

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Evaluación del uso de tres dietas líquidas en terneras de lechería en una finca comercial en una zona de bajura en Monterrey de San Carlos, Alajuela

Jessica María Vargas Oviedo

Tesis presentada para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2019

Esta tesis fue aceptada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

Director de Tesis

Ing. Jorge Alberto Elizondo Salazar, Ph.D.

Miembro del tribunal

Ing. Carlos Campos Granados, Lic.

Miembro del tribunal

Ing. Fabián Vargas Rodríguez, Ph.D.

Miembro del tribunal

Ing. Rodolfo WingChing Jones, M.Sc.

Director de Escuela

Ing. Carlos Arroyo Oquendo, M.Sc.

Sustentante

Ing. Jessica María Vargas Oviedo, Bach.

DEDICATORIA

Para Valentina, mi tesoro.

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Por regalarme la vida y darme lo necesario para alcanzar este logro.

COLABORADORES

Agradecimiento a Víctor López y Luis Koschny que fueron los protagonistas para que este proyecto se realizara día con día durante la parte experimental, con su apoyo, paciencia y su gran trabajo ayudaron a que pudiera haberse culminado con éxito.

A LA FAMILIA ARGUELLO VILLALOBOS

Muchas gracias por poner toda su explotación a disposición de este proyecto y permitir que el proyecto se llevara a cabo. En especial a don Alberto que siempre estuvo muy anuente al proyecto.

A MI ASESOR

Al Ing. Jorge Alberto Elizondo Salazar por su apoyo en la elaboración de este proyecto, el tiempo, paciencia, confianza y por sus consejos durante este proceso, mil gracias por todo.

A MIS REVISORES

Por su apoyo y tiempo para la revisión del presente estudio.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
PORTADA.....	I
HOJA DE APROBACION.....	II
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
1. General.....	3
2. Específicos.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
1. Importancia del sector lechero nacional.....	4
2. Calostro e inmunidad.....	5
3. Anatomía y fisiología del bovino.....	7
4. Pliegue retículo-omasal (gotera esofágica).....	8
5. Desarrollo ruminal.....	9
6. Peso corporal.....	10
7. Suministro de alimentos sólidos.....	12
8. Alimentación líquida.....	14
9. Leche de desecho.....	16
10. Pasteurización.....	18
11. Residuos de antibióticos.....	22
MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
1. Calidad microbiológica de la leche de desecho pre y pos pasteurización.....	33
2. Consumo de alimentación líquida.....	34
3. Consumo de alimento.....	37
4. Medidas de peso y ganancia diaria de peso.....	40

5. Circunferencia torácica, altura a la cruz y altura a la cadera.....	44
6. Apariencia general de salud.....	48
7. Costos.....	49
8. Calidad nutricional de las dietas utilizadas en el experimento	57
9. Parámetros de crecimiento de acuerdo con el cruce racial.....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
LITERATURA CITADA	68
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.	Tamaño relativo de los compartimentos estomacales de un bovino desde el nacimiento hasta la madurez.....	8
2.	Peso promedio (kg) esperado de terneras y novillas Holstein según país.....	11
3.	Peso al nacimiento de ganado Brahman.....	11
4.	Consumo de dieta líquida y alimento balanceado (MS) promedio semanal en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	14
5.	Contenido nutricional promedio del pasto estrella africana y pasto Tanner de varios estudios realizados en la zona norte de Costa Rica.....	25
6.	Composición del reemplazador de leche utilizado en la prueba.	27
7.	Fórmula nutricional de alimento balanceado tipo inicio utilizado en la prueba.....	28
8.	Calidad microbiológica (NMP/ml) antes y después de la pasteurización de la leche de desecho.....	33
9.	Consumo de dieta líquida (l) semanal en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	35
10.	Consumo de alimento (g/animal) semanal en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	37
11.	Peso (kg/animal) semanal de las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	41
12.	Ganancia de peso diario (kg/animal) por semana en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	42
13.	Circunferencia torácica (cm) semanal en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	45

14.	Altura a la cruz (cm) semanal en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	46
15.	Altura a la cadera (cm) semanal en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	47
16.	Costo total en colones por ternera por tratamiento desde el nacimiento hasta el destete.....	50
17.	Costo diario en colones por tratamiento por ternera.....	51
18.	Costo en porcentaje por tratamiento por ternera.....	54
19.	Consumo de nutrientes promedio de las dietas utilizadas en el experimento.....	58
20.	Peso (kg) semanal por raza en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	61
21.	Ganancia de peso diario (kg/animal) semanal por raza en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	62
22.	Circunferencia torácica (cm) semanal por raza en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	63
23.	Altura a la cruz (cm) semanal por raza en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	64
24.	Altura a la cadera (cm) semanal por raza en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	Estómago de una ternera recién nacida.....	7
2.	Canal reticular en terneras.....	8
3.	Comparativa de curvas de crecimiento para la raza Holstein.....	10
4.	Visión a escala de las papilas ruminales y ejemplificación de las medidas de altura y ancho de las mismas.....	12
5.	Cinética del crecimiento bacteriano.....	19
6.	Incidencia de residuos antibióticos encontrados en leche de desecho y leche de desecho pasteurizada de 31 muestras de una granja comercial en Wisconsin, USA....	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Título	Página
1.	Desglose de los costos de producción de la leche de desecho.....	79

RESUMEN

El presente estudio evaluó el uso de diferentes dietas líquidas en terneras de lechería en una finca comercial en una zona de bajura en Monterrey de San Carlos, Alajuela desde su nacimiento hasta el destete (8 semanas). Se utilizaron 45 terneras del cruce Holstein x Brahman que se asignaron de manera aleatoria a uno de los 3 tratamientos: leche íntegra, reemplazador y leche de desecho pasteurizada. Al nacimiento fueron separadas de su madre y se les suministró 4 l de calostro con concentraciones de inmunoglobulinas ≥ 50 g /l medido con un calostrómetro y como criterio de descarte se incluyeron solo las terneras con concentración de proteína sérica total $\geq 5,5$ g/dl medida a las 72 horas de vida. Mediciones de consumo de alimento balanceado, consumo de la dieta líquida, el estado de salud (problemas respiratorios, apariencia general y presencia de diarreas) y costos se realizaron de manera diaria, mientras que mediciones de peso corporal, altura a la cruz, altura a la cadera y circunferencia torácica se tomaron semanalmente. Los tratamientos se suministraban dos veces al día (4 l/día). Se utilizó la leche de desecho de la misma finca, la cual fue pasteurizada por 30 min a 65 °C en una pasteurizadora comercial. Se tomó dos muestras de leche de desecho para determinar el conteo bacterial y establecer el efecto de la pasteurización sobre la población bacteriana. Los resultados demostraron que no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en el consumo de alimento balanceado ni para el consumo de las dietas líquidas. El consumo promedio semanal de las dietas líquidas de las terneras en el estudio fueron 27,88; 27,74 y 27,84 l para la leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador, respectivamente. No se presentaron diferencias significativas en las primeras cuatro semanas después del nacimiento en cuanto a los pesos, contrario a las siguientes 4 semanas hasta el destete. El peso promedio de los animales a las ocho semanas de edad fue de 63,8; 64,7 y 55,9 kg para la leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador, respectivamente. En cuanto a la ganancia de peso diaria no se encontró diferencias (excepto en la cuarta, la quinta y séptima semana); los datos de altura a la cruz, altura a la cadera y circunferencia torácica no tuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos. Igualmente, para el estado de salud no hubo

diferencias significativas entre los tratamientos. La altura a la cruz en la semana 8 de las terneras en el estudio fueron de 86,3; 86,9 y 83,5 cm para la leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador, respectivamente, y para la altura a la cadera fueron 91,5; 91,9 y 88,3 cm para los tratamientos de leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador. En cuanto al conteo bacterial, el proceso de pasteurización fue exitoso pasando de >1100 número más probable de unidades de coliformes totales por mililitro a <3 unidades después de la pasteurización. No hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en el consumo semanal de materia seca y proteína; sin embargo hubo diferencias significativas en la mayoría de semanas (excepto semana 5) para el consumo de energía metabolizable, siendo superior el tratamiento de leche de desecho y leche íntegra en comparación con el reemplazador. Se determinó que el mayor costo a menor costo total promedio para criar una ternera hasta los dos meses de edad fue la leche de desecho pasteurizada de ₡101.873,70 (\$179.89); el tratamiento de leche íntegra fue de ₡97.464,13 (\$172.10) y leche reemplazo de ₡70.134,01 (\$123,84) con un tipo de cambio del dólar de ₡566,31. El rubro de mayor impacto del total del costo fue la alimentación entre 58 a 71%, seguido por la mano de obra entre un 21 a 31% y por último el manejo sanitario entre 6 a 9%. Para los parámetros de crecimiento no se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) cuando se consideró el cruce racial.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de un programa de crianza y desarrollo de terneras es el optimizar el desarrollo del animal con el tamaño y peso ideal para iniciar la pubertad, así que desde que nace la ternera comienza un proceso para alcanzar su potencial para llegar a ser un reemplazo de alta calidad en el hato. Esto se logra con la implementación de sistemas de crianza eficientes en nutrición, así como otros aspectos como la sanidad (Elizondo-Salazar 2008a).

Para maximizar la crianza de terneras de lechería, se debe considerar una serie de aspectos, entre ellos la alimentación, ya que es el rubro de mayor impacto con un 64,45% del costo total de crianza, del cual 24,57% corresponde al uso de alimento balanceado, 20,53% al lacto-reemplazador y 13,76% a la leche íntegra (Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez 2015). En este sentido es imprescindible buscar alternativas técnico-económicas de solución que puedan reducir los costos de alimentación sin sacrificar el buen desarrollo y desempeño de los animales.

La leche es el líquido que los mamíferos hembras segregan a través de las glándulas mamarias y constituye el primer y único alimento de la cría recién nacida (Aguilar 2011). La leche íntegra juega un papel crítico debido a que es una fuente rica de nutrientes; sin embargo en el comercio también se cuenta con el uso de reemplazadores lácteos. Para minimizar los costos se debe buscar alternativas económicas al uso de reemplazador lácteo o leche íntegra que podría ser comercializada, como por ejemplo el uso de la leche de desecho.

La leche de desecho no es visualizada como una pérdida económica ya que se simplemente es desechada, representa una pérdida porque esa leche posee un costo de producción. Esta proviene de leche mastítica con o sin antibiótico, leche de transición de los primeros días de lactancia de la vaca, leche con antibióticos para el tratamiento de enfermedades distintas de mastitis y calostro de desecho; en resumen

la leche que no puede ser vendida para consumo humano (Campos-Granados y Elizondo-Salazar 2014).

En explotaciones donde se utilizan reemplazadores lácteos, el uso de la leche de desecho para la alimentación líquida puede considerarse como una importante fuente de ahorro. Así por ejemplo, en un análisis económico la no utilización de la leche de desecho en una finca comercial de Costa Rica representó un costo de $\text{¢}3.722.500$, el cual los autores compararon con la compra de 93,5 bolsas de reemplazador lácteo (Campos-Granados y Elizondo-Salazar 2014).

En otros países como Estados Unidos es muy común esta alternativa, en donde el 87,2% de las explotaciones lecheras utilizan la leche de desecho en la alimentación de terneras (Langford et al. 2003, Stabel et al. 2004). Campos-Granados y Elizondo-Salazar (2014) determinaron que durante 4 meses de estudio, la producción individual de leche de desecho por vaca varió entre 9,0 y 723,0 kg. Elizondo-Salazar et al. (2007) reportaron en un estudio llevado a cabo en los Estados Unidos una cantidad de leche de descarte por vaca por lactancia entre 22,0 y 62,0 kg.

Existen ciertas preocupaciones con respecto al uso de la leche de desecho, como la carga bacteriana que podría contener y que podría convertirse en un posible transmisor de enfermedades a las terneras que se alimentan con ellas. Por lo tanto, Elizondo-Salazar et al. (2010) recomiendan la pasteurización como una opción de bajo costo para reducir este riesgo, siendo a una fuente importante de nutrimentos.

En Costa Rica existen pocos estudios relacionados con el análisis de parámetros de crecimiento en la utilización de diversas dietas líquidas como fuente de alimentación en sistemas de crianza de terneras. Por lo tanto el propósito de la presente investigación fue evaluar el uso de diferentes dietas líquidas en terneras del cruce Holstein x Brahman con el fin de determinar los parámetros de crecimiento y el consumo.

OBJETIVOS

1. General

Evaluar el uso de tres dietas líquidas en la crianza de terneras del cruce Holstein x Brahman en una finca comercial en la zona de bajura en Monterrey de San Carlos, Alajuela.

2. Específicos

1. Evaluar el uso de tres dietas líquidas ofrecidas a terneras provenientes del cruce Holstein x Brahman sobre el consumo de dieta líquida y sólida.
2. Evaluar el crecimiento (peso, altura a la cruz, altura a la cadera y circunferencia torácica) y estado de salud de terneras que consumen diferentes dietas líquidas bajo condiciones de bajura.
3. Corroborar el impacto de la pasteurización sobre el conteo bacterial en la leche de desecho.
4. Determinar el costo de utilización de diferentes dietas líquidas en terneras del cruce Holstein x Brahman en una finca comercial bajo condiciones de bajura.
5. Determinar el efecto de las dietas sobre los parámetros de crecimiento de acuerdo con el cruce racial de las terneras.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Importancia del sector lechero nacional

La producción lechera en Costa Rica se ubicó como la tercera actividad agropecuaria de mayor importancia, superada por los cultivos piña y banano, en donde generó el 9,73%% del valor agregado agropecuario del 2017, además produjo el 53,5% de las exportaciones del sector pecuario del país (Rodríguez 2017, SEPSA 2017).

Datos estadísticos indican que 14.355 fincas se dedican a esta producción, dando empleos directos a unos 30 000 empleados y generando 143.550 empleos indirectos, la región Huetar Norte representa el 43% de la producción nacional, seguido por la región Central con un 41% (Barrientos y Villegas 2010).

La Región Huetar Norte es la principal zona productora lechera del país, con una producción estimada de 600 mil kilogramos (kg) diarios y la segunda con mayor cantidad de ganado del país, de las cuales un 12% corresponden a ganadería de leche, un 34% a doble propósito y un 54% a ganado de cría; esta región se ubica entre los 200 y 1000 msnm, con una temperatura media de 23-30 °C y una humedad relativa del 80-90% en promedio (IMN 2019).

Considerando el impacto que tiene la producción lechera en el país, se deben buscar estrategias en donde los productores mejoren los parámetros de las fincas con el fin de aumentar la rentabilidad, en el cual se debe considerar las condiciones adecuadas para el desarrollo de las terneras, ya que estas van a ser el reemplazo del hato de ordeño en el futuro de la finca y son la base genética para los próximos años, por lo tanto la adecuada nutrición y manejo van a tener un impacto sobre la productividad del animal (Rivera 2000).

Los productores deben tener en cuenta las diferencias anatómicas que existe entre una ternera y un animal adulto, aspectos en la alimentación y prácticas de manejo

así como la importancia de suministrar calostro y lograr una concentración adecuada de inmunoglobulinas séricas para el desempeño del animal.

2. Calostro e inmunidad

El calostro es la primera secreción de la glándula mamaria después del parto, con una alta concentración de inmunoglobulinas (Igs) o anticuerpos que le ayudan a la ternera para combatir contra agentes patógenos, ya que al nacer estas poseen un sistema inmune inmaduro (Elizondo-Salazar 2007).

En las últimas semanas de gestación, grandes cantidades de Igs son transferidas a la glándula mamaria, durante el proceso de calostrogénesis y existe una serie de factores que influyen sobre la concentración de Igs en el calostro como la raza, el número del parto, la vacunación y la longitud del periodo seco (Elizondo-Salazar 2015). Conforme aumentan los días pos parto, la concentración de anticuerpos en el calostro disminuye de tal manera que el calostro del segundo ordeño posee 60 a 70% de las Igs con respecto al primer ordeño (Berra et al. 1999).

Existen diversos métodos para medir la calidad del calostro, tal es el caso del calostrómetro, que correlaciona la gravedad específica del calostro y la concentración de inmunoglobulinas en el mismo, el cual se considera de buena calidad cuando posee ≥ 50 g/l de concentración de Igs. En lecherías donde solo alimentan con calostro de buena calidad, necesitan tener una reserva o banco de calostro para ofrecer a las terneras que nacen de vacas con baja calidad de calostro (Elizondo-Salazar 2010).

En Costa Rica, Elizondo-Salazar (2015) reporta que en fincas de las provincias de San José, Heredia, Alajuela y Cartago la concentración de Igs osciló entre 10 y 140 con un promedio de 85 g/l. Además, determinó que a mayor número de partos, aumenta significativamente la concentración de Igs.

Las inmunoglobulinas se clasifican en 3 tipos: G, M y A; la mayoría de Igs presentes en el calostro son la clase G (Heinrichs y Jones 2003). Debido a la

predominante cantidad de IgG, la medida de la concentración total de IgG o IgG1 en el suero sanguíneo es utilizada como un indicativo adecuado de la transferencia de inmunidad pasiva (TIP) (Besser y Gay 1985).

En las primeras horas de vida, el tracto gastrointestinal de la ternera es capaz de absorber grandes moléculas debido a la alta permeabilidad del intestino, entre ellas incluidas las Igs. Este proceso lleva el nombre de transferencia de inmunidad pasiva. Agregando a lo anterior, la eficiencia con que la ternera absorbe esas Igs va disminuyendo con la edad, por lo tanto es importante suministrar el calostro en las primeras horas de vida (Elizondo-Salazar 2015).

Cuando se alimenta a la ternera con calostro de baja concentración de Igs (< 50 g/l) y no se ofrece antes de las dos horas después del nacimiento podría presentarse una falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) (Arroyo-Arroyo y Elizondo-Salazar 2014). Weaver et al. (2000) indican que adecuadas concentraciones séricas de Igs entre las 24 y 48 horas de vida se relaciona con una disminución en la morbilidad y mortalidad en el periodo predestete, mejora en la ganancia de peso, edad reducida al primer parto y mayor producción de leche en la etapa de lactancia.

A nivel de campo, se puede determinar la concentración de proteína sérica total (PST) por medio de un refractómetro de mano. Las Igs del calostro, son los mayores constituyentes de las proteínas séricas totales, del cual se considera una FTIP cuando la concentración de PST es menor a 5,5 g/dl (Arroyo-Arroyo y Elizondo-Salazar 2014).

En Costa Rica se reportó que la concentración de PST encontrada en fincas de la Región Huetar Norte varió entre 2,4 y 10,0 g/dl y hubo FTIP en 44,9% de los animales muestreados (Arroyo-Arroyo y Elizondo-Salazar 2014), datos similares a los reportados por estudios en la misma zona en años anteriores 2012 y 2013 (31,8 y 43,7%, respectivamente) (Sánchez et al. 2012, Benavides et al. 2013).

3. Anatomía y fisiología del bovino

Los rumiantes poseen el estómago dividido en cuatro compartimientos: tres pre-estómagos (rumen, retículo y omaso) y un estómago verdadero (abomaso). Desde el nacimiento (Figura 1) hasta aproximadamente dos semanas, el sistema digestivo funciona como un monogástrico, siendo el abomaso el único estómago desarrollado y funcional para realizar la digestión de los nutrientes presentes en la leche o reemplazadores lácteos (Castro 2011).

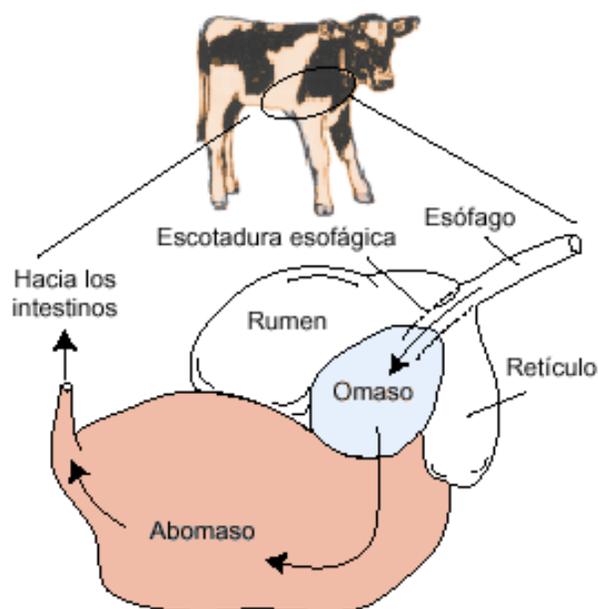


Figura 1. Estómago de una ternera recién nacida. Fuente: Wattiaux (2014a).

Conforme transcurre el tiempo, se da un desarrollo de los pre-estómagos (Cuadro 1) que cambia conforme la ternera crece y consume una mayor variedad de alimentos. Al nacer, el abomaso constituye 60% de la capacidad estomacal, pero cuando la vaca es adulta esa capacidad pasa a 8%. Caso contrario sucede con el rumen, una ternera recién nacida posee 25% pero en edad adulta aumenta a 80-85% de la capacidad total (Heinrichs y Jones 2003).

Cuadro 1. Tamaño relativo de los compartimentos estomacales de un bovino desde el nacimiento hasta la madurez.

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

Adaptado de Heinrichs y Jones (2003).

Al nacimiento el rumen no es funcional, por lo que la ternera depende de las enzimas digestivas que se encuentran en el abomaso para obtener los nutrientes, además debido a la gotera esofágica los líquidos pueden pasar directamente al abomaso (Heinrichs y Jones 2003).

4. Pliegue retículo-omasal (gotera esofágica)

La gotera esofágica es una invaginación que se extiende desde el cardias en el esófago hasta el orificio retículo-omasal, que está formado por dos pliegues musculares para conducir los materiales hasta el abomaso (Figura 2). Cuando la gotera es estimulada, los músculos se contraen y se cierra formando un tubo casi perfecto (Castro 2011, Aguilar 2011).



Figura 2. Canal reticular en terneras. Fuente: Aguilar (2011).

5. Desarrollo ruminal

Las terneras pasan por diferentes fases en el desarrollo ruminal (Aguilar 2011):

- Fase de pre-rumiante: En esta fase el abomaso es el principal constituyente del proceso digestivo y la alimentación es con base en el uso de alimentos lácteos o sustitutos líquidos donde el aporte de los nutrientes de la dieta son para mantenimiento y crecimiento. Un aspecto importante es que este periodo se extiende hasta las 2 ó 3 semanas de vida y se puede prolongar si no se ofrecen alimentos sólidos.
- Fase de transición: Conforme el animal inicia el consumo de alimento balanceado, que depende de factores como el programa de alimentación con dieta líquida utilizado, estado de salud, disponibilidad de agua; se inicia el proceso de fermentación ruminal que da la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) que son los responsables del desarrollo ruminal. No se debe olvidar que en esta fase aún se da alimentación líquida por lo tanto el abomaso juega un papel en la digestión del animal. Esta etapa se prolonga hasta tanto sea ofrecida la alimentación líquida.
- Fase de rumiante: Inicia desde el destete hasta el final de su vida. En esta etapa el rumen es el principal órgano del tracto digestivo, produciendo altas cantidad de AGV y proteína microbiana por medio de la degradación de los alimentos consumidos por el animal.

La ternera no debe ser destetada hasta que su rumen sea funcional y capaz de soportar sus necesidades nutricionales. Los ácidos grasos proveen el estímulo necesario para el crecimiento y desarrollo ruminal, por lo que este depende más del consumo de grano que del forraje, entonces para un adecuado desarrollo ruminal y una buena transición al momento del destete, se debe suministrar un iniciador altamente palatable (granos o mezcla de alimento balanceado) (Wattiaux 2014b).

6. Peso corporal

La tasa de crecimiento de los reemplazos es un indicador del nivel de manejo, la alimentación, instalaciones así como otras necesidades. La madurez sexual para las novillas depende más del peso corporal que de la edad, por lo cual, la tasa de crecimiento influye considerablemente en la edad a la pubertad y por consiguiente la edad al primer parto. Por lo tanto se dice que la pubertad ocurre cuando la novilla pesa entre 40 y 50% de su peso vivo adulto sin importar la edad (Wattiaux 2014c).

En la Figura 3, se muestra una curva de crecimiento de terneras de reemplazo para la raza Holstein en donde se comparan datos obtenidos de lecherías de Costa Rica, lecherías de la zona de San Carlos (Costa Rica) y animales de los Estados Unidos.

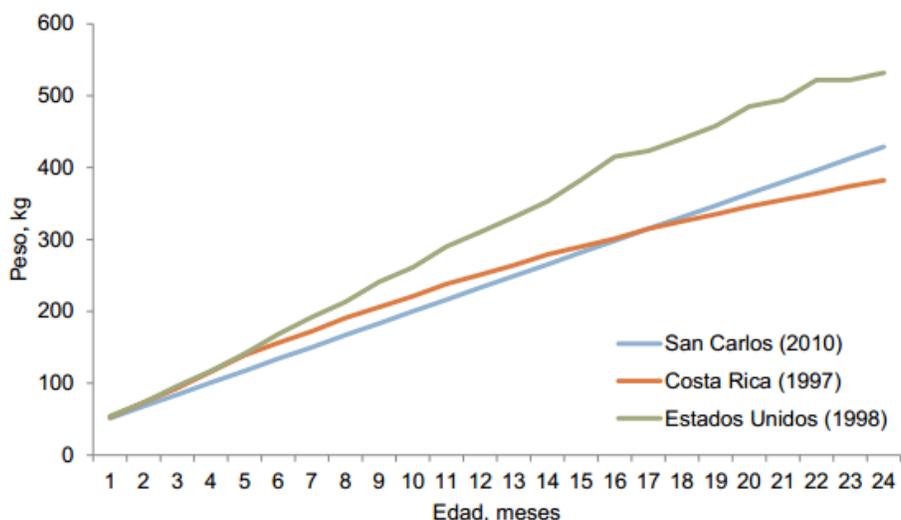


Figura 3. Comparativa curvas de crecimiento para la raza Holstein (Sánchez 2010).

En el Cuadro 2, se muestran datos de fincas de San Carlos, Cañas y la zona Volcánica Central perteneciente a una base de datos de 20.310 observaciones de peso, del cual se compara con datos de los Estados Unidos, para proveer una idea de patrones de peso esperado en terneras de la raza Holstein.

Cuadro 2. Peso promedio (kg) esperado de terneras y novillas Holstein según país.

Edad (meses)	Costa Rica	Estados Unidos
1	53	62
2	73	82
3	93	99
4	116	123
5	136	144
6	156	169
7	172	191
8	191	209
9	206	231
10	221	256

Adaptado de Castro (2011).

En cuanto a la raza Brahman, Carrizales (2005) hizo una revisión bibliográfica de pesos al nacimiento, los cuales se muestran en el Cuadro 3 en donde los pesos rondan entre los 25,8 hasta los 34,0 kg; el peso al nacimiento es una característica de la capacidad de sobrevivencia, ya que pesos livianos se relaciona con animales débiles y pesos elevados predisponen a la vaca a partos distócicos (González et al. 2008).

Para el caso de Costa Rica, con un número de observaciones de 399 se encontró que el peso al nacimiento para hembras fue de 36,20 kg con una diferencia significativa de peso al nacimiento de machos 37,45 kg (n=414) (Castillo-Umaña et al. 2015).

Cuadro 3. Peso al nacimiento de ganado Brahman.

Peso al nacimiento, kg	Zona
34,0	México (Sureste)
31,0	Valle del Cauca
31,5	Venezuela
33,0	Argentina Macho
30,0	Argentina Hembra
25,8	USA
27,2	Sur América
30,5	Florida, USA (Hembras)

Adaptado de Carrizales (2005).

En los sistemas productivos del trópico, se implementan programas de cruzamiento de ganado *Bos indicus* x *Bos taurus* que han permitido mayor productividad debido a la heterosis ya que se obtienen animales con mayor velocidad de crecimiento, rendimiento, precocidad y producción de leche en las hembras (Castillo-Umaña et al. 2015).

7. Suministro de alimentos sólidos

El consumo de alimento seco especialmente de alimento balanceado proporciona un mayor estímulo de los pre-estómagos, ya que posee un alto potencial de fermentación mediante la fermentación microbial de proteínas y carbohidratos en el rumen, produce AGV como ácido propiónico, butírico y acético que proporcionan un estímulo a los pre-estómagos principalmente en los dos primeros AGV (Castro 2011).

Cuando las terneras empiezan a consumir alimento balanceado desde edades muy tempranas, los pre-estómagos aumentan en volumen, peso, músculo y capacidad de absorción (Elizondo-Salazar y Sánchez-Álvarez 2012), debido al aumento de las papilas ruminales (Figura 4).

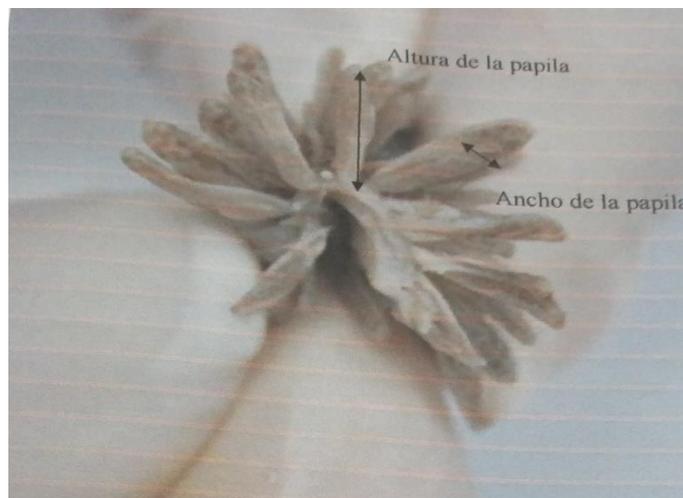


Figura 4. Visión a escala de las papilas ruminales y ejemplificación de las medidas de altura y ancho de las mismas. Fuente: Castro (2011).

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

Se debe considerar las siguientes estrategias de manejo en la alimentación para optimizar el consumo de alimento balanceado (Castro 2011):

- Asegurar que las terneras tengan acceso a un alimento balanceado palatable y de alta calidad.
- El suministro de agua fresca debe ser a partir del tercer día de edad.
- El incremento paulatino de la cantidad de alimento balanceado y que siempre tengan disponibilidad del mismo.
- Que las terneras tengan una adecuada transferencia de inmunidad pasiva para que muestren menores problemas de salud y alta tasas de crecimiento, por lo que estas terneras van a aprender a consumir alimento más rápido.
- Minimizar el efecto del estrés calórico.
- Mantener comederos y bebederos limpios.
- Evitar las partículas muy finas en los alimentos, ya que se ha encontrado que las terneras presentan menores consumos y menores ganancias de peso.

Otro aspecto importante es la relación del consumo de dieta líquida con el consumo de alimento balanceado. En un estudio llevado a cabo en nuestro país, donde se les suministró a terneras Holstein una dieta líquida restringida de 4 l de leche/d (tratamiento convencional) versus terneras con un consumo de dieta líquida de 8 l/d (tratamiento intensivo), se obtuvo que las terneras en el tratamiento convencional presentaron mayor consumo de alimento balanceado que en el tratamiento intensivo (Cuadro 4) (Elizondo-Salazar y Sánchez-Álvarez 2012).

Los autores explican que, a mayores cantidades de dieta líquida, los animales presentan un llenado físico, el cual reduce la necesidad de consumir alimento

balanceado, esto está asociado con una baja en la tasa de desarrollo y funcionalidad del rumen que a la vez contribuye al deterioro de la condición corporal cuando estos sean destetados y alimentados con algún forraje.

Cuadro 4. Consumo de dieta líquida y alimento balanceado (MS) promedio semanal en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	Convencional		Intensivo	
	Leche, l	Alimento, g	Leche, l	Alimento, g
1	4,0 ^a	147	5,0 ^b	127
2	4,0 ^a	347	6,0 ^b	373
3	4,0 ^a	1.225	7,0 ^b	1.299
4	4,0 ^a	1.415	8,0 ^b	1.565
5	4,0 ^a	2.359	8,0 ^b	2.088
6	4,0 ^a	3.499	8,0 ^b	2.397
7	4,0 ^a	4.924 ^a	8,0 ^b	2.559 ^b
8	4,0 ^a	6.701 ^a	4,0 ^a	4.137 ^b
EEM	0,0	898	0,0	733
Costo, colones	7.267 ^a	14.277 ^b	12.400 ^b	10.072 ^a

EEM: Error estándar de la media.

^{ab}Medias con letras distintas (a, b) en una misma columna, difieren entre sí.

Fuente: Elizondo-Salazar y Sánchez-Álvarez (2012).

8. Alimentación líquida

La digestión de la leche se realiza por los ácidos y enzimas producidas en el abomaso, cuando la leche entra al abomaso se transforma en cuajo resultante de la coagulación de la proteína de la leche, la caseína, con la acción de dos enzimas, la renina y la pepsina (Guerrero 2013).

Los otros componentes como la proteína del suero, lactosa y minerales se separan del cuajo y pasan al intestino delgado. La lactosa es digerida rápidamente, proceso contrario a la caseína y la grasa que provee de energía al ternero.

En los primeros días de vida, la ternera depende de la dieta líquida para obtener nutrientes para satisfacer sus necesidades de energía y crecimiento. Castro (2011) menciona que existen varias alternativas para el suministro de dietas líquidas como:

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

La leche íntegra es el alimento natural que contiene todos los nutrientes que necesita la ternera. Garzón (2007) considera a la leche entera como el alimento ideal debido a su gran valor nutricional y altamente asimilable para el animal, debido a sus características como poseer alto valor energético debido a la grasa y a la lactosa, proteínas de alto valor biológico y provista de vitamina A y D.

El sustituto de leche comercial cuando está bien fabricado y contiene los nutrientes apropiados, permite un rendimiento cercano o igual al que se obtiene con la leche entera. Muchas veces para rebajar costos se utilizan proteínas y grasa de origen vegetal para suplir a los nutrientes como fuentes alternativas (Gouiric 2006).

La leche desgrasada es una alternativa pero se debe tomar en cuenta que aunque es alta en proteína contiene menos energía (40-50%) además menor contenido de vitaminas liposolubles, por lo que conlleva a menores reservas corporales para utilizar en el estrés pos-destete (Castro 2011).

Los autores recomiendan restringir la alimentación líquida de una ternera a proporción del 10% del peso vivo del animal, aunque esa cantidad es menor si se le permitiera a libre consumo, ya que una ternera consumiría alrededor de 6 a 10 veces más al día (alrededor de 20% del peso vivo) (Elizondo-Salazar y Sánchez-Álvarez 2012).

El número de tomas también influye, por lo que se recomienda ofrecer la dieta líquida en dos tomas iguales al día, si la cantidad requerida se ofrece en una sola ración, la capacidad volumétrica del abomaso es excedida por lo que el exceso de leche se moviliza hacia el rumen donde puede causar problemas digestivos como timpanismo y diarreas (Unión Ganadera Regional de Jalisco 2009).

9. Leche de desecho

La leche de desecho se define como aquella leche producida en una finca que no puede ser vendida (Aust et al. 2013). En Estados Unidos es muy común esta alternativa, en donde el 87,2% de las explotaciones lecheras utilizan la leche de desecho en la alimentación de terneras (Langford et al. 2003, Stabel et al. 2004).

Campos-Granados y Elizondo-Salazar (2014) categorizan la leche de desecho en 3 clases:

Leche proveniente de vacas tratadas con antibióticos: comentan que se estima entre un 2 y 55% de las lactancias incluyen infecciones relacionadas con la mastitis.

Leche mastítica de vacas no tratadas con antibióticos y leche con altas cargas bacterianas: esta leche posee un alto uso en los productores, aunque posee altas cargas de microorganismos patógenos.

Calostro de desecho: los autores no la consideran una leche de desecho como tal, aunque señalan que posee una alta concentración de nutrientes e inmunoglobulinas que deja en incierto el valor nutricional.

Campos-Granados y Elizondo-Salazar (2014) determinaron en un estudio de 4 meses que la producción individual de leche de desecho por vaca varió entre 9,0 y 723,0 kg. Además, cuantificaron la cantidad de leche de desecho en una finca comercial, del cual obtuvieron un total de 1.690,5 kg distribuidos porcentualmente de la siguiente manera: leche mastítica con o sin antibiótico 71%, leche de transición 23%, leche con antibióticos para el tratamiento de enfermedades distintas de mastitis 5% y calostro de desecho 1%. Elizondo-Salazar et al. (2007) reportaron que en un estudio llevado a cabo en los Estados Unidos las vacas produjeron una cantidad entre 22,0 y 62,0 kg de leche de descarte por lactancia.

Andrew (2001) indica que el calostro y la leche de transición no pueden ser comercializadas ya que contienen altas concentraciones de Igs. Además, posee altas concentraciones de grasa, proteínas, lactoferrina o células somáticas que están asociadas con incrementos de falsos positivos para pruebas de detección de antibióticos que se realiza a la leche de consumo.

La leche de desecho no es visualizada como una pérdida económica ya que solamente se descarta. En fincas donde se utilizan reemplazadores lácteos puede considerarse un posible ahorro al utilizar la leche de desecho en la alimentación líquida de terneras (Campos-Granados y Elizondo-Salazar 2014).

Existen ciertas preocupaciones con respecto al uso de la leche de desecho, como la carga bacteriana que podría contener y ser un posible transmisor de enfermedades a las terneras que posean esta fuente de alimentación líquida alternativa. Por lo tanto, Elizondo-Salazar et al. (2010) recomiendan la pasteurización como una opción de bajo costo para reducir este riesgo.

10. Pasteurización

Una preocupación con la leche de desecho es la carga bacteriana, la cual puede traer problemas por agentes patógenos presentes como *Mycobacterium avium subsp. Paratuberculosis*, *Salmonella sp.*, *Mycoplasma sp.*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter sp.*, *Mycobacterium bovis*, *Enterobacter sp.*, *Staphylococcus sp.*, y *E. coli* (Campos-Granados y Elizondo-Salazar 2014). Estos patógenos se podrían transmitir a través de la alimentación líquida a las terneras (Elizondo-Salazar et al. 2007).

Para disminuir la carga bacteriana se puede optar por un proceso térmico, la pasteurización, que combina tiempo con temperatura como LTLT (baja temperatura, largo tiempo) que se obtiene calentando la leche a 63°C durante 30 min o HTST (alta temperatura, corto tiempo) a 72°C por 15 s (Aust et al. 2013).

Las bacterias deben tener ciertas condiciones para poder darse multiplicación bacteriana según los propios requerimientos de oxígeno o CO₂, obtención y consumo de energía, temperatura óptima de crecimiento, requerimientos de pH, y medio de cultivo de cada bacteria. El crecimiento bacteriano se presenta en cuatro fases (Figura 5): (1) fase de latencia es cuando las bacterias se adaptan al medio, (2) fase exponencial, donde se inicia la multiplicación bacteriana aumentando exponencialmente el número liberando enzimas y toxinas, (3) en fase estacional llega el momento cuando se da una competencia de nutrientes y las bacterias dejan de crecer y finalmente (4) la fase de muerte donde el número de bacterias disminuye (Merino 2010).

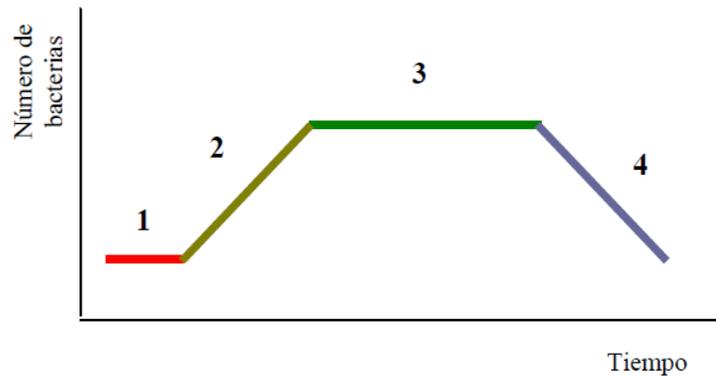


Figura 5. Cinética del crecimiento bacteriano. Fuente: Merino (2010).

La pasteurización fue muy eficaz para reducir la contaminación bacteriana de la leche de desecho. Sin embargo, el número de bacterias aumentó significativamente conforme transcurrió el tiempo después de la pasteurización, sino se tienen los cuidados necesarios. En algunos casos los recuentos de bacterias fueron similares a valores antes del proceso térmico, por lo cual estos autores recalcan que el manejo de la leche de desecho es muy importante después de la pasteurización (Elizondo-Salazar et al. 2010).

Elizondo-Salazar et al. (2007) enlistan varios factores que pueden afectar la carga bacteriana como:

- La limpieza del equipo utilizado para recolectar leche.
- Limpieza del equipo utilizado para almacenar leche antes de la alimentación.
- Tiempo de almacenamiento (tiempo desde la recolección hasta la alimentación).
- Temperatura de la leche durante el almacenamiento.
- Exposición a fuentes microbianas (heces, moscas, etc.) del medio ambiente.
- Pasteurización u otro procesamiento para reducir carga microbiana.

Elizondo-Salazar et al. (2013) recopilan ciertas consideraciones al utilizar la pasteurización en sistemas pecuarios como:

Requerimientos de instalación

- Calentador de agua caliente.
- Suministro de agua.
- Requerimientos en la electricidad.
- Espacio-localización, debe haber una separación entre la leche de desecho y la leche de desecho pasteurizada.
- Requerimientos de drenaje.
- Costos de instalación.

Consideraciones del día a día en la utilización:

- Capacitación a los empleados en el uso y limpieza.
- Tiempo en la utilización y limpieza del equipo.
- Requerimientos de limpieza.
- Costos variables.
- Movimientos y almacenamiento de la leche de desecho antes y después de la pasteurización.
- Monitoreo del proceso.

Además antes del proceso de pasteurización, se debe considerar tener el tanque del tamaño adecuado para el proceso diariamente y que la leche de desecho posea pocas horas de extraída de la vaca con el propósito de reducir la fermentación y el crecimiento bacterial. Mientras que después de pasteurizada, se debe tener el cuidado ya que cualquier supervivencia bacterial puede iniciar a la replicación de estas (Elizondo-Salazar et al. 2013).

Se debe tener en cuenta algunas posibles desventajas de la implementación de un sistema de pasteurización en la alimentación de terneras como el costo del

equipamiento, ya que podría ser elevado, así como el mantenimiento del equipo y poseer la cantidad diaria suficiente de leche de desecho, haciendo énfasis en que la alimentación de las terneras no debe cambiarse frecuentemente (Elizondo-Salazar et al. 2013).

Algunas consideraciones que se debe tener al dar leche de desecho como fuente de alimentación líquida son: determinar el estado de salud de las vacas para no alimentar a las terneras con leche de desecho que puedan transmitir una enfermedad, no alimentar en el primer día de vida ya que poseen una pared intestinal muy permeable, alimentar individualmente para prevenir que consuman leche de sus compañeras, no alimentar con leche que posea un aspecto excesivamente inusual y tener cuidado con alimentar con leche tratada con antibióticos ya que podría depositarse en tejidos de las terneras (Elizondo-Salazar et al. 2007).

Existen estudios como Stabel et al. (2004), Godden et al. (2003) y McMartin et al. (2006) en donde se utiliza el proceso de pasteurización para la reducción bacteriana en el calostro, ya que el consumo de calostro es importante porque afecta las ganancias de peso, bajas índices de mortalidad, baja la incidencia de diarreas y neumonías, ahan investigado sobre el efecto de la pasteurización en el calostro.

Respecto a la pasteurización HTST del calostro, Stabel et al. (2004) demostraron una efectiva destrucción de *M. paratuberculosis*, sin embargo como resultado hubo una reducción del 25% de Igs en el calostro. Mientras que Godden et al. (2003) reportan una reducción porcentual de Igs del 58,5 y 23,6% en la pasteurización de calostro a 63°C por 30 min en baches de 95 y 57 l, respectivamente.

En otro estudio no encontraron diferencias significativas en la concentración de IgG en calostro pasteurizado a 60 °C por 120 min (73,4 mg/ml) en comparación con calostro no pasteurizado (74,5 mg/ml), pero cuando el proceso térmico se realizó a una temperatura mayor (63 °C por 120 min) si hubo una reducción en la concentración de IgG. También evaluaron la viscosidad, en donde tampoco fue afectada por la

pasteurización a procesos de 60 °C, pero si se aumentaba la temperatura (63 °C) había un incremento en la viscosidad (McMartin et al. 2006)

Un 31% de la mortalidad en terneras ocurre en las tres primeras semanas de vida debido a una falla en la transferencia de la inmunidad pasiva que va ligado a la concentración de Igs en el calostro (McMartin et al. 2006).

En Costa Rica, un estudio demostró que el calostro pasteurizado mejoró la absorción de IgGs en las terneras según el tratamiento de calostro de buena calidad pasteurizado, buena calidad sin pasteurizar, mala calidad pasteurizado y mala calidad sin pasteurizar, respectivamente en eficacia de TIP, mientras que datos como peso y talla no tuvieron diferencias significativas (Salazar 2017).

11. Residuos de antibióticos

Otra preocupación que se podría tener con la leche de desecho son los antibióticos, ya que incrementa el riesgo a la resistencia de antibióticos en la microflora intestinal y siendo poco claro el efecto de provocar mastitis en edad adulta (Aust et al. 2013).

En un estudio, un grupo de terneras consumieron leche de desecho de vacas que habían sido tratadas con diferentes cantidades de penicilina G. Esta leche no tuvo ningún tipo de tratamiento térmico y los autores llegaron a la conclusión que la resistencia de las bacterias intestinales a los antibióticos incrementa con el aumento de dosis de penicilina. Sin embargo, no obtuvieron diferencias significativas en cuanto a las tasas de crecimiento, incidencia de diarreas y consumo de leche (Langford et al. 2003).

Jorgensen et al. (2006) reportaron que el 65% de la leche de desecho sin pasteurizar y la pasteurizada dieron un resultado positivo para residuos de antibióticos

(Figura 6). Los autores concluyeron que la pasteurización posee poca influencia en los residuos de antibióticos en la leche de desecho como alimento para terneras.

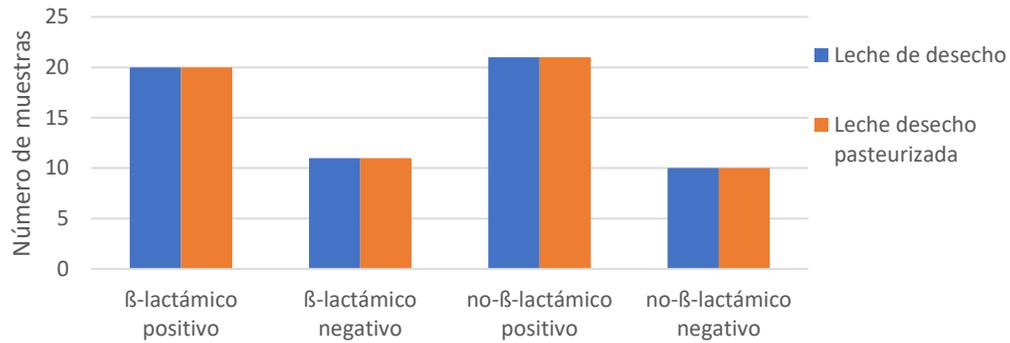


Figura 6. Incidencia de residuos antibióticos encontrados en leche de desecho y leche de desecho pasteurizada de 31 muestras de una granja comercial en Wisconsin, USA. Fuente: Jorgensen et al. (2006).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento:

La fase experimental se realizó en una finca comercial dedicada a la producción de leche y ganado de engorde, ubicada en Mirador del distrito Monterrey, del cantón de San Carlos en el período comprendido entre los meses de agosto del 2017 a enero del 2018, ubicada a una altitud de 266 msnm, una temperatura media de 23 °C y una humedad relativa del 89% en promedio (IMN 2018).

Manejo de las terneras y tratamientos:

Se utilizaron 45 terneras de diversos cruces entre ellos Holstein x Brahman (15 terneras para cada tratamiento) de cero a dos meses de edad con un peso al nacimiento promedio de 36,78 kg. Antes de iniciar el estudio, los animales fueron asignados aleatoriamente a uno de los tres tratamientos a saber:

- a) Leche de descarte pasteurizada
- b) Leche íntegra
- c) Reemplazador de leche

Al nacimiento, las terneras fueron separadas de las madres 20-30 min después del nacimiento, se les practicó la curación del ombligo utilizando yodo al 7% y mediante un alimentador esofágico se les suministró 4 l de calostro del primer ordeño (2 l a.m. y 2 l p.m.) de buena calidad con una concentración ≥ 50 g de inmunoglobulinas/l medido con un calostrómetro. Para el estudio como medida de criterio de descarte, se incluyó solo a las terneras que poseían una concentración de proteína sérica $\geq 5,5$ g/dl, medida de la siguiente manera:

A las 72 horas de vida, se tomó una muestra de sangre, considerando el método propuesto por Trotz-Williams et al. (2008) de venopunción yugular, tomando una muestra de sangre (10 ml). De acuerdo con el método propuesto por Johnson et al.

(2007), la sangre se almacenó a una temperatura de 4°C por un período no mayor a 24 horas en tubos sin anti coagulante, una vez cumplido ese período de tiempo, se centrifugó cada una de las muestras a 3000 rpm durante 15 minutos. Una vez centrifugadas se tomó una o dos gotas del suero sanguíneo y se realizó la lectura por medio de un refractómetro de mano (Atago Master-Sur/Nα, Bellevue, Washington, USA).

Al inicio, los animales fueron alojados en cunas individuales de 1,70 m x 0,5 m, con piso de rejillas de metal a 20 cm del suelo y se les tatuó en la oreja el número de identificación correspondiente a cada animal y a partir del mes de edad y hasta el destete (8 semanas) se les permitía salir a pastorear por cuatro horas todos los días con un consumo promedio estimado de forraje fresco de 161,25 g (37,25 g de MS) por día estimado por el método Botanal®. Los pastos utilizados fueron el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) y el pasto Tanner (*Brachiaria arrecta*). Como referencia, la composición nutricional promedio para estos pastos en la Zona Norte se muestran en el Cuadro 5. Todos los animales tuvieron acceso a agua *ad libitum* durante la duración del estudio.

Cuadro 5. Contenido nutricional promedio del pasto estrella africana y pasto Tanner de varios estudios realizados en la zona norte de Costa Rica.

Nutriente	Pasto estrella	Pasto Tanner
Materia seca, %	26,2	20,0
Proteína cruda, %	11,2	9,6
Extracto etéreo, %	3,36	2,25
Fibra detergente neutro, %	72,2	51,0
Fibra detergente ácido, %	37,9	46,5
Energía metabolizable, kcal/kg	2,05	1,23

Fuente: Sánchez et al. (1998), Villalobos et al. (2013), Villalobos y Arce (2014).

Parámetros evaluados:

Para cada ternera se llevó un seguimiento semanal desde su nacimiento hasta las ocho semanas de vida con mediciones de peso corporal (kg), circunferencia torácica (cm), altura a la cruz (cm) y altura a la cadera (cm); las mediciones se realizaron el mismo día de la semana y a la misma hora para evitar irregularidades y disminuir el error experimental (Khan et al. 2007).

El peso se determinó con una romana (Transcell modelo Ti-500) con capacidad de 2000 kg. Para la altura a la cadera (distancia desde la base de las patas traseras hasta el hueso de la cadera) y a la cruz (la altura desde la base de las patas delanteras hasta la cruz) se empleó una regla especial diseñada para dicho fin y la medición del perímetro torácico se hizo con una cinta de peso para razas lecheras, vacas criollas y cebú marca Sprayfo®. La ganancia diaria de peso (GPD) se determinó a partir de la segunda semana, con base en la diferencia de peso semanal.

Diariamente se llevó un registro individual de aspectos de salud como problemas respiratorios, apariencia general y presencia de diarreas; este último se evaluó según la escala de acuerdo al procedimiento descrito por Heinrichs (2006) el cual evalúa la consistencia, color y olor.

Los tratamientos se suministraron dos veces al día con proporciones iguales (4 l/día) (4 a.m y 2 p.m) correspondiente a cada animal asignado anteriormente, llevando un registro individual de la cantidad de dieta líquida ofrecida y la rechazada. Fue suministrado en un balde con una tetilla del cual les permitía consumir la dieta líquida. En la semana 8 se realizó un destete abrupto.

Se utilizó leche de descarte de la misma finca que correspondía a leche proveniente de vacas tratadas con antibióticos, leche de transición, leche mastítica de vacas no tratadas con antibióticos y leche con altas cargas bacterianas; que fueron pasteurizadas por 30 min a 65 °C en una pasteurizadora comercial (Milk Taxi H&L®). La leche íntegra utilizada provino de vacas sanas procedentes de la misma

explotación. El reemplazador de leche comercial (Cuadro 6) fue reconstituido a razón de 125 g en 1 L de agua caliente (40 °C) en el Milk Taxi H&L® con un tiempo de mezclado de 5 minutos y fue suministrado a las terneras una vez finalizado el proceso (40 °C).

Cuadro 6. Composición del reemplazador de leche utilizado en la prueba.

Nutriente	Máximo/Mínimo	Valor
Humedad, %	Máximo	3,00
Proteína cruda, %	Mínimo	21,00
Extracto etéreo, %	Mínimo	17,00
Cenizas, %	Máximo	9,00
Lactosa, %	Mínimo	47,00
Fibra cruda, %	Máximo	0,10
Energía metabolizable, kcal/kg	Mínimo	4.200,00
Calcio, %	Mínimo	0,65
Calcio, %	Máximo	0,80
Fósforo, %	Mínimo	0,60
Sal (NaCl), %	Mínimo	1,50
Sal (NaCl), %	Máximo	2,00

Tomado de etiqueta de la marca Sprayfo®.

El alimento balanceado comercial tipo inicio (Cuadro 7) se ofreció a partir del quinto día, iniciando con pequeñas cantidades. Este se ofreció de manera fresca dos veces al día, llevando un registro diario del consumo y rechazo por animal.

Calidad microbiológica y nutricional de las dietas líquidas:

Cada semana se tomaron dos muestras de la dieta líquida de cada tratamiento para determinar la concentración de grasa, proteína (PC), lactosa y sólidos totales (ST) mediante el uso del equipo Milkoscan™ de FOSS en el laboratorio de bromatología de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Para el tratamiento de leche de desecho

pasteurizada se tomaron muestras semanales antes y después de la pasteurización para determinar el conteo de carga bacteriana y establecer el efecto de la pasteurización sobre la población bacteriana en la leche de desecho. Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Costa Rica para determinar la presencia de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*.

Cuadro 7. Fórmula nutricional de alimento balanceado tipo inicio utilizado en la prueba.

Nutriente	Máximo/Mínimo	Valor
Humedad, %	Máximo	13,00
Proteína cruda, %	Mínimo	20,00
Extracto etéreo, %	Mínimo	5,00
Fibra cruda, %	Máximo	8,00
Energía digestible, kcal/kg	Mínimo	3.450
Calcio, %	Máximo	1,00
Calcio, %	Mínimo	0,50
Fósforo, %	Mínimo	0,45
Sal (NaCl), %	Máximo	1,00
Sal (NaCl), %	Mínimo	0,25

Tomado de etiqueta de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L.

Costos:

Se llevó un registro diario para cada animal de las actividades que se realizaban, con el fin de conocer los gastos que implica la crianza de las terneras con respecto a la utilización de cada dieta líquida y así establecer el costo hasta el destete, considerando las actividades que se llevaron a cabo como la alimentación, manejo sanitario, limpieza y desinfección y mano de obra, tal y como se desglosa a continuación:

- Leche íntegra: consistió en la multiplicación del promedio de consumo de litros de leche diarios por el costo de producción promedio de un kilogramo de leche íntegra en la explotación (¢285).

- Reemplazador de leche: se multiplicó los gramos de leche en polvo necesarios para la reconstitución de la leche por el valor comercial (¢162,87).
- Leche de desecho pasteurizada: consistió en la multiplicación del promedio de consumo de litros de leche diarios por el costo de producción promedio (Anexo 1) de un kg de leche donde se incluye el costo del tratamiento de las vacas con mastitis (¢294).
- Consumo de alimento balanceado: se calculó el promedio de consumo diario de todas las terneras agrupado según la dieta líquida y se multiplicó por el valor comercial.
- Mano de obra: se consideró actividades de transporte y ofrecimiento de leche y alimento balanceado, revisión diario de estado de salud de los animales, tratamiento de animales enfermos, descorne, aplicación de manejo sanitario, limpieza de instalaciones y lavado de utensilios. El costo de mano de obra se consideró con base en un salario de ¢454.788 mensual incluyendo las cargas sociales.
- Manejo sanitario: se llevó un registro diario de todos los tratamientos (vacunaciones, desparasitaciones, aplicación de vitaminas) ejecutados durante el periodo de prueba. Se tomó en cuenta la dosis del producto multiplicado por su valor comercial.
- Agua: se llevó un registro semanal sobre el gasto de agua según el tiempo de uso de la pasteurizadora, el gasto de agua en la reconstitución del reemplazador lácteo y se multiplicó por la tarifa establecida por la ASADA de Monterrey del cual corresponde ¢264/m³.
- Electricidad: se llevó un registro semanal sobre el gasto de electricidad según el tiempo de uso de la pasteurizadora y uso de la mezcladora para la reconstitución del reemplazador lácteo, del cual el consumo eléctrico consumido para un litro se multiplico por el consumo de litros por tratamiento para posteriormente se multiplicó por la tarifa de ¢93,15/KWH (Coopesca 2018).

Para estandarizar los costos de producción estimados para la crianza de terneras, se utilizó el valor promedio de ¢566,31 obtenido entre la compra y la venta

del dólar estadounidense según el tipo de cambio anunciado por el Banco Central de Costa Rica (2019) para el 1 de febrero del 2018. Además, con el fin de poder comparar los costos obtenidos en el presente estudio expresados en dólares con aquellos costos reportados por Rivera (2000) para la crianza de reemplazos desde el nacimiento hasta el destete expresados en colones, se procedió a transformar estos últimos a dólares, tomando como referencia el valor promedio de ₡312,73 obtenido entre la compra y la venta del dólar estadounidense establecido para el día 23 de setiembre del año 2000 (Banco Central de Costa Rica 2019).

Parámetros de crecimiento de acuerdo al cruce racial:

La finca contaba con registros de la raza del padre y la madre de cada ternera en el programa de registro informático VAMPP, lo que permitió conocer la raza de las terneras utilizadas en el estudio para el análisis de los parámetros de crecimiento de acuerdo con grupos raciales por tratamiento. Los animales en estudio fueron el resultante del cruce de las razas Brahman (Br), Holstein (H), Jersey (J), Gyr (GY), Simmental (SM), Guzerat (Gu) y Montbeliarde (MO).

Descripción del análisis estadístico y análisis de la información:

Los datos de consumo, peso y medidas de los animales fueron evaluados mediante el análisis de medidas repetidas y el procedimiento MIXED de SAS (SAS Institute 2004), cada ternera fue la variable aleatoria, el peso al nacimiento se utilizó como covariable y la separación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey en aquellas variables que resultaron significativas ($P < 0,05$).

Para los datos de costos por tratamiento se realizó únicamente estadística descriptiva con la finalidad de agrupar la información según sus medias. El modelo estadístico utilizado para los parámetros de crecimiento como el peso (kg), GPD (kg), consumo de alimento balanceado (g) y leche (l), circunferencia torácica (cm), altura a la cruz (cm) y cadera (cm) fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + W_j + (TW)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = variables dependientes

μ = media general

T_i = efecto fijo del tratamiento i

Donde i = leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador.

W_j = medida repetidas en el tiempo j

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

ε_{ij} = error experimental

En un modelo inicial se consideró el bloque, la interacción tratamiento*tiempo*raza y la interacción tiempo*raza; sin embargo en vista que no fueron significativos, se excluyeron del modelo.

El modelo estadístico utilizado para las variables de los parámetros de crecimiento de acuerdo con el cruce racial, inicialmente el experimento se realizó con 15 terneras en cada tratamiento, pero para efectos de presentación de datos según el cruce racial solo se analizó aquellas razas presentes en cada tratamiento y con más de un individuo en este caso los cruces analizados fueron BR5H3 y BR6H2 (3 terneras Br5H3 y 7 terneras Br6H2 para el tratamiento de leche de descarte pasteurizada, 6 terneras Br5H3 y 4 terneras Br6H2 para el tratamiento leche íntegra y 5 terneras Br5H3 y 7 terneras Br6H2 para el reemplazador de leche).

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + W_j + (TW)_{ij} + Raza_k + (TRaza)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = variables dependientes

μ = media general

T_i = efecto fijo del tratamiento i

Donde i = leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador.

W_j = medida repetidas en el tiempo j

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

$(TRaza)_{ij}$ = efecto del tratamiento por la raza en interacción

Raza = efecto de la raza k

ε_{ijk} = error experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Calidad microbiológica de la leche de desecho pre y pos pasteurización

En cuanto a la calidad microbiológica antes y después del proceso de pasteurización de la leche de desecho utilizada, se puede apreciar que el número más probable de coliformes totales por mililitro disminuyó considerablemente después de la pasteurización (Cuadro 8). Es importante notar también que, a pesar de ser leche de desecho, la concentración de coliformes fecales y *E. coli* fue muy baja, lo que indica un adecuado manejo de la misma.

Cuadro 8. Calidad microbiológica (NMP/ml) antes y después de la pasteurización de la leche de desecho

Muestra	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>E. coli</i>
Antes	>1.100 ^b	3	<3
Después	<3 ^a	<3	<3

NMP: Número más probable.

^{ab}Medias con letras distintas en una misma columna, difieren entre sí ($p < 0,05$).

Elizondo-Salazar et al. (2010) reportan que la pasteurización es muy eficaz para reducir la contaminación bacteriana de la leche de desecho en un 90%. Ruzante et al. (2008), Jorgensen et al. (2006) y Capel et al. (2006) encontraron también que la pasteurización de la leche de desecho es altamente significativa para la reducción de la carga bacteriana, reportando eficiencias superiores al 90%.

La leche de desecho con altas cargas bacteriales pueden transmitir enfermedades, como la causada por el microorganismo *Mycobacterium paratuberculosis*, sin embargo Stabel (2001) demostró que después de un tratamiento de pasteurización (65,5 °C por 30 min) en leche de desecho con 28 semanas de incubación no se encontraron bacterias viables. Resultados similares fueron reportados en la destrucción de *M. paratuberculosis*, *Salmonella* y *Mycoplasma* en

leche de desecho con un rango de temperaturas de 63,9 – 66,7 °C y temperaturas entre 68,3 – 70,8 °C (Stabel et al. 2004).

Aquellas terneras que se alimentan con leche de desecho sin pasteurizar están propensas a que bacterias patógenas puedan desarrollar mayor proporción de resistencia posteriores a tratamientos con antibióticos, así también como la *E. coli* (Aust et al. 2013), por lo tanto, con el objetivo de aprovechar la leche de descarte, se utiliza la pasteurización para evitar la diseminación de enfermedades.

Campos-Granados y Elizondo-Salazar (2014) encontraron que la mayor proporción de leche de desecho fue la leche mastítica con o sin antibiótico. Los altos recuentos de células somáticas en estas leches puede deberse a una mala rutina de ordeño así como la frecuencia de ordeño o higiene, espacio en el área de confinamiento o los materiales de las camas. Además sobre aspectos propios de la vaca como el número de partos (a mayor número de partos se tiende a tener altos conteos de células somáticas), estado de lactancia (al inicio con altos conteos y bajos al final de la lactancia), variación estacional (altos conteos en la tarde en comparación a conteos en la mañana) (Blowey y Edmondson 2010).

A pesar de que la utilización de leche de desecho posee ciertas desventajas como un estricto manejo del sistema de pasteurización o la cantidad insuficiente de cantidad diaria de leche de desecho, se puede solucionar con capacitación al personal para seguir los protocolos estrictos de manejo.

2. Consumo de alimentación líquida

La información con respecto al consumo de dieta líquida semanal durante el periodo experimental se encuentra en el Cuadro 9. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para todas las semanas en estudio. El consumo promedio semanal de las dietas líquidas de las terneras en el estudio fue 27,88; 27,74

y 27,84 litros para la leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador, respectivamente.

Datos similares se encontraron en el estudio de Aust et al. (2013) donde no se encontraron diferencias en el consumo de dieta líquida en terneras alimentadas con 4,5 l por día de leche de desecho versus terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada.

Cuadro 9. Consumo de dieta líquida (l) semanal en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Íntegra	Reemplazador
1	27,5	27,1	27,6
2	27,5	27,7	27,7
3	28,0	27,7	27,6
4	28,0	27,6	27,9
5	28,0	28,0	28,0
6	28,0	27,8	28,0
7	28,0	28,0	28,0
8	28,0	28,0	27,9
EEM	0,2	0,2	0,2

EEM= error estándar de la media.

Los resultados de este experimento sugieren que cualquier dieta líquida en las primeras 8 semanas de vida de las terneras no afecta significativamente el desarrollo de las terneras, sin embargo se debe considerar el costo de oportunidad de la utilización de la leche de desecho y su posible utilización como alimento ya que conlleva un costo de producción y podría aprovecharse.

En las explotaciones donde se utilizan reemplazadores lácteos se puede considerar un posible ahorro al utilizar la leche de desecho en la alimentación líquida

de terneras. En un análisis económico, la no utilización de la leche de desecho representó un costo de ¢3.272.500, el cual los autores compararon con la compra de 93,5 bolsas de reemplazador lácteo (Campos-Granados y Elizondo-Salazar 2014).

Además del posible ahorro al eliminar o al reducir la compra de insumos externos como el reemplazador lácteo, al utilizar la leche de desecho que posiblemente sea descartada de manera inadecuada, conlleva a un eventual riesgo de contaminación al ambiente (Scott et al. 2006).

Otro aspecto importante en la utilización de la leche de desecho es la cantidad que se puede obtener día a día en la explotación, la cual puede fluctuar considerablemente de un día a otro, entonces se debe tener planes alternativos como agregar leche íntegra, considerar leche de vacas con altos recuentos de células somáticas, agregar sustitutos de leche a la leche de descarte, ofrecer la leche de desecho pasteurizada a los animales de mayor edad y reemplazador lácteo en los animales jóvenes debido a que estos presentan mayor permeabilidad intestinal (Scott et al. 2006).

Muchas veces la elección de la dieta líquida en el sistema de crianza se basa en una decisión económica, generalmente es debido al costo asociado al reemplazador lácteo, el cual es menor que la leche íntegra que se podría vender a una planta industrializadora. Además de las consideraciones económicas hay otros aspectos, ya que los reemplazadores lácteos de alta calidad brindan ciertas ventajas como la consistencia en el manejo, facilidad y flexibilidad en el almacenamiento del producto, la rutina mezcla y la facilidad de alimentación a las terneras, control de enfermedades y buen rendimiento que presentan las terneras de estas leches de reemplazo (BAMN 2002).

Una desventaja de la leche de desecho en la alimentación líquida en la crianza de terneras, es la inconsistencia de la composición nutricional pero Dufour (2018) propone metas en cuanto a la calidad para alimentar a las terneras con leche de

desecho del cual indica valores >12% en sólidos totales, >3,5% de grasa, >3,0% de proteína y <20.000 ufc/ml en el conteo total de coliformes. En caso de no lograr esos valores meta se puede utilizar el reemplazador lácteo para incrementar la calidad nutricional en grasa, proteína y sólidos totales.

3. Consumo de alimento

La información con respecto al consumo de alimento semanal durante el periodo experimental se presenta en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Consumo de alimento (g/animal) semanal en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Íntegra	Reemplazador
1	22,0	23,9	53,1
2	282,7	293,7	342,9
3	833,8	804,4	914,1
4	1.323,1	1.190,1	1.317,2
5	1.950,5	1.922,0	2.369,6
6	2.860,1	3.112,3	2.908,5
7	4.010,9	4.172,2	4.116,3
8	5.301,2 ^a	5.454,1 ^a	4.586,2 ^b
EEM	295,9	295,9	295,9

EEM= error estándar de la media.

^{ab}Medias con letras distintas (a, b) en una misma columna, difieren entre sí (p<0,05).

De la semana 1 a la semana 7 no se encontraron diferencias significativas (p<0,05) entre tratamientos. En cuanto a la semana 8 los tratamientos de leche de desecho pasteurizada y leche íntegra presentan diferencias de un mayor consumo de alimento balanceado con respecto al tratamiento con reemplazador. Se debe indicar que la diferencia obtenida en la semana 8 con respecto al consumo de alimento

balanceado, es difícil de explicar y es poco probable que se deba al efecto del tratamiento.

Las terneras en todos los tratamientos tuvieron consumos normales semana a semana, donde el consumo de alimento aumentó conforme aumentaba la edad de los animales. En promedio, el consumo semanal de alimento de las terneras a lo largo del estudio fue de 2073,04; 2121,59 y 2075,99 para leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador de leche, respectivamente.

La literatura reporta valores por debajo de lo obtenido en este estudio; así por ejemplo Monge-Rojas y Elizondo-Salazar (2016) obtuvieron consumos de alimento en terneras Jersey de 3,82 y 3,99 kg y Elizondo-Salazar (2008b) reporta consumos de 3,43 kg, sin embargo valores más bajos con respecto a Vargas-Ramírez y Elizondo-Salazar (2014) donde reportan para la semana 8 un consumo de 7,11 kg para terneras Holstein.

Aust et al. (2013) no encontraron diferencias en el consumo de alimento balanceado en terneras alimentadas con leche de desecho sin pasteurizar con respecto a terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada.

Heinrichs y Jones (2003) mencionan que los animales un día antes del destete deberían consumir alimento balanceado entre 680 a 907 gramos por día, en este estudio solo las terneras del tratamiento leche de desecho pasteurizada (757,3 g) y leche íntegra (779,2 g) van acorde con esta recomendación, mientras que las terneras del tratamiento de reemplazador obtuvieron un consumo promedio de 655,2 g.

Elizondo-Salazar (2008a) menciona que las terneras deberían ser destetadas cuando consuman alimento balanceado entre 700 y 1000 g por tres días consecutivos; tomando esto en consideración, solo las terneras de los tratamientos leche de desecho y leche íntegra podrían ser destetadas, como se mencionó anteriormente.

Vargas-Ramírez y Elizondo-Salazar (2014) explican que las posibles variaciones de consumo de alimento balanceado encontradas con respecto a la literatura puede deberse a los diferentes pesos al nacimiento en las terneras, ya que animales con un tamaño mayor potencialmente tienen mayor capacidad de consumo, aunque en este estudio no hubo diferencias en el peso al nacimiento (como se verá más adelante). Los autores mencionados explican que la utilización de distintas materias primas en los alimentos, agregando que podría existir diferencias en palatabilidad y digestibilidad para el consumo de los alimentos pueden explicar la diferencias en los consumos de alimento balanceado.

El consumo de alimento seco, específicamente el alimento balanceado tipo iniciador, resulta en una mayor funcionalidad del rumen y esta mejora redundante a una mayor capacidad de fermentación de los alimentos ofrecidos y maximiza la eficiencia en el uso de los AGV; entendido esto se debe buscar estrategias para aumentar el consumo del alimento balanceado como fácil acceso del alimento seco y de alta calidad para el animal, proveer de abundante agua fresca, disponibilidad del alimento con incrementos paulatinos, minimizar el estrés calórico, evitar los destetes abruptos y evitar partículas muy finas (Elizondo-Salazar 2010).

Además se recomienda ofrecer la dieta líquida a razón de 10-12% del peso vivo del animal y no incrementar la cantidad, ya que si consume mayores cantidades, el animal disminuye el consumo de alimento balanceado traduciéndose en una reducción en el desarrollo y funcionamiento del rumen (Elizondo-Salazar 2010). Los animales que consumen mayores cantidades de dieta líquida presentan un llenado físico, por lo que se reduce la necesidad de consumir mayores cantidades de alimento balanceado (Elizondo-Salazar y Sánchez-Álvarez 2012).

Otro aspecto importante en el manejo con el alimento balanceado es ofrecerlo en cantidades pequeñas al inicio para luego ir incrementando la cantidad paulatinamente, además con esta práctica se logra el objetivo de ofrecer alimento fresco todos los días (Elizondo-Salazar 2008a). Otra práctica para incentivar el

consumo es evitar las partículas finas ya que las terneras tienen menor consumo comparado con animales que se les ofreció alimento texturizado.

4. Medidas de peso y ganancia diaria de peso

La información con respecto al peso semanal durante el periodo experimental se encuentra en el Cuadro 11, en el cual no se encuentran diferencias significativas en las 3 primeras semanas, sin embargo a partir de la semana 4 hasta el destete, se presentan diferencias estadísticas significativas, en donde el tratamiento de reemplazador lácteo obtiene menores pesos con respecto a la leche de desecho pasteurizada y leche íntegra.

Vargas-Ramírez y Elizondo-Salazar (2014) reportan pesos promedio de 45 y 58 kg para el primer y segundo mes de vida en la raza Holstein, datos muy parecidos a los encontrados en el presente estudio para el primer mes entre 42,9 - 46,5 kg y para el segundo mes entre 55,9 – 64,7 kg.

Bar-Peled et al. (1997) indican que las terneras Holstein alimentadas con reemplazador de leche suelen tener menores pesos (61,9 kg de peso a las 6 semanas de edad) que las que logran amamantarse directamente de sus madres o al menos son alimentadas con leche íntegra (73,4 kg las 6 semanas de edad), lo cual respalda las diferencias de las terneras alimentadas con reemplazador con respecto a las terneras de los otros tratamientos.

Cuadro 11. Peso (kg/animal) semanal de las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Íntegra	Reemplazador
0	37,6	36,4	36,2
1	39,9	38,7	38,4
2	41,7	40,9	39,6
3	44,1	43,0	41,2
4	46,5 ^a	46,0 ^a	42,9 ^b
5	50,7 ^a	50,0 ^a	45,5 ^b
6	55,1 ^a	54,6 ^a	48,7 ^b
7	58,8 ^a	58,8 ^a	52,1 ^b
8	63,8 ^a	64,7 ^a	55,9 ^b
EEM	1,5	1,5	1,5

EEM= error estándar de la media.

^{ab}Medias con letras distintas (a, b) en una misma columna, difieren entre sí ($p < 0,05$).

En un estudio de Godden et al. (2003) las terneras Holstein a los 47 días, alimentadas con leche de desecho pasteurizada pesaron 66,5 kg y aquellos animales alimentados con reemplazador lácteo pesaron 60,9, muy similar a los pesos de destete de este estudio que fueron 63,8 kg para terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada y 55,9 kg terneras con reemplazador lácteo.

Godden et al. (2005) encontraron diferencias significativas superiores en ganancias de peso diario y pesos al destete en animales alimentados con leche de desecho pasteurizada con respecto a terneras alimentadas con reemplazador lácteo. Los autores mencionan que una posible explicación de mayor ganancia de peso diario y mayor peso al destete se debe al incremento en el consumo de nutrientes por parte del programa de leche de desecho pasteurizada.

Ganancia de peso

La ganancia de peso diaria semanal registrada durante el estudio se encuentra en el Cuadro 12. No hubo diferencias significativas en la mayoría de las semanas, excepto en las semanas 4, 5 y 7 donde hubo diferencias significativas, del cual los animales del tratamiento de reemplazador lácteo obtuvieron una ganancia menor con respecto a la leche de desecho pasteurizada y la leche íntegra.

Cuadro 12. Ganancia de peso diario (kg/animal) por semana en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Íntegra	Reemplazador
1	0,30	0,32	0,17
2	0,40	0,31	0,25
3	0,36	0,43	0,28
4	0,61 ^a	0,58 ^a	0,37 ^b
5	0,63 ^a	0,67 ^a	0,48 ^b
6	0,53	0,60	0,50
7	0,73 ^a	0,84 ^a	0,54 ^b
8	0,82	0,75	0,72
EEM	0,08	0,08	0,08

EEM= error estándar de la media.

^{ab}Medias con letras distintas (a, b) en una misma columna, difieren entre sí ($p < 0,05$).

Las medias de GPD de los tratamientos fueron 0,82; 0,75 y 0,72 kg/animal para leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador, respectivamente. Comparados con la literatura estos valores se encuentran por debajo con respecto a otros estudios como en Colombia que reportan GPD de 0,690 kg de la raza Holstein (Yepes y Prieto 2011), Costa Rica de 0,551 kg de la raza Jersey alimentadas con reemplazador lácteo (Monge-Rojas y Elizondo-Salazar 2016) y México de 0,556 kg en

terneras Hostein alimentadas con suero de leche (Aguilar 2011), todos estos datos a las 8 semanas de edad.

Esta investigación comparada con otros estudios en Costa Rica, se encuentra por encima a lo reportado por Vargas-Ramírez y Elizondo-Salazar (2014) quienes indican una GPD de 0,370 kg para terneras destetadas entre la 11 y 15 semanas se edad y 0,297 kg (Salazar 2017) con terneras destetadas a las 8 semanas de la raza Holstein, alimentadas con reemplazador lácteo para ambos estudios.

Godden et al. (2005) compararon el crecimiento en terneras alimentadas con leche pasteurizada y reemplazador lácteo comercial, estas últimas obtuvieron una ganancia menor (-0,12 kg/día) con respecto al otro tratamiento, como dato adicional a este artículo encontraron un menor peso al destete (-5,60 kg).

Jamaluddin et al. (1996) realizaron un estudio en California, EEUU con 300 terneras donde comparaban terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada versus leche de desecho no pasteurizada. Aquellos animales que recibieron leche de desecho pasteurizada obtuvieron mayor ganancia de peso diaria que el otro tratamiento debido a mayor consumo de nutrientes.

En otro estudio Godden et al. (2005) encontraron que las terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada obtuvieron una GPD de 0,47 y 0,34 kg para las terneras alimentadas con reemplazador lácteo y Godden et al. (2003) obtuvo una GPD de 0,47 kg para leche de desecho pasteurizada y 0,35 kg para reemplazador en terneras destetadas a los 47 días. Aust et al. (2013) obtuvieron una ganancia de peso diario promedio en terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada de 0,58 kg con 56 días al destete.

Existen estudios donde hacen análisis de parámetros de crecimiento con respecto a distintas dietas líquidas como Godden et al. (2003) que realizaron un experimento en Minnesota, EEUU donde comparaban terneras alimentadas con leche

de desecho pasteurizada versus reemplazador 20:20 (grasa:proteína), las terneras fueron alimentadas con volúmenes iguales, pero fueron ajustadas en ambos grupos en función a la temperatura ambiental. La presencia general de salud y rendimiento de las terneras fue mayor en las terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada que el reemplazador lácteo 20:20.

Los autores no encontraron diferencias significativas en el peso al nacimiento de las terneras en ambos tratamientos sin embargo las terneras asignadas en el tratamiento de reemplazador obtuvieron menor peso al destete (61,0 kg) y el tratamiento de leche de desecho pasteurizada (67,0 kg) consecuentemente las terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada obtuvieron mayor GPD (0,47 kg) que las terneras alimentadas con reemplazador (0,35 kg) (Godden et al. 2003).

Los autores informaron que el incremento en el consumo de nutrientes es una explicación probable en la mejora de las tasas de ganancia y mejora en la salud obtenida en las terneras del tratamiento de leche de desecho pasteurizada. Esta explicación es compartida por Godden et al. (2005) quienes encontraron que terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada obtuvieron una GPD de 0,117 kg más y menor incidencia de problemas de salud y baja mortalidad que terneras alimentadas con el reemplazador lácteo. Sin embargo, Scott et al. (2006) observaron que no hubo diferencias en crecimiento en terneras alimentadas con leche de desecho y reemplazador lácteo 20:20.

5. Circunferencia torácica, altura a la cruz y altura a la cadera

Para las variables circunferencia torácica, altura a la cruz y altura a la cadera no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

La información con respecto a la circunferencia torácica semanal durante el periodo experimental se encuentra en el Cuadro 13. En este estudio se obtuvieron valores máximos al destete de 94,1; 94,8 y 91,2 cm para los tratamientos de leche de

desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador, respectivamente; levemente por debajo a lo reportado por Elizondo-Salazar (2008a) con medidas de hasta 96 cm a las 6 semanas de edad.

Castro (2011) menciona que esta medida permite a los productores estimar el peso de los animales con el uso de cintas de peso que tienen una precisión de 5 a 7 % del peso corporal real.

Monge-Rojas y Elizondo-Salazar (2016) reportan circunferencia torácica promedio de 89,4 cm a las 8 semanas de edad terneras Jersey alimentadas con reemplazador, lo cual está por muy debajo de lo obtenido en este estudio. Salazar (2017) indica una circunferencia torácica máxima alcanzada en terneras Holstein de 87,5 cm a las 8 semanas de edad, mientras que en este trabajo se lograron un valor mínimo de 91,2 cm para terneras alimentadas con reemplazador a las 8 semanas.

Cuadro 13. Circunferencia torácica (cm) semanal en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Íntegra	Reemplazador
0	76,1	74,5	75,0
1	78,1	76,7	77,1
2	79,6	79,1	78,3
3	80,7	80,5	80,0
4	83,3	82,5	81,2
5	85,4	85,9	83,7
6	88,6	88,5	86,7
7	91,9	90,8	88,3
8	94,1	94,8	91,2
EEM	0,90	0,90	0,90

EEM= error estándar de la media.

La altura a la cruz y la altura a la cadera son medidas utilizadas como referencia para la toma de decisiones productivas y reproductivas como el momento adecuado de destete, primer servicio y parto (Castro 2011). La información con respecto a la altura a la cruz semanal durante el periodo experimental se encuentra en el Cuadro 14. La altura a la cruz máxima al destete fue de 86,3; 86,9 y 83,5 cm para los tratamientos de leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador, respectivamente; por encima a la reportada por Monge-Rojas y Elizondo-Salazar (2016) en terneras Jersey alcanzaron medidas promedio de altura a la cruz de 79,9 cm a las 8 semanas de edad, mientras que Vargas-Ramírez y Elizondo-Salazar (2014) reportan en terneras Holstein alturas a la cruz de 91,0 cm con dieta líquida de reemplazo para las 8 semanas de edad.

Cuadro 14. Altura a la cruz (cm) semanal en terneras alimentadas con diferentes dietas experimentales.

Semana	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Íntegra	Reemplazador
0	74,3	75,1	73,7
1	75,3	76,5	75,0
2	76,7	77,6	76,3
3	78,1	78,3	76,8
4	79,7	80,4	78,5
5	81,2	81,3	79,6
6	83,7	82,7	80,7
7	85,0	84,5	82,1
8	86,3	86,9	83,5
EEM	0,74	0,74	0,74

EEM= error estándar de la media.

La información con respecto a la altura a la cadera semanal durante el periodo experimental se encuentra en el Cuadro 15. La altura a la cadera máxima al destete fue de 91,5; 91,9 y 88,3 cm para los tratamientos de leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador, respectivamente; como en el caso anterior estos datos

están por encima a los reportados por Monge-Rojas y Elizondo-Salazar (2016) que alcanzaron medidas promedio de altura a la cadera de 84,0 cm a las 8 semanas de edad en terneras Jersey, mientras que Vargas-Ramírez y Elizondo-Salazar (2014) reportan datos superiores en terneras Holstein de 94,0 cm con dietas líquidas de reemplazo para una edad al destete de 8 semanas.

Castro-Flores y Elizondo-Salazar (2012) indican que para la variable altura a la cadera y a la cruz los datos suelen ser muy variables en animales jóvenes de la raza Holstein, y por ese motivo generalmente los tratamientos aplicados no presentan diferencias significativas.

Cuadro 15. Altura a la cadera (cm) semanal en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Íntegra	Reemplazador
0	78,8	80,4	79,0
1	80,1	81,9	80,3
2	81,7	82,9	81,3
3	82,9	83,5	81,9
4	84,8	85,3	83,4
5	86,3	86,5	84,5
6	88,5	87,7	85,7
7	90,1	89,7	87,2
8	91,5	91,9	88,3
EEM	0,76	0,76	0,76

EEM= error estándar de la media.

Elizondo-Salazar (2010) recomienda monitorear el programa de crianza y desarrollo de las terneras mediante el peso al menos 5 veces antes que alcance los 2 años de edad, ya que los animales con baja estatura o bajo peso así como sobrepeso

indican un manejo y alimentación inadecuados. Estos pesos se deben monitorear a los 3 meses de edad, 6 meses de edad y la otra entre 9 y 12 meses para evaluar el periodo cercano a la pubertad, la cuarta se puede realizar en un momento cercano al servicio o cuando se realiza el chequeo de preñez y finalmente una quinta cercana al parto.

6. Apariencia general de salud

Con respecto a los datos de salud, en donde se evaluaba la apariencia general, presencia de diarreas y estado respiratorio no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. Es importante mencionar que efectivamente algunos animales presentaron diarreas y afecciones respiratorias; sin embargo, la presencia de estos problemas y los días de tratamiento fue muy similar en los diferentes tratamientos.

En este estudio la incidencia de diarreas representó un 4,44% en el tratamiento de leche de desecho pasteurizada y reemplazador lácteo, mientras que la leche íntegra representó un 8,88%. Otros autores reportan una incidencia de 3,10% en el programa de leche en comparación con las terneras alimentadas con el tratamiento de reemplazador lácteo presentaron 16,90% (Godden et al. 2003). Así mismo las terneras del tratamiento de leche íntegra estuvieron en total de 16 días con diarrea, 4 días las terneras con leche de desecho pasteurizada y 2 días las terneras con reemplazador.

Godden et al. (2003) menciona que un número significativo menor de terneras se trataron o murieron en el programa de leche pasteurizada (tasa de tratamiento= 12,1%, tasa de mortalidad= 2,3%) en comparación con las terneras alimentadas con el tratamiento de reemplazador lácteo (tasa de tratamiento= 32,1%, tasa de mortalidad= 21,0%). En este estudio se obtuvo que la presencia de problemas respiratorios en las terneras, fue de 3,125% para todos los tratamientos; en otros estudios las terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada presentaron menor incidencia de neumonía (7,5%) que las terneras alimentadas con reemplazador (19,6%).

Estos resultados son similares a los obtenidos por Langford et al. (2003) donde no se obtuvo diferencias significativas en la incidencia de diarreas en terneras con alimentación líquida de leche de desecho; y Aust et al. (2013) encontraron que las terneras no presentaron diferencias en los parámetros de salud (incidencias de diarreas, condición general, postura y presencia de enfermedades) en terneras alimentadas con leche de desecho y leche de desecho pasteurizada.

Aunque Aust et al. (2013) no encontraron diferencias, la pasteurización es importante ya que reduce el riesgo potencial de contagio de enfermedades, ya que la leche de desecho posee altas cargas bacterianas que podría transmitir agentes patógenos (Elizondo-Salazar 2007).

Existen otros casos en donde sí se presentó una diferencia, como Godden et al. (2003) que encontraron una diferencia significativa menor en cuanto a la incidencia de diarreas y neumonías para terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada con respecto al reemplazador de leche.

Elizondo-Salazar (2008b) menciona que la dimensión o la magnitud de la mortalidad en la crianza de terneras dependerán de muchos factores genéticos y ambientales, así que las explotaciones de mayor tamaño tienen un menor porcentaje de mortalidad en la etapa predestete, pero mayores índices de mortalidad en vacas adultas.

Si se dan problemas de salud durante la etapa temprana de vida, estos tendrán efectos prolongados a lo largo de la vida productiva del animal, la inadecuada nutrición durante esta etapa es un factor importante que repercute sobre la resistencia a las enfermedades y bienestar del animal (Elizondo-Salazar 2009).

7. Costos

La información con respecto al costo total promedio en colones de crianza por ternera hasta el destete según el tratamiento durante el periodo experimental se

encuentra en el Cuadro 16. Los tratamientos de mayor a menor costo fueron leche de desecho pasteurizada, la leche íntegra y reemplazador correspondientemente. Se determinó que el costo total promedio para criar una ternera hasta los dos meses de edad para el tratamiento de para la leche de desecho pasteurizada fue de ₡101.873,70 (\$179.89), leche íntegra fue de ₡97.464,13 (\$172.10), y reemplazador lácteo de ₡70.134,01 (\$123.84).

Cuadro 16. Costo total en colones por ternera por tratamiento desde el nacimiento hasta el destete.

Rubro	Leche Desecho Pasteurizada	Leche Integra	Reemplazador
Alimentación			
Alimento balanceado	4.577,27	4.684,47	4.583,78
Dieta líquida	65.473,80	63.241,50	36.272,26
Electricidad	1.359,77	0,00	0,00
Agua	1.338,91	0,00	58,79
Complejo vitamínicos	230,93	223,12	235,19
Total alimentación	72.980,68	68.149,08	41.150,03
Manejo Sanitario			
Descornado	62,59	62,59	62,59
Yodo (7%)	397,80	397,80	397,80
Antibióticos	163,94	291,30	122,99
Catosal	1.576,24	1.576,24	1.576,24
Desparasitantes	421,85	421,85	421,85
Antidiarreico	208,33	503,00	335,33
Prod veterinarios	0,00	0,00	4,92
Desinfectantes	3.691,33	3.691,33	3.691,33
Total manejo sanitario	6.522,08	6.944,11	6.613,05
Mano de obra			
Ternerero	22.370,94	22.370,94	22.370,94
Total de mano de obra	22.370,94	22.370,94	22.370,94
COSTO TOTAL	101.873,70	97.464,13	70.134,01

Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez (2015) reportan un costo total promedio por la crianza de una ternera Holstein alimentadas con leche íntegra hasta los cuatro meses de edad de ₡221.287,88 (\$422.97), mientras que Elizondo-Salazar y Solís-Chávez (2018) determinaron que el costo de criar una ternera hasta los tres meses de edad alimentadas con leche íntegra fue de ₡205.948,00 (\$370.85).

Jamaluddin et al. (1996) en un estudio con 300 terneras, encontraron una ganancia superior de \$8.13 por ternera al destete en aquellos animales alimentados con leche de desecho pasteurizada comparada a las terneras que consumieron leche de desecho sin pasteurizar, mientras que Godden et al. (2005) mediante un modelo económico estimaron una ganancia de \$34.00 por ternera al destete en terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada con respecto a terneras que tuvieron una dieta líquida de reemplazador lácteo.

El costo total promedio obtenido en el presente estudio está por debajo al costo total reportado por Rivera (2000), quien realizó en un estudio en 8 fincas de lechería especializada en la Meseta Central, donde se determinó que los costos de crianza de una ternera Jersey en el año 2000 desde el nacimiento hasta el destete con una edad promedio de 3,2 meses se encontraban en un intervalo entre los \$172.56 y \$275.69, con un valor promedio de \$226.99. Cabe destacar que en este estudio no se consideró la depreciación del equipo ni de las edificaciones ya que son instalaciones antiguas y cumplieron con su vida útil (Rivera 2000).

Un dato muy importante es el costo por kg de peso ganado, en este estudio se obtuvieron ganancias de peso promedio total desde el nacimiento hasta el destete de 26,2; 28,3 y 19,7 kg para los tratamientos de leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador, respectivamente. En el cual el costo por kg de peso producido de mayor a menor costo fue ₡3.888,30 para el tratamiento de leche de desecho pasteurizada; ₡3.560,10 para el tratamiento de reemplazador y por último ₡3.443,96 para el tratamiento de leche íntegra. Aunque el reemplazador fue el de menor costo

total, en el caso de costo por kg de peso ganado es el segundo de importancia y con valores cercanos a la leche de desecho pasteurizada.

En el Cuadro 17 se presentan los costos diarios según el tratamiento, el cual corresponde al costo total promedio por ternera dividido entre los 60 días que corresponde desde el nacimiento hasta el destete. El costo diario total promedio el tratamiento de leche íntegra fue de ₡1.624,40 para la leche de desecho pasteurizada de ₡ 1.697,89, y leche reemplazo de ₡ 1.212,43. Elizondo-Salazar y Solís-Chávez (2018) determinaron que el costo diario de criar una ternera hasta los tres meses de edad alimentada con leche íntegra fue de ₡2.258,20 (\$4.07).

En este caso las terneras del tratamiento de leche íntegra presentaron un 8,88% de incidencia de diarreas del cual puede explicar el alto costo en antibióticos y desparasitantes.

Cuadro 17. Costo diario en colones por tratamiento por ternera.

Rubro	Leche desecho pasteurizada	Leche Intgra	Reemplazador
Alimentación			
Alimento balanceado	76,29	78,07	76,40
Dieta líquida	1.091,23	1.054,03	647,72
Electricidad	22,66	0,00	0,00
Agua	22,32	0,00	1,05
Complejo vitamínicos	3,85	3,72	4,20
Total alimentación	1.216,34	1.135,82	729,37
Manejo Sanitario			
Descornado	1,04	1,04	1,04
Yodo (7%)	6,63	6,63	6,63
Antibióticos	2,73	4,85	2,05
Catosal	26,27	26,27	26,27
Desparasitantes	7,03	7,03	7,03
Antidiarreico	3,47	8,38	5,59
Prod veterinarios	0,00	0,00	0,08
Desinfectantes	61,52	61,52	61,52
Total manejo sanitario	108,70	115,74	110,22
Mano de obra			
Ternerero	372,85	372,85	372,85
Total de mano de obra	372,85	372,85	372,85
COSTO TOTAL	1.697,89	1.624,40	1.212,43

La información con respecto al porcentaje de los costos de crianza por ternera hasta el destete según el tratamiento durante el periodo experimental se encuentra en el Cuadro 18. El costo de mayor impacto fue la alimentación entre 58 a 71%, seguido por segundo costo de importancia la mano de obra entre un 21 a 31% y los costos promedio por concepto de manejo sanitario en el presente estudio ocuparon el tercer lugar con entre 6 a 9%. Dentro del rubro de alimentación la dieta líquida representó mayor peso dentro de los costos.

Cuadro 18. Costo en porcentaje por tratamiento por ternera.

Rubro	% Leche Desecho Pasteurizada	% Leche Integra	% Reemplazador
Alimentación			
Alimento balanceado	4,49%	4,81%	6,54%
Dieta líquida	64,27%	64,89%	51,72%
Electricidad	1,33%	0,00%	0,00%
Agua	1,31%	0,00%	0,08%
Complejo vitamínicos	0,23%	0,23%	0,34%
Total alimentación	71,64%	69,92%	58,67%
Manejo Sanitario			
Descornado	0,06%	0,06%	0,09%
Yodo (7%)	0,39%	0,41%	0,57%
Antibióticos	0,16%	0,30%	0,18%
Catosal	1,55%	1,62%	2,25%
Desparasitantes	0,41%	0,43%	0,60%
Antidiarreico	0,20%	0,52%	0,48%
Prod veterinarios	0,00%	0,00%	0,01%
Desinfectantes	3,62%	3,79%	5,26%
Total manejo sanitario	6,40%	7,12%	9,43%
Mano de obra			
Ternerero	21,96%	22,95%	31,90%
Total de mano de obra	21,96%	22,95%	31,90%
COSTO TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%

Un caso muy parecido se presentó en un estudio (Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez 2015) donde la alimentación representó un 64,45% para el rubro de alimentación, luego el segundo costo que influyó fue la mano de obra con un 18,89%, del cual es muy similar a lo obtenido por Elizondo-Salazar y Solís-Chávez (2018) con un porcentaje de alimentación de 64,04%, mientras que el segundo rubro de peso fue la burucha de la cama con un 14,05%.

Los rubros de alimentación, mano de obra y fertilización son los que más incrementan los costos de crianza y desarrollo reemplazos, agregando que a mayor duración de la etapa se obtendrá un mayor costo de la misma (Rivera 2000); las materias primas utilizadas para la elaboración de alimentos balanceado así como los lactoreemplazadores son sumamente costosos, ya que no son producidas en Costa Rica (Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez 2015)

El estudio realizado por Rivera (2000) expone que el mayor costo de crianza en terneras es la alimentación, el cual representó entre un 31,8 a un 64,3% de los costos totales. El autor explica que esto se debe a que en esta etapa se utilizan alimentos balanceados de mayor calidad nutricional, los cuales en la mayoría de los casos son productos de importación como los pre-iniciadores e iniciadores.

En el presente estudio, el rubro que más impactó fue la alimentación del cual la dieta líquida se mantuvo en un rango entre 64,27%%, 64,89% y 51,72% correspondiente a la leche de desecho pasteurizada, leche íntegra y reemplazador lácteo, respectivamente. Elizondo-Salazar y Solís-Chávez (2018) encontraron un 50,70% correspondiente a la leche íntegra, mientras que para Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez (2015) la dieta líquida representó un 20,53% y 13,76% por concepto de reemplazador y leche íntegra.

Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez (2015) mencionan que una alternativa para reducir los costos de crianza de terneras, es disminuir la edad de destete ya que se reducirían los costos por concepto de mano de obra y la cantidad de dieta líquida que se le suministra al animal durante la etapa, ya que comienzan a consumir alimentos sólidos generando un ahorro de dinero.

Al tomar la decisión de acortar la edad de destete, se debe tener en cuenta no solo la edad, sino también el aspecto clave que es el desarrollo del rumen que se logra con el consumo de alimento balanceado donde se estimula el crecimiento de las papilas ruminales gracias a los AGV.

Además el productor debe crear estrategias para ayudar a que las terneras tengan una fácil transición durante el destete, por ejemplo realizarlo de manera individual, aquellos animales débiles o enfermos prosigan consumiendo la dieta líquida hasta estar sano, destetar solo aquellas terneras que consuman entre 700 y 1000 gramos de alimento balanceado al día durante 3 días consecutivos y no trasladar a las terneras al mismo tiempo, se podrían mantener una o dos semanas después de la etapa de destete (Elizondo-Salazar 2008a).

Los métodos para la reducción de los costos dependen mucho de las características individuales de cada explotación, por lo tanto el uso de registros y análisis económico es importante para identificar los aspectos que logre determinar la efectividad en la reducción de los costos en la crianza de terneras (Elizondo-Salazar 2008a).

Elizondo-Salazar (2008a) menciona que es aceptable destetar terneras a partir de las 4 semanas de vida en excelentes condiciones, así como que deben transcurrir 21 días una vez iniciado el consumo de alimento balanceado para que se dé un buen desarrollo de las papilas ruminales; en su estudio encontró que las terneras destetadas a las 3 semanas de edad no consumieron suficiente alimento balanceado, sin embargo no se encontraron diferencias significativas en variables como GPD, peso corporal, altura a la cruz, altura a la cadera, consumo de alimento en edades al destete de 3, 4, 5 y 6 semanas de edad.

Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez (2015) mencionan que las terneras que presentaron problemas de diarreas fueron las que más incrementaron los costos de crianza debido a la aplicación de medicamentos anti-timpánicos, antibióticos y terapias de electrolitos con componentes nutritivos y antimicrobianos, en comparación con las que sólo fueron tratadas con antibióticos y antihistamínicos debido a afecciones respiratorias. Conforme a esto, se debe tomar medidas como no cambiar bruscamente

la dieta líquida, mantener las rutinas y el buen saneamiento de las instalaciones para evitar en la gran medida la incidencia de diarreas.

Elizondo-Salazar y Solís-Chávez (2018) mencionan que los costos de crianza y desarrollo de reemplazos son muy diferentes en cada explotación, ya que cada una tiene diferente disposición de recursos y objetivos. Muchos productores desconocen la información de costos de sus explotaciones y crían todas las terneras que nacen, en consecuencia, podría verse afectado el flujo de caja, ya que la crianza requiere una inversión importante. Los autores dan como recomendación criar solamente las terneras necesarias para suplir el descarte o muerte de animales adultos.

Durante este experimento se utilizó una pasteurizadora comercial con un valor de compra de ₡5.564.850,00 (\$9,835.34). Si se considera que el costo de un litro de reemplazador era aproximadamente ₡164,34 litros, con un consumo de 4 litros por ternera diario con un promedio de 50 terneras, la pasteurizadora se puede pagar en 5,65 meses para el caso específico de esta explotación; realizando otros escenarios con 30 terneras la pasteurizadora se pagaría en 9,41 meses y con 15 terneras en 18,82 meses.

8. Calidad nutricional de las dietas utilizadas en el experimento

La información de los niveles de grasa, proteína cruda (PC), materia seca (MS) y energía metabolizable (Mcal/kg) aportado por las dietas líquidas consumido por durante el estudio se presentan en el Cuadro 19. Puede observarse que no hubo diferencia significativa en el contenido nutricional semanal entre los tratamientos para el consumo de materia seca y proteína; sin embargo si hubo diferencias para el consumo de energía metabolizable en la mayoría de semanas del estudio (excepto la semana 5), los tratamientos de leche de desecho y leche íntegra fueron superior al reemplazador lácteo. Cabe destacar que el consumo nutricional incluye el alimento balanceado, forraje y la dieta líquida correspondiente de cada tratamiento semanal consumido por las terneras.

Cuadro 19. Consumo de nutrientes promedio de las dietas utilizadas en el experimento.

Tratamiento	Semana	Materia Seca (kg)	Proteína (kg)	Energía MetabolizableMcal/kg
Leche de desecho pasteurizada	1	3,15	0,86	16,38 ^a
	2	3,38	0,90	17,09 ^{ab}
	3	3,92	1,01	18,91 ^a
	4	4,60	1,12	20,81 ^a
	5	5,14	1,23	22,56
	6	5,94	1,39	25,10 ^{ab}
	7	6,94	1,59	28,30 ^{ab}
	8	8,06	1,81	31,89 ^a
Leche íntegra	1	3,21	0,84	17,22 ^a
	2	3,52	0,91	18,38 ^a
	3	3,97	1,00	19,77 ^a
	4	4,54	1,09	21,32 ^a
	5	5,23	1,23	23,61
	6	6,25	1,43	26,84 ^a
	7	7,19	1,62	29,89 ^a
	8	8,30	1,84	33,46 ^a
Reemplazador	1	3,30	0,86	14,78 ^b
	2	3,57	0,91	15,65 ^b
	3	4,05	1,01	17,17 ^b
	4	4,69	1,12	18,96 ^b
	5	5,62	1,30	21,96
	6	6,09	1,40	23,46 ^b
	7	7,14	1,61	26,83 ^b
	8	7,53	1,68	27,07 ^b
EEM		0,26	0,05	0,82

EEM= error estándar de la media.

Godden et al. (2003) encontraron que las terneras alimentadas con reemplazador obtuvieron menor peso al destete (61,0 kg) que las terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada (67,0 kg) consecuentemente las terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada obtuvieron mayor GPD (0,47 kg) que las terneras alimentadas con reemplazador (0,35 kg).

Los autores informaron que el incremento en el consumo de nutrientes es una explicación probable en la mejora de las tasas de ganancia y mejora en la salud obtenida en las terneras del tratamiento de leche de desecho pasteurizada. Esta explicación es compartida por Godden et al. (2005) quienes encontraron que terneras alimentadas con leche de desecho pasteurizada obtuvieron una GPD de 0,117 kg más y menor incidencia de problemas de salud y baja mortalidad que terneras alimentadas con el reemplazador lácteo. Sin embargo, Scott et al. (2006) observaron que no hubo diferencias en crecimiento en terneras alimentadas con leche de desecho y reemplazador lácteo 20:20.

Godden (2011) menciona que una ternera de 41 kg que consume 3,75 l por día de leche íntegra, podría estar consumiendo aproximadamente 2,97 Mcal de energía metabolizable por día, para tener una ganancia de peso alrededor de 0,453 kg mientras que una ternera que consume 0,453 kg/MS por día de reemplazador lácteo 20:20 estaría consumiendo alrededor de 2,47 Mcal de energía metabolizable por día, esperando una ganancia de peso de 0,290 kg al día.

Relacionado a lo anterior, la ventaja en las ganancias de peso de los tratamientos de la dieta líquida de leche de desecho pasteurizada y leche íntegra podría ser explicada por el consumo superior de energía en comparación con el tratamiento reemplazador. Además el consumo de energía es vital para las terneras en los periodos de estrés en el invierno y puede dar soporte en la función inmune y de salud de la ternera (Godden 2011). Así que la inclusión de leche de desecho pasteurizada o leche íntegra en la alimentación líquida es atractiva para los productores por la mayor ingesta energética que esta podría ofrecer, por lo tanto los criadores de terneras deben tomar decisiones en la alimentación para lograr un sistema de crianza eficiente.

9. Parámetros de crecimiento de acuerdo con el cruce racial

Todos los animales durante el estudio fueron el resultante del cruce de las razas Brahman (Br), Holstein (H), Jersey (J), Gyr (GY), Simmental (SM), Guzarat (Gu) y Montbeliarde (MO), sin embargo para el análisis de parámetros de crecimiento por cruce racial se seleccionaron solo aquellos cruces que estuvieran presente en los 3 tratamientos, del cual fueron razas Brahman (Br) y Holstein (H). Cuando se implementan cruces de ganado *Bos indicus* x *Bos taurus* se permite mayor productividad ya que a través de la heterosis se obtiene mayor velocidad de crecimiento, rendimiento, precocidad y producción de leche en las hembras (Souza et al. 2008).

Para este estudio no se encontraron diferencias significativas para ningún parámetro según el cruce racial. En cuanto a la variable peso (Cuadro 20) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para todas las semanas del estudio. González et al. (2008) menciona que el peso al nacimiento y peso al destete de los animales son componentes asociados a altas producciones de leche, mayor tamaño corporal en los adultos y una mayor rapidez de crecimiento, mientras que Montes et al. (2008) mencionan que se debe hacer énfasis en mejorar la característica de peso promedio al nacimiento ya que puede originar partos distócicos.

Además se dice que animales de mayor tamaño podría poseer una capacidad de consumo mayor (Vargas-Ramírez y Elizondo-Salazar 2014), por lo que si se desea comparar terneras de raza Holstein con terneras Jersey, estas últimas van a tener peso promedio por debajo de las primeras, así como otras razas como Simmental que son conocidas por su gran corpulencia.

Cuadro 20. Peso (kg) semanal por raza en terneras alimentadas con diferentes dietas experimentales.

Semana	BR5H3			BR6H2		
	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Integra	Reemplazador	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Integra	Reemplazador
0	39,03	34,08	37,08	37,18	35,38	36,32
1	41,43	37,40	38,16	39,28	37,35	38,61
2	43,55	40,37	39,08	41,04	39,81	39,64
3	46,00	42,65	41,01	43,20	40,80	40,75
4	49,20	45,23	42,31	46,03	44,31	43,28
5	53,65	48,75	44,61	50,22	48,25	45,31
6	56,93	53,59	48,41	55,42	53,20	48,04
7	60,17	58,82	52,27	58,39	56,41	51,65
8	65,98	63,80	57,09	63,84	62,00	54,00
EEM	3,17	2,24	2,46	2,08	2,75	2,08
p-valor	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

EEM= error estándar de la media.

Rosales et al. (2004) encontraron que los animales del cruce Simmental-Brahman fueron más livianos al nacimiento que el promedio de los becerros puros de Simmental y Brahman, pero estos animales cruzados crecieron más rápidamente que los puros; los autores explican que posiblemente las condiciones ambientales previnieron la manifestación de la heterosis para el peso al nacimiento.

González et al. (2008) encontraron que los animales con mayor proporción de genes Simmental fueron los que mostraron menores pesos al destete, mientras que los animales del cruce Simmental-Brahman obtuvieron el mayor peso al destete; mientras que Castillo-Umaña et al. (2015) mencionan que terneros de raza pura Brahman presentaron mayor peso al nacimiento, menor peso al destete y menor GPD que los animales del cruce Santa Gertrudis y Simmental.

Los pesos promedio al nacimiento de hembras de raza Brahman que rondan los 31 kg (Pereda-Solís et al. 2005) igualmente como se presenta en el Cuadro 3 donde se muestran pesos de animales de raza Brahman, del cual van pesos entre 25,2 y 34,0 kg, mientras que en este estudio (semana 0) el peso más bajo corresponde a 54,00 kg del cruce BR6H2 del tratamiento de reemplazador.

Aunque para la variable de ganancia de peso (Cuadro 21) diario no se encontraron diferencias significativas en este estudio, Souza et al. (2008) encontraron que conforme aumenta la proporción genética *Bos taurus*, los animales presentan mayores ganancias de peso, por lo que Carrizales (2005) menciona que crecimientos acelerados medidos por la GPD no afectan los parámetros reproductivos como la edad al primer parto e intervalo entre partos.

Cuadro 21. Ganancia de peso diario (kg/animal) semanal por raza en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	BR5H3			BR6H2		
	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Integra	Reemplazador	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Integra	Reemplazador
0	0,34	0,48	0,15	0,30	0,28	0,33
1	0,30	0,42	0,13	0,25	0,35	0,15
2	0,35	0,33	0,28	0,31	0,14	0,16
3	0,46	0,37	0,18	0,40	0,50	0,36
4	0,64	0,50	0,33	0,60	0,56	0,29
5	0,47	0,69	0,54	0,74	0,71	0,39
6	0,46	0,75	0,55	0,42	0,46	0,52
7	0,83	0,71	0,69	0,78	0,80	0,34
8	1,00	0,71	0,81	0,75	0,84	0,62
EEM	0,16	0,12	0,13	0,11	0,14	0,11
p-valor	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

EEM= error estándar de la media.

González et al. (2008) encontraron que los animales con mayor proporción de genes Simmental fueron los que mostraron menores GPD, mientras que los animales con mayor proporción de genes Brahman obtuvieron mayor GPD. Por su parte, se menciona que el peso al destete de animales *Bos indicus* en Costa Rica, está afectado por el sexo, año de nacimiento y la raza de la cría, mientras que, el año de nacimiento, el sexo del ternero y el grupo racial del ternero, son las principales fuentes de variación de la GDP en cruces entre grupos raciales *Bos indicus* (Castillo-Umaña et al. 2015).

Para las variables: circunferencia torácica (Cuadro 22), altura a la cruz (Cuadro 23), y altura a la cadera (Cuadro 24), según la raza no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 22. Circunferencia torácica (cm) semanal por raza en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	BR5H3			BR6H2		
	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Integra	Reemplazador	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Integra	Reemplazador
0	76,0	76,0	75,2	75,9	73,3	75,3
1	77,7	76,2	77,4	78,1	76,0	76,9
2	79,7	77,5	79,0	79,1	79,8	77,9
3	81,0	79,7	79,6	80,6	81,3	78,4
4	85,3	81,7	81,4	83,6	83,0	80,7
5	86,3	84,8	82,0	85,3	85,0	83,7
6	89,3	86,8	85,6	88,3	89,3	85,3
7	93,7	89,3	87,4	90,7	91,3	87,6
8	96,7	90,2	91,2	93,1	94,5	89,6
EEM	2,0	1,4	1,6	1,3	1,7	1,3
p-valor	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

EEM= error estándar de la media.

Cuadro 23. Altura a la cruz (cm) semanal por raza en terneras alimentadas con diferentes dietas experimentales.

Semana	BR5H3			BR6H2		
	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Integra	Reemplazador	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Integra	Reemplazador
0	74,3	74,8	73,4	73,6	74,8	74,1
1	75,0	77,0	74,0	74,3	75,3	75,1
2	75,7	78,2	75,6	76,7	76,3	76,7
3	77,0	78,7	76,2	78,1	77,0	76,9
4	79,0	80,0	78,2	79,7	80,5	78,7
5	81,0	80,8	79,2	81,1	81,0	79,0
6	83,7	82,3	80,4	83,4	82,0	80,3
7	86,3	84,5	81,8	84,4	84,0	82,0
8	88,0	87,0	83,0	85,3	86,5	83,1
EEM	1,7	1,2	1,3	1,1	1,5	1,1
p-valor	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

EEM= error estándar de la media.

Cuadro 24. Altura a la cadera (cm) semanal por raza en terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	BR5H3			BR6H2		
	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Integra	Reemplazador	Leche de Desecho Pasteurizada	Leche Integra	Reemplazador
0	78,0	80,7	78,2	78,4	80,0	79,6
1	80,0	82,5	79,4	79,3	80,3	80,7
2	80,7	83,3	80,4	81,6	81,3	81,6
3	81,7	83,8	81,0	82,6	82,0	81,9
4	84,0	84,8	83,2	84,9	85,3	83,6
5	86,0	86,0	84,4	86,1	86,3	84,0
6	88,0	87,2	85,4	88,3	87,0	85,3
7	91,0	89,7	86,6	89,7	89,0	87,3
8	93,0	91,8	88,0	90,1	91,3	87,7
EEM	1,7	1,2	1,3	1,1	1,5	1,1
p-valor	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

EEM= error estándar de la media.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con este estudio se pudo corroborar que la pasteurización de la leche de desecho es efectiva para la reducción de la carga bacteriana, lo que la hace apta como dieta líquida para la crianza de terneras evitando la diseminación de enfermedades.

En los diferentes parámetros de crecimiento: peso corporal, GPD, circunferencia torácica, altura a la cruz, altura a la cadera y apariencia general no se presentaron diferencias significativas a excepción del peso donde a partir de las semana 4 hasta el destete, donde el tratamiento de leche de desecho pasteurizada y leche íntegra presentó valores superiores en comparación con el reemplazador lácteo.

Relacionado con lo anterior se puede concluir que la leche de descarte pasteurizada se comporta similar como los demás tratamientos de este estudio y no genera efectos negativos en las variables estudiadas, con el uso de esta alternativa se aprovecha la leche de descarte evitando un eventual riesgo de contaminación al medio ambiente, ya que esta leche muchas veces es desechada y se debe tener en cuenta que esta leche posee un costo de producción que no es percibido por el productor porque esta leche podría ser vendida pero debido a la alta carga bacteriana no puede ser comercializada a una industria procesadora de leche, por lo tanto la pasteurización representa una alternativa para darle uso a esta leche en la crianza de terneras y otro factor muy importante actualmente debido a nuevas corrientes de gestión ambiental es utilizar la leche de desecho para reducir la contaminación ambiental.

Con respecto a las variables de consumo y parámetros de crecimiento en estudio de acuerdo al cruce racial, como se mencionó anteriormente no se encontraron diferencias aunque hay una variedad en las proporciones. Es importante conocer la composición genética de los animales para predecir su comportamiento productivo dentro de la explotación.

Se recomienda que cada explotación analice sus variables en la crianza de terneras en cuanto a la alimentación, aunque en este estudio el tratamiento de reemplazador lácteo fue el de menor costo, se debe llevar acompañamiento de un profesional para optar por la dieta líquida que sea más rentable y así reducir costos en la alimentación que posee un gran peso en costos total en la crianza de terneras.

Es importante seguir con investigaciones referentes al tema de crianza de terneras en las zonas bajas de nuestro país, con el fin de encontrar datos para llegar a conclusiones y aumentar la información útil para los productores.

LITERATURA CITADA

- Aguilar A. 2011. Alimentación de becerros Holstein con suero de leche. Tesis Lic. en Ing. Agronomía Zootecnia. San Luis Potosí, México, Universidad Autónoma de San Luis de Potosí. 35 p.
- Andrew S. 2001. Effect of composition of colostrum and transition milk from Holstein heifers on specificity rates of antibiotic residue tests. *Journal of Dairy Science*. 84(1): 100-106.
- Arroyo-Arroyo J.J., Elizondo-Salazar J.A. 2014. Prevalencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. *Agronomía Mesoamericana*. 22(2):279-285.
- Aust V., Knappstein K., Kunz HJ., Kaspar H., Wallmann J., Kaske M. 2013. Feeding untreated and pasteurized waste milk and bulk milk to calves: effects on calf performance, health status and antibiotic resistance of faecal bacteria. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 97: 1091-1103.
- BAMN. 2002. Bovine Alliance on Management and Nutrition. A guide to modern calf milk replacers. 2p.
- Banco Central De Costa Rica. 2019. Tipo cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América. Disponible en: <http://indicadoreseconomicos.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/cuadros/frmvercatcuadro.aspx?CodCuadro=400>.
- Bar-Peled U., Robinzon B., Maltz E., Tagari H., Folman Y., Bruckental I., Voet H., Gacitua H., Lehrer A. 1997. Increased weight gain and effects on production parameters of Holstein Heifer Calves that were allowed to suckle from birth to six weeks of age. *Journal of Dairy Science*. 80(10): Abstract.

- Barrientos O., Villegas L. 2010. Sector agropecuario: Cadena productiva de leche. Políticas y acciones. 3-4 p.
- Benavides D., Elizondo J.A., González G. 2013. Estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la región Huetar Norte de Costa Rica. Año II. Agronomía Mesoamericana. 24:285-291.
- Berra G., Osacar G., Mate A. 1999. Novedades sobre calostro. Sitio Argentino de Producción Animal. Revista Infortambo. 128(1): 1-4.
- Besser T., Gay C. 1985. Septicemic colibacillosis and failure in passive transfer of colostral immunoglobulin in calves. Veterinarian Clinic Nutrition Animal: Food Animal.35 (1):445-459.
- Blowey R., Edmondson P. 2010. Mastitis control in dairy herds. 2 ed. CAB International, Oxfordshire, UK. 266 p.
- Campos-Granados C., Elizondo-Salazar J. 2014. Cuantificación de la leche de desecho y análisis económico de su no utilización en una finca lechera de altura. Nutrición Animal Tropical. 8(1): 30-43.
- Capel M., Wentworth H., Croisier B., Welch G., Schukken Y. 2006. An evaluation of the efficacy of on-farm pasteurization of waste milk in seven western New York dairies. American Association of Bovine Practitioners. 258p.
- Carrizales J. 2005. Relación entre la edad, el peso y la eficiencia reproductiva en las hembras Brahman de competencia. Tesis de grado en zootecnia. Bogotá, Colombia, Universidad de la Salle. 73 p.

- Castillo-Umaña M., López-Herrera M., Montero-Quirós A., Soto-Murillo H. 2015. Características pre-destete de cruces genéticos de bovinos de carne en el trópico seco costarricense. *Nutrición Animal Tropical*. 9(2): 105-123.
- Castro P. 2011. Procesamiento del alimento balanceado utilizado en la crianza de terneros y su efecto sobre el crecimiento y el desarrollo ruminal. Tesis Lic en Ing agronómica con énfasis en zootecnia. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 55 p.
- Castro-Flores P., Elizondo-Salazar J.A. 2012. Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos. *Agronomía Mesoamericana*. 23(2):343-352.
- Coopesca. 2018. Precio de electricidad. Disponible en: <https://www.coopesca.co.cr/tarifas.html>. Consultado el día 28 de agosto del 2008.
- Dufour E. 2018. The pros and cons of feeding pasteurized milk to calves. Hubbard Blog: Calf Milk. 2p.
- Elizondo-Salazar J.A, Solís-Chávez H. 2018. Costo de criar una ternera lechera de reemplazo desde el nacimiento al parto. *Agronomía Mesoamericana*. 29(3):547-555.
- Elizondo-Salazar J.A. 2007. Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*. 18(2): 271-281.
- Elizondo-Salazar J.A. 2008a. Destete temprano en terneras: Reduce los costos de alimentación y mano de obra. *ECAG-Infoma*. 43: 46-49.

- Elizondo-Salazar J.A. 2008b. Parámetros de manejo en la crianza de terneras: optimizando la eficiencia en las explotaciones lecheras. ECAG Informa 45:31-34.
- Elizondo-Salazar J.A. 2009. Crianza de terneras de lechería: programa alternativo para un crecimiento acelerado. ECAG Informa 47:32-34.
- Elizondo-Salazar J.A. 2010. Estrategias para aumentar el consumo de concentrado en terneras, en etapa pre-destete. ECAG Informa 53:38-40.
- Elizondo-Salazar J.A. 2015. Concentración de inmunoglobulinas totales en calostro de vacas de explotaciones lecheras de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana. 26 (1): 27-32.
- Elizondo-Salazar J.A., Heinrichs J., Gelsinger S.L. 2007. Pasteurization of non-saleable milk. The Pennsylvania State University. 10 p.
- Elizondo-Salazar J.A., Jones C., Heinrichs J. 2010. Evaluation of calf milk pasteurization systems on six Pennsylvania dairy farms. Journal of Dairy Science. 93(11):5509-5513.
- Elizondo-Salazar J.A., Sánchez-Álvarez M. 2012. Efecto del consumo de dieta líquida y alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. Agronomía Costarricense. 36(2):81-90.
- Elizondo-Salazar J.A., Heinrichs J., Gelsinger S.L. 2013. Pasteurization of non-saleable milk. Department of Animal Science. 10p.
- Elizondo-Salazar J.A., Vargas-Ramírez 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): 1-10.

- Garzón B. 2007. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. *Red Vet.* 3 (5): 1-39.
- Godden S.M. 2011. Pasteurized milk and colostrum feeding systems: capturing the benefits and avoiding the pitfalls. Tri-state Dairy Nutrition Conference. 97-110p.
- Godden S.M., Smith S., Feirtag J.M., Green L.R., Wells S.J., Fetrow J.P. 2003. Effect of on-farm commercial batch pasteurization of colostrum in colostrum and serum immunoglobulin concentrations in dairy calves. *Journal of Dairy Science.* 86: 1503-1512.
- Godden SM., Fetrow, JP., Feirtaq JM., Green LR., Wells SJ. 2005. Economic analysis of feeding pasteurized nonsaleable milk versus conventional milk replacer to dairy calves. *Journal animal veterinarian medical association.* 226(9):1547-1554.
- González J., Azuara A., Hernández J., Parra G., Castillo S. 2008. Características predestete de bovinos Simmental (*Bos Taurus*) y sus cruces con Brahman (*Bos indicus*) en el trópico mexicano. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.* 21:365-371.
- Gouiric B. 2006. Crianza de terneros y reemplazos de lechería. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 148: 2-20p.
- Guerrero D. 2013. Evaluación del uso de un producto a base de harina de soya y maíz como sustituto de leche en la crianza de terneros. Tesis Lic en medicina veterinaria. San Carlos, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 52 p.

- Heinrichs A., Jones C. 2003. Feeding the newborn dairy calf. The Penn State University. 23 p.
- Heinrichs J. 2006. Calf Track calf management training system. The Pennsylvania State University. 86 p.
- IMN. (Instituto Meteorológico Nacional). 2018. Condiciones actuales del tiempo. Disponible en: <https://www.imn.ac.cr/especial/estacionfortuna.html>. Consultado el día 24 de enero del 2018.
- IMN. (Instituto Meteorológico Nacional). 2019. Condiciones actuales del tiempo. Disponible en: <https://www.imn.ac.cr/especial/estacionfortuna.html>. Consultado el día 30 de mayo del 2019.
- Jamaluddin A.A., Carpenter T.E., Hird, D.W., Thurmond M.C. 1996. Economics of feeding pasteurized colostrum and pasteurized waste milk to dairy calves. Journal Animal Veterinarian Medical Association. 209(4): Abstract.
- Johnson J., Godden S., Molitor T., Ames T. 2007. Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immunity and nutritional parameters in neonatal dairy calves. Journal of Dairy Science. 90(1): 5189-5198.
- Jorgensen MA., Hoffman PC., Nytes J. 2006. A field survey of on-farm milk pasteurization efficacy. The Professional Animal Scientist. 22:472-476.
- Khan M., Lee H., Lee W., Kim H., Ki K., Hur T., Suh G., Kang S., Choi Y. 2007. Structural growth, rumen development, and metabolic and immune responses of Holstein male calves fed milk through step-down and conventional methods. Journal of Dairy Science. 90: 3376-3387.

- Langford FM., Weary DM., Fisher L. 2003. Antibiotic resistance in gut bacteria from dairy calves: a dose response to the level of antibiotics fed in milk. *Journal of Dairy Science*. 86:3963-3966.
- McMartin S., Godden S., Metzger L., Feirtag J., Bey R., Stabel J., Goyal S., Fetrow J., Wells S., Chester-Jones H. 2006. Heat treatment of bovine colostrum. I: Effects of temperature on viscosity and immunoglobulin G level. *Journal of Dairy Science*. 89:2110-2118.
- Merino L. 2010. Fisiología bacteriana. Universidad Nacional de Nordeste. Facultad de Medicina-Microbiología e Inmunológica. 10 p.
- Monge-Rojas C., Elizondo-Salazar 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.
- Montes D., Vergara O., Prieto E. Rodríguez A. 2008. Estimación de los parámetros genéticos para el peso al nacer y al destete en ganado bovino de la raza Brahman. *Revista de Medicina Veterinaria*. 13(1):1184-1191.
- Pereda-Solís M., González-Muñoz S., Arjona-Suárez E., Bueno-Aguilar G., Mendoza-Martínez G., 2005. Ajuste de modelos de crecimiento y cálculo de requerimientos nutricionales para bovinos brahmán en Tamaulipas, México. *Agrociencia*. 39 (1):19-27.
- Rivera A. 2000. Determinación del Retorno de la Inversión en la Crianza de Novillas Jersey a Primer Parto en la Zona de Altura de la Meseta Central de Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Ing. Agronómica con énfasis en zootecnia. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 101 p.

- Rodríguez, S. 2017. El sector agropecuario dentro del contexto de la apertura comercial. Estado de la nación. 18p.
- Rosales J., Elzo M., Montaña M., Vega V., Reyes A. 2004. Parámetros genéticos para los pesos al nacimiento y destete en ganado Simmental-Brahman en el subtrópico mexicano. *Téc Pecu Méx.* 42(3):333-346.
- Ruzante, J. M., I. A. Gardner, J. S. Cullor, W. L. Smith, J. H. Kirk, and J. M. Adaska. 2008. Isolation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* from waste milk delivered to California calf ranches. *Foodborne Pathog. Dis.* 5:681–686.
- Salazar E. 2017. Efecto de la pasteurización de calostro de diferente calidad sobre la absorción de inmunoglobulinas en terneras Holstein. Tesis Lic en Ing. Agronómica con énfasis en zootecnia. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 52 p.
- Sánchez J. 2010. Práctica en el Programa de Transferencia Tecnológica de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Ciudad Quesada, San Carlos. Título Bachillerato en Ing. Agronómica con énfasis en zootecnia. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 31 p.
- Sánchez J., Elizondo-Salazar J.A., Arroyo G. 2012. Estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la región Huetar Norte de Costa Rica. Año I. *Agronomía Mesoamericana.* 23:321-327.
- Sánchez J., Piedra L., Soto H. 1998. Calidad nutricional de los forrajes en zonas con niveles bajos de producción de leche, en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense.* 22 (1):69-76.
- SAS Institute. 2004. SAS/STATA 9.1 User's guide. Version 9.1 ed. Sas Institute Inc., Cary, N.C., USA.

- Scott M., James R., McGilliard M., Hopkins B. 2006. Waste milk supply and pasteurizer performance on three North Carolina dairy farms. *Journal of Dairy Science*. 89 (1):128-135.
- Scott S. 2002. Jersey Calf Management, Mortality, and Body Composition. Tesis de doctorado en fisiología en ciencias animal. Blacksburg, Estados Unidos, Virginia Polytechnic Institute and State University. 178p.
- SEPSA. (Secretaria Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2017. Desempeño del sector agropecuario en el 2017. 12p.
- Souza J., DeFreitas J., Malhado C., Sereno J., DosSantos I., Vendrúsculo E., Ferraz P. 2008. Desempeño de becerros cruzas europeo-cebú. Brasil. *Arch. Latinoam. Producción Animal*. 16(3): 116-120.
- Stabel J.R., Hurd S., Calvente L., Rosenbush R.F. 2004. Destruction of *Mycobacterium paratuberculosis*, *Salmonella spp.*, and *Mycoplasma spp.* in raw milk by a commercial on-farm high-temperature, short-time pasteurizer. *Journal of Dairy Science*. 87:2177-2183.
- Stabel JR. 2001. On- farm batch pasteurization destroys *Mycobacterium paratuberculosis* in waste milk. *Journal of Dairy Science*. 84(2):524-527.
- Trotz-Williams L., Leslie K., Peregrine A. 2008. Passive immunity in Ontario Dairy calves and investigation of its association with calf management practices. *Journal of Dairy Science*. 91: 3840-3849.
- Unión Ganadera Regional de Jalisco.2009. Asociaciones Ganaderas Locales del Estado de Jalisco (UGRJ). 10p.

- Vargas-Ramírez A., Elizondo- Salazar J. 2014. Determinación de consumo de alimento balanceado y agua, y medidas de crecimiento en terneras Holstein en una finca lechera comercial. *Nutrición Animal Tropical*. 8 (2):36-50.
- Villalobos L., Arce J. 2014. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense*. 38(1): 133-145.
- Villalobos L., Arce J., WingChing R. 2013. Producción de biomasa y costos de producción de pastos estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 37(2): 91-103.
- Wattiaux M. 2014a. Crianza de terneras-del nacimiento al destete: Alimentación con leche y sustitutos de leche. Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin-Madison, Wisconsin, Estados Unidos. Consultado 07 mayo 2018. Disponible en <http://babcock.wisc.edu/es/node/239>.
- Wattiaux M. 2014b. Crianza de terneras-del nacimiento al destete: Tasa de crecimiento. Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin-Madison, Wisconsin, Estados Unidos. Consultado 07 mayo 2018. Disponible en <http://babcock.wisc.edu/es/node/243>.
- Wattiaux M. 2014c. Crianza de terneras-del nacimiento al destete: Tasa de crecimiento. Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin-Madison, Wisconsin, Estados Unidos. Consultado 16 abril 2018. Disponible en <http://babcock.wisc.edu/es/node/259>.
- Weaver D.M., Tyler J.W., VanMetre D.C., Hostetler D.E., Barrington G.M. 2000. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal Veterinary Intern Medical*. 14:569-577.

Yepes M., Prieto C. 2011. Relación de la concentración de proteína sérica, la calidad de calostro y la ganancia de peso en terneros lactantes en hatos de la sabana de Bogotá. TFG para optar por el grado de Zootecnista. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia.

ANEXOS

Anexo 1. Desglose de los costos de producción de la leche de desecho.

Detalle del costo	19,258,782.90		
Alimentacion	8,547,005.40	100.00	44.38
Vapp Feed 21.233 kg	4,888,975.00	57.20	
Preparto 1825kg	642,418.00	7.52	
Miel 4.197 kg	436,444.32	5.11	
Enerlac 630 kg	368,046.00	4.31	
Fibroso y citrocon 800 kg	131,872.08	1.54	
Mineral Matsuda 420 kg	302,400.00	3.54	
Soya 2098 kg	625,815.00	7.32	
Piña 6500 kg	55,000.00	0.64	
Fertilizante 4105 kg	1,096,035.00	12.82	
Mano de obra	3,213,705.83	100.00	16.69
Lecheria	1,408,333.00	43.82	
Campo	317,100.00	9.87	
Mantenimiento	250,400.00	7.79	
Administracion	287,400.00	8.94	
Prestaciones legales	440,341.83	13.70	
C.C.S.S. 26.33%	442,739.00	13.78	
I.N.S RT	67,392.00	2.10	
Reproduccion y Salud	1,266,764.00	100.00	6.58
Servicios Profesionales	220,000.00	17.37	
Medicamentos	586,924.00	46.33	
Semen e insumos	177,960.00	14.05	
Sanitizantes	281,880.00	22.25	
Mantenimiento	2,619,716.67	100.00	13.60
Vehiculos y Maquinaria	2,280,750.00	87.06	
Instalaciones	202,300.00	7.72	
Equipo	136,666.67	5.22	
Transportes	780,875.00	100.00	4.05
Leche	672,542.00	86.13	
Suministros	108,333.00	13.87	
Servicios publicos	836,420.00	100.00	4.34
Financieros	1,994,296.00	100.00	10.36

RUBROS		%
Precio de Venta leche	301	
Mérito Excedentes	46.60	
Precio de Venta Leche Neto	347.60	
Costo	294	84.47
Ganancia	54	15.53

