionales. Esta

ventaja se puede mantener después del destete al menos hasta las 9 semanas de edad (Rosenberger *et al.*, 2017).

El consumo de leche *ad libitum* o en grandes cantidades durante el periodo pre destete puede reducir o atrasar el consumo de alimento sólido (Khan *et al.*, 2011a). Un menor consumo de concentrado por parte del ternero se encuentra asociado a un pobre rendimiento pos destete, probablemente por un retraso en el desarrollo del rumen (Baldwin *et al.*, 2004). Asimismo, la menor ingesta de sólidos cuando las terneras beben leche en grandes cantidades conduce un retraso en el crecimiento posterior al destete, debido a un mayor estrés al ajuste a alimentos sólidos (Eckert, Brown, Leslie, DeVries, y Steele, 2015). Por esta razón, se recomienda realizar sistemas de alimentación con volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente, los cuales consisten en un aumento gradual y posterior disminución del suministro de leche en el periodo de lactancia, con el fin de evitar un retraso en el desarrollo del rumen.

3.7. Evaluación de parámetros productivos y de crecimiento

Se han utilizado parámetros para medir el crecimiento y desarrollo de los animales en diversos estudios en los cuales se comparan dos dietas distintas. Entre ellos se incluyen mediciones semanales de peso y de altura (a la cruz y cadera), con el fin de llevar registros del crecimiento que presentan los animales a lo largo de la investigación. Estas se deben realizar siempre a la misma hora y día de la semana para reducir inconsistencias y disminuir el error en los datos (Elizondo y Sánchez, 2012)

En una investigación realizada por Khan *et al.* (2007a) se compararon dos dietas brindadas a terneros Holstein en el cual se comparó los resultados de una dieta convencional (10% del peso vivo del animal de leche) y un programa escalonado o Step Down. Para evaluar parámetros de crecimiento se realizaron pruebas estadísticas que involucran el análisis de datos en parámetros como la altura a la cruz, altura a la cadera y peso del animal con la finalidad de establecer diferencias entre ambos tratamientos. Las terneras alimentadas mediante el método escalonado obtuvieron mayores ganancias de peso y crecimiento en comparación con aquellas que fueron alimentadas de manera convencional.

Una investigación realizada en Costa Rica por Elizondo y Sánchez (2012), comparó dos métodos de alimentación en 8 terneras y dos terneros de raza Holstein. Un método fue el de alimentación convencional en el que se ofreció 4 litros de leche diaria a los animales en dos tomas al día, y el otro un sistema OC/D en el que se brindó leche en mayores cantidades hasta alcanzar un consumo máximo de 8 litros de leche por día. Con el fin de llevar registros del crecimiento de los animales se realizaron mediciones semanales de peso, altura a la cruz y altura a la cadera. En este, no se encontraron

diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a ganancia de peso diario y crecimiento. Los autores indican que los terneros alimentados con menores cantidades de leche, al consumir mayores raciones de alimento sólido, presentan mejores características a nivel ruminal, lo cual permite que estén anatómica y fisiológicamente mejor adaptados.

3.8. Morbilidad y mortalidad en terneras pre-destete

Entre las limitantes de la crianza de terneras se destaca la incidencia de enfermedades que pueden llegar a causar la muerte temprana de los animales, una de las principales es la diarrea neonatal, la cual según Hengst, Nemec, Rastani y Gressley (2012) puede ser ocasionada por un aumento en el consumo de leche. Quigley, Wolfe y Elsasser (2006) indican que basados en los índices de salud animal, cuando se alimentó con una alta cantidad de reemplazante de leche se obtuvieron mayores problemas de salud. Las consistencias fecales, días con diarrea, proporción de terneras tratadas con antibiótico y días bajo medicación fueron superiores cuando un adicional de reemplazante de leche fue dado (Quigley *et al.*, 2006). Raeth *et al.* (2009), menciona consistencias fecales más líquidas en dietas intensivas, en comparación con las convencionales durante la crianza. Sin embargo, para la octava semana, no se dieron diferencias en las deposiciones de ambos grupos.

Según Castellón y Solórzano (2010), la diarrea es una enfermedad de alta complejidad que involucra diversos factores, que se presenta debido a factores epidemiológicos, etiológicos (virus, bacterias y protozoos), transferencia de inmunidad pasiva y condiciones del ambiente. Los agentes etiológicos más comunes causantes de esta enfermedad corresponden a *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Pasteurella*, *Clostridium perfringens* tipo C, *Rotavirus* y *Coronavirus*. En la mayoría de los casos se puede encontrar más de un agente infeccioso como agente causal de la diarrea. Son transportados por las vacas y diseminados a través de las excretas, secreciones nasales y otros fluidos, lo que produce que se expandan de manera rápida por el sistema productivo y sean altamente contagiosos. *E. coli* es uno de los agentes causales más importantes de esta enfermedad, colonizando el tracto intestinal de los animales durante las primeras horas o días de vida. Una vez que el procarionte coloniza el intestino genera la destrucción de las vellosidades intestinales y alteración de los enterocitos lo cual ocasiona una diarrea secretora (Castellón y Solórzano, 2010).

Pérez (2017) menciona que los parásitos rara vez producen muerte en bovinos, sin embargo, en los terneros lecheros se puede llegar a dar. Asimismo, menciona que en sistemas de producción de leche la incidencia de parásitos internos (gastrointestinales y pulmonares) es alta debido a las cargas animales. También se debe prestar atención a la incidencia de garrapatas en el ganado, más aún cuando

se ha generado resistencia hacia los productos que se utilizan para su control debido a una mala utilización.

Brindar calostro a los terneros durante las primeras horas de vida es de suma importancia para que se dé el fortalecimiento del sistema inmune del animal y sea menos propenso a contagiar enfermedades. La falla en el ternero neonatal para absorber de manera adecuada las inmunoglobulinas en las primeras horas de vida resulta en un fracaso de la transferencia pasiva, lo que aumenta el riesgo de mortalidad, disminuye la salud y longevidad del animal (Raboisson, Trillat y Cahuzac, 2016). La cantidad mínima de inmunoglobulinas que el ternero debe absorber para prever la transferencia pasiva corresponde aproximadamente a 150 gramos (Raboisson *et al.*, 2016).

Según FAO (2010), entre los principales factores que predisponen a enfermedades se encuentran las condiciones climáticas como corrientes de aire muy fríos junto con humedad ambiental alta, lluvia en exceso y exposición a radiaciones solares muy altas. Asimismo, se debe tener cuidado con la higiene, ya que si se presentan abundantes cantidades de estiércol y charcas alrededor de corrales es un factor que predispone la aparición de enfermedades. Así como utensilios de manejo e instrumentos veterinarios sucios y oxidados pueden generar problemas en el hato.

3.9. Aspectos económicos de la evaluación de ensayos en terneras

En los últimos años las lecherías especializadas han desarrollado estrategias con el fin de generar una producción más eficiente y disminuir costos, que sea rentable. Pocas veces los ganaderos utilizan estrategias que involucren los animales de reemplazo y no se cuenta siquiera con un plan de manejo y alimentación estructurado que les permita mejorar el desarrollo y crecimiento que brinden beneficios a futuro. Por lo tanto, las fincas productoras de leche como empresas que generan utilidades deben implementar planes que permitan la crianza de una manera más adecuada y económicamente eficiente (Vargas, 2014).

Dada la naturaleza del manejo de terneras de reemplazo en un sistema productivo, se debe realizar una alta inversión en insumos en un periodo aproximado de dos años sin recibir retorno económico. Según Elizondo y Solís (2018) el costo de crianza de animales raza Jersey, desde el parto a los 3 meses de edad bajo un sistema convencional corresponde a \$236,91. En contraste, el costo de implementar un sistema de crianza de crecimiento acelerado corresponde a \$150,00 (Grajales, Alvarado, Quintero, Castillo y Cedeño, 2016). Por lo que minimizar la inversión en esta etapa, procurando mantener un adecuado funcionamiento productivo, se considera un objetivo fundamental en la crianza y desarrollo de animales de reemplazo (Elizondo y Vargas, 2015).

Según Cascante (2008), debido al gran impacto económico que representa en los sistemas productivos la cría y el desarrollo de reemplazos, se debe encontrar una manera de obtener todo su potencial genético a un precio razonable para el productor. Es económicamente deseable tener la mayoría de las novillas iniciando los ciclos de lactación a una edad temprana (alrededor de los 2 años). Otro factor para tomar en cuenta es la edad al primer parto, ya que este afecta el desempeño productivo y reproductivo de la vaca en las subsecuentes lactancias. Esto brinda un retorno económico más rápido por venta de leche y disminución en los gastos relacionados a los animales de reemplazo.

4. METODOLOGÍA

4.1. Localización

El estudio se llevó a cabo en la Finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional ubicada en el distrito de Santa Lucía del cantón de Barva de Heredia. Ésta se encuentra localizada a 10° 1'30.36"N, 84° 6'43.36"O con una elevación de 1267 msnm. La finca se caracteriza por encontrarse en la zona de vida bosque húmedo premontano (INDER, 2016), con una temperatura media anual de 20.2 °C, con mínimas de 15.3 °C y máximas de 25.0 °C, humedad relativa 81.0 % y precipitación anual de 2371 mm (IMN, 2018).

4.2. Animales utilizados y su manejo

La evaluación se realizó entre febrero y octubre del año 2020, dependiendo de la fecha de nacimiento de las terneras, por un periodo de 2 meses para cada animal (etapa pre destete). Para el estudio se utilizaron 16 terneras de la raza Jersey divididas en dos grupos aleatorios de 8 animales cada uno. Los animales consumieron calostro de la madre durante los primeros 3 días de vida mientras permanecían en el área de maternidad con su madre. Se evaluó la calidad del calostro brindado a las terneras utilizando un calostrómetro, según la metodología de Casas y Canto (2015). Luego de este periodo fueron separadas de la vaca y alojadas en cunas de 3.3 metros cuadrados. Las cunas tenían una cama de viruta de madera, la cual fue cambiada semanalmente.

4.3. Tratamientos

Se utilizó un grupo (8 animales) como testigo, quienes recibieron una alimentación convencional (CON), la cual consistió en brindar 4 litros de leche entera desde los tres días de nacido hasta los 2 meses de edad, así como alimento sólido (concentrado y heno) y agua *ad libitum*. Para el grupo 2 (8 animales) bajo un sistema de crecimiento con volúmenes de dieta líquida de orden creciente/decreciente (OC/D), en el cual el consumo semanal de leche entera se ofreció según lo establecido en la figura 1. Además, se les brindó alimento sólido (concentrado y heno) y agua *ad libitum*. Ambos grupos se alimentaron dos veces al día, en la mañana (8:00 am) y en la tarde (4:00 pm). En ambos sistemas de alimentación se brindó la mitad de la dieta en la mañana y la cantidad restante en la tarde, mediante la utilización de un biberón con chupón.

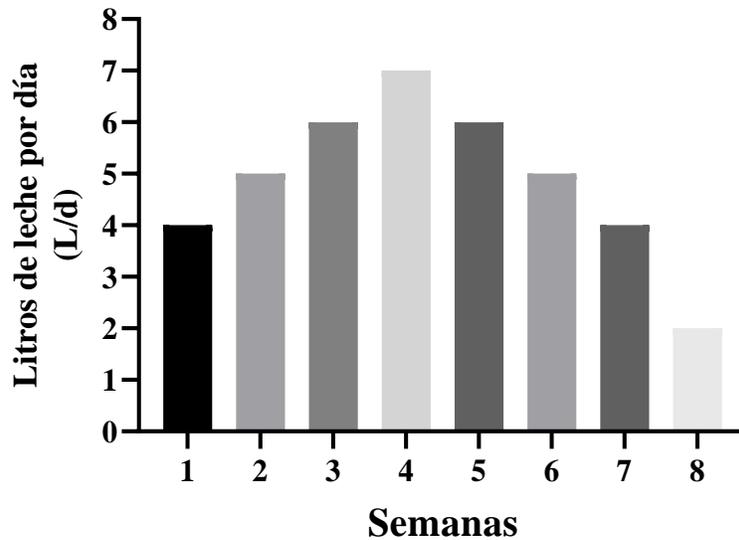


Figura 1. Litros de leche entera ofrecidos por semana para las terneras del sistema de crecimiento OC/D.

El alimento sólido basado en pre iniciador peletizado para terneras y heno de pasto transvala (*Digitaria decumbens* Stent., cv. transvala) brindado a los animales contenía la composición indicada en la tabla 1.

Tabla 1. Composición de alimentos sólidos ofrecidos a las terneras.

Tipo de alimento sólido	MS %	PC %	FND %	FDA %	FC %	EE %	ED Kcal	Ce %	Ca %	P %
Pre iniciador peletizado	87	20	-	-	8	5	3275	-	0.5	0.45
Heno	82.6	2.8	61.4	43.3	-	-	2050	7.8	-	-

MS: materia seca; PC: Proteína cruda; FND: Fibra neutro detergente; FDA: Fibra detergente ácido; FC: Fibra cruda; EE: Extracto etéreo; ED: Energía digestible; Ce: Cenizas totales; Ca: Calcio; P: Fósforo.

4.4. Diseño experimental

Se realizó un diseño irrestricto al azar de un factor con dos niveles. El factor correspondía al tipo de alimentación y los niveles: alimentación convencional y alimentación OC/D. Las variables respuestas a evaluar corresponden a ganancia de peso diario del nacimiento al destete, tasa de crecimiento al

destete (relacionada con la altura a la cruz y la cadera del animal), consumo de alimento sólido, morbilidad y mortalidad.

4.5. Variables a evaluar

4.5.1. Consumo de alimento sólido

Se realizaron mediciones del alimento sólido consumido (concentrado y heno) diariamente en cada uno de los tratamientos y a cada uno de los animales, mediante la utilización de una balanza (marca SACO con precisión de ± 20 g). Para esto se colocó un kilogramo de alimento sólido a disposición para el consumo del animal y 24 horas después se pesó el restante. La diferencia entre la cantidad inicial y la cantidad final determinó el consumo de alimento sólido.

4.5.2. Peso y altura

De forma semanal se obtuvo el peso, la altura a la cruz y a la cadera de cada una de las terneras, utilizando una balanza electrónica (marca TRU-TEST con precisión de ± 100 g) y regla de medición (marca Fiber-Glass con precisión de ± 1.0 mm) respectivamente. Para el pesaje, se ubicaron las terneras de manera individual en la balanza electrónica hasta obtener el dato. Posteriormente, para las mediciones de altura se colocó la regla a nivel del suelo hasta la medida correspondiente de la cruz y cadera del animal, basado en la metodología propuesta por Elizondo y Sánchez (2012).

4.5.3. Morbilidad y mortalidad

Se llevó un registro diario de incidencia de diarrea en terneras donde se clasificó la consistencia del material fecal, utilizando el criterio de puntuación de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad de Wisconsin-Madison (anexo 1). Además, en este mismo registro se anotó en caso de alguna muerte para contabilizar la mortalidad. Se evaluó únicamente la mortalidad relacionada a diarrea por variaciones en el consumo de leche, así como la cantidad de animales muertos y posible causa de muerte.

4.6. Análisis estadístico

Todos los datos se ingresaron en una hoja de cálculo de Excel (Microsoft Excel 2021) para su procesamiento y el análisis estadístico se realizó con Graph Pad Prism V.9.2.0 (San Diego, USA). Antes de realizar cualquier análisis, en los datos se evaluaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Para evaluar la diferencia entre medias se realizó la prueba T Student, donde se consideraron diferencias significativas cuando $p < 0.05$ y los resultados fueron expresados como media \pm EE (error estándar).

4.7. Análisis de costo-beneficio

Se realizó mediante la comparación entre el costo de producción de un kilogramo de ternera destetada con una alimentación convencional, respecto al costo de producción de un kilogramo de ternera destetada alimentada con un programa de crecimiento OC/D. Los costos de los distintos tratamientos se determinaron en dólares.

Para determinar el costo económico desde el nacimiento hasta los dos meses de edad de cada uno de los tratamientos, se llevó un registro diario por animal de cada gasto realizado referente a la crianza. Se contabilizaron los litros de leche, kilogramos de alimento balanceado, kilogramos de heno, mano de obra (con referencia al salario base según el Ministerio de Trabajo publicado en el segundo semestre del 2019), depreciación e insumos veterinarios. Se utilizó el programa Excel de Microsoft® con el fin de analizar los datos obtenidos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Consumo de alimento sólido, leche y nutrientes

5.1.1. Consumo de alimento concentrado por semana

Las terneras del tratamiento OC/D consumieron en promedio y diariamente 13.21, 58.04, 61.43, 75.36, 100.00, 202.14, 423.57, 792.14 gramos de concentrado y las del tratamiento convencional consumieron 5.36, 42.86, 81.07, 150.41, 246.79, 321.79, 398.57, 566.43 gramos durante la primera, segunda, tercera, cuarta, quinta, sexta, séptima y octava semana respectivamente (figura 2). Según los resultados, de manera general, no se presentó un efecto de los tratamientos con respecto al consumo promedio de alimento concentrado ($p>0.05$). Las semanas de vida de las terneras tuvieron un efecto significativo sobre el consumo de alimento balanceado (K-W=568.5; $p<0.001$), como era de esperar, al aumentar la edad de las terneras el consumo de alimento fue mayor. De igual manera la interacción tratamiento*tiempo también tuvo un efecto significativo sobre esta variable (K-W=591.0; $p<0.001$), por lo que el comportamiento ascendente del consumo de alimento balanceado fue distinto en ambos tratamientos. Se presentó una mayor tasa de incremento del consumo de alimento concentrado cuando la alimentación con leche fue OC/D. Sin embargo, los resultados de las comparaciones múltiples indican que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en las semanas de estudio (Comparación de Dunn's $p>0.05$).

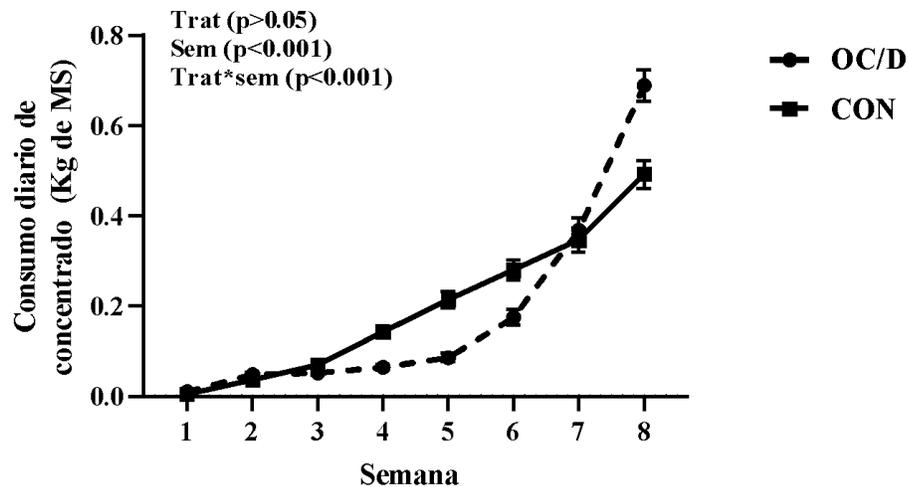


Figura 2. Consumo promedio diario de concentrado (Kg de MS) por semana de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

Asimismo, 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 a partir de la quinta semana en adelante. Sin embargo, para el tratamiento convencional el comportamiento en el consumo de concentrado se dio de manera creciente a lo largo de las 8 semanas de estudio (figura 3 a, b).

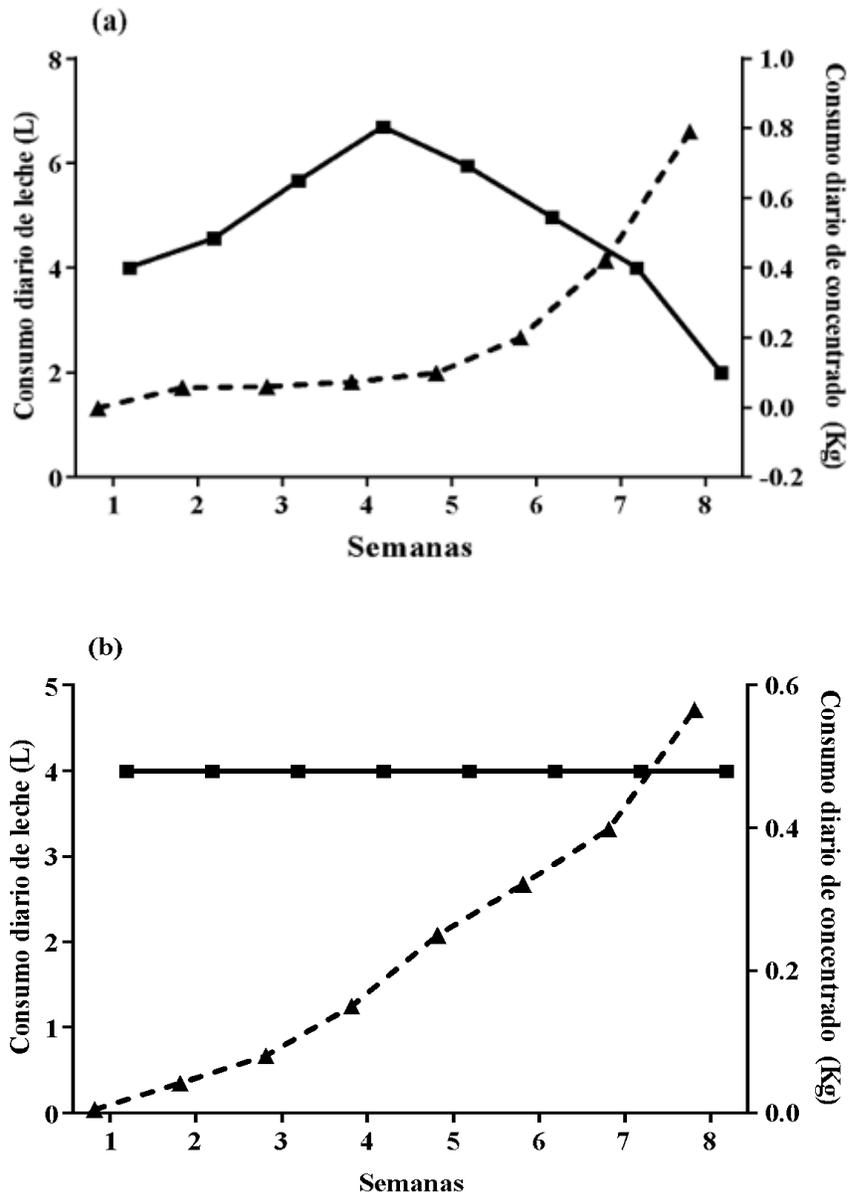


Figura 3. Media del consumo diario por semana de dieta líquida (litros de leche) y concentrado (Kg) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente (a). CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día (b).

Sin embargo, se presentó un leve rechazo en el consumo de leche por parte de las terneras, el cual destaca el hecho que teóricamente debían consumir 5, 6 y 7 L/día en la segunda, tercera y cuarta semana respectivamente. En cambio, se presentó un consumo real de 4.57, 5.67, 6.70 L/día respectivamente. Esto afecta el total de leche consumida en el grupo OC/D, el cual poseía una ingesta

teórica de 273 L por animal, la que pasó a ser de 265 L (figura 4). Maccari *et al.* (2015), indica que al alimentar terneros *ad libitum*, se presentaron grandes diferencias entre individuos en las cantidades de consumo de leche. Sin embargo, la base fisiológica de esta alta variación interindividual no está clara en la actualidad.

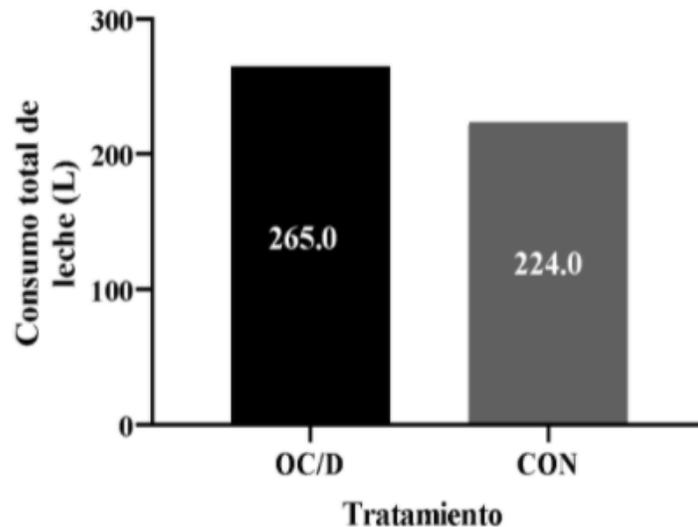


Figura 4. Consumo total de leche entera de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

En esta investigación, el efecto de la estrategia de alimentación con leche no fue significativo para el consumo acumulado de concentrado. Sin embargo, se observó un patrón diferente en el consumo a través de las semanas según el tratamiento. A partir de la semana 4 se presenta un aumento en el consumo para las terneras del tratamiento convencional (figura 3 b). Esto se explica porque estos animales generalmente no tienen la capacidad de ingerir y digerir mucho concentrado antes de las 3 o 4 semanas de edad (Khan *et al.*, 2011a; Kristensen, Sehested, Jensen y Vestergaard, 2007). Por lo tanto, las terneras jóvenes no pueden compensar completamente la baja ingesta de leche durante las primeras semanas de vida.

En consecuencia, una menor cantidad diaria de leche estimuló una mayor ingesta de concentrado alrededor del inicio de la semana 5, lo que respalda la sugerencia de que asignar una mayor proporción de la cantidad total de leche permitida durante las primeras 3 o 4 semanas de vida de un ternero corresponde mejor a sus necesidades nutricionales (Jensen, Jensen y Vestergaard, 2020). Asimismo, lograr una restauración del crecimiento normal biológico dado en la vida temprana de las terneras,

antes de que el consumo de concentrado sea la forma predominante en el abastecimiento de nutrientes (Elizondo y Sánchez, 2012).

Khan *et al.* (2007a), indica que el llenado intestinal continuo (formación de cuajada) debido al mayor consumo de leche impide que las terneras alimentadas con una dieta líquida escalonada consuman más alimento sólido. Así, una vez la cantidad de leche es reducida se produce una respuesta hiperfágica para tratar de compensar la falta de nutrientes Khan *et al.* (2007a, b). Lo cual puede explicar un mayor consumo de alimento concentrado en la semana 8 para terneras con tratamiento OC/D (figura 3 a).

De manera similar a los datos obtenidos en esta investigación, en el estudio realizado por Jensen *et al.* (2020), no se encontró diferencia significativa en el consumo total de concentrado entre terneros Holstein destetados en la octava semana, con un método de alimentación de dieta líquida escalonado y convencional. También, en los resultados de Korst *et al.* (2017), no hallaron diferencias en el consumo acumulado antes del destete (10 semanas) entre una dieta *ad libitum* y restringida en terneros Holstein (29 hembras y 28 machos).

En contraste, Chapman *et al.* (2016), muestra diferencias significativas en la ingesta de concentrado total (destete a la octava semana), donde se emplearon tres cantidades diferentes de reemplazante de leche (control, moderado y agresivo), siendo el agresivo el que presentó menor consumo. Además, Raeth *et al.* (2009) indica diferencias significativas a lo largo de las semanas de estudio en terneras Holstein con distintas dosis de reemplazante de leche. Aquellas que tomaron mayor cantidad de reemplazante de leche consumieron menos alimento concentrado (Raeth *et al.*, 2009).

Monge y Elizondo (2016) indican consumos de 23.31, 153.90 y 546.32 g para la primera, cuarta y octava semana en un grupo de terneras Jersey alimentadas mediante un tratamiento convencional (4 L/día de leche entera). Estos son datos similares a los encontrados en esta investigación a excepción de la primera semana de vida, donde se muestran consumos superiores. Vargas y Elizondo (2014) indican consumos de 49, 432 y 1017 g durante la primera, cuarta y octava semana. Resultados muy superiores a los de este estudio, lo cual se puede explicar debido a que estos autores utilizaron terneras raza Holstein que suelen tener mayor capacidad de consumo. Asimismo, Jasper y Weary (2002) indican consumos diarios de 90 g de concentrado en la sexta semana para terneras Holstein alimentados *ad libitum*, lo cual fue menor que los alimentados de manera convencional, presentando un consumo de 170 g durante este periodo. Este dato es menor a lo indicado en este estudio ya que

hacia la sexta semana de vida las terneras del grupo OC/D consumieron 202.14 g de alimento concentrado.

5.1.2. Consumo diario de alimento concentrado al destete

Al destete, el consumo de alimento concentrado es un indicador importante ya que promueve el desarrollo ruminal, con el fin de alcanzar la capacidad de utilizar y aprovechar los forrajes complementados con alimento balanceado (Vargas y Elizondo, 2014). Si no se presenta una ingesta adecuada de alimento concentrado al destete las tasas de crecimiento de los animales pueden descender (Stamey, Janovick, Kertz, y Drackley, 2012) afectando así la productividad de las terneras. Los animales que ingirieron la dieta OC/D presentaron mayores consumos de alimento concentrado al destete ($p<0.001$). Siendo el consumo de $0,80\pm 0,04$ Kg/día en las terneras del tratamiento OC/D y $0,56\pm 0,03$ Kg/día en aquellas pertenecientes al tratamiento convencional (figura 5).

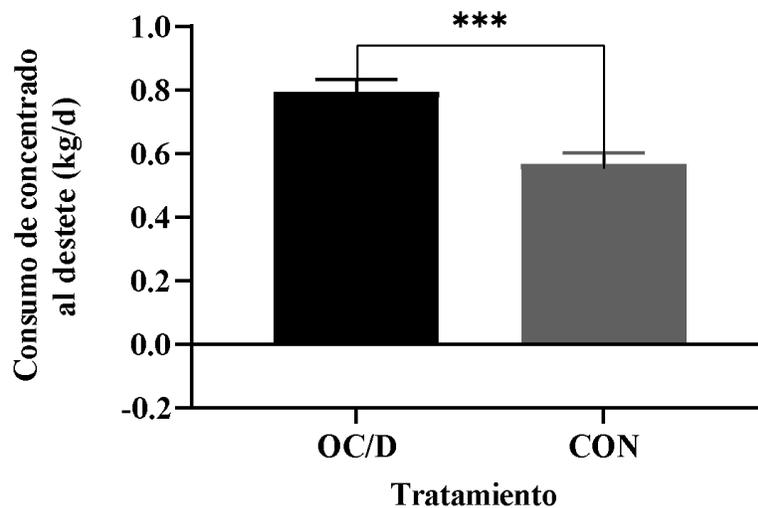


Figura 5. Media del consumo diario (Kg/día) de concentrado al destete de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

Al distribuir el consumo de leche en un método OC/D, se estimuló a las terneras a pasar más tiempo consumiendo concentrado respecto a aquellas que fueron alimentadas con un sistema convencional. Asimismo, los animales con un sistema OC/D son capaces de compensar las bajas cantidades de leche ofrecidas, aumentando el consumo de alimento sólido. De nuevo apoyando que este método alimenticio corresponde mejor a las necesidades nutricionales de las terneras (Jensen *et al.*, 2020).

Distintos autores difieren en la cantidad de alimento concentrado que debe ser consumido para un destete sano que no disminuya las tasas de crecimiento de las terneras. Por ejemplo, Stamey *et al.* (2012), indica que al destete los animales deben consumir al menos 1000 g de alimento concentrado en los días antes del destete. De Paula *et al.* (2017) menciona una ingesta de 800 g de alimento concentrado al destete, al considerar los efectos que este produce en el desarrollo del rumen. Sin embargo, Elizondo (2009) recomienda un consumo de 450 g de alimento concentrado durante tres días consecutivos en terneras Jersey. Los resultados obtenidos en esta investigación se encuentran en lo indicado por estos dos últimos autores, lo que sugiere un desarrollo apropiado del rumen al momento del destete, que permite continuar un crecimiento adecuado.

Un comportamiento similar a lo encontrado en este estudio fue observado en los resultados obtenidos por Jensen *et al.* (2020), Maccari *et al.* (2015) y Ruiz *et al.* (2020), con un mayor consumo de alimento concentrado al destete en terneras con una dieta con mayores volúmenes de leche. Asimismo, Khan *et al.* (2007a) indica un consumo mayor de concentrado al destete en terneras alimentadas con un método escalonado de dieta líquida, lo que resulta en un inicio temprano de la fermentación ruminal, comparado con aquellas que poseen una dieta convencional. Otros estudios difieren de los resultados obtenidos en esa investigación (Rosenberger *et al.*, 2017; Stamey *et al.*, 2012) e indican un mayor consumo de alimento concentrado al destete por parte de los animales con una dieta convencional. Lo cual se debe a que los terneros alimentados con menos leche probablemente intentaron compensar la falta de nutrientes consumiendo más concentrado (Rosenberger *et al.*, 2017).

5.1.3. Consumo de heno

Las terneras del tratamiento OC/D consumieron 2.10, 18.00, 23.00, 29.00, 37.00, 65.00, 81.00, 97.00 gramos de heno y las del tratamiento convencional consumieron 3.20, 14.00, 26.00, 37.00, 33.00, 52.00, 74.00, 93.00 gramos de heno durante la primera, segunda, tercera, cuarta, quinta, sexta, séptima y octava semana, respectivamente (figura 6). De manera general no hubo un efecto de los tratamientos en el consumo promedio en las 8 semanas de heno ($p>0.05$). Las semanas de vida de la ternera y la

interacción tratamiento*tiempo si tuvieron un efecto significativo en el consumo de heno ($p < 0.001$). Sin embargo, los resultados de las comparaciones múltiples indican que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en las semanas del estudio (Comparación de Dunn's $p > 0.05$).

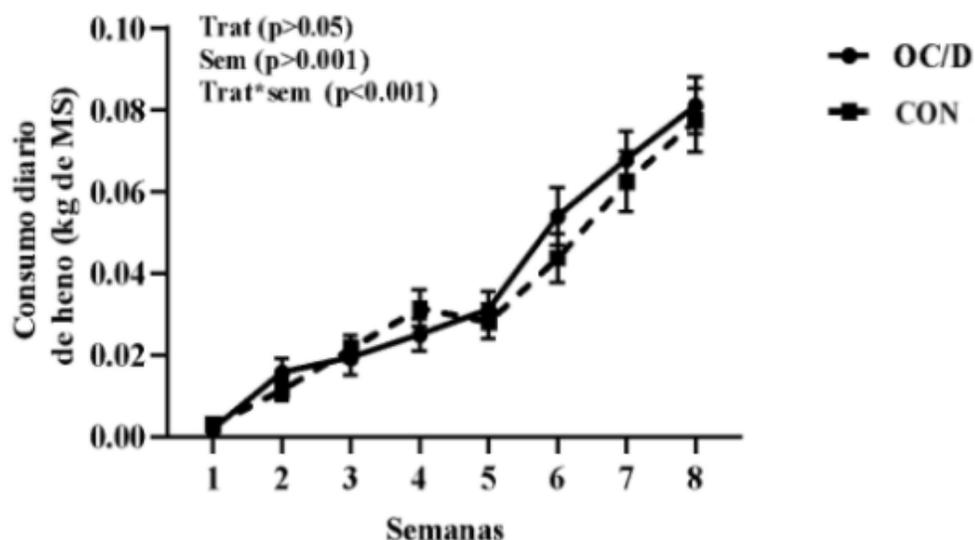


Figura 6. Consumo diario de heno en materia seca (Kg) por semana de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

En caso de terneras alimentadas con mayores cantidades de leche utilizando el sistema OC/D; Khan, Weary y Von Keyserlingk (2011b), indican que al alimentar con un complemento de forraje se tienden a mayores consumos de alimento sólido y esto es beneficioso para el desarrollo del retículo-rumen. No obstante, en el presente estudio, no se observó diferencias entre consumo de heno en la mayoría de las semanas. En condiciones restringidas la disposición *ad libitum* del heno puede desplazar el consumo de alimento sólido debido a un llenado del intestino. Así el método OC/D utilizado en el presente estudio, permite un inicio gradual del desarrollo del rumen en las últimas semanas durante el periodo de consumo de leche, promoviendo una transición suave de leche a alimento sólido (Khan *et al.* 2007a, b).

En el trabajo realizado por Vargas y Elizondo (2014), en terneras alimentadas con 4 L de leche al día, se presentó un consumo entre 0 y 237 g de MS de pasto Transvala (*Digitaria decumbens*) durante las primeras 8 semanas de vida de los animales. Asimismo, según indica Castro y Elizondo (2012), en animales alimentados con 4 L de leche al día, encontraron consumos de

200 g de forraje (*Cynodon nlemfluensis*) desde la tercera hasta la octava semana de edad. Los autores consideraron que dicho consumo fue bajo y, por lo tanto, fue poco probable que haya provocado una disminución en la ingesta de alimento balanceado.

Según lo indicado por Rosenberger *et al.* (2017), al realizar un estudio en el que se ofreció 4 cantidades de leche distintas (6, 8, 10, 12 L/día) con método escalonado de dieta líquida a terneras Holstein, no hallaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al consumo de heno, situación que fue similar a lo observado en el presente estudio. Atribuyendo al sistema escalonado la poca diferencia en los consumos, ya que es un factor que pudo haber incrementado el consumo de alimento sólido en las semanas previas al destete, especialmente de concentrado, lo que efectivamente se observó.

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

De manera general hubo una tendencia debido al efecto del tratamiento ($p=0.06$) sobre el consumo promedio de materia seca en las 8 semanas. Además, hubo un efecto de las semanas ($p<0.001$) y de la interacción del tratamiento*semanas en el consumo de materia seca (CMS) ($F_{7,49}=8.48$; $p<0.001$). Los resultados de comparaciones múltiples indican que hubo diferencias significativas entre el tratamiento OC/D y convencional en la tercera ($p<0.001$; 6.93 ± 0.20 y 4.72 ± 0.10 kg de MS); cuarta (7.46 ± 0.20 y 5.29 ± 0.26 kg de MS) y quinta semana (6.89 ± 0.19 y 5.77 ± 0.33 kg de MS) respectivamente (figura 7 a).

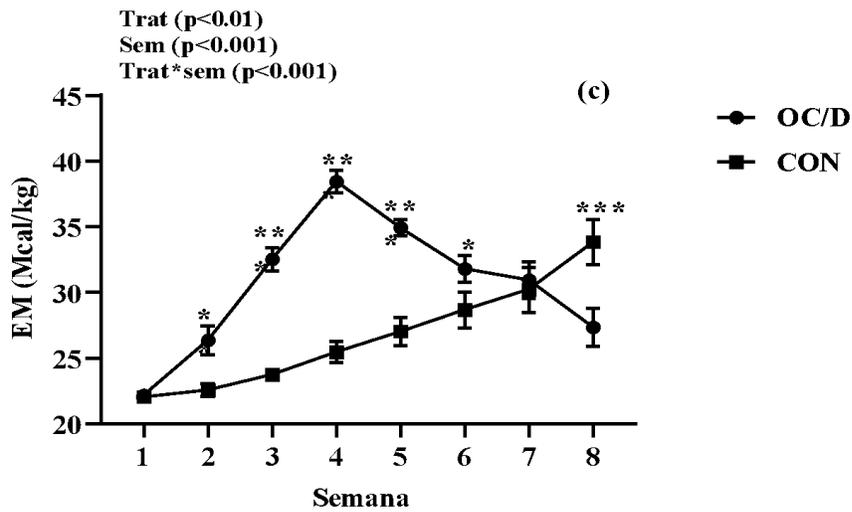
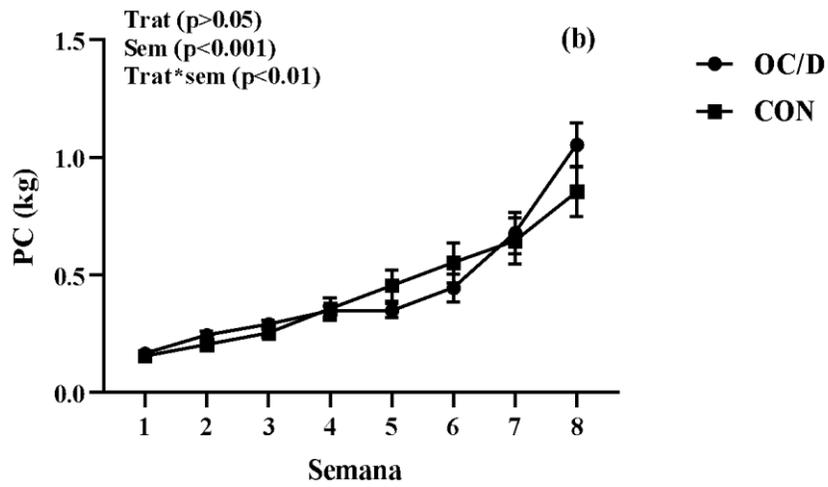
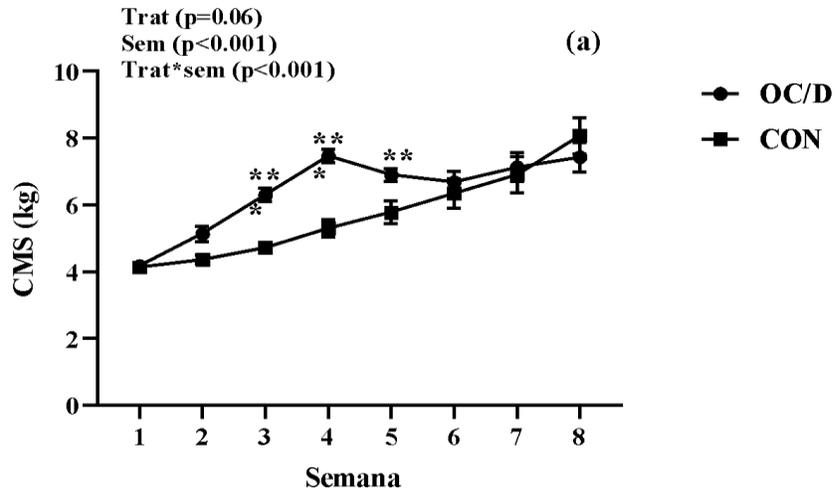


Figura 7. Consumo de materia seca (a), proteína cruda (b) y energía metabolizable (c) por semana según tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

En relación con el consumo de proteína cruda (PC) no hubo un efecto del tratamiento ($p>0.05$). Las semanas de edad y de interacción de los tratamientos*semana si tuvieron un efecto sobre el consumo de PC ($p<0.001$). Sin embargo, los resultados de las comparaciones múltiples indican que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en las semanas de esta variable (Comparación de Dunn's $p>0.05$; figura 7 b).

En cuanto al consumo de EM (Mcal/kg) hubo efecto del tratamiento ($F_{1,7}=13.64$; $p<0.01$), de las semanas ($F_{7,49}=34.37$; $p<0.001$) y de la interacción del tratamiento*semanas ($F_{7,49}=35.91$; $p<0.001$). Los resultados de comparaciones múltiples indican que hubo diferencias significativas entre el tratamiento OC/D y CON en la segunda ($p=0.01$; 26.37 ± 1.09 y 22.58 ± 0.46 Mcal/kg de EM, respectivamente); tercera ($p<0.001$; 32.52 ± 0.90 y 23.74 ± 0.30 Mcal/kg de EM, respectivamente); cuarta ($p<0.001$; 38.45 ± 0.87 y 25.47 ± 0.80 Mcal/kg de EM, respectivamente); quinta ($p<0.001$; 34.93 ± 0.60 y 27.04 ± 1.07 Mcal/kg de EM, respectivamente); sexta ($p=0.02$; 31.81 ± 1.01 y 28.69 ± 1.37 Mcal/kg de EM, respectivamente) y octava semana ($p<0.001$; 27.34 ± 1.46 y 33.85 ± 1.71 Mcal/kg de EM, respectivamente; figura 7 c). Datos numéricos de MS, PC y EM se describen en el anexo 2.

Un mayor consumo de materia seca por parte de las terneras del tratamiento OC/D durante la tercera, cuarta y quinta semana se puede explicar debido a las mayores cantidades de leche consumida, en comparación con el convencional durante este periodo. Datos similares en cuanto a los consumos promedios acumulados de materia seca se encuentran en los estudios realizados por Raeth *et al.* (2009) y Chapman *et al.* (2016). Por otra parte, Rosenberger *et al.* (2017) indica altos consumos de materia seca promedio acumulada cuando la cantidad de leche ofrecida es mayor. No obstante, al analizar el consumo de materia seca obtenida del alimento concentrado, no se encontró diferencias significativas entre mayores o menores cantidades de leche. Lo que indica una fuerte influencia de la cantidad de leche ofrecida en los consumos de materia seca. Datos contrarios se observan en el estudio realizado por Jensen *et al.* (2020) donde no se encontraron diferencias significativas entre consumos de materia seca total acumulada.

El consumo similar de proteína cruda puede deberse a la poca diferencia en el consumo de alimento concentrado (20% PC) por ambos tratamientos, ya que este es la principal fuente de proteína cruda.

El porcentaje presente en la leche (3.66% PC) es bajo y no posee gran influencia en las cantidades de proteína cruda consumidas. Datos similares se observan en los resultados obtenidos por Rosenberger *et al.* (2017), Dennis *et al.* (2018), donde no se encontraron diferencias significativas en el consumo de proteína cruda proveniente de la leche y concentrado ofrecido.

Por el contrario, los datos de Khan *et al.* (2007a), Chapman *et al.* (2016) indican diferencias significativas en el consumo de proteína cruda en terneras con distintas cantidades de leche entera o reemplazante de leche. Este último autor indica una mayor digestibilidad de proteína cruda cuanto menor es la cantidad de reemplazante de leche ofrecido. Debido a una menor actividad microbial en el rumen, por lo tanto, la proteína digerible en el rumen puede no haber sido utilizada tan eficientemente por los terneros con mayor consumo de reemplazador en comparación con otros programas con menores cantidades. Sin embargo, mediante el método OC/D se pueden mitigar esta clase de efectos negativos, ya que se estimula el consumo de alimento sólido en el periodo cercano al destete (Abdelsamei *et al.*, 2005; Baldwin *et al.*, 2004).

Para la energía metabolizable se observa un mayor consumo en la segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta semana para las terneras con sistema OC/D, sin embargo, en la octava semana el sistema convencional obtuvo mayor consumo. Elizondo y Sánchez (2012), obtuvieron el mismo comportamiento en la octava semana que en el presente estudio, donde las terneras del sistema convencional consumieron mayores cantidades de energía metabolizable. Esto debido a una baja en la cantidad de leche ofrecida del grupo OC/D y un aumento en el consumo de alimento concentrado por parte del grupo convencional.

Datos similares se muestran en las investigaciones realizadas por Chapman *et al.* (2016), Kristensen *et al.* (2007), Rosadiuk *et al.* (2021), quien indica que incluso si la ingesta de leche se restringe durante el primer mes de vida, la ingesta de concentrado permanece baja y no se puede consumir en cantidades suficientes para compensar la disminución de la ingesta de energía metabolizable en comparación con los terneros alimentados con niveles elevados de leche. Korst *et al.* (2017), muestra un comportamiento en donde del día 2 a la semana 4 las terneras alimentadas con leche o reemplazador de leche *ad libitum* presentaron consumos mucho mayores de energía metabolizable que aquellas con una dieta restringida. Sin embargo, de la semana 5 a la 10 no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

5.2. Peso y altura

5.2.1. Peso y ganancia de peso diaria

Los resultados muestran una tendencia en cuanto al efecto del tratamiento ($p=0,05$) en el peso promedio de los animales en las 8 semanas. Asimismo, se presentó un efecto de las semanas ($p<0,001$) y la interacción tratamiento*semanas ($p=0,03$) para esta variable. Las comparaciones múltiples indican diferencias significativas entre el tratamiento OC/D y CON en la tercera ($39,01\pm 1,51$ y $35,06\pm 1,05$ Kg respectivamente; $p<0,001$), cuarta ($43,34\pm 1,60$ y $39,04\pm 1,19$ Kg respectivamente; $p<0,001$), quinta ($47,71\pm 1,79$ y $42,74\pm 1,38$ Kg respectivamente; $p<0,001$), sexta ($51,41\pm 1,89$ y $46,96\pm 1,51$ Kg respectivamente; $p<0,001$), séptima ($54,45\pm 1,89$ y $51,38\pm 1,61$ Kg respectivamente; $p<0,05$) y octava semana ($58,41\pm 2,20$ y $54,01\pm 1,90$ Kg respectivamente; $p<0,001$). Estas diferencias de peso por semana se muestran en la figura 8.

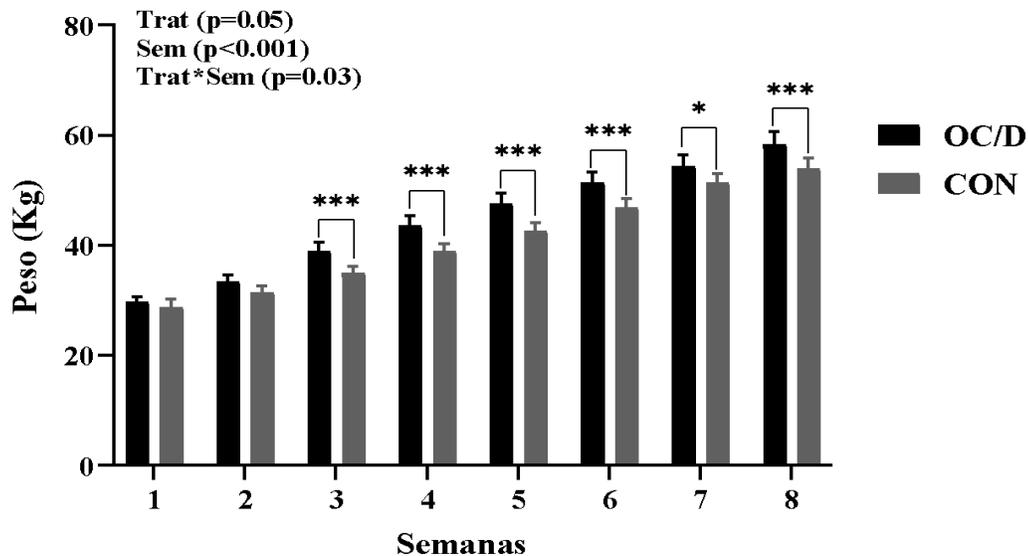


Figura 8. Media del peso corporal (Kg) de acuerdo con las semanas en función de los tratamientos. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

Con respecto a la GDP, los resultados muestran diferencias significativas entre el tratamiento OC/D y convencional (figura 9). Siendo esta de 0.60 ± 0.03 y 0.51 ± 0.01 Kg/día respectivamente ($p=0.01$) respectivamente.

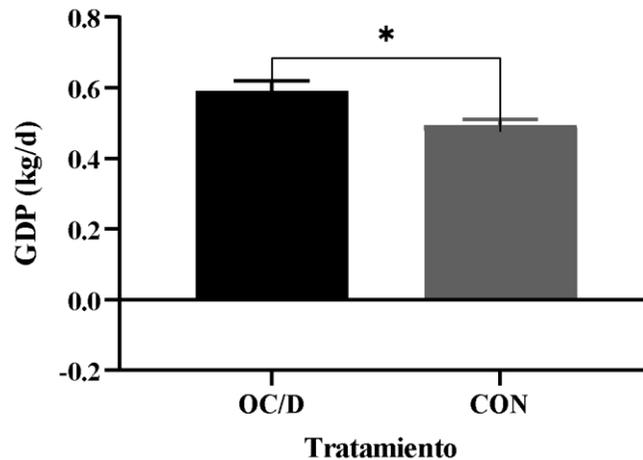


Figura 9. Media de ganancia de peso diario (Kg/día) en los tratamientos. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

Durante las primeras dos semanas no se presenta una diferencia significativa entre tratamientos en el peso vivo de las terneras, lo cual pudiera estar explicado por el volumen de leche consumida por ambos grupos durante la primera semana (4 L/día). También, existe poco desarrollo del retículo-rumen, por lo que las ingestas de alimento sólido fueron similares. Sin embargo, el aumento de la cantidad de dieta líquida para las terneras OC/D, especialmente hacia la tercera semana inicia una diferenciación de pesos entre los tratamientos. Esto puede darse ya que incluso hacia la quinta semana de vida, el retículo-rumen todavía se encuentra poco desarrollado y aquellos animales alimentados con menores cantidades de leche no son capaces de aumentar la ingesta de concentrado y forraje, lo cual genera que no puedan compensar por completo el menor suministro de energía (Conneely *et al.*, 2014). Asimismo, el incremento en el consumo de alimento sólido en las últimas semanas del estudio se genera debido a la necesidad de satisfacer su apetito (Khan *et al.*, 2007a), esto se produce ya que se disminuye la dieta líquida, lo que resulta en mayores aumentos de peso.

En cuanto a la ganancia diaria de peso, Rincker *et al.* (2011) demostró que al incrementar el consumo de energía y proteína en sistemas con altos niveles de alimentación líquida mejoró la ganancia de peso de los animales. Como, por ejemplo, los resultados encontrados por Jasper y Weary (2002) que muestran una mayor ganancia de peso diaria en las terneras alimentadas con mayores cantidades de leche. Siendo esta de 0,78 y 0,48 Kg para las pertenecientes al tratamiento convencional (4L/día).

Alcanzando una ventaja en ganancia de peso de 10,50 Kg en terneras con consumo *ad libitum* para el inicio de la sexta semana.

Rincker *et al.* (2011), indica una ganancia de peso diaria promedio mayor para terneras alimentadas con un tratamiento con altas cantidades de leche. Siendo esta de 0,44 y 0,64 Kg para las dietas convencional y con mayores volúmenes de dieta líquida respectivamente. Asimismo, menciona que esta tendencia se presentó en la primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y octava semana. Sin embargo, este comportamiento cambió en la sexta y séptima semana, en la que se dio una mayor ganancia de peso diaria en el tratamiento convencional. Sin embargo, se generó una diferencia de 9,10 Kg de peso para el inicio de la séptima semana a favor del tratamiento con mayor consumo de leche.

Datos similares se encuentran en la investigación realizada por Rosenberger *et al.* (2017). En este se encontraron diferencias significativas en cuanto a ganancia de peso diario, resultando mayor en aquellas con un mayor consumo de leche. Siendo este de 0,58 Kg para un consumo de 6 L/día, 0,65 y 0,88 Kg para 10 y 12 L/día respectivamente. Resultados similares a los de esta investigación se pueden encontrar en los estudios realizados por Cowles, White, Whitehouse y Erickson (2006); Miller, Bergeron, Leslie y DeVries (2013); Ruiz *et al.* (2020); Raeth *et al.* (2009).

5.2.2. Peso al destete

El peso al destete (figura 10) fue de $58,41 \pm 2,19$ y $54,01 \pm 1,90$ Kg para el grupo de terneras que recibieron el tratamiento OC/D y convencional respectivamente ($p < 0.001$). Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

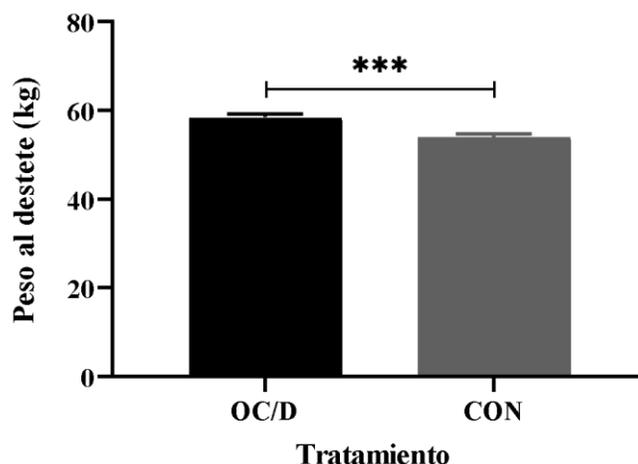


Figura 10. Media del peso al destete de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

Un mayor peso al destete por parte de las terneras del grupo OC/D puede explicarse debido a una mejor adaptación del sistema gastrointestinal al alimento sólido en el periodo cercano al destete, mejorando la eficiencia alimenticia del concentrado (Rosadiuk *et al.*, 2021). Esto debido a que la reducción del suministro de leche durante las últimas semanas disminuye la disponibilidad de nutrientes, lo que desencadena una respuesta hiperfágica para tratar de compensar esta situación, aumentando así el consumo de alimento sólido (Khan *et al.*, 2007a; Jensen *et al.*, 2020). Esto, en conjunto con mayor consumo de leche entre las semanas 2-6, que brindó una ventaja en el peso durante este periodo, pudo generar el aumento de peso del grupo OC/D para el destete.

Datos similares se muestran en los resultados obtenidos por Rosadiuk *et al.* (2021), que encontró diferencias significativas entre los pesos de las terneras a las 10 semanas de edad, siendo mayor para terneras alimentadas con altas cantidades de leche. Asimismo, en el estudio realizado por Kiezebrink, Edwards, Wright, Cant y Osborne (2015), encontró una diferencia de 7 Kg ($p < 0.001$), siendo mayor en terneras con tratamiento con mayores volúmenes de dieta líquida. Raeth *et al.* (2009) también indica mayores pesos al destete (8 semanas) en animales alimentados con dieta intensiva. De igual manera, Khan *et al.* (2007a,b), Ruiz *et al.* (2020), Passillé, Borderas y Rushen (2011) muestran resultados acordes a los de este estudio en cuanto al peso al destete.

En contraste, Elizondo y Sánchez (2012), no determinaron diferencias significativas en los pesos al destete en terneras Holstein para un tratamiento convencional y OC/D. De igual forma, Jensen *et al.*

(2020) no encontró diferencias entre los pesos de terneras Holstein al destete al utilizar un método convencional y escalonado de dieta líquida.

5.2.3. Estatura a la cruz semanal y al destete

De manera general no hubo efecto del tratamiento ($p>0.05$), sin embargo, hubo un efecto de las semanas ($p<0.001$) y de la interacción del tratamiento*semanas en la estatura a la cruz ($p=0.001$). 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 el convencional en las semanas (Comparación de Dunn's $p>0.05$, figura 11).

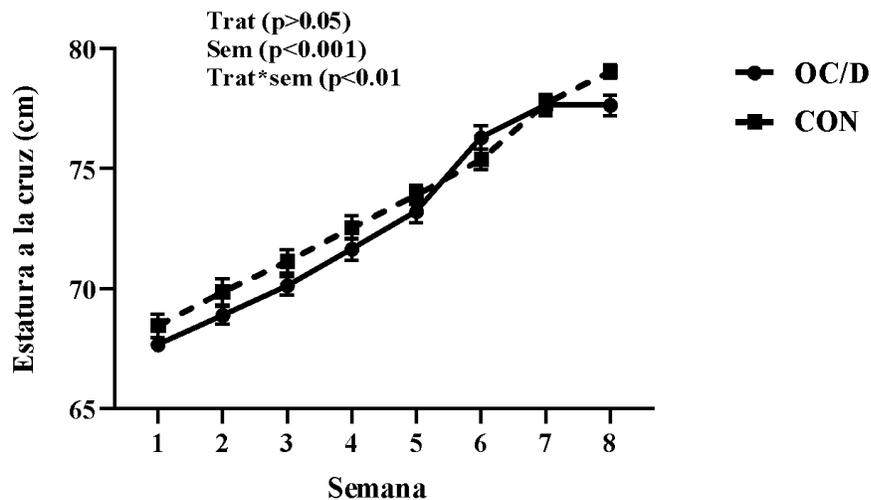


Figura 11. Media de la estatura a la cruz (cm) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

La estatura a la cruz al destete fue de 79.41 ± 0.38 y 79.04 ± 0.27 cm para las terneras que recibieron el tratamiento OC/D y convencional respectivamente (Mann-Whitney $U=1519$; $p>0.05$). No se encontraron diferencias en la estatura de los distintos tratamientos al destete (Figura 12).

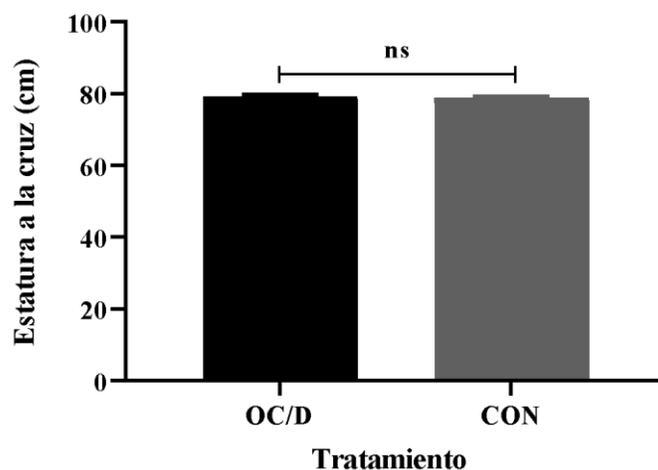


Figura 12. Media de la estatura a la cruz al destete (cm) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

El aumento en la estatura se atribuye a un mayor consumo de reemplazante de leche que proporciona una alta cantidad de nutrientes disponibles (Khan *et al.* 2007b), lo que permite que los animales utilicen mayores cantidades de nutrientes para el crecimiento y el desarrollo (Klopp *et al.*, 2019). Sin embargo, en el presente estudio a pesar de que las terneras alimentadas con el método OC/D consumieron mayores cantidades de materia seca y energía metabolizable especialmente en la tercera, cuarta y quinta semana no se presentaron diferencias de estatura.

En los resultados obtenidos por Elizondo y Sánchez (2012), no se encontraron diferencias significativas en la altura a la cruz entre los tratamientos. Asimismo, Cowles *et al.* (2006) no encontró diferencias entre un tratamiento intensivo y convencional, con o sin suplemento de Lactoferrina. Siendo de 88.5 y 89.2 cm para el convencional con y sin suplemento respectivamente; así como 88.6 y 92.1 cm para el intensivo. Datos similares se encuentran en los resultados obtenidos por De Paula *et al.* (2017), donde compara el crecimiento de la cruz en terneras con un sistema de alimentación convencional, intensivo y escalonado, siendo estas de 83.3, 83 y 82.1 cm respectivamente. Estas alturas son mayores que las encontradas en este estudio debido a que la raza Holstein es utilizada en los estudios mencionados, la cual posee mayores tamaños que la Jersey.

Rosadiuk *et al.* (2021), encontró mayores alturas a la cruz en terneras alimentadas con mayor cantidad de leche (10 L/día), respecto a aquellas con menores cantidades (5 L/día) a la edad de 6 a 9 semanas, antes de este periodo no se observaron diferencias significativas entre estas. Por otra parte, Stamey *et al.* (2012), utilizó una dieta con baja cantidad de reemplazador de leche y alta cantidad, del cual obtuvo mayores alturas a la cruz en terneras alimentadas con mayores cantidades de reemplazador de leche.

En cuanto a la altura al destete, se espera que en terneras raza Jersey alcancen entre 75 - 80 cm de altura (Maldonado, 2008), las medidas de altura encontradas en este estudio cumplieron e incluso sobrepasaron este parámetro. Lo cual puede sugerir una nutrición adecuada para ambos tratamientos, ya que les permitió alcanzar parámetros adecuados de altura en los dos grupos. Esta ganancia de altura es importante, ya que se puede reducir la edad al primer parto que está directamente relacionado con el tamaño del marco del animal (Cowles *et al.*, 2006).

Según los resultados de Daneshvar, Khorvash, Ghasemi y Mahdavi (2017) no se encontraron diferencias significativas en la altura a la cruz en terneros Holstein en la semana 5 y 11, al comparar entre un método convencional y escalonado de crianza. Por otra parte, Omidi *et al.* (2015), comparó la altura a la cruz en terneras alimentadas con un método OC/D, escalonado y convencional de crianza, obteniendo mayores medidas en aquellas bajo el régimen OC/D al destete (8 semanas).

Stamey *et al.* (2012) indica mayor altura a la cruz en terneras Holstein bajo un sistema intensivo de crianza comparado con un sistema de bajas cantidades de reemplazador de leche. Mientras que Cowles *et al.* (2006), indica que no se encontraron diferencias significativas en la altura a la cruz al probar un método intensivo y convencional en el destete realizado a las 7 semanas. Jafari *et al.* (2020) encontró una tendencia ($p=0.07$) a mayores alturas a la cruz en terneras alimentadas con mayores cantidades de leche.

5.2.4. Estatura a la cadera semanal y al destete

De manera general no hubo efecto del tratamiento ($p>0.05$), sin embargo, hubo un efecto de las semanas ($p<0.001$) y de la interacción del tratamiento*semanas en la estatura a la cruz ($p=0.001$). 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 el convencional en las semanas (Comparación de Dunn's $p>0.05$, figura 13).

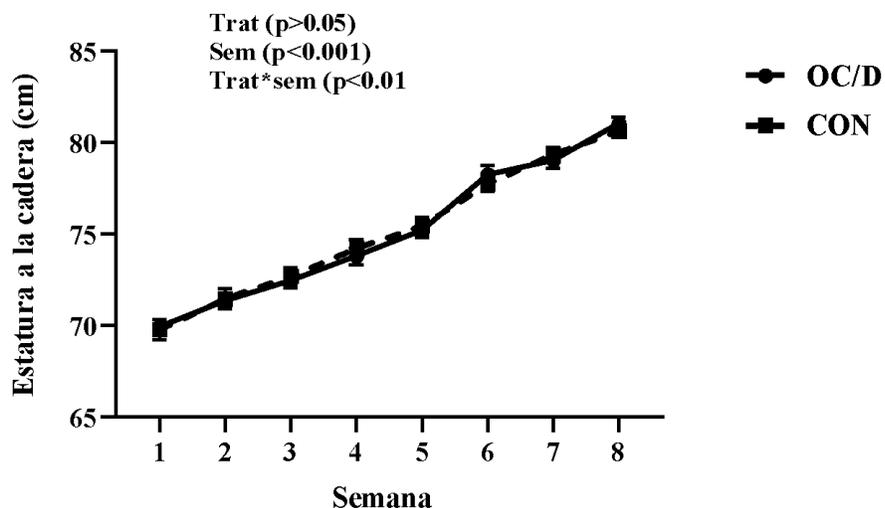


Figura 13. Media de la estatura a la cadera (cm) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

La estatura de la cadera al destete fue similar entre tratamientos, siendo de 81.03 ± 0.35 y 80.65 ± 0.32 cm para las terneras que recibieron el tratamiento OC/D y convencional respectivamente (Mann-Whitney $U=1568$; $p>0.05$; figura 14).

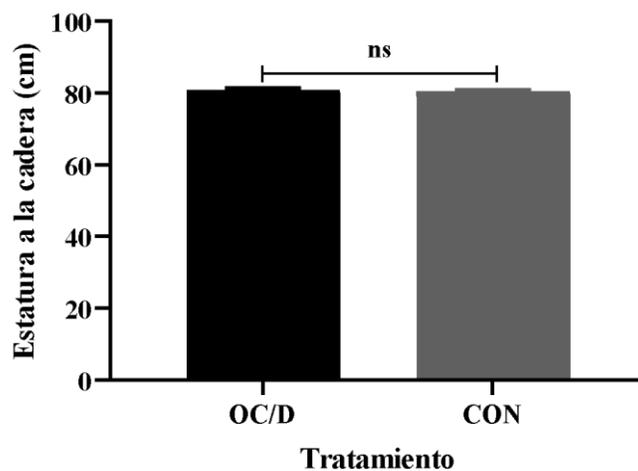


Figura 14. Media de la estatura a la cadera al destete (cm) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

Según el estudio realizado por Cowles *et al.* (2006) no encontró diferencias significativas en la altura de la cadera en terneras alimentadas bajo un sistema intensivo y convencional con o sin suplemento de lactoferrina en el periodo predestete. Daneshvar *et al.* (2017), al comparar un método escalonado y convencional para crianza de terneras Holstein, no encontró diferencias significativas en cuanto a la altura de la cadera. Resultados similares se encuentran en el estudio realizado por Mirzaei *et al.* (2018), donde al comparar un tratamiento intensivo y convencional con distintas fechas de destete (9 o 11 semanas) no encontraron diferencias significativas en las medidas de la altura a la cadera.

Khan *et al.* (2007b) reporta diferencias significativas en el periodo pre destete para terneras Holstein alimentadas con un tratamiento convencional y escalonado, al obtener mayores estaturas en estas últimas. Siendo las medidas de 76.42 cm para el grupo convencional y 84.36 cm en la semana 7 de edad. Omidi *et al.* (2015), comparó entre un método OC/D, escalonado y convencional de crianza. Encontró mayores alturas a la cadera para las terneras bajo el método OC/D, no existieron diferencias significativas entre el tratamiento escalonado y convencional. Datos similares se muestran en el estudio realizado por Jafari *et al.* (2020), donde al utilizar una dieta de grandes cantidades de leche contra una de bajas cantidades, se encontraron mayores alturas en la dieta con mayores cantidades de leche.

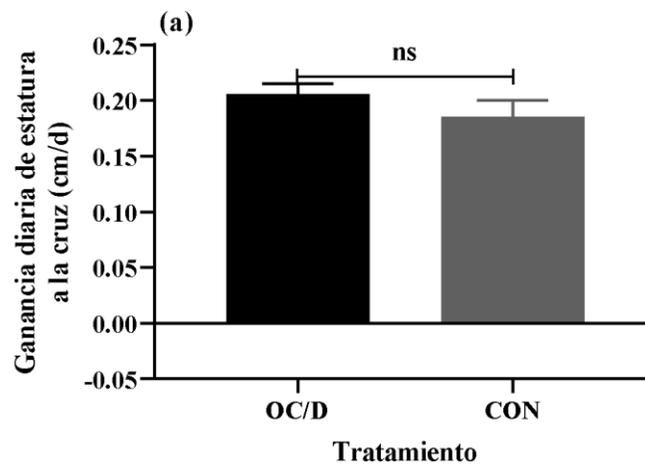
En cuanto a la altura de la cadera al destete, en los datos obtenidos por Klopp *et al.* (2019), donde se probaron 4 métodos de crianza en terneras Holstein, siendo estas moderadas con destete abrupto o gradual e intensivas con destete abrupto o gradual. Se obtuvieron mayores alturas a la cadera en terneras alimentadas con dietas intensivas, siendo las medidas de 84.92 cm con destete abrupto y 83 cm con destete gradual a la octava semana. Raeth *et al.* (2009) indica mayores alturas a la cadera en terneras alimentadas con un programa intensivo con altas cantidades de sólidos y alta tasa de alimentación (1.8 cm mayor) comparado con otros métodos intensivos y convencionales al destete.

Asimismo, Cowles *et al.* (2006) indica mayor altura a la cadera en terneras con una dieta intensiva en el momento del destete a las 7 semanas. Omidi *et al.* (2015), comparó la altura a la cadera en terneras alimentadas con un método OC/D, escalonado y convencional de crianza, obteniendo mayores medidas en aquellas bajo el régimen escalonado al destete (8 semanas). Según lo indicado por Boro *et al.* (2016), la altura es importante ya que los animales altos poseen cuerpos más largos, por ende, mayor capacidad corporal. Asimismo, las vacas altas también tienen ubres más altas del suelo, lo cual

es importante para la prevención de lesiones y facilidad durante las operaciones del ordeño (Boro *et al.*, 2016).

5.2.5. Ganancia diaria de estatura a la cruz y cadera

La ganancia diaria de estatura a la cruz al destete fue de 0.21 ± 0.01 y 0.18 ± 0.01 cm/d para las terneras que recibieron el tratamiento OC/D y convencional respectivamente ($t_{14}=1.81$; $p>0.05$, figura 15 a). A su vez la ganancia diaria de estatura a la cadera fue de 0.19 ± 0.01 cm para ambos tratamientos (figura 15 b). No se encontraron diferencias significativas en las ganancias diarias de estatura a la cruz y cadera entre los tratamientos.



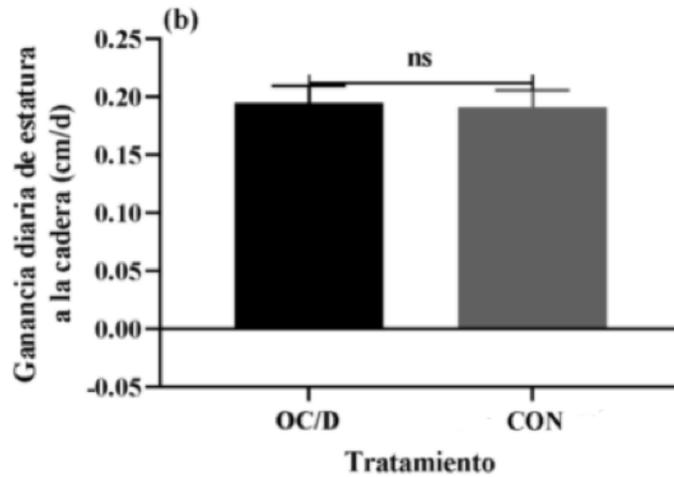


Figura 15. Media de la ganancia diaria de estatura a la cruz (a) y cadera (b) al destete (cm/d) de acuerdo con el tratamiento. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

El eje somatotrópico es un sistema hormonal multinivel, que consiste principalmente en la hormona del crecimiento (GH, somatotropina) y el factor de crecimiento similar a la insulina -1 (IGF-1, somatomedina), sus proteínas transportadoras asociadas y receptores (Breier, 1999). Este es el principal regulador de crecimiento y desarrollo del ganado (Hammon y Blum, 1997). Según indica Rosadiuk *et al.* (2021), la hormona IGF-1 es la reguladora clave para el crecimiento en terneras, cuyas concentraciones siguen el patrón de consumo de energía metabolizable. Rosadiuk *et al.* (2021) menciona que animales con dietas con altos volúmenes de leche presentaron mayores concentraciones de esta hormona en especial durante la semana 3, donde existen mayores diferencias de consumo de energía metabolizable con respecto a dietas convencionales. Sin embargo, en la presente investigación no se dio este efecto en la ganancia a la altura a la cruz y cadera de las terneras.

Según lo indicado por Welboren, Leal, Steele, Khan y Martin (2019), no encontró diferencias significativas en las medidas de la altura a la cruz al probar distintos métodos de destete gradual con leche *ad libitum*. Asimismo, Mirzaei *et al.* (2020) al utilizar distintos métodos escalonados a la cuarta, sexta y octava semana, no encontró diferencias significativas en las medidas de altura a la cruz y cadera. Daneshvar *et al.* (2015), muestra resultados similares al comparar entre un sistema escalonado y convencional de crianza. Éste indica que en el periodo post destete los animales alimentados

mediante el sistema escalonado presentaron menor eficiencia alimenticia y ganancia diaria de peso, lo cual puede indicar una baja digestibilidad de nutrientes.

Los resultados de Seifzadeh, Ramezani, Seifdavati, Abdi y Razmazar (2019) al comparar entre métodos de crianza escalonados con destete a la sexta, novena y doceava semana no se encontraron diferencias significativas en la altura a la cruz entre tratamientos. Datos similares se muestran en el estudio realizado por Jafari *et al.* (2021), donde al comparar entre un método convencional e intensivo de crianza no se encontraron diferencias significativas a la altura de la cruz y cadera. Por el contrario, Todd *et al.* (2017) indica mayor crecimiento a la cadera en terneras con reemplazante de leche *ad libitum* comparado con un régimen restringido de alimentación.

5.3. Morbilidad y mortalidad

5.3.1. Consistencia fecal

Los resultados muestran que no hubo efecto del tratamiento ($p>0.05$), de las semanas ($p<0.001$) y de la interacción del tratamiento*semanas en el score fecal (K-W=138.6; $p<0.001$). Sin embargo, los resultados de comparaciones múltiples indican que no hubo diferencias significativas entre el tratamiento OC/D y CON en las diferentes semanas (Comparación de Dunn's $p>0.05$, figura 16).

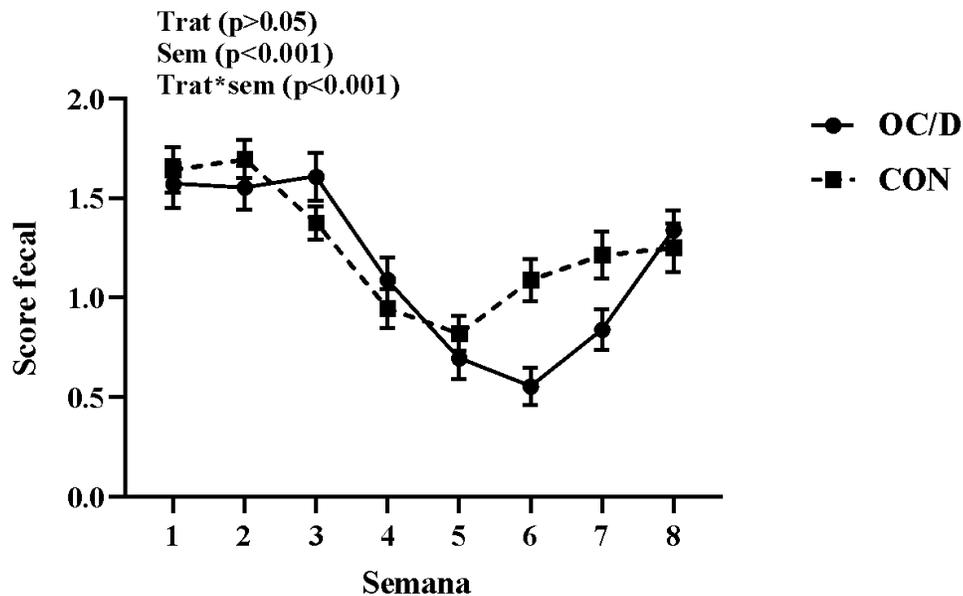


Figura 16. Media del score fecal diario de acuerdo con los tratamientos en función de las semanas. OC/D: volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente. CON: volumen de dieta líquida de 4 litros por día.

El sistema OC/D se encontró similar en score fecal al convencional. Lo que coincide con lo indicado por distintos autores como Drackley (2008), el cual menciona que los terneros son capaces de consumir grandes cantidades de leche similar a como lo harían en condiciones naturales, el cual es aproximadamente el doble de lo ofrecido en los métodos tradicionales de crianza. Asimismo, Diaz, Van Amburgh, Smith, Kelsey y Hutten (2001) menciona que los altos niveles de alimentación líquida no resultan en diarrea y la digestibilidad de materia seca es alta, por lo que una mayor incidencia de diarrea está relacionada al manejo sanitario y las condiciones del alojamiento en vez de la cantidad de leche consumida (Khan *et al.* 2007b).

Durante el estudio se detectó visualmente la presencia de diarreas (score fecal de 2 o 3), cuyo origen se sospecha sea bacteriano, la cual estuvo presente en 13 terneras, esto posiblemente influyó el score fecal de los grupos. La presencia de esta enfermedad pudo verse relacionada con las variaciones en la dieta, ya que una alimentación irregular puede originar una diarrea de origen nutricional y contribuye a una mayor incidencia de diarreas infecciosas (Gaggianesi, Mihura y Etcheverría, 2016). Asimismo, su esparcimiento en la población de estudio puede darse a través de agua, alimento y superficies contaminadas (Darío, 2017).

Stamey *et al.* (2012), indica que las terneras alimentadas con mayores cantidades de leche presentaron una consistencia fecal más fluida, obteniendo consistencias fecales por encima de 2 por un promedio de 16 días y 9 días para las terneras con dieta de menor cantidad de leche. Asimismo, Daneshvar *et al.* (2017) indica consistencias fecales más fluidas en terneros alimentados mediante un sistema escalonado en comparación con un método convencional. En contraste, Omidi *et al.* (2015), Khan *et al.* (2007b) y Jafari *et al.* (2021) no encontraron diferencias significativas en consistencias fecales al probar una dieta intensiva y convencional de crianza.

Todd *et al.* (2017), menciona que durante las semanas 5 y 6 los animales con dieta intensiva tuvieron heces más fluidas que una convencional; sin embargo, fueron similares en las demás semanas. Quigley *et al.* (2006), encontraron mayor consistencia fecal en terneros alimentados con mayores cantidades de reemplazo de leche, en especial durante la segunda semana. Según indican, este efecto es atribuido debido al cambio abrupto en la tasa de alimentación. Ballou, Cobb, Earleywine y Obeidat (2013), comparó entre un grupo con dieta intensiva y convencional demostrando que no hay diferencia en la consistencia fecal entre estas; sin embargo, encontró heces más fluidas en terneras Jersey que en Holstein.

5.3.2. Mortalidad

No se registraron muertes de terneras durante el periodo de investigación en ninguno de los 2 tratamientos, probablemente debido a un manejo adecuado de las enfermedades, e higiene tanto de las cunas como los chupones utilizados por los animales. Autores como Jafari *et al.* (2021); Hill, Bateman, Aldrich y Schlotterbeck (2010) no reportan la muerte de animales. En contraste, diversos autores (Quigley *et al.*, 2006; Diaz *et al.*, 2001; Todd *et al.* 2017) indican al menos la muerte de un animal durante el estudio. Algunas de las muertes son el resultado de infecciones entéricas, *Salmonella*, *Cryptosporidium parvum*, coronavirus, *Escherichia coli* y neumonía (Quigley *et al.*, 2006). Maccari *et al.* (2015), reporta la muerte de 2 terneras luego del destete (16 semanas de vida) por razones desconocidas, ambas recibieron un plan convencional de alimentación. Asimismo, Welboren *et al.* (2019) reporta la muerte de una ternera por razones desconocidas a la edad de 10 semanas.

5.4. Análisis de costo-beneficio

El costo total de crianza por ternera fue de \$116.07 dólares y \$108.13 dólares para el grupo OC/D y convencional, respectivamente (tabla 2). Siendo el costo de mano de obra, depreciación y alimentación los rubros con mayor importancia en el total. El costo por kilo de ternera destetada fue de \$3.44 y \$3.83 dólares para el programa OC/D y convencional, respectivamente. El tratamiento OC/D fue más costoso debido a mayor inversión en alimentación y mano de obra. Sin embargo, es más eficiente debido a que el costo de producir un kilogramo de ternera es menor con respecto al convencional.

Tabla 2. Costo total de crianza por ternera para el tratamiento con volúmenes de dieta líquida con orden creciente/decreciente y convencional (4 litros por día) desde el nacimiento al destete.

Rubro	Costo Tratamiento OC/D (dólares)	Costo Tratamiento OC/D (porcentaje)	Costo Tratamiento Convencional (dólares)	Costo Tratamiento Convencional (porcentaje)
Litros de leche	15.97	13.76	13.50	12.48
Kilogramos de alimento balanceado	7.35	6.33	7.72	7.14
Kilogramos de heno	0.48	0.41	0.46	0.43
Mano de obra	71.31	61.44	65.46	60.54
Depreciación	19.44	16.75	19.44	17.98
Insumos veterinarios	1.52	1.31	1.55	1.43
Total	116.07	-	108.13	-

Tipo de cambio de acuerdo con el Banco Central de Costa Rica del día 24 de junio del 2021.

Para el grupo OC/D se presentó un mayor gasto en la alimentación líquida, mientras que para el alimento concentrado se dio un mayor costo en el convencional. Un comportamiento similar se observa en los resultados obtenidos por Rincker *et al.* (2011), Elizondo y Sánchez (2012), Hu *et al.* (2020), en donde se dio una mayor brecha de costo en estos rubros para los distintos tratamientos. También se observa en los resultados de Raeth *et al.* (2009) en determinadas dietas intensivas y convencionales.

En la mano de obra el grupo OC/D incurrió en un mayor costo, lo cual se debe principalmente al tiempo empleado a la hora de alimentar los animales de este grupo, ya que en un periodo dado se brindaba hasta 3 litros más de leche que en el tratamiento convencional. Lo cual se refleja en mayor utilización de mano de obra en este periodo. Es posible disminuir los costos de mano de obra al implementar alimentadores automáticos, ya que se puede ahorrar hasta un 39 % en este rubro (Hawkins, Burdine, Amaral y Costa, 2019). Los resultados de esta investigación difieren a lo reportado por Ruiz *et al.* (2020) y Rincker *et al.* (2011), donde los costos de mano de obra o no correspondientes a alimentación no difirieron entre los tratamientos. Por el contrario, Overton, Corbett y Boomer (2013) indican menores gastos para el grupo intensivo respecto a la mano de obra.

Los datos obtenidos en esta investigación son mucho menores que los encontrados por Ruiz *et al.* (2020), en el que se determinó un costo de \$164.80 y \$170.90 dólares para un tratamiento OC/D y convencional respectivamente. Esta diferencia es debido a que este autor utilizó terneras de distinta raza que las usadas en este estudio, las cuales tuvieron requerimientos alimenticios distintos. Asimismo, Elizondo y Sánchez (2012), reportan que un tratamiento OC/D es más costoso que uno convencional con una diferencia de \$1.85 dólares en lo que respecta a alimentación. También Hu *et al.* (2020) indica que el costo de una dieta intensiva es mayor que una moderada con reemplazador de leche.

El costo por kilo de ternera fue menor para el grupo OC/D, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Hawkins *et al.* (2019). Éste indica que al brindar diferentes cantidades de dieta líquida utilizando el método escalonado, menor es el costo por kilo de ternera entre más leche o reemplazador de leche consume el animal, dando como resultado un costo por kilo de \$3.60, \$3.45, \$3.31 y \$2.90 dólares para los tratamientos con 6, 8, 10 y 12 L/día respectivamente.

Asimismo, Ruiz (2020) menciona un costo por kilo de \$2,55 y \$3,05 dólares para un tratamiento OC/D y convencional respectivamente. Estos valores son significativamente menores a los obtenidos en esta investigación debido a que se tomaron en cuenta únicamente alimentación, salud y mano de obra. En contraste, Raeth *et al.* (2009) indica un costo por kilogramo de ganancia menor para un grupo con alimentación convencional (\$2.50 dólares) que para los grupos intensivos (\$3.00 - \$3.80 dólares). En este solamente se utilizaron los costos de alimentación para obtener este dato.

6. CONCLUSIONES

El consumo en materia seca de alimento concentrado fue igual para el tratamiento OC/D y convencional. Sin embargo, el grupo OC/D presentó mayor ingesta al destete. En cuanto al heno, el consumo fue igual en ambos grupos de animales. También, se dio un efecto similar en el consumo de materia seca total y proteína cruda, mientras que la energía metabolizable fue mayor para el grupo OC/D.

Se dio un efecto del tratamiento en el peso de las terneras, así como una mayor ganancia diaria de peso y al destete para el grupo OC/D. En el caso de la altura a la cruz y cadera no hubo un efecto del tratamiento a lo largo de las 8 semanas. Asimismo, la ganancia diaria de estatura y al destete fue similar en ambos grupos.

La consistencia fecal evaluada mediante el score fecal fue similar en ambos tratamientos, por lo que la dieta no obtuvo gran influencia en este aspecto. Además, en esta investigación no se presentó la muerte de terneras en ninguno de los grupos de estudio.

La producción de 1 Kg de ternera destetada fue menor para el tratamiento OC/D. Sin embargo, el tratamiento convencional presentó un menor costo total de crianza en comparación con el OC/D. A pesar de esto, se considera al tratamiento OC/D el más eficiente debido a que posee un menor costo por kilo de ternera destetada.

7. RECOMENDACIONES

En este estudio las terneras se alojaron individualmente, sin embargo, existe investigación (Overvest, Crossley, Miller y DeVries, 2018) que indica que hospedar a estos animales en parejas aumenta el consumo de materia seca, así como previene disrupciones en los patrones sociales que ocurren cuando las terneras son agrupadas luego del destete. Por lo que implementar un alojamiento en parejas o en grupos puede incrementar su consumo de alimento concentrado y facilitar así el destete al ser menos traumático.

El periodo de transición del destete puede alargarse una semana más, siendo este a las 9 semanas de vida, según la recomendación de Rosadiuk *et al.* (2021). Éste indica que si se realiza un destete a edades muy tempranas los terneros presentan una depresión del crecimiento, poca digestibilidad de fibra y disminución en la eficiencia alimenticia luego de ser alimentados con altas cantidades de leche. Así como brindar suma importancia al periodo luego del destete ya que los terneros pueden presentar disminución de peso y mayor susceptibilidad a enfermedades si no se brinda un manejo adecuado. Asimismo, realizar el destete cuando los terneros consuman 1 Kg diario de alimento concentrado, con el fin de mantener su ganancia de peso luego del destete (Stamey *et al.*, 2012).

Se puede considerar brindar mayor cantidad de tomas al día de dieta líquida y no ofrecer grandes cantidades de esta en únicamente 2 tomas. Esto con el objetivo de facilitar la ingesta distribuyéndose en dosis más pequeñas a lo largo del día. Especialmente aplicado en sistemas con altos volúmenes de leche que llegan a ofrecer hasta un 20% del peso vivo en dieta líquida.

El costo de la mano de obra fue el que más incurrió en el total de gastos para ambos grupos. Se podría presentar un ahorro si se implementaran alimentadores automáticos. Por lo que al realizar esta inversión se podría aliviar los gastos empleados en la mano de obra, así como poder dedicar el tiempo de los trabajadores en cuestiones de mayor importancia del sistema productivo.

En futuras investigaciones se recomienda evaluar la presencia de microorganismos en las excretas de los animales para identificar posibles agentes infecciosos gastrointestinales.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelsamei, A. H., Fox, D. G., Tedeschi, L. O., Thonney, M. L., Ketchen, D. J., & Stouffer, J. R. (2005). The effect of milk intake on forage intake and growth of nursing calves. *J. Anim. Sci.*, 83(4), 940-947.
- Alpizar, J. (2016). Eficiencia de la conversión alimenticia. *UTN Informa*, 77(2016), 46-54.
- Baldwin, R. L., Mcleod, R. K., Klotz, J. L., & Heitmann, R. N. (2004). Rumen Development, Intestinal Growth and Hepatic Metabolism In The Pre- and Postweaning Ruminant. *Journal of Dairy Science*, 87(E. Suppl.), E55–E65.
- Ballou, M. A., Cobb, C. J., Earleywine, T. J., & Obeidat, B. S. (2013). Breed and plane of milk replacer nutrition influence the performance of pre and post weaned dairy calves. *The Professional Animal Scientist*, 29(2), 116-123.
- Boro, P., Naha B. C., Madkar, A. R., Saikia, D. P., Prakash, C., Godara, A. S., Sahoo, S. P., Patel, J., & Chandrakar, J. (2016). The effects of heifer growth on milk production and efficiency. *International journal of science and nature*, 7(2), 220-227.
- Bulacio, E. S., & Castillo, F. A. (2014). *Área de Consolidación, Gestión de la Producción de Agroalimentos: Análisis comparativo de razas lecheras en el establecimiento "La Morena"* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Córdoba). Recuperado de: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1592/Bulacio%20%20Castillo.%20An%C3%A1lisis%20comparativo%20de%20razas%20lecheras..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Breier, B. H. (1999). Regulation of protein and energy metabolism by the somatotropic axis. *Domestic Animal Endocrinology*, 17(2-3), 209-218.
- Casas, M., & Canto, F (Ed.). (2015). *Cómo evaluar la calidad del calostro y la inmunidad de las terneras* [Monografía]. Recuperado de: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- Cascante, A. (2008). *Efecto de la edad al primer parto sobre algunas variables productivas, primer intervalo entre partos y características de la curva de lactancia de vacas lecheras de la zona norte de Costa Rica* (Tesis de licenciatura). Recuperado de: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2245>

- Castellón, J. P., & Solórzano, V. G. (2010). *Determinación de posibles causas y tratamiento del síndrome de diarreas en terneros de 0-2 semanas de nacidos* (Tesis de licenciatura). Recuperado de: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/966/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-5.pdf>
- Castro, P., & Elizondo, J. A. (2012). Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2), 343-352.
- Chapman, C. E., Erickson, P. S., Quigley, J. D., Hill, T. M., Bateman, H. G., Suarez, F. X., & Schlotterbeck, R. L. (2016). Effect of milk replacer program on calf performance and digestion of nutrients with age of the dairy calf. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2740–2747.
- Conneely, M., Berry, D. P., Murphy, J. P., Lorenz, I., Doherty, M. L., & Kennedy, E. (2014). Effects of milk feeding volume and frequency on body weight and health of dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 161(2014), 90-94.
- Cordero, J. M., Vargas, B., León, B., Chacón, I., & Martínez, M. (2015). Diversidad genética en bovinos de ocho regiones en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2) 191-202.
- Cowles, K. E., White, R. A., Whitehouse, N. L., & Erickson, P. S. (2006). Growth Characteristics of Calves Fed an Intensified Milk Replacer Regimen with Additional Lactoferrin. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4835-4845.
- Daneshvar, D., Khorvash, M., Ghasemi, E., & Mahdavi, A. H. (2017). Combination effects of milk feeding methods and starter crude protein concentration: Evaluation on performance and health of Holstein male calves. *Animal Feed Science and Technology*, 223(2017), 1-12.
- Daneshvar, D., Khorvash, M., Ghasemi, E., Mahdavi, A. H., Moshiri, B., Mirzaei, M., Pezeshki, A., & Ghaffari, M. H. (2015). The effect of restricted milk feeding through conventional or step-down methods with or without forage provision in starter feed on performance of Holstein bull calves1. *Journal of Animal Science*, 93(8), 3979-3989.
- Darío, R. (2017). *Aspectos clínicos y epidemiológicos de la diarrea neonatal de terneros de Tambos de Uruguay y su asociación con infección por Cryptosporidium spp. y Escherichia coli F5 (K99)+* (Tesis de maestría). Recuperado de: <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/2610/FV-33603.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Dennis, T. S., Suarez, F. X., Hill, T. M., Quigley, J. D., Schlotterbeck, R. L., & Hulbert, L. (2018). Effect of milk replacer feeding rate, age at weaning, and method of reducing milk replacer to weaning on digestion, performance, rumination, and activity in dairy calves to 4 months of age. *Journal of Dairy Science*, *101*(1), 268-278.
- De Paula, M. R., Oltramari, C. E., Silva, J. T., Gallo, M. P. C., Mourão, G. B., & Bittar, C. M. M. (2017). Intensive liquid feeding of dairy calves with a medium crude protein milk replacer: Effects on performance, rumen, and blood parameters. *Journal of Dairy Science*, *100*(6), 1-9.
- Díaz, F., & García, A. (2013). Diferencias en eficiencia alimentaria entre vacas de raza Jersey y Holstein. *Revista Frisona Española*, *33*(197), 102-104.
- Diaz, M. C., Van Amburgh, M. E., Smith, J. M., Kelsey, J. M., & Hutten, E. L. (2001). Composition of Growth of Holstein Calves Fed Milk Replacer from Birth to 105-Kilogram Body Weight¹. *Journal of Dairy Science*, *84*(4), 830-842.
- Dichio, L., Amprimo, I., Azzaro, C., Almirón, L., Puccio, G., & Galli, J. (2015). Crianza artificial de las terneras en el Módulo de Producción Lechera de la Facultad de Ciencias Agrarias. *Agromensajes*, *42*(2015), 47-50.
- Drackley, J. K. (2008, August). Accelerated growth programs for milk-fed calves. In *Proceedings High Plains Dairy Conference, Albuquerque, NM, USA* (Vol. 8796).
- Eckert, E., Brown, H. E., Leslie, K. E., DeVries, T. J., & Steele, M. A. (2015). Weaning age affects growth, feed intake, gastrointestinal development, and behavior in Holstein calves fed an elevated plane of nutrition during the preweaning stage. *Journal of Dairy Science*, *98*(9), 6315-6326.
- Elizondo, J. A. (2009). Crianza de terneras de lechería: Programa alternativo para un crecimiento acelerado. *ECAG-Infoma*. *47*(2009), 32-34.
- Elizondo, J. A. (2015). La crianza de terneras: pilar de la eficiencia en las fincas lecheras. *Horizonte Lechero*, *1*(6), 18-21.
- Elizondo, J. A., & Sánchez, 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.

- Elizondo, J. A., & Solís, H. A. (2018). Costo de criar una ternera lechera de reemplazo desde el nacimiento al parto 1. *Agronomía Mesoamericana* 29(3), 547–555.
- Elizondo, J. A., & Vargas, A. (2015). Determinación del costo de la crianza de terneras desde el nacimiento hasta el destete en una lechería comercial especializada. *Nutrición Animal Tropical*, 9(2), 1-11.
- Ellingsen, K., Mejdell, C. M., Ottesen, N., Larsen, S., & Grøndahl, A. M. (2016). The effect of large milk meals on digestive physiology and behaviour in dairy calves. *Physiology & Behavior*, 154(1), 169–174.
- FAO. (2010). Manejo Sanitario Eficiente del Ganado Bovino: Principales Enfermedades [versión Adobe Reader]. Recuperado de: https://www.academia.edu/17666282/Manejo_sanitaria_eficiente_del_ganado_bovino_principales_enfermedades
- Gaggianesi, P. A., Mihura, H., & Etcheverría, A. (2016). *Mortandad periparto causada por Escherichia coli en establecimiento lechero de la Cuenca Mar y Sierras* (Tesis de licenciatura). Recuperado de: <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/732/Gaggianesi%2C%20Pedro%20Andr%C3%A9s.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- 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(8), 6206-6214.
- Grajales, J., Alvarado, J., Quintero, E., Castillo, M., & Cedeño, E. (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. *ACETLAT*, 7(2), 2-10.
- Grajales, J., & Castillo, M. 2016. *Efecto de la nutrición y los programas de crecimiento acelerado sobre el desarrollo de la glándula mamaria y futuro desempeño productivo en ganado bovino lechero* [Versión Adobe Reader]. Recuperado de: <https://isbn.cloud/9789962556787/efecto-de-la-nutricion-y-los-programas-de-crecimiento-acelerado-sobre-el-desarrollo-de-la-glandu/>

- Guzmán, C. E., Bereza, L. T., De Groef, B., & Franks, A. E. (2015). Presence of selected methanogens, fibrolytic bacteria, and proteobacteria in the gastrointestinal tract of neonatal dairy calves from birth to 72 hours. *PLOS One*, *10*(7), 1-11.
- Hammon, H., & Blum, J. W. (1997). The somatotropic axis in neonatal calves can be modulated by nutrition, growth hormone and Long-R3-IGF-I. *American Journal of Physiology*, *273*(1), E130-E138.
- Hawkins, A., Burdine, K., Amaral, D., & Costa, J. H. C. (2019). An Economic Analysis of the Costs Associated with Pre-Weaning Management Strategies for Dairy Heifers. *Animals*, *9*(7), 471.
- Hengst, B. A., Nemec, L. M., Rastani, R. R., & Gressley, T. F. (2012). Effect of conventional and intensified milk replacer feeding programs on performance, vaccination response, and neutrophil mRNA levels of Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, *95*(9), 5182-5193.
- Hill, T. M., Bateman, H. G., Aldrich, J. M., & Schlotterbeck, R. L. (2010). Effect of milk replacer program on digestion of nutrients in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *93*(3), 1105-1115.
- Hu, W., Hill, T. M., Dennis, T. S., Suarez, F. X., Aragona, K. M., Quigley, J. D., & Schlotterbeck, R. L. (2020). Effects of milk replacer feeding rates on growth performance of Holstein dairy calves to 4 months of age, evaluated via a meta-analytical approach. *Journal of Dairy Science*, *103*(3), 2217-2232.
- IMN. (2018). Mapa de Costa Rica. Recuperado de: <https://www.imn.ac.cr/mapa>. 29-5-2019.
- INDER. (2016). *Informe de Caracterización Básica Territorio Barva-Santa Bárbara-San Isidro-San Rafael-Santo Domingo-Vara blanca* [versión Adobe Reader]. Recuperado de: https://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_central/caracterizaciones/Caracterizacion-Barva-Santa-Barbara-San-Isidro-San-Rafael-Santo-Domingo-Vara-blanca.pdf. 29-5-1029.
- INEC. (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales* [Versión Adobe Reader]. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/U40-10581.pdf>
- Jafari, A., Azarfar, M., Alugongo, G., Ghorbani, G., Mirzaei, M., Fadayifar, A., Omid, H., Cao, J., Drackley, J., & Ghaffari, M. (2021). Milk feeding quantity and feeding frequency: effects on growth performance, rumen fermentation and blood metabolites of Holstein dairy calves. *Italian Journal of Animal Science*, *20*(1), 336-351.

- Jafari, A., Azarfar, A., Ghorbani, G., Mirzaei, M., Khan, M., Omid, H., Pakdel, A., & Ghaffari, H. (2020). Effects of physical forms of starter and milk allowance on growth performance, ruminal fermentation, and blood metabolites of Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *103*(12), 11300-11313.
- Jami, E., Israel, A., Kotser, A., & Mizrahi, I. (2013). Exploring the bovine rumen bacterial community from birth to adulthood. *The ISME Journal*, *7*(6), 1069-1079.
- Jasper, J., & Weary, D. (2002). Effects of Ad Libitum Milk Intake on Dairy Calves. *Journal of Dairy Science*, *85*(11), 3054-3058.
- Jensen, M. B., Jensen, A., & Vestergaard, M. (2020). The effect of milk feeding strategy and restriction of meal patterning on behavior, solid feed intake, and growth performance of male dairy calves fed via computer-controlled milk feeders. *Journal of Dairy Science*, *103*(9), 8494-8506.
- Khan, M., Lee, H., Lee, W., Kim, H., Ki, K., Hur, T., Suh, G., Kang, S., & Choi, Y. (2007b). 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*(7), 3376-3387.
- Khan, M., Lee, H., Lee, W., Kim, H., Kim, S., Ki, K., Ha, J., Lee, H., & Choi, Y. (2007a). Pre- and Postweaning Performance of Holstein Female Calves Fed Milk Through Step-Down and Conventional Methods. *Journal of Dairy Science*, *90*(2), 876-885.
- Khan, M., Weary, D., & Von Keyserlingk, M. (2011a). Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, *94*, 1071-1081.
- Khan, M., Weary, D., & Von Keyserlingk, M. (2011b). Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk. *Journal of Dairy Science*, *94*(7), 3547-3553.
- Kiezebrink, D., Edwards, A., Wright, T., Cant, J., & Osborne, V. (2015). Effect of enhanced whole-milk feeding in calves on subsequent first-lactation performance. *Journal of Dairy Science*, *98*(1), 349-356.
- Klopp, R., Suarez, F., Dennis, T., Hill, T., Schlotterbeck, R., & Lascano, G. (2019). Effects of feeding different amounts of milk replacer on growth performance and nutrient digestibility in Holstein

- calves to 2 months of age using different weaning strategies. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 11040–11050.
- Korst, M., Koch, C., Keseer, J., Muller, U., Romberg, F., Rehage, J., Eder, K., & Sauerwein, H. (2017). Different milk feeding intensities during the first 4 weeks of rearing in dairy calves: Part 1: Effects on performance and production from birth over the first lactation. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 3096-3108.
- Krapalkova, L., Cabrera, V., Kvapilík, J., Burdych, J., Stipková, M., Crump, K., Stadnik, L., & Vacek, M. (2014). *Optimal growth of heifers and effect of milk yield level on dairy herd production, reproduction, and profitability* [versión Adobe Reader]. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/3be8/339a094491888b817b7e54765e5d4d0361c2.pdf>
- Kristensen, N. B., Sehested, J., Jensen, S., & Vestergaard, M. (2007). Effect of Milk Allowance on Concentrate Intake, Ruminal Environment, and Ruminal Development in Milk-Fed Holstein Calves. *Journal of Dairy Science*, 90(9), 4346-4355.
- Lagger, J. (2010). Crecimiento intensivo de cría y recria de vaquillonas, aplicando los principios de bienestar. *Revista Veterinaria Argentina*, 27(265), 1-28.
- Maccari, P., Wiedemann, S., Kunz, H., Piechotta, M., Sanftleben, P., & Kaske, M. (2015). Effects of two different rearing protocols for Holstein bull calves in the first 3 weeks of life on health status, metabolism and subsequent performance. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(4), 737-46.
- Maldonado, C. (2008). *Evaluación de la tasa de crecimiento del nacimiento al primer servicio e incidencia de enfermedades diarreicas y respiratorias en terneras de cuatro grupos genéticos Bos taurus utilizados como reemplazo en una lechería especializada* (Tesis de licenciatura). Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3621/>
- Meale, S., Chaucheyras, F., Berends, H., Guan, L., & Steele, M. (2017). From pre- to postweaning: Transformation of the young calf 's gastrointestinal tract 1. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5984–5995.
- Mendoza, J. (2017). *Determinación de los índices productivos y reproductivos del ganado de la raza Jersey en la Cooperativa Agraria De Trabajadores Ltda. Atahualpa Jerusalén* (Tesis de licenciatura). Recuperado de:

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/976/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Miller, 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.
- Mirzaei, M., Dadkhah, N., Baghbanzadeh, B., Agha, A., Eshraghi, M., Imani, M., Shiasi, R., & Ghaffari, H. (2018). Effects of preweaning total plane of milk intake and weaning age on intake, growth performance, and blood metabolites of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4212-4220.
- Mirzaei, M., Khanaki, H., Kazemi, M., Khan, M., Khaltabadi, A., Hossein, M., & Ghaffari, M. (2020). Effects of step-down weaning implementation time on growth performance and blood metabolites of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 10099-10107.
- Moallem, U., Werner, D., Lehrer, H., Zachut, M., Livshitz, L., Yakoby, S., & Shamay, A. (2010). Long-term effects of ad libitum whole milk prior to weaning and prepubertal protein supplementation on skeletal growth rate and first-lactation milk production Long-term effects of ad libitum whole milk prior to weaning and prepubertal protein supplementation on skeletal growth rate and first-lactation milk production. *Journal of Dairy Science*, 93(6), 2639–2650.
- Monge, C., & Elizondo, J. A. (2016). El consumo de agua y su efecto sobre la ingesta de alimento balanceado y el crecimiento en terneras Jersey. *Nutrición Animal Tropical*, 10(2), 75-90.
- National Animal Health Monitoring System (U.S.). (2007). *Dairy 2007: I: Reference of dairy cattle health and management practices in the United States*. U.S. Dept. of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Veterinary Services, National Animal Health Monitoring System. Recuperado de: [https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/dairy07/Dairy07_dr_Part I.pdf](https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/dairy07/Dairy07_dr_Part_I.pdf)
- Omidi, 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.

- Overton, M. W., Corbett, R. B., & Boomer, W. G. (2013). An Economic Comparison of Conventional vs. Intensive Heifer Rearing. An economic comparison of conventional vs. intensive heifer rearing. *Western Dairy Management Conference, Reno* (pp. 122-129).
- Overvest, M. A., Crossley, R. E., Miller, E. K., & DeVries, T. J. (2018). Social housing influences the behavior and feed intake of dairy calves during weaning. *Journal of Dairy Science, 101*(9), 8123-8134.
- Passillé, A. M., Borderas, T. F., & Rushen, J. (2011). Weaning age of calves fed a high milk allowance by automated feeders: Effects on feed, water, and energy intake, behavioral signs of hunger, and weight gains. *Journal of Dairy Science, 94*(3), 1401-1408.
- Pérez, E. (2017). *Manual de manejo de sistemas intensivos sostenibles de ganadería de leche: acciones climáticas en el sector agropecuario* [Versión Adobe Reader]. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-10927.pdf>
- Quigley, J. D., Wolfe, T. A., & Elsasser, T. H. (2006). Effects of Additional Milk Replacer Feeding on Calf Health, Growth, and Selected Blood Metabolites in Calves. *Journal of Dairy Science, 89*(1), 207-216.
- Raboisson, D., Trillat, P., & Cahuzac, C. (2016). Failure of passive immune transfer in calves: A meta-analysis on the consequences and assessment of the economic impact. *Plos One, 11*(3), 1-19.
- Raeth, M., Chester, H., Hayes, R., Linn, J., Larson, R., Ziegler, D., Ziegler, B., & 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*(2), 799-809.
- Rincker, L. D., VandeHaar, M. J., Wolf, C. A., Liesman, J. S., Chapin, L. T., & Nielsen, M. W. (2011). Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. *Journal of Dairy Science, 94*(7), 3554-3567.
- Rodríguez, M., Sarramone, C., & Bilbao, G. (2017). *Análisis de un sistema de crianza artificial intensivo en terneras Holstein* (Tesis de licenciatura). Recuperado de: <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1537/Rodr%c3%adguez,%20Mar%c3%ada%20Floren%20cia.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

- Rosadiuk, J., Bruinjé, T., Moslemipur, F., Fischer, A., Renaud, D., Ambrose, D., & Steele, A. (2021). Differing planes of pre- and postweaning phase nutrition in Holstein heifers: I. Effects on feed intake, growth efficiency, and metabolic and development indicators. *Journal of Dairy Science*, *103*(12), 1136-1152.
- Rosenberger, K., Costa, J., Neave, H., Keyserlingk, M., & Weary, D. (2017). The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *100*(1), 504–512.
- Ruiz, K., Vargas, R., Castillo, M., Ríos, A., Quintero, E., Hernández, S., & Grajales, J. (2020). Efecto del volumen de dieta líquida sobre el consumo de concentrado y desempeño en terneras lecheras. *Nutrición Animal Tropical*, *14*(2), 230-250.
- Sahoo, A., Kamra, D., & Pathak, N. (2005). Pre-and postweaning attributes in faunated and ciliate-free calves fed calf starter with or without fish meal. *Journal of dairy science*, *88*(6), 2027-2036.
- Seifzadeh, S., Ramezani, M., Seifdavati, J., Abdi, H., & Razmazar, V. (2019). Effects of Weaning Age on Growth and Blood Parameters of Replacing Holstein Calves Fed on a Restricted Step Up and Down Milk Feeding Program. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, *9*(2), 197-204.
- Stamey, J., Janovick, N., Kertz, A., & Drackley, J. (2012). Influence of starter protein content on growth of dairy calves in an enhanced early nutrition program 1. *Journal of dairy science*, *95*(6), 3327-3336.
- Todd, C., Leslie, K., Millman, S., Biemann, V., Anderson, N., Sargeant, J., & DeVries, T. (2017). Clinical trial on the effects of a free-access acidified milk replacer feeding program on the health and growth of dairy replacement heifers and veal calves. *Journal of dairy science*, *100*(1), 713-725.
- Vandermeulen J., Bahr, C., Johnston, D., Earley, B., Tullo, E., Fontana, I., Guarino, M., Exadaktylos, V., & Berckmans, D. (2016). Early recognition of bovine respiratory disease in calves using automated continuous monitoring of cough sounds. *Computers and Electronics in Agriculture*, *129*(2016), 15-26.

- Vargas, A. (2014). *Práctica dirigida realizada en la sección de crianza de terneras en la finca lechera Los Alpes del Pizote S.A., en San Ramón de Tres Ríos, Cartago* (Tesis de licenciatura). Recuperado de: <http://www.zootecnia.ucr.ac.cr/index.php/component/phocadownload/category/11-tesis-consulta?download=197:tesis-para-consulta>
- Vargas, L., & Díaz, V. (2016). *Comparación de las respuestas productivas y fisiológicas de vacas lactantes jersey a las condiciones ambientales de un sistema silvopastoril con un sistema de pastoreo rotacional intensivo* (Tesis de licenciatura). Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5909/1/CPA-2016-T033.pdf>
- Vargas, A., & Elizondo, J. (2014). Determinación de alimento balanceado y agua, y medidas de crecimiento en terneras Holstein en una finca lechera comercial. *Nutrición Animal Tropical*, 8(2), 36-50.
- Welboren, A., Leal, L., Steele, M., Khan, M., & Martin, J. (2019). Performance of ad libitum fed dairy calves weaned using fixed and individual methods. *Animal*, 13(9), 1891-1898.

7. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de clasificación de la consistencia fecal para los terneros.



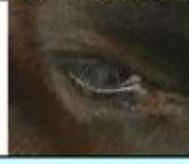
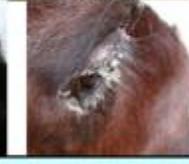
Calf Health Scoring Criteria			
0	1	2	3
Rectal temperature			
100-100.9	101-101.9	102-102.9	≥103
Cough			
None	Induce single cough	Induced repeated coughs or occasional spontaneous cough	Repeated spontaneous coughs
Nasal discharge			
Normal serous discharge	Small amount of unilateral cloudy discharge	Bilateral, cloudy or excessive mucus discharge	Copious bilateral mucopurulent discharge
			
Eye scores			
Normal	Small amount of ocular discharge	Moderate amount of bilateral discharge	Heavy ocular discharge
			
Ear scores			
Normal	Ear flick or head shake	Slight unilateral droop	Head tilt or bilateral droop
			
Fecal scores			
Normal	Semi-formed, pasty	Loose, but stays on top of bedding	Watery, sifts through bedding
			

Figura 1. Tabla de clasificación de la consistencia fecal y salud en general de terneras de la Universidad de Wisconsin. Tomado de J. Vandermeulen, C. Bahr, D. Johnston, B. Earley, E. Tullo, I. Fontana, M. Guarino, V. Exadaktylos, D. Berckmans, 2016. *Computers and Electronics in Agriculture*, 129, p. 18.

Anexo 2. Consumo de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable de los tratamientos.

Tabla 3. 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	CON	OC/D	CON	OC/D	CON
1	4.17 \pm 0.03	4.13 \pm 0.02	0.17 \pm 0.01	0.16 \pm 0.00	22.18 \pm 0.10	22.04 \pm 0.05
2	5.13 \pm 0.22	4.36 \pm 0.13	0.24 \pm 0.02	0.20 \pm 0.02	26.37 \pm 1.09	22.58 \pm 0.47
3	6.30 \pm 0.20	4.72 \pm 0.10	0.29 \pm 0.02	0.25 \pm 0.02	32.52 \pm 0.90	23.74 \pm 0.31
4	7.46 \pm 0.20	5.30 \pm 0.27	0.35 \pm 0.02	0.36 \pm 0.05	38.45 \pm 0.87	25.47 \pm 0.81
5	6.90 \pm 0.19	5.77 \pm 0.34	0.35 \pm 0.03	0.46 \pm 0.07	34.93 \pm 0.60	27.04 \pm 1.07
6	6.68 \pm 0.32	6.34 \pm 0.44	0.45 \pm 0.06	0.55 \pm 0.08	31.81 \pm 1.02	28.69 \pm 1.38
7	7.13 \pm 0.43	6.90 \pm 0.54	0.68 \pm 0.09	0.65 \pm 0.10	30.95 \pm 1.40	30.21 \pm 1.73
8	7.43 \pm 0.44	8.07 \pm 0.55	1.05 \pm 0.09	0.85 \pm 0.11	27.34 \pm 1.46	33.85 \pm 1.72