



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Utilización de leche de descarte pasteurizada en terneras de lechería como alternativa de alimentación en una finca comercial en una zona de altura media

Andrés Cavanillas Murillo

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. Cynthia Rebeca Monge Rojas, M. Sc.

\_\_\_\_\_

Miembro del Tribunal

Ing. Róger Molina Coto, M. Sc. .

\_\_\_\_\_

Director de Escuela

Ing. Rodolfo WingChing Jones, M. Sc.

\_\_\_\_\_

Sustentante

Ing. Andrés Cavanillas Murillo, Bach.

## DEDICATORIA

Quisiera iniciar esta dedicatoria con Dios, por darme cada una de las bendiciones necesarias para poder salir adelante, por darme la fortaleza para desarrollar mi carrera universitaria y que a pesar de las caídas poder superarme y convertirme en un profesional.

A mis padres, Patricia Murillo Salazar y Tomás Cavanillas Monturiol, a quienes les debo absolutamente todo lo que soy en esta vida. Por siempre darme un apoyo incondicional en todo, en especial para sobrellevar este proceso de tesis.

A mi hermano Tomás Cavanillas Murillo, quien ha sido una fuente de apoyo e inspiración constante a lo largo de mi vida, demostrándome que uno puede lograr alcanzar el éxito en todo lo que se proponga.

Por ultimo y no menos importante a mi novia Gloriana Funes Laverde, quien me ha acompañado durante todo mi proceso universitario, por ser otra fuente de apoyo incondicional y siempre estar para mi cuando la he necesitado.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Jorge Alberto Elizondo Salazar quien ha sido profesor, tutor y mentor en gran parte de mi carrera universitaria, por todas sus enseñanzas, apoyo y además de confiar en mi para desarrollar este proyecto de tesis.

Un profundo agradecimiento a Hacienda Pasqui, especialmente al Ing. José Joaquín Jiménez Zamora quien desinteresadamente me abrió las puertas para poder llevar a cabo mi proyecto de graduación, brindándome todas las facilidades necesarias.

A todos los trabajadores de Hacienda Pasqui, quienes siempre me hicieron sentir bienvenido, en especial a don Javier Masis Calvo, Dagoberto Leandro Serrano y Alonso Méndez Quirós y sus respectivas familias por tratarme como uno más de la familia y por todos los momentos compartidos.

Un profundo y total agradecimiento a Jorge Sánchez Granados, con quien compartí prácticamente a diario durante todo el proceso de recolección de datos, por todas las enseñanzas, el apoyo, la ayuda y por ser pieza fundamental durante el desarrollo de mi tesis.

A todos mis amigos y compañeros con quienes pude compartir durante todo este proceso universitario, tanto dentro como fuera de las clases, una parte vital y fundamental para disfrutar mi proceso universitario y salir adelante.

A todos los profesores de la escuela de zootecnia, quienes me formaron como profesional durante todos estos años, agradezco la paciencia y dedicación empleada.

Un profundo agradecimiento a las empresas Calf Solution y a VYMISA por facilitarme el equipo y los materiales necesarios para el desarrollo de mi proyecto de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Número de página
Portada .....	i
Hoja de aprobación .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS .....	4
General .....	4
Específicos .....	4
ESTADO DEL CONOCIMIENTO .....	5
Sistema digestivo .....	5
Calostro e inmunidad .....	6
Leche de descarte .....	8
Pasteurización .....	14
Leche de reemplazo.....	17
Detalles para medir .....	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Procedimiento general.....	22
Variables por evaluar .....	23
Medición del crecimiento de los animales.....	23
Medición de consumo .....	24
Conteo estándar en placa, conteo de coliformes, conteos no coliformes.....	24
Apariencia general de salud.....	24
Costos .....	1
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
Pesaje y ganancia diaria de peso .....	27

Medidas morfológicas .....	31
Estado de salud .....	35
Consumo de alimento balanceado.....	38
Consumo de heno .....	40
Consumo de leche .....	42
Consumo de nutrientes.....	44
Recuento microbiológico .....	46
Costos .....	48
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES.....	54
LITERATURA CITADA .....	55

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Número de página
1.	Litros de calostro necesarios para alcanzar una concentración de IgG en suero sanguíneo de 10 mg/ml.....	7
2.	Características y composición química del calostro y leche de ganado Holstein .....	9
3.	Peso de las terneras durante las primeras 12 semanas de vida.....	27
4.	Ganancia diaria de peso (GDP) de las terneras por semana de vida.....	30
5.	Medidas de altura a la cruz de las terneras durante las primeras 12 semanas de vida.....	32
6.	Medidas de altura a la cadera de las terneras durante las primeras 12 semanas de vida.....	33
7.	Medidas de circunferencia torácica de las terneras durante las primeras 12 semanas de vida.....	34
8.	Cantidad de días donde se manifestó enfermedades respiratorias y gástricas en cada una de las terneras por tratamiento.....	36
9.	Consumo de alimento balanceado (g/animal) semanal por tratamiento.....	39
10.	Consumo de heno (g/animal) semanal por tratamiento.....	41
11.	Consumo de leche semanal por tratamiento.....	43
12.	Composición nutricional de las dietas líquidas.....	44
13.	Consumo promedio de nutrientes aportados por la dieta para los diferentes tratamientos.....	45
14.	Recuentos microbiológicos en muestras de leche pre-pasteurización y post pasteurización.....	47
15.	Costos de producción de un litro de leche para cada uno de los tratamientos.....	48
16.	Comparación de costos de producción de una ternera al destete para los diferentes tratamientos.....	49
17.	Costo de producción del litro de leche según el valor asignado al descarte.....	50
18.	Estimación del ahorro en la producción con el uso de la leche de descarte pasteurizada (0%) con respecto a otra dieta líquida.....	51



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Número de página
1.	Proporción de leche de desecho obtenida con respecto a la producción total durante la lactancia y con referencia al número de parto.....	10
2.	Proporción de leche de desecho obtenida según la etapa de lactancia.....	11
3.	Conteo bacterial (unidades formadoras de colonias (UFC) por mililitro) en alimentos líquidos para los terneros.....	12
4.	Tiempo versus temperatura de la leche en pasteurizador por lotes.....	15
5.	Recuperación de <i>M. paratuberculosis</i> en leche antes y después del tratamiento en pasteurizador por lote.....	16
6.	Porcentaje de mortalidad en terneras de lechería según edad.....	21
7.	Causa de mortalidad de terneras en la etapa de predestete.....	21

## RESUMEN

El presente estudio evaluó el uso de diferentes dietas líquidas en terneras de lechería en una finca comercial en la zona de altura, ubicada en Pasquí de Santa Rosa de Oreamuno, Cartago. Se utilizaron 40 terneras Jersey desde el nacimiento hasta las 12 semanas de edad, a quienes se les asignó de manera aleatoria uno de los cuatro tratamientos: leche íntegra, leche de descarte pasteurizada, reemplazador de leche y una mezcla 50% reemplazador de leche y 50% leche de descarte pasteurizada. Al nacimiento las terneras fueron separadas de su madre, y se les suministraron cuatro litros de calostro con una concentración de inmunoglobulinas de  $\geq 50$  g/dl, y como criterio de descarte se incluyeron solo las terneras con concentraciones de proteína sérica total  $\geq 5,5$  g/dl, la cual se media entre las primeras 24 y 48 horas de vida del animal. Una vez seleccionados los animales se procedió con la medición diaria del consumo de alimento balanceado, consumo de heno, consumo de dieta líquida, estado de salud del animal; las mediciones de peso y mediciones morfológicas como altura a la cruz, altura a la cadera y circunferencia torácica se realizaron semanalmente. Los tratamientos se suministraban dos veces al día en una proporción de dos litros por tiempo de alimentación. La leche de descarte se obtuvo del mismo sistema de producción, pasteurizada en un MilkTaxi 3.0 durante 35 minutos a una temperatura de 65 °C. Se tomaron muestras de leche antes y después del proceso de pasteurización para poder determinar la eficiencia del tratamiento. Los resultados demostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los pesos de las terneras a partir de la quinta semana, siendo el tratamiento de leche de descarte pasteurizada el grupo con mayores ganancias de peso. En promedio los tratamientos presentaron un peso al destete de 66,55 kg para la leche íntegra, 72,14 kg para la leche pasteurizada, 61,37 kg para el reemplazador lácteo y 68,06 kg para la mezcla. Con respecto a las ganancias diarias de peso se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) aunque de manera más irregular a lo largo del experimento. Las ganancias obtenidas en promedio durante los tres meses fueron de 0,52 kg; 0,57 kg; 0,44 kg y 0,51 kg respectivamente. Por su parte en las medidas morfológicas se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los tres rubros medidos. La altura a la cruz y la altura a la cadera presentaron un comportamiento muy similar, mientras que la circunferencia torácica presentó un comportamiento similar al presentado en los pesajes. La presencia de enfermedades mostró una mayor incidencia en el grupo de animales consumiendo reemplazador lácteo. A nivel de consumo, tanto dieta líquida como sólida, no se presentaron diferencias significativas. El proceso de pasteurización presentó el comportamiento esperado, con una disminución satisfactoria en los conteos de recuento total

aerobio mesófilo con un cambio de  $4,7 \times 10^6$  a una concentración final de  $< 3$  UFC/ml, por su parte los coliformes totales se redujeron de 467 a  $< 3$  NMP (número más probable). Se estimó el costo de producción de las terneras únicamente tomando en cuenta factores que ejercieran diferencias entre los tratamientos, con lo cual se obtuvo que el costo de destetar una ternera es de ¢134.299,54 con leche íntegra, ¢137.186,21 con leche pasteurizada, ¢93.796,85 con reemplazador de leche y ¢115.227,80 con la mezcla. Además, se calculó el costo del litro de leche por tratamiento, obteniendo como resultado ¢331, ¢341, ¢209 y ¢274 respectivamente. Tomando en cuenta que la leche de descarte no presenta una ganancia como tal en el sistema, se procedió a estimar el tiempo de recuperación de la inversión del pasteurizador, en un escenario donde se le otorga un valor de ¢21 (mano de obra, agua y electricidad) a la leche de descarte, dando como resultado un período entre 45 días y 10 meses, dependiendo de la cantidad de terneras desarrolladas y de la dieta líquida brindada.

## INTRODUCCIÓN

Se estima que Costa Rica cuenta con 1.497.551 cabezas de ganado, de las cuales 241.775 se encuentran en producción especializada de leche y 469.217 animales en la producción de doble propósito. Por lo que en total son 710.992 animales destinados a la producción lechera, es decir, un 47,5% del hato nacional (INEC 2017). A pesar de ser una de las producciones más importante del país, el sector lechero nacional enfrenta desde hace muchos años un panorama muy complicado por factores como la inestabilidad en la oferta y demanda del mercado de los granos, el encarecimiento de materias primas e incluso el tipo de cambio del dólar. Aunado a esto con lo establecido en el tratado de libre comercio se agrava aún más el panorama, ya que a partir del año 2025, el ingreso de la leche y sus derivados provenientes de Estados Unidos estará exento de impuestos (Barquero 2017).

Esta situación genera una necesidad en los productores de optimizar sus sistemas para adaptarse a los cambios en el mercado que le demanda una mayor eficiencia e inversión en su actividad (Barrientos y Villegas 2010). Sin embargo, dicha optimización muchas veces solo se centra en los animales en producción mejorando sus dietas y optimizando las pasturas, debido a que el objetivo principal de toda explotación lechera gira en torno a la producción de una cantidad óptima de leche de buena calidad y a bajo costo. Sin embargo, pocas veces se centra dicho esfuerzo en un sector de gran peso en las producciones lecheras como lo es satisfacer las necesidades de reemplazo y crecimiento del hato (Elizondo-Salazar 2016), ya que la crianza de terneras se considera un punto crítico para la optimización de los sistemas productivos lecheros (Demateis 2015).

La principal meta de un programa de reemplazos es criar y desarrollar animales que logren alcanzar tempranamente las metas establecidas por cada sistema productivo, esto con el fin de lograr la preñez del animal a una edad adecuada y al menor costo posible. Para lograr este objetivo, se debe contar con un sistema de alimentación adecuado que supla las necesidades del animal en su crecimiento. Sin embargo, en Costa Rica muchos sistemas productivos descuidan sus prácticas de alimentación y de crianza, permitiendo que se desarrollen problemas que se ven reflejados hasta el momento en que el animal entra en producción, y en muchas ocasiones una baja producción se atribuye a factores genéticos o alimenticios, pero pocas veces los productores se dan cuenta que el problema se encuentra en el manejo de la crianza (Elizondo-Salazar 2013).

Una de las principales razones por las cuales en Costa Rica se deja de lado la crianza es el alto costo que esta representa. Se estima que el costo promedio para desarrollar una ternera hasta los cuatro meses de edad es de ₡221.287,88 aproximadamente. Entre los factores que más influyen en el costo total se encuentra la alimentación con un 64,45%, que se divide en 24,57% del alimento balanceado, 20,53% del lactoreemplazador y 13,76% de la leche íntegra (Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez 2015). En otra investigación, Elizondo-Salazar y Solís-Chaves (2018) determinaron que el costo de producción de un animal desde el nacimiento hasta el parto es de ₡818.360,95, representando un 25,17%, 53,27% y 21,56% para la etapa del nacimiento a los tres meses, de los tres meses al servicio y del servicio al parto, respectivamente. Además, los autores señalan que el mayor costo en el desarrollo de los animales recae en la alimentación, que equivale al 78,72% del costo total.

Al ser la alimentación el rubro que mayor impacto genera en el desarrollo de las terneras, los productores se encuentran en constante búsqueda de alternativas para disminuir su costo. Ante esta inquietud empieza a surgir la idea de la utilización de la leche de descarte como una opción para la reducción de costos, esto debido a que es un desecho del sistema el cual no genera ningún tipo de ganancia, y que pesar de todos los avances del sector lácteo respecto a tecnologías, nutrición y salud animal, es irremediable que se produzca una proporción de la leche que no puede ser comercializada, por lo cual podría ser aprovechada para la alimentación de las terneras convirtiéndose en un sustituto económico de la leche íntegra o de los lactoreemplazadores (Campos-Granados y Elizondo-Salazar 2014).

Es importante recalcar que la utilización de leche de descarte, a pesar de ser una opción viable y económica, es una práctica que genera dudas en los productores respecto a la variabilidad del producto, debido a que sus características dependen de factores como el estado fisiológico y salud de la vaca, además del contenido bacteriano y residuos de medicamentos presentes en la misma, por lo cual algunos autores consideran que puede ser contraproducente el consumo por parte de las terneras (Elizondo-Salazar y Rojas-Orozco 2011). Sin embargo ante la problemática de la inseguridad en el uso de la leche de descarte, surgen opciones como la pasteurización, que es un proceso donde se disminuye la población bacteriana por la elevación de temperatura del material, logrando convertir a la leche de descarte en una opción más atractiva para implementar (Elizondo-Salazar 2016).

A pesar de ser una opción muy estudiada y aplicada en diferentes países, no existen muchos estudios en Costa Rica sobre los efectos del uso de un pasteurizador sobre la leche

de descarte, por lo que la finalidad de este estudio es analizar el impacto que tiene la implementación de un sistema de pasteurización de leche de descarte, con el fin de determinar si es una opción de mejora en los costos en comparación a la utilización de la leche íntegra o la leche de reemplazo, que son las alternativas de crianza que predominan en los sistemas de producción lechera en el país.

## OBJETIVOS

### a. General:

- ❖ Evaluar el uso de leche de descarte pasteurizada como alternativa de alimentación líquida en la crianza de terneras de raza Jersey en una finca comercial ubicada en una zona de altura en Cartago.

### b. Específicos:

- ❖ Cuantificar la ganancia de peso diaria en terneras alimentadas con leche de descarte pasteurizada, leche íntegra, reemplazador lácteo y mezcla de leche de descarte pasteurizada con reemplazador.
- ❖ Evaluar el crecimiento (peso, altura a la cruz y altura a la cadera) y estado de salud de terneras que consumen leche de descarte pasteurizada, leche íntegra, reemplazador lácteo y mezcla de leche de descarte pasteurizada con reemplazador.
- ❖ Determinar y comparar el costo de utilización de un pasteurizador con respecto a costos en dietas con leche íntegra, reemplazador lácteo y mezcla de leche de descarte pasteurizada con reemplazador.
- ❖ Evaluar el efecto de la pasteurización sobre el conteo bacterial en la leche de descarte.

## ESTADO DEL CONOCIMIENTO

### Sistema digestivo

Durante los primeros meses de vida las terneras se comportan como monogástricos debido a que el compartimento retículo-rumen aun no es funcional y la leche o dieta líquida pasa directamente al abomaso (Drackley 2008). El estómago anterior (retículo-rumen) es casi igual al tamaño del abomaso en las terneras, ocupando una proporción de 38 y 49% de la cavidad estomacal respectivamente (Garzón 2007).

El agrandamiento del retículo-rumen ocurre con rapidez luego del nacimiento, pero la tasa de crecimiento depende del tipo de dieta consumida por el animal. Al final del destete se espera que dicha proporción genere una inversión en sus valores, obteniendo una proporción de 64% para el rumen y 22% para el abomaso (Garzón 2007). Según menciona Drackley (2008) el desarrollo del sistema digestivo, para poder convertirse en un rumiante completamente funcional transita por un proceso de tres fases: prerumiante, transición y rumiante.

**Prerumiante:** El abomaso constituye el principal órgano relacionado con el proceso digestivo, pues en esta fase la alimentación es con base en el uso de alimentos lácteos o sustitutos de este, básicamente dependiendo en su mayoría de una dieta líquida para el aporte de los nutrientes. Esta fase se extiende desde el nacimiento hasta las 2 o 3 semanas de vida.

**Fase de transición:** Con un mayor consumo de concentrado, se empieza a dar la fermentación ruminal. La producción de ácidos grasos volátiles (AGV) empieza a aumentar lo que es fundamental para el desarrollo papilar del rumen. En esta fase el animal empieza a asimilar un mayor consumo de sólidos, y disminuir el consumo de líquidos, a excepción del agua.

**Fase de rumiante:** Se puede delimitar con el destete del animal, ya que este deja de ingerir alimentos líquidos como la leche o sustitutos de leche, y pasa a consumir en su mayoría alimentos sólidos. En esta fase el rumen pasa a ser el principal órgano del tracto digestivo, produciendo elevadas cantidades de AGV y proteína microbiana por medio de la degradación de los alimentos.



## Calostro e inmunidad

Al nacimiento el sistema inmune de las terneras se encuentra en un estado inmaduro, debido a que es incapaz de producir anticuerpos para poder combatir infecciones y enfermedades (Elizondo-Salazar 2007). La razón principal es que las inmunoglobulinas que son producidas por la madre no pueden ser transferidas al feto a través de la placenta que se convierte en una barrera física, por lo que las terneras nacen sin una inmunidad humoral adecuada, generando una dependencia, prácticamente total, hacia la absorción de las inmunoglobulinas del calostro producido por la madre, este proceso se conoce comúnmente como transferencia de inmunidad pasiva. Además, Godden (2008) menciona que este proceso de absorción se efectúa a nivel intestinal y es de suma importancia para la ternera ya que es la barrera que va a protegerla de enfermedades hasta que su propio sistema inmune sea completamente funcional.

El calostro no solo provee inmunidad pasiva para el animal recién nacido, sino que también posee efectos significativos en el desarrollo intestinal, debido a que contiene una gran cantidad de componentes bioactivos y promotores de crecimiento como lo son las hormonas peptídicas, factores de crecimiento, citoquinas, hormonas esteroideas, tiroxinas, nucleótidos, poliaminas y enzimas (Elizondo-Salazar y Heinrichs 2009, Hammon et al. 2012). Además el calostro contiene más de  $10^6$  inmunocélulas maternas viables por mililitro, incluyendo linfocitos T y B, neutrófilos, macrófagos (Elizondo-Salazar 2007).

Por lo tanto, el calostro se convierte en la primera fuente de nutrientes para la ternera recién nacida, siendo esta de excelente calidad ya que puede presentar valores superiores en la mayoría de los componentes nutricionales de la leche como grasa, proteína, vitaminas y minerales; prácticamente el único componente que se encuentra en menor cantidad es la lactosa (Davis y Drackley 1998).

Por otro lado, el calostro contiene grandes cantidades de inmunoglobulinas que son transferidas desde el torrente sanguíneo de la madre, entre las principales se encuentran las inmunoglobulinas G, M y A, la mayoría presente en el calostro bovino son de la clase G, específicamente la G<sub>1</sub>. La distribución de los diferentes tipos de inmunoglobulinas en el calostro es variable entre animales. Las IgG, IgM, IgA contabilizan aproximadamente 85%, 7% y 5% del total de inmunoglobulinas en el calostro, respectivamente (Elizondo-Salazar 2007).

A pesar de que todas las inmunoglobulinas poseen un rol importante a nivel fisiológico de la ternera, la IgG al ser la que se encuentra en una mayor concentración a nivel sanguíneo,

se convierte en el principal indicador de la transferencia de inmunidad pasiva. Por lo que terneras que presenten en sus primeros días de vida una concentración de IgG en sangre menor a 10 mg/ml se cataloga como una falla en la transferencia de inmunidad pasiva, esto debido a que en ese nivel de concentraciones el animal se expone a una mayor morbilidad y mortalidad (Osaka et al. 2014).

Además de una toma oportuna de calostro, la concentración de inmunoglobulinas en el suero sanguíneo depende también de la cantidad consumida de las mismas, esto va a depender del volumen de calostro ofrecido y de la concentración de inmunoglobulinas presente, además de la eficiencia de absorción por parte del intestino. Por lo tanto para asegurar un adecuado nivel de inmunoglobulinas en el suero sanguíneo las terneras deben recibir un volumen de calostro definido según la calidad de este. (Elizondo-Salazar 2007) . Así por ejemplo, un calostro rico en Ig requerirá de un menor volumen que un calostro de baja calidad (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Litros de calostro necesarios para alcanzar una concentración de IgG en suero sanguíneo de 10 mg/ml.

IgG (g/L)	Peso de la ternera al nacimiento (kg)								
	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45
20	4,75	5,23	5,70	6,18	6,65	7,13	7,60	8,08	8,50
25	3,80	4,18	4,56	4,94	5,32	5,70	6,08	6,46	6,84
30	3,17	3,48	3,80	4,12	4,43	4,75	5,07	5,38	5,70
35	2,71	2,99	3,26	3,53	3,80	4,07	4,34	4,61	4,89
40	2,38	2,61	2,85	3,09	3,33	3,56	3,80	4,04	4,28
45	2,11	2,32	2,53	2,74	2,96	3,17	3,38	3,59	3,80
50	1,90	2,09	2,28	2,47	2,66	2,85	3,04	3,23	3,42
55	1,73	1,90	2,07	2,25	2,44	2,59	2,76	2,94	3,11
60	1,58	1,74	1,90	2,06	2,22	2,38	2,53	2,69	2,85
65	1,46	1,61	1,75	1,90	2,05	2,19	2,34	2,48	2,63
70	1,36	1,49	1,63	1,76	1,90	2,04	2,17	2,31	2,44
75	1,27	1,39	1,52	1,65	1,77	1,90	2,03	2,15	2,28
80	1,19	1,31	1,43	1,54	1,66	1,78	1,90	2,02	2,14

Adaptado de Elizondo-Salazar (2007).

Conneely et al. (2014) comentan que el intestino delgado de la ternera recién nacida posee la capacidad de absorber moléculas grandes intactas como inmunoglobulinas y otras proteínas, pero esto solamente es posible por un período corto de tiempo. Justo al nacimiento, el epitelio intestinal comienza un proceso de maduración que lo convierte en un tejido impermeable ante las inmunoglobulinas, proceso conocido como cierre intestinal. Por esto,

para que la ternera pueda recibir una cantidad adecuada de inmunoglobulinas se considera ideal suministrar la primera toma de calostro en sus primeras dos horas de vida, siendo el momento ideal de absorción. Transcurridas 24 horas del nacimiento se considera que el proceso de impermeabilidad se ha completado, por lo cual alcanzar un consumo temprano y adecuado de calostro es el factor más importante de manejo de las terneras, que determinará la salud y sobrevivencia del animal.

### **Leche de descarte**

Toda explotación lechera tiene una porción de leche que no se puede comercializar, comúnmente se conoce como leche de descarte, que se utiliza como una opción para alimentar a las terneras en crecimiento, esto como una alternativa económica al uso de leche o reemplazador de leche (Maynou et al. 2017). Un estudio realizado por Elizondo-Salazar y Heinrichs (2007) muestra que en Estados Unidos una vaca por año puede producir aproximadamente entre 22 y 62 kg de leche de descarte, lo cual se traduce a una gran pérdida económica, problemas de desecho y ambiente.

Existen muchas dudas y controversia respecto a su uso como estrategia para la alimentación de terneras, debido principalmente a que es un producto con mucha variabilidad en su composición, presencia de residuos de medicamentos como antibióticos, además de la contaminación por patógenos presentes como *E. coli*, *Listeria monocytogenes* y varias especies de *Streptococcus*, *Salmonella*, *Mycoplasma*, *Campylobacter* y *Staphylococcus* (Elizondo-Salazar y Heinrichs 2007). Aunado a esto, se puede presentar el caso de altos conteos de coliformes los cuales pueden causar daño en las terneras recién nacidas (Aust et al. 2013).

Por consiguiente, existe un gran debate entre los científicos y nutricionistas que apoyan el uso de la leche de descarte, describiéndola como un producto de alta calidad perfecto para la alimentación de las terneras, y los investigadores que consideran que es un peligro latente para las terneras, ya que las bacterias podrían generar resistencia a los antibióticos presentes en la leche (Elizondo-Salazar y Rojas-Orozco 2011).

La leche de descarte incluye el calostro que sobra después de alimentar a las terneras, así como la leche de las vacas tratadas con algún tipo de antibiótico (Moore et al. 2009). Por otro lado, en un estudio realizado por Campos-Granados y Elizondo-Salazar (2014) se consideró que la leche de descarte podría venir de cuatro escenarios diferentes: el primero es el calostro de descarte, que se obtiene del ordeño del primer día post parto y no es consumido

por las terneras; el segundo proviene del sobrante no consumido por las terneras de la leche de transición desde el día 2 hasta el día 5 postparto; el tercero considera toda la leche producida por vacas detectadas con mastitis, independientemente de la aplicación de antibiótico o no; y la última fuente de leche de descarte proviene de las vacas tratadas con antibiótico para enfermedades distintas a la mastitis.

Campos-Granados y Elizondo-Salazar (2014) determinaron la proporción de cada uno de los posibles orígenes de la leche de descarte donde: 71% para la leche mastítica, en donde se estima que hasta un 55% de las lactancias se ven afectadas por la influencia de mastitis, y en la mayoría son tratadas con antibióticos; 23% para la leche de transición, que posee altas concentraciones de inmunoglobulinas las cuales pueden generar un resultado positivo en la prueba de antibiótico (falso positivo); 5% para la leche con antibióticos y 1% para el calostro excedente, esta proporción es tan baja ya que lo ideal es procurar el consumo de la totalidad del mismo por lo que no se espera un excedente, además de que la producción de calostro en las vacas del país es baja.

En el caso del calostro y de la leche de transición es importante tener en cuenta, que la calidad nutricional cambia un poco respecto a la leche íntegra, ya que estas pueden presentar un valor de sólidos totales mayor, entre 16 y 18%, lo cual puede producir buenas ganancias de peso en las terneras (Elizondo-Salazar y Rojas-Orozco 2011). Una comparación en el perfil nutricional del calostro y la leche de transición contra la leche íntegra se muestra en el Cuadro 2

**Cuadro 2.** Características y composición química del calostro y leche de ganado Holstein.

Variable	I ordeño postparto	II ordeño postparto	III ordeño postparto	Leche
Sólidos totales, %	23,9	17,9	14,1	12,5
Grasa, %	6,7	5,4	3,9	3,6
Proteína total, %	14,0	8,4	5,1	3,2
IgG, g/dl	3,2	2,5	1,5	0,1
Lactosa, %	2,7	3,9	4,4	4,9
Calcio, %	0,3	0,2	0,2	0,1
Potasio, %	0,1	0,1	0,1	0,2

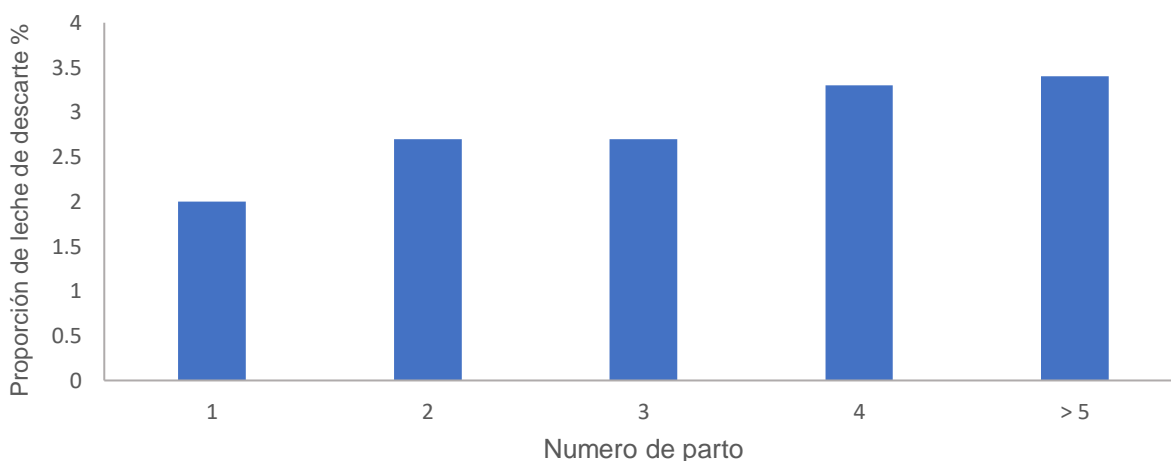
Fuente: Elizondo-Salazar y Rojas-Orozco (2011).

Aust et al. (2013) mencionan que estudios en Alemania han estimado que la leche de descarte ronda entre 1% y 4% de la producción total de leche del país, lo cual se traduce

aproximadamente a 1 millón de toneladas por año, dicha cantidad se considera que podría ser suficiente para desarrollar a todas las terneras producidas en el país.

A pesar de que la leche íntegra es considerada el mejor alimento para el desarrollo de las terneras, el costo de utilizarla para este fin en vez de comercializarla para consumo humano se podría catalogar como prohibitivo. Ante esta situación, Moore et al. (2009) mencionan que el desarrollo de reemplazadores de leche se consideró como una alternativa más accesible económicamente, pero con una mayor variación en la digestibilidad, este último aspecto es un factor determinante para la preferencia en el uso de leche de descarte.

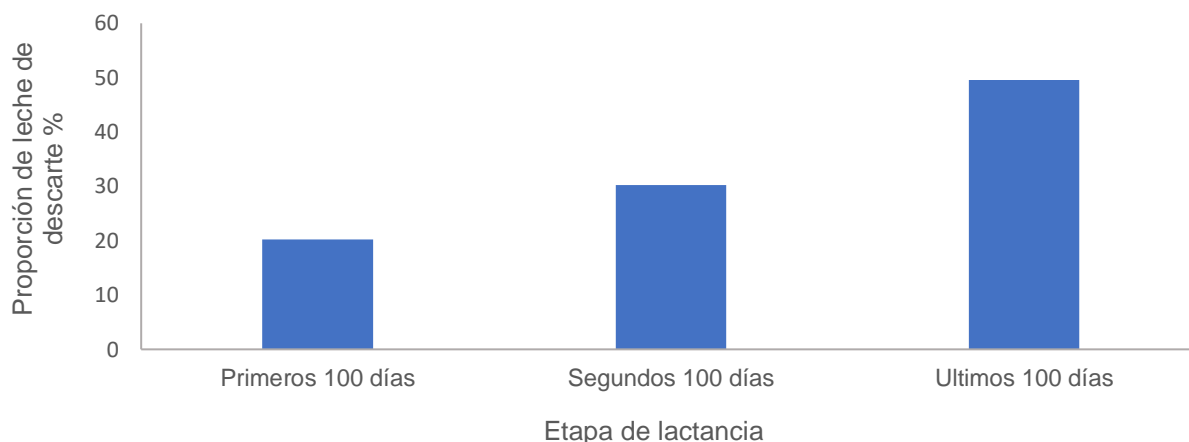
La cantidad de leche de descarte producida por las vacas aumenta conforme más partos presenta el animal (Figura 1), lo que puede asociarse principalmente a la menor producción de leche de las vacas durante la primera lactancia con respecto a las lactancias subsecuentes. Sin embargo, el aumento en el volumen de leche producida genera que la vaca pueda presentar una mayor incidencia en los casos de mastitis. Esto se puede ver magnificado por una ineficiente respuesta del sistema inmune el cual puede verse afectado por la edad del animal o por un desbalance energético a nivel nutricional (Campos-Granados y Elizondo-Salazar 2014).



**Figura 1.** Proporción de leche de desecho obtenida con respecto a la producción total durante la lactancia y con referencia al número de parto. Fuente: Campos-Granados y Elizondo-Salazar (2014).

Por otro lado, Campos-Granados y Elizondo-Salazar (2014) exponen que el mayor porcentaje de leche de descarte es producida en el último tercio de la lactancia,

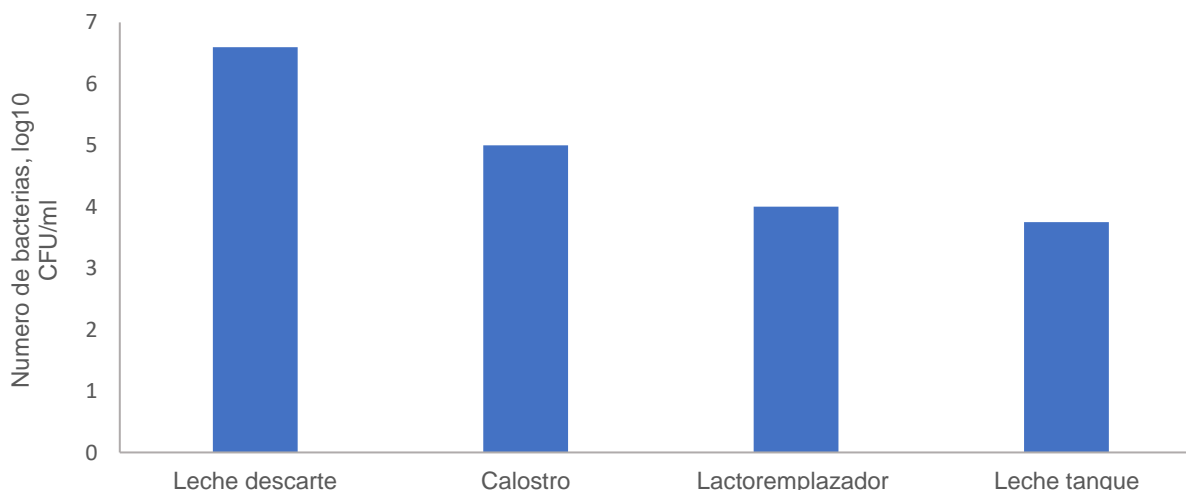
específicamente en los últimos 100 días (Figura 2), esto debido a algunos factores fisiológicos y normales de cualquier proceso de lactancia, como una menor producción de leche y mayor contenido de células somáticas debido a la cantidad de ordeños realizados en el animal y a un efecto de dilución en menor cantidad de leche.



**Figura 2.** Proporción de leche de desecho obtenida según la etapa de lactancia. Fuente: Campos-Granados y Elizondo-Salazar (2014).

Como se mencionó anteriormente la leche de descarte proveniente de animales enfermos (mastitis) o tratados con antibióticos es utilizada como una alternativa económica para sustituir el uso de la leche del tanque. Esta práctica representa un riesgo para la salud de las terneras si la leche de descarte proviene de vacas con mastitis por *Mycoplasma*, *Mycoplasma bovis*, *Mycoplasma californicum* y *Mycoplasma canadense*, ya que se encuentran entre los agentes que causan la mastitis contagiosa en el ganado (Butler et al. 2000).

Por otro lado Elizondo-Salazar y Heinrichs (2007) según un estudio realizado en diferentes fincas mencionan que la leche de descarte es la que posee mayor cantidad de patógenos en comparación a los demás tipos de leche (Figura 3), entre los patógenos que pueden transmitirse son: *Mycobacterium avium paratuberculosis*, *Mycobacterium bovis*, especies de *Salmonella*, especies de *Mycoplasma*, *Listeria monocytogenes*, especies de *Campylobacter*, especies de enterobacterias, *E. coli*, especies de *Staphylococcus* y *Streptococcus*. Las especies más predominantes son los *Streptococcus*, las enterobacterias y los *Staphylococcus*. Además *E. coli* es la bacteria Gram negativa más común.



**Figura 3.** Conteo bacterial (unidades formadoras de colonias (UFC) por mililitro) en alimentos líquidos para las terneras. Fuente: Elizondo-Salazar y Heinrichs (2007).

Una preocupación adicional relacionada con la alimentación de las terneras con leche de descarté es la contaminación con antibióticos, esto debido a que pueden aumentar el riesgo de resistencia a los mismos, dando problemas a futuro con los tratamientos utilizados en la producción e incluso se habla que puede generar resistencia a tratamientos que nunca se han utilizado (Maynou et al. 2017). Esta preocupación aumenta ya que las concentraciones de residuos de antibiótico en la leche de descarté no se ven afectadas por la pasteurización de manera significativa (Aust et al. 2013). A pesar de ser muy escasa la información acerca de la concentración de antibiótico excretado en leche, se estima que justo después de la primera aplicación rondan valores de 51  $\mu\text{L}/\text{kg}$  de leche, considerado por algunos autores como suficiente para generar resistencia en algunos tipos de bacterias (Elizondo-Salazar y Rojas-Orozco 2011).

A pesar de esto, diversos autores han demostrado que terneras que son alimentadas con leche de descarté conteniendo antibióticos tuvieron parámetros de crecimiento similares a las que se alimentaron con leche íntegra o reemplazadores, incluso en algunos casos alcanzando mejores resultados, esto debido a que los antibióticos podrían presentar un comportamiento como promotores de crecimiento. No obstante, Elizondo-Salazar y Rojas-Orozco (2011) sugieren no utilizar la leche de vacas tratadas con antibióticos en sus primeros dos ordeños, esto debido a que se ha notado que los primeros ordeños post aplicación son los que presentan cargas más elevadas de residuos.

Aunque lo normal es pensar que la carga bacteriana se deba a la presencia de mastitis en la vaca, en muchos escenarios esta no es la única razón, malas prácticas a la hora del ordeño y un mal manejo en el almacenamiento de la leche pueden ser las razones de desarrollo de la carga bacteriana (Moore et al. 2009). Así lo corrobora Elizondo-Salazar y Heinrichs (2007) mencionando que la carga microbiana en la leche de descarte se debe a mala limpieza del equipo de ordeño y mal almacenamiento de la leche, tiempo de almacenamiento, temperatura a la cual se mantiene la leche durante el almacenamiento y exposición a fuentes microbianas del ambiente como las heces, moscas, entre otros.

Desafortunadamente parte de la leche recolectada durante el ordeño de la mañana no se puede brindar a las terneras como alimento hasta horas de la tarde, lo cual trae como consecuencia que la carga microbiana de la leche aumente drásticamente si no se le da un manejo adecuado (Elizondo-Salazar y Heinrichs 2007).

Diversos autores han demostrado que terneras a las que se les ofreció este tipo de leche, tuvieron parámetros de crecimiento similares a las que se alimentaron con leche fresca o reemplazadores de leche (Aust et al. 2013). Por ejemplo, Gooden et al. (2005) realizaron un estudio alimentando animales con sustituto lácteo y otros con leche de descarte pasteurizada, y obtuvieron que la leche de descarte obtuvo hasta 120 g más en las ganancias de peso diarias. Además, se observó que la cantidad de animales enfermos y la mortalidad era mucho menor con la leche de descarte.

Un factor importante para resaltar en la alimentación con leche de descarte es que los antibióticos que pueden estar presentes en este tipo de leche actúen como promotores de crecimiento. Esto puede generar que las terneras alimentadas con leche de descarte posean índices de crecimiento similares o hasta mayores que los de una ternera alimentada con leche íntegra del tanque. Además de los beneficios en crecimiento del animal, se sabe que hay una buena aceptación al paladar por parte del animal, por lo cual no se desarrollan problemas de consumo por desagrado del animal (Campos-Granados y Elizondo-Salazar 2014).

Campos-Granados y Elizondo-Salazar (2014) evaluaron durante un período de 4 meses la producción de leche de descarte en un hato de 142 vacas, en donde se produjeron a lo largo de este tiempo 18.690,5 kg de leche de descarte, por lo que estimaron cuanto podría ser el costo de botar toda la leche y comprar reemplazador. Estimando que un reemplazador con un costo de ¢35.000 produce 200 litros de leche, el costo de reemplazar los 18.690,5 kg



de leche rondaría un costo de ¢3.272.500, lo cual genera la necesidad de aprovechar este material.

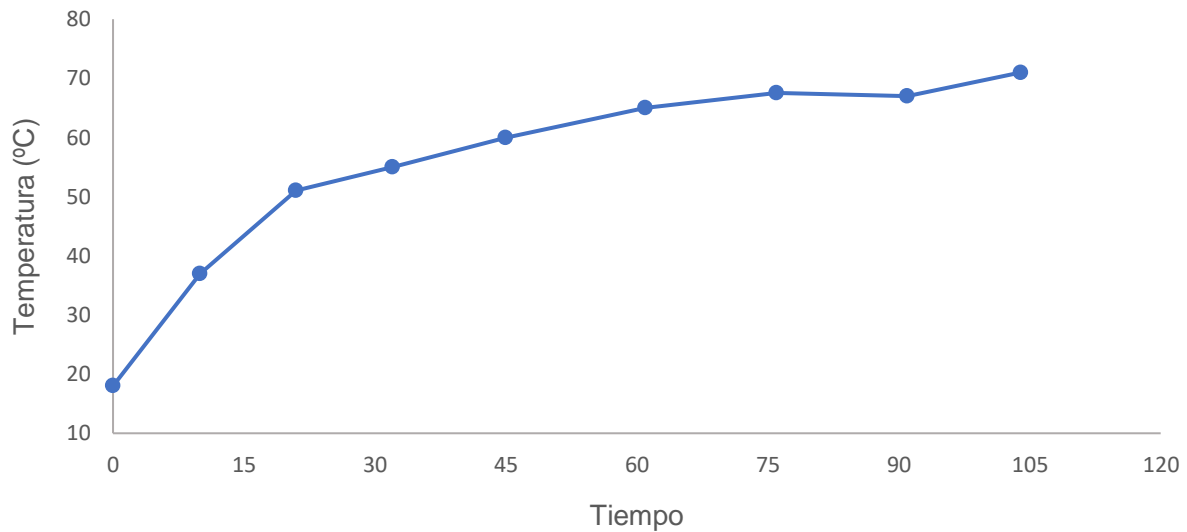
## **Pasteurización**

Entre las diferentes problemáticas relacionadas con el uso de la leche de descarte, la carga bacteriana siempre destaca como la principal limitante, por tanto Moore et al. (2009) exponen que los productores han optado por el uso de pasteurizadores para someter la leche de descarte a tratamientos de calor y con esto poder reducir la carga bacteriana, minimizando la presencia de patógenos como *Salmonella* y *Micoplasma*.

La pasteurización es un método en donde se expone la leche a temperaturas elevadas durante períodos de tiempo establecidos. Es importante recalcar que la pasteurización no es lo mismo que una esterilización y por lo tanto cabe la posibilidad que después del tratamiento la leche podría contener pequeñas cantidades de bacterias, más en casos donde la leche de descarte desde un principio posea altas cantidades de bacterias. Para la pasteurización de la leche hay dos métodos: la pasteurización por lotes y la pasteurización de flujo continuo con alta temperatura y corto tiempo o HTST por sus siglas en inglés (Elizondo-Salazar y Heinrichs 2007).

La pasteurización por lotes se realiza calentando la leche a 63 °C por 30 minutos. Estos pasteurizadores deben estar equipados con un agitador que permita un calentamiento uniforme de todo el material, la preocupación que existe con este procedimiento es el volumen por pasteurizar, ya que en lotes muy grandes se tardan varias horas en alcanzar la temperatura deseada y en este proceso algunas bacterias podrían volverse resistentes al calor y sobrevivir al tratamiento. El proceso de limpieza de estas unidades normalmente se realiza manualmente (Elizondo-Salazar y Heinrichs 2007).

Stabel et al. (2004) reconocen la efectividad de la pasteurización por lotes en la destrucción de *M. paratuberculosis* y *Micoplasma*, sin embargo, destacan que el proceso demanda gran cantidad de tiempo, alrededor de 1,5 horas, ya que como se muestra en la Figura 4 se necesita alrededor de una hora para alcanzar la temperatura deseada y a partir de ese punto los 30 minutos necesarios para aplicar el tratamiento, mientras que un pasteurizador de HTST normalmente requiere de alrededor de 9 minutos para alcanzar la temperatura deseada y solo 15 segundos para aplicar el tratamiento.

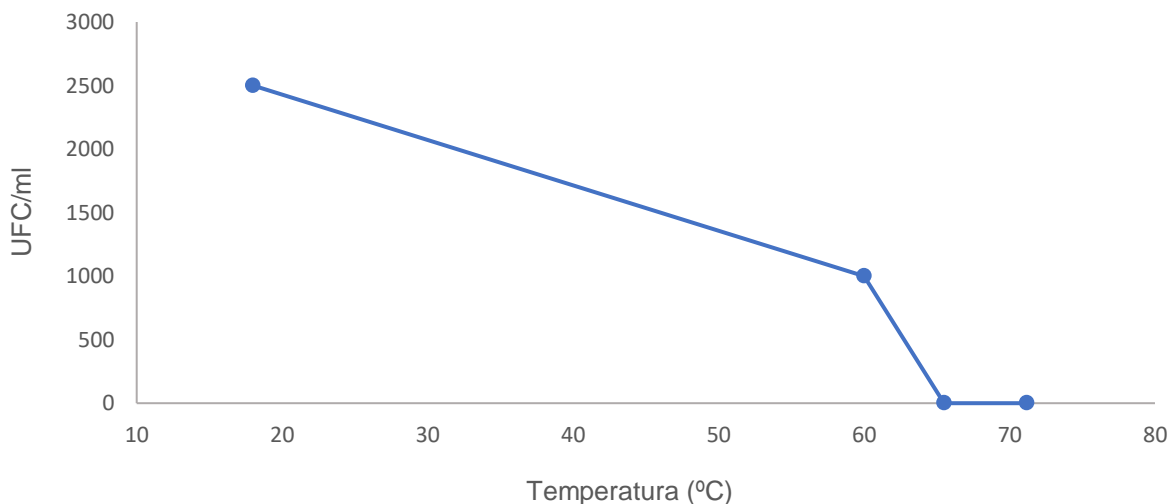


**Figura 4.** Tiempo versus temperatura de la leche en pasteurizador por lotes  
Fuente: Stabel (2001).

El proceso HTST es diferente, hace circular la leche a través de una red de calentamiento, aumentando su temperatura rápidamente a 72 °C y se mantiene así por 15 segundos. Este sistema además está equipado para enfriar la leche automáticamente, llevándola a temperatura para consumo o para ser almacenada. Como se puede notar la pasteurización de flujo continuo es mucho más rápida y ofrece más oportunidad para la conservación de energía. Estos sistemas generalmente son más complicados de limpiar ya que utilizan un sistema similar al de los equipos de ordeño que generalmente se puede automatizar (Elizondo y Heinrichs 2007).

Stabel (2001) demostró que mantener la leche a 65,5 °C durante 30 minutos es más que adecuado para lograr la destrucción total de *Mycobacterium paratuberculosis*, dicha bacteria como hace referencia su nombre es la responsable de enfermar a los animales con paratuberculosis. Por otro lado, Butler et al. (2000) demostraron que la pasteurización de la leche de descarte a 65 °C durante 10 minutos también destruyó los organismos más comunes de *Mycoplasma* como por ejemplo *Mycoplasma bovis*, *californicum* y *canadense*. En otro estudio, Stabel et al. (2004) comprobaron la efectividad de la pasteurización HTST con la destrucción de organismos como *M. paratuberculosis*, especies de *Salmonella* y especies de *Mycoplasma* en la leche de descarte.

Según los resultados obtenidos por Stabel (2001) se puede observar el efecto de diferentes tratamientos de calor en la leche y su efecto sobre la recuperación de *M. paratuberculosis* viable, esto por medio de la adición de un inóculo de *M. paratuberculosis* a la leche de descarte y mezclarla lo más homogéneo posible durante 10 minutos, luego se tomó una muestra de la leche antes y después del tratamiento para observar el cambio en la cantidad de organismos. Como se muestra en la Figura 5 se contabilizaron inicialmente 2500 unidades formadoras de colonias (UFC)/ml los cuales se redujeron a 1000 UFC/ml cuando se alcanzó una temperatura de 60,1 °C, pero aun así el número de organismos viables todavía se puede considerar significativo. Por otro lado, cuando la temperatura alcanzó los 65,5 °C no se logró aislar *M. paratuberculosis* viable de las muestras de leche, y una última medición a los 71,2 °C también dió como resultado una recuperación negativa de *M. paratuberculosis*.



**Figura 5.** Recuperación de *M. paratuberculosis* en leche antes y después del tratamiento en pasteurizador por lote. Fuente: Stabel (2001).

Resultados del tratamiento térmico de la leche que contiene *M. paratuberculosis*, *Salmonella* spp. y *Mycoplasma* spp indican que la unidad HTST comercial es efectiva en la destrucción de estos patógenos, independientemente del nivel del inóculo. Por otro lado, el tratamiento térmico del calostro en el rango de temperatura bajo (63,9 a 66,7 °C) no destruyó inmediatamente el inóculo presente de *M. paratuberculosis*, sin embargo, la recuperación de *M. paratuberculosis* del calostro se redujo considerablemente después de 10 minutos de incubación y alcanzó su punto más bajo después de los 30 minutos de calentamiento. Un aumento en el rango de temperatura (68,3 a 70,8 °C) anuló completamente la recuperación de *M. paratuberculosis* viable en el calostro, incluso en el tiempo 0 (Stabel et al. 2004).

Es importante destacar que cuando se realizan los procesos de pasteurización el calostro sufre un impacto sobre el nivel de inmunoglobulinas G (IgG). Stabel et al. (2004) demostraron que hubo una disminución de hasta el 22% en el nivel de IgG calostrado después de 30 minutos en el rango de temperatura más bajo, mientras que en temperaturas más altas se registró una disminución de 27%.

En otro estudio Butler et al. (2000) reportaron que a 60 °C *M. bovis* y *M. californicum* no crecieron después de 5 y 10 minutos de calor, respectivamente, mientras que *M. canadense* permaneció viable incluso después de 30 minutos de calor. Cuando se realizó el procedimiento a 65 °C *M. bovis* y *M. californicum* fueron negativas después de 2 minutos, aunque *M. canadense* produjo colonias incluso después de 10 minutos. A los 67,5 °C se logró inactivar a los 3 organismos, *M. bovis* al minuto, *M. californicum* a los 2 minutos y *M. canadense* a los 5 minutos. Por último, se reportó que a los 70 °C *M. bovis* y *M. californicum* no lograron producir cultivos viables después del minuto, en el caso de *M. canadense* permaneció activo hasta el minuto 3.

Un estudio realizado por Elizondo-Salazar et al. (2010) comprueba el efecto ambiente sobre la carga microbiana en la leche. Por lo que explican que cuando la pasteurización es incompleta las bacterias que sobreviven pueden crecer rápidamente en leche tibia, entonces a la hora de alimentar al animal se pierde el sentido de haber realizado el tratamiento. Otras posibles causas de altos recuentos bacterianos en la leche puede ser una deficiencia en la limpieza del pasteurizador y alimentadores, un tiempo prolongado entre la pasteurización y la alimentación de los animales, especialmente cuando el producto no se almacena a una temperatura adecuada.

### **Leche de reemplazo**

Hand et al. (1985) mencionan que los reemplazadores de leche empezaron a surgir en la época de 1950, como una alternativa ante el establecimiento de una legislación en el precio de la leche, que generó que la alimentación de las terneras con leche íntegra se volviera una opción cara para los productores. Para ese entonces los reemplazadores carecían de mucho desarrollo e investigación, estos consistían en leche descremada y grasa animal, esta última en un nivel muy bajo, lo cual ocasionaba un pobre crecimiento de los animales.

Además, Garzón (2007) comenta que conforme pasaron los años el precio de la leche descremada fue a la alza, debido a los cambios que ocurren tanto a nivel de producción de los sistemas lecheros como en la manufactura de la industria, aunado al surgimiento de nuevos

mercados para la leche y sus derivados en el consumo humano, que generan una mayor demanda del producto. Por esta razón el precio de la leche descremada sufre grandes fluctuaciones, haciéndola poco atractiva para el uso en este tipo de productos. Lo que provoca que las investigaciones se centren en encontrar alternativas que abaraten los costos de producción de los sustitutos y en especial de la crianza de las terneras.

Para que un sustituto de leche sea considerado de calidad debe contar con alrededor de un 25% de proteínas, 15% de grasas, 53% de carbohidratos y un 7% de cenizas. Además, debe cumplir características como: aportar nutrientes de fácil digestión, poseer un contenido equilibrado de aminoácidos esenciales, ser altamente soluble en agua, permitir una mezcla homogénea del producto, tener una baja velocidad de sedimentación, estar libre de antibióticos, ser estable en el tiempo y por último aunque no menos importante, ser palatable para el animal (Garzón 2007).

Hoy en día los reemplazadores de leche suelen ser una opción económica y en algunos casos ofrecen una alternativa más rentable ante la utilización de leche íntegra. El uso de estos es una práctica muy común en el manejo y desarrollo de terneras en los sistemas de producción de la actualidad. Los reemplazadores modernos pueden ser clasificados en varias categorías, como los niveles de proteína y grasa, que es un indicador de suma importancia a la hora de elegir un reemplazador de leche, la fuente de proteína utilizada y los niveles de inclusión de aditivos o medicamentos (Bayril et al. 2015).

En un estudio realizado por Bayril et al. (2015) se midió el crecimiento de machos y hembras Holstein alimentados con leche íntegra y dos reemplazadores de leche diferentes, encontrando que a pesar de las diferentes calidades nutricionales de los reemplazadores las ganancias de peso al destete fueron mayores en las terneras que consumieron la leche íntegra. Esto lo atribuyen a la diferencia que puede existir en la digestión y la utilización de los nutrientes como proteína y energía, además de la disponibilidad de proteína ideal, como la caseína, y el rendimiento energético de la grasa y la lactosa.

Existen muchas conclusiones o criterios en cuanto al uso de los reemplazadores de leche, por lo que es importante tener una visión objetiva ante dicha opción. El objetivo principal debe siempre girar en torno a una alimentación saludable para los reemplazos (Hand et al. 1985), siendo una clave fundamental la naturaleza de los productos utilizados en la elaboración del reemplazador, si se incluyen materias primas de buena calidad y a niveles adecuados los

sustitutos lácteos lograrán satisfacer las necesidades de las terneras en forma óptima (Garzón 2007).

### **Detalles para medir**

Heinrichs y Jones (2016) establecen que el control y monitoreo del crecimiento de las terneras es una estrategia que ayuda a lograr una crianza exitosa de las novillas y es una de las formas más importantes de medir el rendimiento en un programa de crianza. También es una de las mejores maneras de determinar si los costos de crianza están acordes a los resultados que se están obteniendo, pudiendo así garantizar que el sistema productivo no se vea afectado ni comprometido por una mala ejecución.

La bovinometría se define como el estudio de la conformación exterior de los bovinos, y tiene como objetivo determinar las principales medidas corporales o medidas zoométricas y su relación mediante índices. Esta se considera una herramienta fundamental en cualquier sistema de producción para poder valorar y evaluar el crecimiento y desarrollo corporal de los animales. Se puede utilizar como un sistema para poder comparar las medidas tomadas en una raza, dando un panorama de cómo pueden variar estas a través del tiempo y de las condiciones ofrecidas, además de mostrar las diferencias que existen entre las diferentes razas (Mahecha et al. 2002).

La productividad de los animales puede ser determinada utilizando mediciones fenotípicas, útiles para definir el desempeño, debido a que muchos estudios muestran la relación que existe entre las medidas corporales y los rasgos de rendimiento durante la fase productiva del animal. Por consiguiente, estos son indicadores importantes de cómo se pueden afectar los costos de producción, además de la eficiencia biológica y económica de los sistemas de producción (Cerqueira et al. 2013). Además es importante recalcar el beneficio que representa realizar dichas mediciones en los animales jóvenes, ya que se puede realizar un proceso de selección en el hato desde edades tempranas, y así evitar mantener animales que no representan un beneficio para el sistema productivo (Ugur 2005).

El peso vivo del animal constituye la base para la investigación y evaluación de valores como la tasa de crecimiento, la respuesta de los animales a diferentes dietas y condiciones ambientales, entre otros. Además, el conocimiento del peso de los animales y el cambio en el mismo es importante para determinar cómo es la respuesta a la selección genética. El método más aceptado a nivel mundial para medir el peso vivo es el uso de una balanza electrónica o mecánica calibrada. Sin embargo, estos equipos no son de fácil acceso para los pequeños

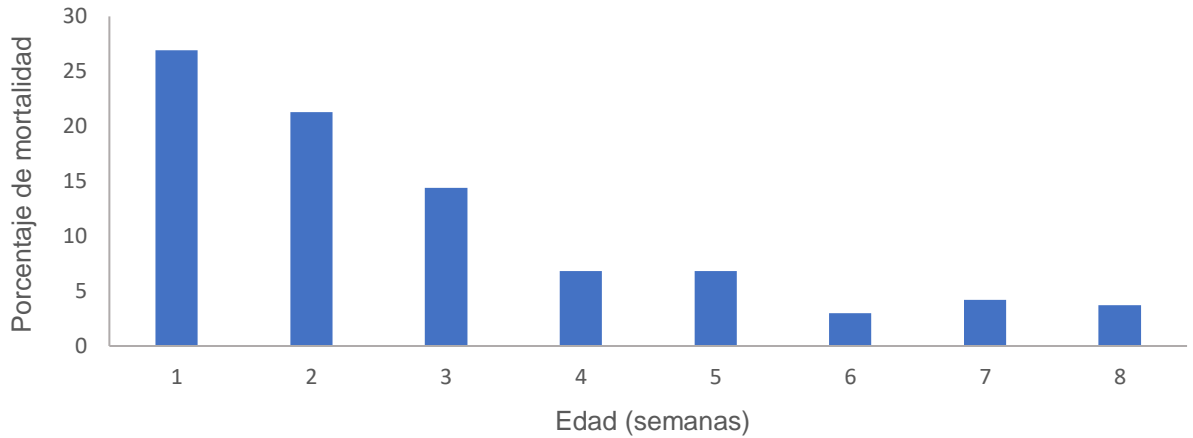
productores, debido a una limitación económica y técnica, por lo que, surge el uso de las mediciones corporales como una alternativa confiable para medir el desarrollo del animal (Lukuyu et al. 2016).

Cerqueira et al. (2013) estipulan que la altura a la cruz y la altura a la cadera son indicadores del desarrollo del esqueleto, estos poseen la ventaja que son relativamente fáciles de obtener ya que las ubicaciones anatómicas para dicha medición son de fácil identificación. Otra ventaja con estas medidas es que representan dos extremos del animal que reflejan claramente el desarrollo esquelético. Además, debido a que el desarrollo del esqueleto es progresivo y relativamente lento, se necesitan pocas medidas para poder determinar con precisión una curva de crecimiento válida para el animal mediante interpolación y extrapolación.

A la hora de medir altura a la cruz es importante que la ternera se encuentre de pie sobre una superficie dura y nivelada, además se debe procurar que el animal mantenga la cabeza erguida y asegurarse que esté de pie uniformemente, esta medición debe realizarse en el punto más alto de la cruz. En cuanto a la medición de la altura a la cadera es un poco más sencillo con respecto a la postura del animal, aunque igual se debe procurar realizar en una superficie nivelada y con el animal lo más recto posible. A pesar de que estas medidas son métodos indirectos para medir el peso corporal, sirven para tener una referencia de los valores que deben lograr los animales a una determinada edad (Heinrichs y Jones 2016).

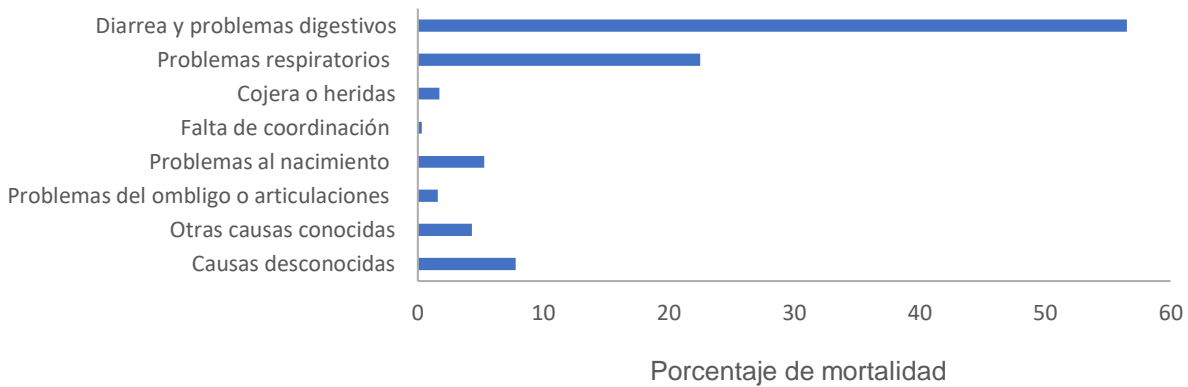
## **Mortalidad**

Según lo establecido por Elizondo-Salazar (2015) la mortalidad es un factor que ningún productor desea en sus sistemas, sin embargo, es una situación prácticamente inevitable en todas las explotaciones pecuarias, y la magnitud es algo que va a depender de muchos factores, principalmente del manejo sanitario. Como se puede observar en la Figura 6 en la crianza de reemplazos alrededor de un 60% de las muertes ocurre en las primeras tres semanas de vida del animal. Esto debido a que es el momento donde el animal está empezando a desarrollar su sistema inmune y solo cuenta con las defensas adquiridas por la toma del calostro, por esto es que se enfatiza la importancia de realizar un excelente manejo en la administración del calostro, para así asegurar la mejor transferencia de inmunidad pasiva.



**Figura 6.** Porcentaje de mortalidad en terneras de lechería según edad. Fuente: Elizondo-Salazar (2015).

Además se ha determinado que alrededor del 80% de dichas muertes se deben principalmente a problemas digestivos (diarreas) y respiratorios (Figura 7), esto asociado principalmente a una falla en la transferencia de la inmunidad pasiva. Siempre es importante destacar que aunque una ternera sobreviva a una enfermedad, esta se va a ver afectada en su potencial como reemplazo (Elizondo-Salazar 2015).



**Figura 7.** Causa de mortalidad de terneras en la etapa de predestete. Fuente: Elizondo-Salazar (2015).

En Costa Rica se han realizado trabajos referentes a la leche de descarte y su impacto económico en un sistema de producción (Campos-Granados y Elizondo-Salazar 2014) sin embargo no se han realizados estudios sobre la utilización del tratamiento de pasteurización como una solución al desecho de leche de descarte, esto genera un amplio campo de estudio, por lo cual esta investigación pretende abarcar este vacío y generar avances en el tema, valorando la viabilidad del mismo y mostrando si realmente puede representar un avance para el sector lácteo del país.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Procedimiento general

El experimento se llevó a cabo en una lechería comercial ubicada en la provincia de Cartago, entre los meses de agosto del 2018 y abril del 2019. La finca se ubica a 2200 msnm y presenta una temperatura media anual de 15°C y una precipitación de 2370 mm respectivamente. El hato está conformado por 170 vacas en ordeño, con pariciones programadas de 20 animales por mes.

Para el presente estudio se utilizaron los siguientes tratamientos: i) leche íntegra; ii) leche de descarte pasteurizada; iii) reemplazador lácteo; iv) mezcla de leche de descarte con reemplazador. Cada tratamiento estuvo compuesto por un grupo de 10 terneras desde los 0 a los 3 meses de edad. Conforme nacían las terneras se les asignó aleatoriamente uno de los tratamientos, sin embargo, no se repitió ningún tratamiento hasta haber completado un ciclo de aplicación con los 4 tratamientos diferentes. Los animales se separaron de sus madres al nacer y se alojaron en cuadras individuales de 165 cm de largo y 85 cm de ancho. Las terneras se alimentaron de acuerdo con el sistema de alimentación establecido en la explotación, donde el primer día de vida se les suministró 4 L de calostro, 2 litros en la primer toma y 2 litros en la segunda toma, con una concentración  $\geq 50$  g de inmunoglobulinas/L el cual se midió con un calostrómetro.

Entre las 24 y 48 horas de nacidas se procedió a determinar la proteína sérica total (PST), la cual consiste en tomar muestras de sangre por venopunción yugular con el sistema de tubos al vacío sin anticoagulante (Trotz-Williams et al. 2008), dichas muestras de sangre se manipularon de acuerdo al procedimiento descrito por Johnson et al. (2007), donde las muestras se refrigeraron durante la noche a 4°C, posteriormente se centrifugaron a 3000 rpm durante quince minutos para separar la fracción sérica, la concentración de PST se determinó utilizando un refractómetro de mano (Atago Master-Sur/Nα, Bellevue, WA). Para fines del presente estudio, aquellas terneras que presentaron una concentración de PST  $\geq 5,5$  g/dl continuaron en el estudio asignándose al azar a alguno de los cuatro tratamientos, se les proporcionó 4 L diarios (2 L a.m y 2 L p.m) en chupón durante las primeras tres semanas de vida, posterior a esto se les suministraba la dieta líquida correspondiente en un balde o cubeta, y a partir del quinto día de nacidas se les ofreció alimento balanceado a libre consumo (87% MS, 16,2% PC y 2,7 Mcal/kg).

Para el proceso de pasteurización se utilizó diariamente el equipo MilkTaxi 3.0 (Holm & Laue), con capacidad para 100 litros, para tratar la leche de descarte en ambos tiempos de alimentación. Se procedió con la recolección de la leche de descarte del ordeño anterior a la alimentación para enfriarla y mantenerla a una baja temperatura hasta su uso, el equipo se programó para empezar la pasteurización entre una hora y media y dos horas antes de la alimentación de las terneras, esto dependiendo del volumen al cual se iba a aplicar el proceso. Dicha pasteurización se realizaba a 65 °C durante 35 minutos.

En cuanto al reemplazador de leche empleado para el estudio, se utilizó el Princess Calf II® en su presentación de 25 kg (22,5% PC, 18% grasa y 0,1% fibra), según las instrucciones del proveedor se mezcla 130 g de reemplazador con 870 ml de agua, esto para que al final quedara la proporción exacta de un litro y una concentración de 13% en sólidos totales, el agua debía estar entre los 40 y 45 °C para que se disolviera el producto de la mejor manera, se evitó exceder dicha temperatura para evitar un efecto adverso sobre el producto por el calor.

El cuarto tratamiento correspondiente a la mezcla entre leche de descarte pasteurizada y reemplazador lácteo, se dio en una proporción de 50/50, con lo cual para su preparación se realizaba un cálculo de cuanto reemplazador de leche se ocupaba en total, se distribuía lo necesario para las que solo consumían reemplazador, y el restante se procedía a mezclar con la leche de descarte pasteurizada, la cual por medio de una agitación manual se procuraba mezclar enérgicamente para dejar un producto homogéneo y evitar que algunas terneras consumieran en mayor proporción alguno de los componentes.

### **Variables por evaluar**

### **Medición del crecimiento de los animales**

Para la evaluación del desarrollo de las terneras se llevó a cabo un registro de crecimiento desde el primer día de vida hasta el destete. Se programó realizar mediciones semanales de los animales, estableciendo el lunes como día fijo para dicha labor, aunado a esto se procuró realizar las mediciones a la misma hora para evitar irregularidades en los datos y disminuir el error experimental (Khan et al. 2007). En dichas mediciones se tomaron los datos de peso del animal, altura a la cruz, altura a la cadera y circunferencia torácica. Con base en la diferencia de peso semanal, se determinó la ganancia diaria de peso de los animales a partir de la segunda semana de edad. El pesaje se realizó con una romana electrónica, mientras que las

mediciones morfológicas se realizaron con una tabla adaptada con un nivel y una medida en centímetros, la circunferencia torácica se midió con de una cinta métrica.

### **Medición de consumo**

Para la medición de consumo se contemplaron los tres componentes alimenticios que ingerían los animales: la leche, el concentrado y el heno. En el caso de la leche se midió el consumo por medio de un registro en el cual se reportaba si la ternera había cumplido el consumo diario en ambos horarios de alimentación o si en algún momento consumió menos de los dos litros establecidos por toma. En el caso del alimento balanceado se procedió a llevar un registro diario de consumo, en el cual se pesaba la cantidad de alimento brindado por animal y al día siguiente se pesaba el excedente, con el fin de brindar siempre alimento fresco y conocer de manera más precisa el consumo de cada animal, así cuando el animal presentaba días seguidos sin excedente se procedía a ir aumentando la cantidad de alimento. El heno se manejó de igual manera, pesando la cantidad ofrecida y cuantificando el rechazo. Tanto en el caso del alimento balanceado como en el del heno se midió por medio de una balanza digital. Todos los días se les ofreció a las terneras agua limpia y fresca a libre consumo.

### **Conteo estándar en placa, conteo de coliformes, conteos no coliformes**

Para poder evaluar el efecto de la pasteurización sobre el conteo bacterial en la leche de descarte se enviaron muestras al Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Costa Rica para determinar el número más probable de colonias (NMP) presente en la leche antes y después de ser sometida al proceso de pasteurización. Por lo cual dichas muestras se tomaron justo antes de iniciado el proceso de pasteurización y justo en el momento en el que el mismo finalizó, dichas muestras se conservaron en frío hasta ser llevadas al laboratorio para ser sometidas al análisis.

### **Apariencia general de salud**

La evaluación del estado general de las terneras se realizó por medio de la escala establecida por Calf Track™ (Heinrichs 2006) la cual es una herramienta de uso diario en donde por medio de la observación se examina y evalúan tres aspectos: apariencia general del animal, las heces y la respiración. Esta herramienta consiste en un sistema de puntajes de

1 a 5 en donde el 1 es correspondiente al estado ideal y el 5 correspondiente al estado menos deseado o de mayor afectación. Por último, se suman los puntajes obtenidos en las 3 categorías y se procede a realizar un promedio para dar una nota final al animal por día.

Por otro lado, cuando una ternera presentaba algún rasgo de enfermedad y era tratada con algún medicamento se procedió a registrar por cuantos días mantuvo dicha afección y cuál fue el tratamiento respectivo, para llevar un control de salud completo.

## **Costos**

Se llevó un registro minucioso de todos los gastos que generaron un diferencial en el costo de producción de las terneras en los diferentes tratamientos, con el fin de poder determinar las variaciones en el costo de las terneras en el período de pre-destete con las diferentes dietas líquidas. Se tomaron en cuenta los aspectos de mano de obra, agua, electricidad, medicamentos y el costo de la leche. El tipo de cambio del dólar utilizado durante el estudio fue de  $\text{¢}575$ .

Para la mano de obra solo se cuantificó el tiempo invertido en labores específicas para cada tratamiento, por lo cual se estimó el tiempo invertido en la preparación, recolección y acarreo de los diferentes tratamientos, en este caso se omitieron diferentes labores como limpieza y cambio de las camas, limpieza y desinfección del establecimiento, descorne, areteado, tatuado, ofrecimiento del alimento balanceado, entre otras labores que no significaban una diferencia en el costo entre los tratamientos .

En cuanto al uso del agua, respecto al reemplazador lácteo se cuantificó el agua utilizada para preparar el producto, mientras que en la leche de descarte pasteurizada el agua necesaria para el enfriamiento de la leche por parte del equipo de pasteurización, el costo del agua se estableció según la tarifa estipulada por la Asociación Administradora del Acueducto Rural de Santa Rosa de Oreamuno la cual establece un costo de  $\text{¢}445/\text{m}^3$  (Quirós 2019)\*.

La electricidad es otro de los factores que varían el costo de los tratamientos, en este caso se cuantificó el gasto eléctrico implicado en la pasteurización de la leche, por lo cual se procedió a medir los KW utilizados por pasteurización, el costo del KW se obtuvo por parte de la Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago con una tarifa de  $\text{¢}102,82/\text{KW}$  (Méndez 2019)\*\*.

\*Quirós, M. 2019. Comunicado personal. Asociación Administradora Acueducto Rural de Santa Rosa de Oreamuno. Costa Rica.

\*\*Méndez, P. 2019. Comunicado personal. Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago (JASEC). Costa Rica

Otro factor para tener en cuenta en el cálculo de costos de cada tratamiento es la inversión de medicamentos en cada una de las terneras atendidas durante el estudio, por lo cual se llevó un registro minucioso con cada uno de los medicamentos y dosis utilizados durante cada cuadro de enfermedad.

Por último, se le asignó un costo a la leche como tal en cada tratamiento, en el caso del reemplazador lácteo se estimó el costo de la dosis necesaria para obtener un litro de reemplazador, mientras que en el caso de la leche íntegra y la leche de descarte pasteurizada se les asignó el costo de venta de un litro de leche el cual es de ¢320, por último, la mezcla de reemplazador con leche de descarte pasteurizada se tomó el valor equivalente de cada uno de los tratamientos involucrados en la mezcla.

### **Análisis de la información**

Los datos de consumo, peso y medidas de los animales se evaluaron mediante el análisis de medidas repetidas y el procedimiento MIXED de SAS (SAS Institute 2004), donde cada ternera es 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 resulten significativas ( $P < 0,05$ ).

El modelo estadístico utilizado fue:

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

Donde:

$Y_{ijk}$  = variables dependientes

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto fijo del tratamiento  $i$

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

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

Ternera = efecto aleatorio de la ternera  $k$

$e_{ijk}$  = efecto residual

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Pesaje y ganancia diaria de peso

Los pesos obtenidos por las terneras para los diferentes tratamientos se presentan en el Cuadro 3. Se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). El peso promedio de las terneras entre los diferentes tratamientos osciló entre los 25,35 kg para la primer semana y 66,90 kg para la semana doce. Además, se presentó una ganancia total de peso durante las doce semanas de 41,88 kg para la leche íntegra, 47,10 kg para la leche pasteurizada, 35,35 kg para el reemplazador de leche y 41,90 kg para la mezcla. Se observa un comportamiento similar entre los tratamientos durante las primeras cuatro semanas.

**Cuadro 3.** Peso de las terneras durante las primeras 12 semanas de vida.

Semana	Tratamientos				EEM
	Íntegra	Pasteurizada	Reemplazador	Reemp/Past	
0	24,17	25,05	26,02	26,16	2,01
1	25,71	27,90	27,75	28,13	2,01
2	26,32	28,68	27,98	28,43	2,01
3	29,15	31,14	29,10	29,90	2,01
4	32,00	34,74	30,87	33,15	2,01
5	34,85 <sup>ab</sup>	38,39 <sup>a</sup>	32,72 <sup>b</sup>	35,63 <sup>ab</sup>	2,01
6	38,10 <sup>ab</sup>	41,26 <sup>a</sup>	34,99 <sup>b</sup>	38,44 <sup>ab</sup>	2,01
7	41,96 <sup>ab</sup>	45,29 <sup>a</sup>	38,73 <sup>b</sup>	41,93 <sup>ab</sup>	2,01
8	46,30 <sup>ab</sup>	49,35 <sup>a</sup>	42,63 <sup>b</sup>	46,55 <sup>ab</sup>	2,01
9	50,23 <sup>b</sup>	54,23 <sup>a</sup>	46,47 <sup>c</sup>	51,75 <sup>ab</sup>	2,01
10	54,84 <sup>b</sup>	59,07 <sup>a</sup>	50,63 <sup>c</sup>	56,73 <sup>ab</sup>	2,01
11	60,54 <sup>b</sup>	65,58 <sup>a</sup>	56,03 <sup>c</sup>	62,51 <sup>ab</sup>	2,01
12	66,05 <sup>b</sup>	72,14 <sup>a</sup>	61,37 <sup>c</sup>	68,06 <sup>ab</sup>	2,01

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en una misma fila muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

El comportamiento observado durante las primeras cuatro semanas de vida, donde no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos puede ser explicado por la homogeneidad de los pesos al nacimiento de cada grupo. De acuerdo con Vargas (2008) el peso ideal que deben mostrar las terneras Jersey al nacimiento se encuentra entre 25 y 30 kg. Por otro lado, las diferencias que se mostraron a partir de la semana nueve entre el grupo de leche íntegra y leche pasteurizada se puede atribuir a un mayor consumo de dieta sólida, ya que en las últimas semanas el consumo de concentrado aumentó, tal como se verá más adelante.

Las diferencias significativas empiezan a mostrarse a partir de la quinta semana, ya que además de lo descrito anteriormente, se puede atribuir a un tema de que las terneras empiezan a presentar desarrollo ruminal y por ende una mejor aprovechamiento del alimento balanceado, aunado a esto se suma el hecho de que después de la cuarta semana las terneras empiezan a mostrar un aumento considerable en el consumo de alimento balanceado, lo cual genera una mayor ingesta de nutrientes, tal como se verá más adelante.

Es interesante resaltar el comportamiento presentado por el grupo de terneras con el tratamiento de la mezcla entre reemplazador lácteo y leche pasteurizada, ya que a partir de la semana nueve logra presentar diferencias significativas respecto al grupo de reemplazador lácteo, lo cual puede sugerir que la combinación de ambos tratamientos genera un punto intermedio que puede ser beneficioso a la hora de criar reemplazos, aunque también puede presentarse un efecto por las diferencias en consumo de concentrado y heno.

Los datos obtenidos durante la investigación muestran valores inferiores con respecto a los reportados por Monge-Rojas y Elizondo-Salazar (2016), quienes investigaron el efecto que ejercía el consumo de agua sobre el consumo de alimento balanceado en terneras Jersey, presentando promedios de 26,90 y 28,40 kg al nacimiento, por lo cual se puede notar una ligera diferencia con los animales de este experimento. Esta diferencia se va acentuando conforme avanzan las semanas, ya que los pesos en la semana ocho son de 52,55 y 56,85 kg, mostrando diferencias de 3 kg hasta 14 kg en el caso del reemplazador lácteo. Estas diferencias de peso entre los estudios se podrían atribuir a un factor genético o de alimentación, los cuales puede generar muchas variaciones en el tamaño de un hato con respecto a otro.

Por otro lado, en el estudio realizado por Uys et al. (2011), se comparó el crecimiento en dos grupos de terneras, uno alimentado con leche a libre consumo y otro con dos tomas diarias de 2 L de leche, las terneras presentaron pesos al nacimiento en promedio de 23,90 y 24,15 kg lo cual se muestra ligeramente inferior con respecto a los pesos de las terneras en este estudio, sin embargo, a la sexta semana, cuando se realizaba el destete en dicho estudio, las terneras presentaron pesos de 48,30 y 54,85 kg, además de un pesaje a las 8 semanas en donde presentaron valores de 60,85 y 67,6 kg con lo cual se pueden observar diferencias bastante marcadas con las terneras en este estudio.

Según lo descrito por Yumibe (2017) existe una regla general que establece que en un buen programa de crianza de reemplazos la ternera a los dos meses de edad debe duplicar el

peso al nacer, ya que las terneras que crecen más rápido tienden a presentar un mejor desempeño en la primera lactancia. Como se puede ver que en el caso del presente estudio ninguno de los grupos de terneras cumplió con esta expectativa. En el caso de las terneras en el tratamiento de leche pasteurizada fueron las que más se aproximaron obteniendo un déficit de 750 g, en el caso contrario, el grupo que más largo quedó de cumplir dicha afirmación fue el de reemplazador de leche con un déficit de 9,40 kg.

Según un estudio desarrollado por Solano y Vargas (1997) los cuales tipificaron el crecimiento de novillas Holstein y Jersey en fincas lecheras de Costa Rica, desarrollaron una curva de crecimiento la cual sirva como base para identificar un buen programa de desarrollo de reemplazos, o en su defecto un problema en el mismo. Establecen que las terneras al primer mes de edad deben presentar 43 kg de peso, mientras a que a los 2 meses de edad 60 kg y 75 kg al tercer mes. Si comparamos estos criterios con las terneras presentes en este estudio se ve un claro déficit en el desarrollo de estas. Ya que en ninguno de los casos se logra alcanzar el estándar establecido. El grupo que más se acercó al peso final de tres meses fue el de leche pasteurizada con 72,14 kg, mientras que el más rezagado fue el reemplazador lácteo con apenas 61,37 kg, prácticamente 14 kg de diferencia.

En resumen, se puede observar mejores resultados para los animales que consumieron leche de descarte pasteurizada, presentando la mayor ganancia de peso desde el nacimiento hasta el destete, además del peso más elevado a la hora de culminar el estudio. A pesar de no cumplir con lo establecido para el peso a los dos meses igual se postula como la alternativa más efectiva para cumplir dicha afirmación.

La ganancia de peso diaria para las terneras en los diferentes tratamientos se presenta en el Cuadro 4. A partir de la tercera semana de vida se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos, a excepción de la semana siete, ocho y diez donde todos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar. Las ganancias promedio por tratamiento fueron de 0,525 kg para la leche íntegra, 0,571 kg para la leche pasteurizada, 0,442 kg para el reemplazador de leche y 0,513 para la mezcla, durante las doce semanas.

Al ser un patrón tan irregular en las semanas que presentaron diferencias significativas, no se puede atribuir únicamente al efecto del tratamiento, ya que existen muchas variables que pueden generar dichos cambios, por lo cual las diferencias en consumos de alimento balanceado y los consumos de nutrientes específicos pueden ser un factor determinante en dichas fluctuaciones, tal y como se verá posteriormente.



**Cuadro 4.** Ganancia diaria de peso (GDP) de las terneras por semana de vida.

Semana	Tratamientos				EEM
	Íntegra	Pasteurizada	Reemplazador	Reemp/Past	
1	0,48	0,49	0,45	0,45	0,06
2	0,11	0,11	0,03	0,04	0,06
3	0,43 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,21 <sup>b</sup>	0,06
4	0,41 <sup>ab</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,30 <sup>b</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,06
5	0,41 <sup>ab</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,26 <sup>c</sup>	0,36 <sup>bc</sup>	0,06
6	0,46 <sup>a</sup>	0,41 <sup>ab</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,40 <sup>ab</sup>	0,06
7	0,55	0,58	0,54	0,50	0,06
8	0,62	0,58	0,56	0,66	0,06
9	0,56 <sup>b</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,55 <sup>b</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,06
10	0,66	0,69	0,59	0,71	0,06
11	0,81 <sup>ab</sup>	0,93 <sup>a</sup>	0,77 <sup>b</sup>	0,83 <sup>ab</sup>	0,06
12	0,79 <sup>b</sup>	0,94 <sup>a</sup>	0,76 <sup>b</sup>	0,79 <sup>b</sup>	0,06

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en una misma fila muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Un patrón que se observa en los datos es que el reemplazador de leche fue el tratamiento que obtuvo los resultados más bajos, por lo que fue el tratamiento que mostró más diferencias significativas frente a los otros tratamientos. Por otro lado, la leche pasteurizada se mostró como el tratamiento con mayores ganancias en la mayoría de las semanas, sin embargo pocas veces mostró diferencias significativas respecto a la leche íntegra y la mezcla de reemplazador y leche pasteurizada. Es importante recalcar que en la segunda semana en todos los tratamientos se da una baja ganancia de peso diaria debido a la presencia de diarrea en los animales, generando una disminución en el consumo.

El comportamiento entre el grupo de leche Íntegra y de leche pasteurizada es similar a lo observado en el estudio realizado por Aust et al. (2013) donde los tratamientos no mostraron diferencias significativas. En cuanto al reemplazador de leche, es el único tratamiento que presenta una diferencia significativa, debido a que presenta ganancias de peso de 129 g menos en comparación a la leche pasteurizada. Esto puede explicar lo visto en los resultados obtenidos en los pesajes, donde el grupo del reemplazador fue el de los pesos más bajos desde la semana 3.

Como se mencionó anteriormente, se logra apreciar una diferencia bastante marcada entre los tratamientos de leche pasteurizada y reemplazador de leche en cuanto a los pesajes y la ganancia diaria de peso. Este patrón también se puede ver en los resultados obtenidos por Gooden et al. (2005) en un estudio donde se comparó la eficiencia de una dieta a base de

leche pasteurizada y otra de reemplazador de leche, donde se obtuvieron valores superiores en el grupo de leche pasteurizada, tomando en cuenta que en promedio el peso de nacimiento fue prácticamente el mismo en ambos grupos, sin embargo, el peso al destete promedio fue mayor por 6,0 kg, con ganancias de peso de 0,47 kg mientras que la leche de reemplazo en promedio presentaron ganancias de 0,35 kg.

Con respecto al estudio de Monge-Rojas y Elizondo-Salazar (2016) se puede observar un comportamiento similar con respecto a las ganancias de peso diarias obtenidas durante el estudio. En la primera semana presentan ganancias entre 0,47 y 0,61 kg, en la cuarta semana entre 0,49 y 0,54 kg y en la octava semana de 0,65 y 0,81 kg, mientras que en este estudio las terneras mostraron ganancias de 0,47 kg, 0,42 kg y 0,60 kg para la primera, cuarta y octava semana respectivamente. Esto fortalece la teoría de que las diferencias observadas en los pesos de los animales se pueden deber a un tema genético y de alimentación.

Por su parte, los datos obtenidos en la investigación realizada por Uys et al. (2011), muestra que las ganancias de peso presentan diferencias muy marcadas respecto a las obtenidas en esta investigación, con ganancias diarias a las 8 semanas de edad de 0,62 y 0,73 kg, mientras que en este estudio se presentaron ganancias diarias a las 8 semanas de edad de 0,43, 0,45, 0,33 y 0,38 kg en los grupos de leche íntegra, leche pasteurizada, reemplazador de leche y la mezcla de reemplazador de leche y leche pasteurizada respectivamente, por lo cual se ve una clara diferencia en cuanto a los pesos obtenidos en ambos estudios.

### **Medidas morfológicas**

Los datos de altura a la cruz obtenidos por terneras para los diferentes tratamientos se presentan en el Cuadro 5. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos. Las medidas promedio de las terneras en los diferentes tratamientos osciló entre 67,68 cm para la semana uno y 83,80 cm para la semana doce. Además, se presentó un aumento total de altura durante las doce semanas de 16,52 cm para la íntegra, 18,20 cm para la pasteurizada, 13,65 cm para el reemplazador y 16,10 cm para la mezcla.

A pesar de que inicialmente los animales presentaron medidas muy similares al nacimiento, se puede observar como las terneras pertenecientes al tratamiento de leche pasteurizada fueron las que presentaron un mejor desarrollo corporal, lo cual se traduce a un animal de más peso, el cual obtuvo mejores ganancias de peso y con una mayor capacidad

de consumo, por lo que se presta en un escenario ideal de un destete acelerado y un ahorro en el costo de alimentación.

Almeyda (2012) desarrolla un manual de producción de ganado lechero en Perú, donde define que las medidas estándar en una ternera jersey a los dos meses de edad de altura a la cruz y perímetro torácico son de 75 y 77,5 cm respectivamente, lo cual permite comparar con el tamaño obtenido por las terneras a las ocho semanas de edad, en donde se puede notar que las terneras de este estudio se apegan muy bien a dichos estándares, siendo incluso, superiores en la mayoría de los casos, lo cual denota un buen desarrollo por parte de los animales en los distintos tratamientos de dieta líquida.

**Cuadro 5.** Medidas de altura a la cruz de las terneras durante las primeras 12 semanas de vida.

Semana	Tratamientos				EEM
	Íntegra	Pasteurizada	Reemplazador	Reemp/Past	
0	66,73 <sup>b</sup>	67,70 <sup>ab</sup>	68,15 <sup>a</sup>	68,15 <sup>a</sup>	0,64
1	67,20 <sup>b</sup>	68,80 <sup>a</sup>	69,50 <sup>a</sup>	69,50 <sup>a</sup>	0,64
2	68,00 <sup>b</sup>	70,10 <sup>a</sup>	70,45 <sup>a</sup>	70,15 <sup>a</sup>	0,64
3	69,45 <sup>b</sup>	70,85 <sup>a</sup>	70,85 <sup>a</sup>	70,90 <sup>a</sup>	0,64
4	71,75	72,55	71,80	72,20	0,64
5	72,90	73,95	72,70	73,45	0,64
6	74,20 <sup>abc</sup>	75,45 <sup>a</sup>	73,55 <sup>c</sup>	74,85 <sup>b</sup>	0,64
7	75,20 <sup>b</sup>	77,00 <sup>a</sup>	74,90 <sup>b</sup>	75,70 <sup>b</sup>	0,64
8	76,95 <sup>bc</sup>	78,70 <sup>a</sup>	75,90 <sup>c</sup>	77,65 <sup>ab</sup>	0,64
9	78,50 <sup>bc</sup>	80,35 <sup>a</sup>	77,25 <sup>c</sup>	79,10 <sup>ab</sup>	0,64
10	79,95 <sup>bc</sup>	82,05 <sup>a</sup>	78,70 <sup>c</sup>	80,55 <sup>b</sup>	0,64
11	81,55 <sup>b</sup>	84,10 <sup>a</sup>	80,20 <sup>c</sup>	82,40 <sup>b</sup>	0,64
12	83,25 <sup>b</sup>	85,90 <sup>a</sup>	81,80 <sup>c</sup>	84,25 <sup>b</sup>	0,64

a,b,c Letras diferentes en una misma fila muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Los datos de altura a la cadera obtenidos por terneras para los diferentes tratamientos se presentan en el Cuadro 6. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos. Las medidas promedio de las terneras en los diferentes tratamientos osciló entre 70,53 cm para la semana uno y 87,31 para la semana doce. Además, se presentó un aumento total de altura durante las doce semanas de 17,35 cm para la íntegra, 18,80 cm para la pasteurizada, 14,10 cm para el reemplazador y 16,90 cm para la mezcla.

**Cuadro 6.** Medidas de altura a la cadera de las terneras durante las primeras 12 semanas de vida.

Semana	Tratamientos				EEM
	Íntegra	Pasteurizada	Reemplazador	Reemp/Past	
0	69,65 <sup>b</sup>	70,40 <sup>ab</sup>	71,20 <sup>a</sup>	70,85 <sup>ab</sup>	0,74
1	70,50 <sup>b</sup>	72,20 <sup>a</sup>	72,40 <sup>a</sup>	72,50 <sup>a</sup>	0,74
2	71,65 <sup>b</sup>	73,20 <sup>a</sup>	73,30 <sup>a</sup>	73,40 <sup>a</sup>	0,74
3	73,15	74,10	73,80	74,00	0,74
4	74,55	75,45	75,00	75,25	0,74
5	75,75	76,90	75,80	76,95	0,74
6	77,20 <sup>ab</sup>	78,45 <sup>a</sup>	76,85 <sup>b</sup>	78,10 <sup>ab</sup>	0,74
7	78,70 <sup>b</sup>	80,20 <sup>a</sup>	77,95 <sup>b</sup>	79,15 <sup>ab</sup>	0,74
8	80,10 <sup>bc</sup>	81,80 <sup>a</sup>	78,95 <sup>c</sup>	80,70 <sup>ab</sup>	0,74
9	81,45 <sup>bc</sup>	83,40 <sup>a</sup>	80,40 <sup>c</sup>	82,35 <sup>ab</sup>	0,74
10	82,90 <sup>bc</sup>	84,95 <sup>a</sup>	82,10 <sup>c</sup>	84,10 <sup>ab</sup>	0,74
11	84,70 <sup>bc</sup>	87,15 <sup>a</sup>	83,80 <sup>c</sup>	85,85 <sup>ab</sup>	0,74
12	87,00 <sup>b</sup>	89,20 <sup>a</sup>	85,30 <sup>c</sup>	87,75 <sup>ab</sup>	0,74

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en una misma fila muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Los datos de circunferencia torácica obtenidos por terneras para los diferentes tratamientos se presentan en el Cuadro 7. Se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos a partir de la cuarta semana. Las medidas promedio de las terneras en los diferentes tratamientos osciló entre 67,73 cm para la primer semana y 88,65 cm para la semana doce. Además, se presentó un aumento total de circunferencia durante las doce semanas de 21,73 cm para la íntegra, 23,95 cm para la pasteurizada, 17,35 cm para el reemplazador y 20,65 cm para la mezcla.

Según explican Heinrichs y Jones (2016) los datos de medidas morfológicas deberían ser utilizados con regularidad para poder desarrollar un programa de evaluación del desempeño del desarrollo de las terneras, y con esto detectar cualquier problema desde temprana edad, para corregir o excluir individuos con valores fuera de lo deseado. Sin embargo, como mencionan Elizondo-Salazar y Solís-Chaves (2018) la mayoría de los productores no llevan registros de dicha información lo que lleva a desarrollar todas las terneras nacidas en estos sistemas, generando una inversión en animales que podrían ocasionar pérdidas al sistema una vez en etapa productiva.

**Cuadro 7.** Medidas de circunferencia torácica de las terneras durante las primeras 12 semanas de vida.

Semana	Tratamientos				EEM
	Íntegra	Pasteurizada	Reemplazador	Reemp/Past	
0	67,12	67,75	67,70	68,35	0,92
1	67,75	69,00	68,50	69,15	0,92
2	68,80	69,90	69,20	69,70	0,92
3	70,30	71,70	70,00	70,90	0,92
4	71,70 <sup>b</sup>	73,75 <sup>a</sup>	70,45 <sup>b</sup>	72,25 <sup>ab</sup>	0,92
5	73,65 <sup>b</sup>	75,80 <sup>a</sup>	71,80 <sup>c</sup>	73,85 <sup>b</sup>	0,92
6	75,35 <sup>b</sup>	77,35 <sup>a</sup>	72,95 <sup>c</sup>	75,65 <sup>ab</sup>	0,92
7	77,60 <sup>ab</sup>	79,35 <sup>a</sup>	74,50 <sup>c</sup>	77,35 <sup>b</sup>	0,92
8	80,00 <sup>ab</sup>	81,40 <sup>a</sup>	76,25 <sup>c</sup>	79,40 <sup>b</sup>	0,92
9	81,80 <sup>ab</sup>	83,60 <sup>a</sup>	78,25 <sup>c</sup>	81,45 <sup>b</sup>	0,92
10	83,90 <sup>b</sup>	86,35 <sup>a</sup>	80,30 <sup>c</sup>	83,90 <sup>b</sup>	0,92
11	86,35 <sup>b</sup>	88,90 <sup>a</sup>	82,70 <sup>c</sup>	86,55 <sup>b</sup>	0,92
12	88,85 <sup>b</sup>	91,70 <sup>a</sup>	85,05 <sup>c</sup>	89,00 <sup>b</sup>	0,92

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en una misma fila muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Como se puede observar, las medidas de altura a la cruz y altura a la cadera mostraron un comportamiento muy similar semana a semana, presentando diferencias significativas prácticamente en las mismas semanas, con una única diferencia en la semana tres. Por su parte la medida de circunferencia torácica presenta un comportamiento diferente, el cual se asemeja más a lo mostrado en el pesaje de las terneras, mostrando diferencias significativas hasta la cuarta semana de edad.

Entre los valores obtenidos por Monge-Rojas y Elizondo-Salazar (2016) se puede destacar que en cuanto a las medidas de altura a la cruz y altura a la cadera no hay mucha diferencia con respecto a los valores obtenidos durante este estudio, ya que en altura a la cruz se obtuvieron medidas de 68,55 y 69,55 cm en la primera semana, 73,30 y 74,60 a la cuarta semana y 79,80 y 80,10 cm a las ocho semanas; mientras que en altura a la cadera se presentaron valores de 71,10 y 72,60 cm en la primera semana, 76,10 y 77,80 a la cuarta semana y 83,50 84,60 cm a las ocho semanas de vida, por lo que podemos ver que las diferencias rondan entre 1 y 3 cm de altura y dichas diferencias se mantienen estables a lo largo de las ocho semanas. Este comportamiento se presenta también cuando se comparan las medidas de altura a la cruz obtenidas en el estudio realizado por Uys et al (2011).

Sin embargo, cuando se analiza la circunferencia torácica obtenidas en ambos estudios se logran apreciar diferencias más marcadas que con respecto a la altura a la cruz y la altura

a la cadera. En dicho estudio se obtienen valores de 71,10 y 71,40 cm en la primera semana, 77,80 y 79,60 cm en la cuarta semana y 89,20 y 89,70 cm en la octava semana, por lo cual podemos apreciar que las diferencias empiezan con una variación entre 3 y 4 cm de circunferencia y van aumentando conforme crecen las terneras, llegando a diferencias entre 8 y 13 cm de circunferencia. Esta diferencia, al igual que en el peso, puede deberse al material genético presente en las terneras de dicho estudio, además de que presentaron una dieta con una mayor concentración de nutrientes lo cual pudo haber favorecido un mayor crecimiento.

En otro estudio desarrollado por Monge-Rojas y Elizondo-Salazar (2017) determinaron las medidas morfológicas en dos grupos de terneras Jersey, divididas en alojamientos individuales y en pareja. Obtuvieron medidas de altura a la cruz en la primer semana de 68,70 y 67,70 cm, de 76,70 y 75,70 cm para la sexta semana y 86,90 y 86,20 cm para la doceava semana, por otro lado, para las medidas de altura a la cadera las terneras presentaron medidas de 71,20 y 71,10 cm para la primer semana, 80,20 y 79,10 cm para la sexta semana y 91,10 y 90,30 cm para la doceava semana. Las medidas en ambos estudios presentan valores muy similares, sin embargo conforme avanzan las semanas empiezan a mostrarse ligeras diferencias, siendo los grupos de reemplazador de leche y leche íntegra los más rezagados.

En cuanto a la circunferencia torácica, las terneras presentaron valores de 71,80 y 71,80 cm en la primer semana, 84,70 y 82,40 cm en la sexta semana y 100,70 y 99,80 cm en la semana doce, para alojamiento individual y en parejas respectivamente. Se puede apreciar un comportamiento similar al estudio anterior, donde las medidas de circunferencia torácica empiezan a mostrar marcadas diferencias desde la primer semana de vida y conforme avanzan las semanas esta se va intensificando. Esto se puede atribuir nuevamente a un tema genético, ya que las terneras presentaron pesos al nacimiento mayores con respecto a los obtenidos en este estudio.

### **Estado de salud**

Los resultados sobre la presencia de enfermedades por parte de las terneras se muestran en el Cuadro 8. Se cuantificaron los días que cada ternera presentó un cuadro de enfermedad, se tomaron por separado los casos de enfermedad respiratoria y enfermedad digestiva. Según indica la información se presentó una mayor incidencia de problemas respiratorios con respecto a los digestivos. En el caso de los problemas digestivos se mantuvieron muy similares en la mayoría de los tratamientos con 6 casos cada uno, únicamente el grupo de mezcla presentó una menor incidencia de enfermedad en las terneras.

**Cuadro 8.** Cantidad de días donde se manifestó enfermedades respiratorias y gástricas en cada una de las terneras por tratamiento.

Terneras	Íntegra		Pasteurizada		Reemplazador		Reemp/Past	
	Resp.	Digest.	Resp.	Digest.	Resp.	Digest.	Resp.	Digest.
1	0	0	1	1	5	0	2	0
2	7	0	1	1	2	0	3	0
3	2	4	1	1	0	0	2	0
4	1	1	0	0	3	2	5	1
5	1	0	0	0	1	0	1	0
6	1	1	0	0	0	0	1	0
7	0	0	0	1	4	3	0	0
8	0	0	2	1	22	1	0	0
9	0	0	0	1	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	2	2
Total	12	6	5	6	38	6	16	3

La alta incidencia de enfermedades respiratorias se puede atribuir a las condiciones climáticas presentes en el sistema productivo, ya que en horas de la noche y madrugada las temperaturas llegan a valores muy bajos, normalmente entre los 6 y 12 °C, y a pesar de que las terneras se encuentran dentro de una edificación, esta no es completamente cerrada, por lo cual entran muchas corrientes de aire directo hacia las terneras, sometiéndolas a condiciones adversas.

En cuanto a las terneras con el tratamiento de reemplazador de leche fueron las que presentaron mayor incidencia de enfermedades respiratorias, con 38 días en total, mientras que las que presentaron un menor número de casos fueron las terneras del grupo de leche pasteurizada. En el caso del grupo de reemplazador de leche es importante destacar el hecho de que la mayor proporción pertenece a una sola ternera que presentó al final del segundo mes un cuadro muy fuerte de neumonía y luego se le detectó la presencia de abscesos pulmonares que conllevó a un largo padecimiento y tratamiento.

Dado que en el tratamiento de reemplazador lácteo se presentó un caso muy marcado de enfermedad, puede ser valioso rescatar como se presentarían los resultados si se aislara el caso de esta ternera, ya que la disminución en la cantidad de días donde se presentó incidencia sufriría un gran cambio. Mientras los otros tratamientos presentan en total 18, 11 y 18 días de incidencias en total, el tratamiento de reemplazador lácteo presenta 44 días de enfermedad, sin embargo, si se aísla el caso de la ternera con mayor afectación este dato disminuiría a solo 22 días. Lo cual, a pesar de seguir siendo el tratamiento con mayor presencia

de enfermedades, genera un panorama más favorable en comparación con los demás tratamientos.

Entre todas las terneras del estudio solo quince no presentaron ningún cuadro de enfermedad durante todo el período predestete, esto corresponde a un 37,5%, que es una proporción bastante baja. Esto es un punto crítico en el desarrollo de reemplazos, ya que Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez (2015) mencionan que las terneras que presentan problemas de diarreas son las que incrementan en mayor proporción el costo de producción, debido a la inversión extra que se debe hacer en medicamentos para estabilizar al animal, además de la inversión en mano de obra específica en el animal.

En un estudio realizado por Godden et al. (2005), donde se analiza una comparación entre la alimentación de las terneras con un reemplazador de leche y leche de descarte pasteurizada, se obtuvieron resultados muy marcados en cuanto a morbilidad y mortalidad de las terneras, siendo el reemplazador de leche la opción con un riesgo significativamente mayor a tener un padecimiento o incluso de sufrir la muerte, resultando similar a lo obtenido en este estudio, por lo menos en el aspecto de la morbilidad, ya que en este caso no se presentaron mortalidades en ninguno de los tratamientos.

Al comparar los grupos de leche íntegra y leche de descarte pasteurizada se puede observar un comportamiento muy similar entre ambos grupos, ya que estos presentan la misma cantidad de días de enfermedades digestivas, con la única diferencia en la cantidad de animales enfermos, cuatro y seis respectivamente. Por otro lado, las enfermedades respiratorias se muestra una pequeña diferencia entre ambos tratamientos con 12 y 5 días de incidencia respectivamente, aunque el aumento en el caso de leche íntegra se debe a un caso específico de una ternera que presentó un cuadro de neumonía muy persistente.

El comportamiento mostrado por los tratamientos de leche íntegra y leche de descarte pasteurizada es muy similar a los resultados obtenidos en los estudios realizados por Aust et al. (2013) y Zou et al. (2017) en los cuales no se mostraron diferencias significativas entre ambos tratamientos respecto al estado de salud de las terneras. Además la cantidad de animales que mostraron enfermedad con estos tratamientos representaron una proporción mínima de la población del estudio.

En cuanto al desarrollo de este estudio no se presentó ningún caso de mortalidad en ninguno de los tratamientos, logrando cumplir con lo establecido por Yumibe (2017) la cual establece que un buen programa de crianza de reemplazos debe presentar una mortalidad por



debajo del 5%, o en un caso ideal, con un 0% de mortalidad, siendo así un panorama bastante favorable para todos los tratamientos. No obstante, se recomienda que el porcentaje de tratamiento de animales no supere el 15%, sin embargo, en este estudio solo un 37,5% de las terneras se destetó sin ser tratada por alguna enfermedad.

Es crítico cumplir con los rubros anteriores, ya que según explican Donovan et al. (1998) la ocurrencia de diarreas y enfermedades respiratorias pueden disminuir significativamente el crecimiento de los animales, siendo este efecto más marcado en los primeros seis meses de vida. Esto puede explicar el comportamiento de crecimiento rezagado expresado por las terneras alimentadas con reemplazador de leche, ya que estas fueron las que presentaron una mayor incidencia de enfermedades a lo largo del estudio.

### **Consumo de alimento balanceado**

Los resultados del consumo de alimento balanceado por parte de las terneras se muestran en el Cuadro 9. No se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos para el consumo de alimento, a excepción de la semana 10. El consumo total de alimento balanceado fue de 49,2 kg tanto para el grupo de leche íntegra como el de leche pasteurizada, 53,8 kg para las de reemplazador de leche y 53,4 kg para el grupo de la mezcla.

Todas las terneras presentaron un consumo normal de alimento semana a semana, en donde la ingesta del concentrado iba en aumento conforme incrementaban en edad y tamaño las terneras. Por su parte, un estudio desarrollado por Monge-Rojas y Elizondo-Salazar (2016) se presentaron consumos de 116 y 185 g durante la primera semana, en la cuarta semana de 1202 y 1224 g y en la octava semana 4344 y 4543 g, mientras en este estudio podemos observar un consumo promedio entre los tratamientos similar en el caso de la primer semana con 146 g, mientras que en el caso de la cuarta y la octava semana se presentó un mayor consumo por parte de las terneras presentes en este estudio con 1302 g y 5200 g respectivamente.

En otro estudio realizado por Monge-Rojas y Elizondo-Salazar (2017) investigaron el impacto del alojamiento individual o en pareja de las terneras sobre la ingesta de alimento balanceado, obtuvieron consumos de 132 y 52 g en la primer semana, 1808 y 1970 g en la sexta semana y 7454 y 7378 g en la semana doce, para alojamiento individual y alojamiento en pareja respectivamente. A excepción de la primer semana, los consumos de alimento presentan una marcada diferencia respecto a los datos obtenidos en este estudio, donde las

terneras consumieron 146 g, 2732 g y 11133 g para la primer, sexta y doceava semana respectivamente.

**Cuadro 9.** Consumo de alimento balanceado (g/animal) semanal por tratamiento.

Semana	Tratamientos				EEM
	Íntegra	Pasteurizada	Reemplazador	Reemp/Past	
0	0	0	0	0	737
1	143	149	127	164	737
2	519	666	536	458	737
3	913	1196	976	829	737
4	1441	1240	1336	1190	737
5	2230	1376	1869	1882	737
6	2692	2252	3534	2450	737
7	3696	3498	4524	3979	737
8	4838	4641	5774	5546	737
9	5612	6284	7049	6770	737
10	6948 <sup>b</sup>	7118 <sup>b</sup>	8026 <sup>ab</sup>	8624 <sup>a</sup>	737
11	9254	9382	9344	10046	737
12	10958	11396	10752	11426	737
Total	49244	49197	53847	53364	737

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en una misma fila muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Como se puede apreciar, las terneras en este estudio presentaron un consumo mayor con respecto a dos grupos de estudio diferentes, lo cual puede considerarse beneficioso para el desarrollo ruminal, esto debido a la producción de los ácidos grasos volátiles, en especial el ácido butírico y el propiónico, debido a la metabolización de estos a nivel ruminal que proporcionan la energía necesaria para el crecimiento, proliferación y diferenciación de las papilas presentes en el tejido epitelial. Por esta razón es de vital importancia fomentar el consumo de alimento balanceado a una edad temprana (Elizondo-Salazar 2012).

Respecto a lo observado en la semana 10 en donde las terneras del tratamiento de mezcla entre reemplazador lácteo y leche pasteurizada mostraron diferencias significativas en consumo con respecto a las terneras del tratamiento de leche íntegra y las de leche pasteurizada, se puede concluir que fue un hecho aislado el cual difícilmente se puede atribuir a los efectos de los tratamientos.

Mucho se ha hablado de que la alimentación en las terneras representa uno de los rubros más grandes en los gastos de crianza, así lo corroboran Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez (2015) donde exponen que el gasto de alimentación corresponde a un 64,45%, y más específicamente, el alimento balanceado comprende un gasto de 24,57%. Mientras que en

otro estudio Elizondo-Salazar y Solís-Chaves (2018) determinaron que dichos rubros equivalen a un 64,04% y 13,23% respectivamente. Con base en esto se puede observar que, al no haber diferencias significativas entre los grupos, cualquiera de los tratamientos podría ser considerado como una opción viable sin generar un aumento significativo en el costo de producción por parte de la dieta sólida.

Según lo establecido por Elizondo-Salazar (2008) un destete no solo depende de la edad de la ternera, sino que también depende de la cantidad de alimento que ingiere. Así que según lo comentado por el autor en el caso de las terneras Jersey se puede considerar un destete cuando se presente un consumo de 450 g/día durante tres días consecutivos. Esto mientras se pueda brindar un iniciador de calidad para que haya un buen desarrollo ruminal. Según los datos obtenidos en este estudio se puede observar que en los cuatro tratamientos entre la semana seis y siete, ya se cumple con lo estipulado por el autor, obteniendo en promedio un consumo de 475 g/día de alimento balanceado.

Al analizar la información referente al destete por consumo de alimento balanceado, y tener en cuenta el alto costo de producción de las terneras, acortar la edad al destete de las terneras se puede considerar como una alternativa para la reducción de costos en el sistema. Esto, según explican Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez (2015), va de la mano con la reducción de costos referentes a mano de obra y la cantidad de leche suministrada al animal. En dicho estudio las terneras se destetaron a los cuatro meses, por lo cual estimaron que una reducción de un mes podría generar una disminución del 3,55% del costo total de crianza, mientras que una reducción en dos meses se refleja en una disminución de 13,89%.

### **Consumo de heno**

El consumo de heno mostrado por las terneras en los diferentes tratamientos se presenta en el Cuadro 10. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos a partir de la semana ocho. Los consumos en promedio aumentaron desde los 72 g hasta los 1467 g semanales.

A pesar de que en el sistema se brinda el heno desde la primer semana de edad, existen diferentes criterios en cuanto al inicio del consumo de heno en terneras. Hill et al. (2008) mencionan que el 67% de los sistemas en Estado Unidos brindan heno a partir de la cuarta semana de edad, mientras que el 12% se espera hasta la octava semana de vida. Esto va de la mano con la teoría que establece esperar a un buen desarrollo ruminal para un mejor

aprovechamiento del forraje, además de evitar que un llenado físico por parte del heno disminuya el consumo de alimento balanceado.

**Cuadro 10.** Consumo de heno (g/animal) semanal por tratamiento.

Semana	Tratamientos				EEM
	Íntegra	Pasteurizada	Reemplazador	Reemp/Past	
0	0	0	0	0	105
1	65	49	110	64	105
2	109	83	135	66	105
3	146	205	158	128	105
4	218	293	247	276	105
5	393	518	316	451	105
6	544	605	462	515	105
7	579	682	614	638	105
8	627 <sup>c</sup>	1051 <sup>a</sup>	673 <sup>bc</sup>	845 <sup>ab</sup>	105
9	753 <sup>c</sup>	1341 <sup>a</sup>	711 <sup>c</sup>	1088 <sup>b</sup>	105
10	1047 <sup>b</sup>	1467 <sup>a</sup>	807 <sup>c</sup>	1287 <sup>a</sup>	105
11	1310 <sup>b</sup>	1691 <sup>a</sup>	1136 <sup>b</sup>	1206 <sup>b</sup>	105
12	1354 <sup>bc</sup>	1794 <sup>a</sup>	1244 <sup>c</sup>	1475 <sup>b</sup>	105

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en una misma fila muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

A pesar de que el consumo de forraje promueve el desarrollo muscular del rumen, estimula la rumia y el flujo de saliva dentro del rumen, las dietas basadas en granos han demostrado mayores consumos de materia seca, además cómo se comentó anteriormente, generan un mejor desarrollo del epitelio ruminal (Elizondo-Salazar y Monge-Rojas 2019). Esto se ve respaldado por las investigaciones desarrolladas por Elizondo-Salazar y Sánchez-Álvarez (2012) y Castro-Flores y Elizondo-Salazar (2012) donde comentan que el forraje puede disminuir el consumo de alimento balanceado, es un material de muy baja fermentación y además el resultado de dicha fermentación es el ácido acético, el cual no es utilizado por la pared del rumen para su desarrollo y crecimiento.

Esta teoría se ve reforzada por lo expuesto por Lanuza (2006), donde el autor recomienda que la ingesta de heno y material fibroso no se suministre en las primeras cuatro o cinco semanas de vida de las terneras. Además, establece que cuando se empiece a suministrar este material se ofrezca el heno de mejor calidad para que estas puedan aprovecharlo de la mejor manera.

Con base en lo anterior se puede analizar que el consumo promedio mostrado por las terneras en los diferentes tratamientos en las primeras cuatro semanas fue de 21 g diarios, lo

cual es una cifra bastante pequeña y no da un gran aporte en la dieta, por otro lado, analizando el consumo presentado entre la semana cuatro y ocho podemos ver un incremento de la ingesta del heno con un promedio de 85 g diarios lo cual muestra un aumento notable en el consumo de material fibroso. Analizando en su totalidad las ocho semanas se obtiene un consumo promedio de 53 g por día, un valor por encima de lo expuesto por Hill et al. (2019) donde obtuvieron consumos de 37 g en las primeras ocho semanas de vida, en este caso, hasta el destete.

El hecho de que las diferencias significativas se muestren hasta la octava semana de vida puede ser por el hecho de que en las primeras semanas el consumo diario de heno es mínimo, por lo cual todas presentan niveles muy similares, pero como se puede observar en el Cuadro 3 las terneras del grupo de leche pasteurizada empiezan a mostrar diferencias más marcadas en el peso. Esto concuerda con lo expuesto por Vargas-Ramírez y Elizondo-Salazar (2014) los cuales argumentan la posibilidad de que a mayor tamaño de una ternera va a poder expresar un mayor potencial de consumo de alimento.

### Consumo de leche

El consumo de leche mostrado por las terneras en los diferentes tratamientos se presenta en el Cuadro 11. No se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos, salvo en la semana dos donde las terneras del grupo de leche íntegra mostraron diferencias significativas con respecto al tratamiento de leche pasteurizada y mezcla.

**Cuadro 11.** Consumo de leche semanal por tratamiento.

Semana	Tratamientos				EEM
	Íntegra	Pasteurizada	Reemplazador	Reemp/Past	
0	22,5	22,1	22,9	22,2	0,41
1	21,0 <sup>a</sup>	19,9 <sup>b</sup>	20,6 <sup>ab</sup>	19,9 <sup>b</sup>	0,41
2	27,4	27,4	27,9	27,4	0,41
3	27,9	27,8	27,4	27,9	0,41
4	28,0	28,0	27,9	28,0	0,41
5	27,8	28,0	28,0	28,0	0,41
6	28,0	28,0	28,0	28,0	0,41
7	28,0	28,0	28,0	28,0	0,41
8	27,8	28,0	28,0	28,0	0,41
9	28,0	27,8	28,0	28,0	0,41
10	28,0	27,8	27,5	28,0	0,41
11	27,8	28,0	27,6	28,0	0,41
12	27,4	28,0	28,0	28,0	0,41

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en una misma fila muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Los consumos de leche promedio durante las doce semanas del estudio fue de 26,9 L semanales para los cuatro tratamientos. Además como se mencionó anteriormente, la semana 2 fue el único momento donde se logró encontrar diferencias significativas entre los tratamientos, esto al igual que en otros parámetros como el peso y las ganancias diarias de peso se debe a la presencia de un cuadro de diarrea en las terneras, las cuales presentaron dicho trastorno al séptimo día de vida, y como parte del procedimiento establecido por el sistema productivo se reducía drásticamente el consumo de la leche durante los días de enfermedad del animal aunado a la falta de apetito de las terneras. Por lo cual no se puede atribuir a un efecto de los tratamientos.

Según mencionan Khan et al. (2011) y Elizondo-Salazar (2010), la dieta líquida se debe suministrar en una cantidad correspondiente al 10% del peso al nacimiento de las terneras, y no aumentar dicha cantidad conforme crece el animal. En este estudio el peso promedio de todas las terneras al nacimiento fue de 25,35 kg; esto se traduce a un ofrecimiento de 2,5 L de leche al día por ternera. Sin embargo, como se muestra en la metodología, lo establecido por el sistema de producción es suministrar cuatro litros diarios de leche por ternera, por tanto con base en esta afirmación se puede interpretar un sobre ofrecimiento de la dieta líquida.

Al igual que con la dieta sólida, la leche comprende uno de los rubros más elevados a la hora de criar una ternera, en el caso de Elizondo-Salazar y Vargas-Ramírez (2015) representa un 35% del costo total, mientras que Elizondo-Salazar y Solís-Chaves (2018) determinaron que este abarcaba un 50,70% del costo total. Por lo que es de suma importancia generar un estudio del sistema productivo y descubrir un equilibrio entre el uso de dieta líquida y alimento balanceado, ya que la proporción en que se brinden dependerá de los costos del tipo de leche y alimento balanceado ofrecidos.

Aparte del tema monetario, un ofrecimiento alto de la dieta líquida puede generar otro tipo de problema, como lo mencionan Davis et al. (2011) y Khan et al. (2011), conforme se da un aumento en la cantidad de dieta líquida ingerida por la ternera, por un efecto de llenado, esta va a presentar una disminución en el consumo de dieta sólida, generando un problema a la hora de potenciar el desarrollo de las papilas ruminales, desembocando en una disminución de la funcionalidad del rumen, afectando así el aprovechamiento del forraje que será consumido en las siguientes etapas del animal.

Lo anterior se puede corroborar con los datos obtenidos por Elizondo-Salazar y Sánchez-Álvarez (2012) donde se investigó el efecto del consumo de alimento balanceado y

dieta líquida sobre el crecimiento y desarrollo ruminal, exponiendo un grupo a un consumo restringido de 4 L de dieta líquida y otro con una dieta intensiva de consumos mayores hasta alcanzar los 8 L diarios. Obteniendo como resultado un mejor desarrollo en el epitelio ruminal por parte del grupo con dieta líquida restringida, presentando papilas con 1,9 mm más largas, 0,7 mm más anchas y 0,3 mm más gruesas. Además los animales en este estudio no mostraron diferencias significativas en cuanto al peso desde el nacimiento hasta el destete.

Es de suma importancia destacar que en el tratamiento de leche de descarte pasteurizada no se produce un volumen fijo, por lo que puede presentarse el inconveniente de un déficit en la cantidad requerida para alimentar a los reemplazos. Según lo expuesto por Scott (2006) los sistemas productivos estudiados mostraron en algún momento un déficit en la cantidad de leche de descarte. Por lo cual surgen diferentes alternativas para poder solucionar la baja producción, siendo la más destacada, la adición de reemplazador lácteo para ajustar el volumen. Por esta razón, en este estudio se decidió analizar el rendimiento del tratamiento de mezcla de leche de descarte pasteurizada y reemplazador lácteo, como una solución ante una escasa producción de descarte.

Se procedió a realizar muestreos de las diferentes dietas líquidas para realizarles pruebas en laboratorio y poder determinar sus valores nutricionales, los cuales se presentan en el Cuadro 12. Esto con el fin de determinar los niveles de nutrientes en cada una de las dietas, y poder concluir si se presentaron diferencias significativas en el consumo de nutrientes.

**Cuadro 12.** Composición nutricional de las dietas líquidas.

Composición	Tratamientos			
	Íntegra	Pasteurizada	Reemplazador	Reemp/Past
Grasa	4,18	4,28	2,47	3,45
Proteína	3,53	3,49	2,86	3,20
Lactosa	4,56	4,61	5,72	5,02
Sólidos totales	13,05	13,12	13,00	13,04

### Consumo de nutrientes

Los datos obtenidos de consumo promedio de nutrientes en la dieta se presentan en el Cuadro 13. Se midió los niveles aportados de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) por parte de todos los componentes de la dieta de las terneras, por lo cual se contempló el consumo de la dieta líquida, el heno y el alimento balanceado. Como se puede

apreciar no se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos. Los datos de materia seca y proteína cruda se expresan en gramos, mientras que la energía metabolizable se expresa en Mcal.

**Cuadro 13.** Consumo promedio de nutrientes aportados por la dieta para los diferentes tratamientos.

Semana	Tratamientos											
	Íntegra			Pasteurizada			Reemplazador			Reemp/Past		
	MS	PC	EM	MS	PC	EM	MS	PC	EM	MS	PC	EM
1	2922	118	15	2770	114	15	2886	98	12	2787	107	13
2	4131	202	21	4237	222	21	4206	183	17	4030	180	19
3	4572	261	22	4858	303	23	4551	244	19	4473	237	20
4	5109	338	24	5000	312	23	5007	300	19	4930	292	21
5	5923	454	26	5316	338	24	5545	377	21	5680	395	23
6	6484	525	27	6156	464	26	7122	616	25	6237	477	24
7	7389	667	29	7307	642	29	8118	761	27	7676	697	28
8	8398	829	32	8627	815	32	9257	939	30	9222	924	32
9	9209	943	34	10286	1054	36	10400	1120	33	10501	1104	35
10	10831	1140	38	11123	1176	38	11270	1259	36	12089	1372	40
11	12843	1472	43	13317	1503	44	12719	1455	40	13455	1570	43
12	14312	1712	47	15160	1790	49	14092	1658	45	14893	1772	47
EEM	640	104	2	640	104	2	640	104	2	640	104	2

Gooden et al. (2005) en un estudio donde se comparó el rendimiento del crecimiento y la incidencia de enfermedad en las terneras alimentadas con leche de descarte pasteurizada y reemplazador lácteo, se encontraron diferencias significativas en cuando al crecimiento de los animales, presentando un mejor rendimiento el grupo alimentado con leche de descarte pasteurizada. Concluyeron que dicha diferencia era debido a la mayor cantidad de consumo de nutrientes por parte de las terneras alimentadas con la leche de descarte pasteurizada. Los autores mencionan que en anteriores estudios se ha demostrado que un aumento en el consumo de proteína en la dieta resulta en un aumento significativo en las ganancias de peso.

Los autores también mencionan que una ternera alimentada a base de leche entera, con 12,5% de sólidos y en una proporción del 10% de su peso corporal, por día consumirá aproximadamente 2,97 Mcal de energía metabolizable. En contraste con este escenario comentan que si una ternera consume 562 g/d de un sustituto de leche estándar que contiene 4,4 Mcal de energía metabolizable por kilo de materia seca, esta solo estará consumiendo 2,47 Mcal de energía metabolizable por día. Esta diferencia de consumo energético, que



aunque no es muy grande si se considera que es diaria, puede generar un gran impacto en el crecimiento del animal.

Por otro lado Piantoni et al. (2012) y Soberon et al. (2012) establecen la importancia del nivel de consumo de nutrientes, ya que estos se encuentran muy relacionados con el desarrollo del tejido mamario en las terneras, lo cual significa que con un mayor consumo de nutrientes se da un mejor desarrollo de la ubre, por ende, se pueden esperar mejores producciones de leche en la primer lactancia. Incluso Soberon et al. (2012) mencionan que en una comparación de un consumo de leche ad libitum y uno restringido, se encuentran diferencias significativas en el consumo de nutrientes por parte de las terneras que consumen la leche a libre consumo, y esto se ve reflejado en una mayor producción en la primera lactancia de 450 a 1300 kg más de leche.

### Recuento microbiológico

Los datos obtenidos de los análisis microbiológicos realizados en la leche de descarte antes y después del proceso de pasteurización se presentan en el Cuadro 14. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los resultados. Se obtuvo un efecto favorable en el tratamiento de la leche con una reducción de la carga bacteriana, que se ve reflejado mayormente en los valores de recuento total aerobio mesófilo y en el de coliformes totales, los cuales previo al proceso presentaban valores altos y posterior al tratamiento se logró recuperar el mínimo detectado por el análisis, lo cual genera una sensación favorable ante el proceso de pasteurización.

**Cuadro 14.** Recuentos microbiológicos en muestras de leche pre-pasteurización y post-pasteurización.

Muestra	N	Recuento total aerobio mesófilo (UFC/ml)	NMP coliformes totales (NMP/ml)	NMP Escherichia coli (NMP/ml)
Leche pre-pasteurización	6	$4,7 \times 10^6 \pm 6,6 \times 10^6$ <sup>b</sup>	$467 \pm 320$ <sup>b</sup>	$4 \pm 2$
Leche post-pasteurización	6	$< 3$ <sup>a</sup>	$< 3$ <sup>a</sup>	$< 3$

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en una misma columna muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Según se establece en el Reglamento Técnico de Costa Rica RTCR: 401-2006. Leche cruda y leche higienizada, el valor máximo recomendado para el recuento de coliformes totales es de 500 UFC/ml, mientras que el valor máximo permitido es de 2000 UFC/ml, lo cual nos

permite observar que la leche íntegra producida en la finca, a pesar de estar cerca del límite máximo recomendado, cumple con la normativa establecida (Decreto N° 33812, 2007).

Por su parte la concentración de *Escherichia coli* también se vio reducida, aunque no tan significativo por su baja concentración desde antes del tratamiento, esto es de suma importancia ya que según expresa Ferrús et al. (2015) a pesar de que la mayoría de cepas de *E. coli* son inofensivas y viven en el intestino de animales sanos, existen cepas las cuales poseen propiedades patogénicas, con diferentes mecanismos de patogenicidad, por lo cual puede ser un foco de infección en las terneras, aumentando así el costo de producción de estas. La presencia de este microorganismo puede darse por contaminación fecal, directa o indirecta, o en leche mastítica.

Además, se establece que el recuento de coliformes totales post pasteurización tiene un máximo recomendado de 3 NMP/ml y un máximo permitido de 9,4 NMP/ml, mientras que la recuperación de *E. coli* tiene un máximo permitido de < 3 NMP/ml, lo que indica que el proceso de pasteurización en la leche de descarte fue satisfactorio, aún para los estándares de consumo humano.

En un estudio realizado por Aust et al. (2013), en el que utilizaron un equipo de pasteurización igual al utilizado en este ensayo y donde también se midió el recuento total aerobio y la cantidad de coliformes presentes en la leche, se puede observar que de igual manera se obtuvo un efecto positivo en ambas mediciones tras la aplicación de la pasteurización. Con respecto al recuento total aerobio se presenta un valor promedio de  $6,6 \times 10^4$  antes del tratamiento y un promedio de  $1,2 \times 10^3$  post tratamiento, lo cual a pesar de seguir siendo un valor considerablemente alto muestra una gran mejoría.

Por su parte Salazar (2017) en un estudio sobre el efecto de la pasteurización en el calostro sobre la absorción de las inmunoglobulinas en terneras, muestra nuevamente un resultado homólogo al observado en el estudio, en donde hubo diferencias significativas entre los resultados de conteo de coliformes totales y *E. coli*, ratificando nuevamente la efectividad del proceso de pasteurización sobre el contenido microbiológico de la leche.

Según lo expuesto por Brousett-Minaya et al. (2015) el recuento de bacterias mesófilas aerobias y *E. Coli*, permiten valorar la calidad higiénica de la leche, estos parámetros están directamente relacionados con factores como la calidad del agua utilizada en la explotación, la higiene a la hora del ordeño, limpieza del personal equipo y personal de ordeño, además de

la calidad de enfriamiento de la leche. Además, establecen que los límites permitidos en leche cruda de recuentos mesófilos aerobios son de  $1 \times 10^6$  ufc/ml.

Al analizar lo anterior se puede observar que el valor obtenido en este estudio del recuento aerobio mesófilo se encuentra ligeramente por encima del límite estipulado por Brousett-Minaya et al. (2015), esto se puede atribuir a que la leche destinada a pasteurización es la leche de descarte, la cual en la mayoría de casos es leche mastítica o con altos conteos en células somáticas, además, esta leche al ser destinada para el proceso de pasteurización conllevaba un proceso de almacenaje diferente, el cual no era tan efectivo en el cumplimiento de las temperaturas requeridas.

### Costos

Los costos por litro de leche obtenidos para cada uno de los tratamientos se presentan en el Cuadro 15. Los valores oscilaron entre los ¢209 y los ¢341 siendo el reemplazador de leche el tratamiento más barato, mientras que la leche de descarte pasteurizada fue la más cara.

El coste de utilizar la leche producida en la finca acarrea una gran inversión en la alimentación de las terneras, ya que resulta en prescindir de una ganancia de dinero por parte de la venta de esta, por su parte la leche de descarte pasteurizada aunque podría considerarse que su valor puede ser menor, se debe considerar los costos de electricidad, siendo la única que tiene dicho costo y además de la gran cantidad de agua que se requiere para llevar a cabo el enfriamiento de la leche después de la pasteurización.

**Cuadro 15.** Costos de producción de un litro de leche para cada uno de los tratamientos.

Costos (¢)	Tratamientos			
	Íntegra	Pasteurizada	Reemplazo	Reemp/Past
Litro de leche	320,0	320,0	195,0	257,5
Mano de obra	11,3	12,3	13,3	15,4
Agua	0,0	2,3	0,4	1,3
Electricidad	0,0	6,6	0,0	0,0
Total	331,3	341,2	208,7	274,2

En el Cuadro 16 se expresan las diferencias de costos entre los diferentes rubros que se utilizaron para determinar el costo de producción de una ternera hasta el destete en cada uno de los tratamientos. Se mantiene el mismo patrón con respecto al costo por litro de leche,

donde el reemplazador lácteo es el que genera menor cantidad de costos mientras que la leche de descarte pasteurizada se muestra como el tratamiento de mayor coste, debido a que entre los costos analizados la dieta líquida tiene un porcentaje importante en el costo, el cual ronda entre el 78 y 87% del costo total.

**Cuadro 16.** Comparación de costos de producción de una ternera al destete para los diferentes tratamientos

Costos (¢)	Tratamientos			
	Íntegra	Pasteurizada	Reemplazo	Reemp/Past
Dieta líquida	115.801	118.980	72.998	95.780
Concentrado	13.635	13.622	14.910	14.776
Heno	794	1.087	735	893
Medicamentos	4.069	3.497	5.154	3.778
Total	134.300	137.186	93.797	115.228
Costo/Kg	3.207	2.913	2.653	2.750

Es importante destacar que a pesar de ser el tratamiento más económico el grupo con reemplazador de leche tuvo la mayor inversión en medicamentos por ternera, lo cual se confirma como el tratamiento con mayor incidencia de enfermedades, además de esto se muestra como el tratamiento con mayor inversión en alimento balanceado.

Si se analiza el costo por kilogramo de peso ganado en las terneras, se podría comparar de una manera más acertada el costo de cada tratamiento, ya que se estandarizaría en la información, por lo que podemos ver que el tratamiento de reemplazador lácteo se perfila como la mejor opción para el desarrollo de terneras por ser el más económico, sin embargo, es importante recordar que este tratamiento fue el que presentó las menores ganancias de peso diarias y por ende alcanzaron un menor peso al destete, de hasta 14 kg de diferencia con respecto al estándar establecido por Solano y Vargas (1997), por lo que es importante analizar todo el panorama a la hora de inclinarse por dicha opción.

Esto se ve reafirmado con el hecho de que en este estudio se promedió, a lo largo de los tres meses pre-destete, la cantidad de leche necesaria por tratamiento para lograr la ganancia de un kilogramo de peso, donde se obtuvieron valores de 8,35 L para la leche íntegra; 7,41 L para la leche pasteurizada; 9,89 L para el reemplazador de leche y 8,34 L para la mezcla, lo cual hace analizar que si un sistema productivo maneja un plan de destete con base

en peso y no en tiempo, requerirá una mayor cantidad de leche y tiempo para poder alcanzar la meta esperada en el caso del reemplazador de leche.

En un estudio realizado por Elizondo-Salazar y Solís-Chavez (2018) donde se realizó la estimación del costo de una ternera desde el nacimiento hasta el primer parto, obtuvieron que el costo de producción de una ternera en sus primeros tres meses fue de ¢205.948, esto incluyendo todos los rubros que involucran la crianza de la misma, entre estos se puede destacar que el costo de la leche íntegra fue de ¢104.160, siendo dicho costo bastante similar con respecto a lo obtenido a este estudio, tomando en cuenta que el valor por litro de leche asignado por los autores fue de ¢310. Por otro lado, en el costo del alimento balanceado se encontró una diferencia marcada ya que los autores determinaron que el costo del concentrado era de ¢27.188 lo cual se puede atribuir a un mayor consumo por parte de las terneras, además de una dieta con un costo más elevado.

Ante la opinión de que la leche de descarte no se le puede asignar el mismo valor que la leche íntegra, ya que se considera injusto para este tratamiento, se procedió a estimar un panorama en el cual la leche de descarte pasteurizada se le atribuyera un valor de 50% del costo por kilogramo de leche íntegra. Por otro lado, la leche de descarte al ser considerada en muchos sistemas productivos como un desecho que no tiene un valor alguno, ya que se elimina como un producto el cual no se le obtiene ningún beneficio, se procedió a estimar otro panorama en el cual se le asignó un valor de ¢0. Esto con el fin de generar escenarios según las diferentes perspectivas de la leche de descarte (Cuadro 17).

**Cuadro 17.** Costo de producción del litro de leche según el valor asignado al descarte

Costos (¢)	Pasteurizada (100%)	Pasteurizada (50%)	Pasteurizada (0%)
Litro de leche	320,0	160,0	0,0
Mano de obra (L)	12,3	12,3	12,3
Agua (L)	2,3	2,3	2,3
Electricidad (L)	6,6	6,6	6,6
Total	341,2	181,2	21,2

Como se puede observar, dependiendo de la opinión referente al costo de la leche de descarte pasteurizada se pueden presentar diferencias muy significativas en cuanto al costo por litro de leche. Ante la perspectiva de que el costo del litro de leche sea de ¢21 el costo total

de la dieta líquida sería de ¢7.394, generando que el costo final de producción de una ternera al destete, sumando el consumo de alimento, heno y medicamentos, sea de ¢25.600. Mientras que si el costo del litro de leche es de ¢181, el costo de la dieta líquida sería de ¢63.194, generando que el costo final de destetar a una ternera sea de ¢81.400.

Dicha diferencia en los costos provoca que se convierta en una opción más atractiva para el desarrollo de las terneras, ya que se convierte en una alternativa más económica si la comparamos con el costo total de producción de los diferentes tratamientos. Esto genera un panorama en el que el ahorro generado por la aplicación de este tratamiento se pueda obtener una recuperación de la inversión realizada en el equipo de pasteurización. Caso contrario a lo que sucede si se le asigna a la leche de descarte el mismo valor que la leche íntegra, ya que este se convierte en el tratamiento más caro y por ende no habría una recuperación en la inversión del equipo.

Ante un panorama de recuperación de la inversión en el equipo de pasteurización, en el Cuadro 18 se procedió a calcular el ahorro monetario generado al destete en un caso hipotético donde se compara el uso de los diferentes tratamientos en comparación al de leche pasteurizada (0%) con un valor de ¢21/L, se estimó tres escenarios distintos en los cuales se contemplaban diferentes volúmenes de terneras en crianza (25, 50 y 100), esto con el fin de ejemplificar diferentes sistemas de producción.

**Cuadro 18.** Estimación del ahorro en la producción con el uso de la leche de descarte pasteurizada (0%) con respecto a otra dieta líquida.

Dieta	Número de terneras		
	25	50	100
Reemplazador	¢1,706,893.22	¢3,413,786.43	¢6,827,572.87
Reemp/Past	¢2,241,851.82	¢4,483,703.65	¢8,967,407.30
Íntegra	¢2,719,799.07	¢5,439,598.15	¢10,879,196.30

Como se puede observar a simple vista, a mayor cantidad de animales se destetan es mayor el ahorro que se produce, además de que el tratamiento de leche íntegra es en el cual se genera el mayor ahorro monetario al cabo de tres meses cuando se destetan los animales. Para estimar el tiempo de recuperación en la inversión del equipo es importante denota que el pasteurizador tiene un costo de ¢5.500.000. Por tanto en comparación a un grupo de 100 animales que se alimentan con leche íntegra, un grupo alimentado con leche de descarte del

mismo tamaño recuperaría la inversión en un mes y medio. Sin embargo el caso más lento sería con un grupo de 25 animales con reemplazador lácteo, ya que la inversión se recuperaría al cabo de diez meses.

Por otro lado, en caso de aplicar dicha comparación con la leche de descarte pasteurizada con un costo del 50%, es claro que se retardaría más el reintegro de la inversión realizada en el equipo, ya que en el panorama más favorable deben de transcurrir tres meses, mientras que en el panorama menos favorable deben transcurrir aproximadamente cuatro años y medio para poder empezar a percibir ganancias con la implementación.

## CONCLUSIONES

Se presentaron diferencias significativas en todos los parámetros morfológicos como lo son el peso de la ternera, las ganancias diarias de peso, altura a la cruz, altura a la cadera y circunferencia torácica, siendo el grupo de terneras de leche de descarte pasteurizada las que presentaron un mejor rendimiento en dichos parámetros

Los consumos de alimento, tanto líquido como sólido presentaron diferencias significativas. Sin embargo a nivel de nutrientes no se presentaron diferencias significativas.

El tratamiento con menor costo económico para producir una ternera al destete fue el de reemplazador de leche, sin embargo, fue el tratamiento con menor rendimiento en peso y ganancias de peso, además de una mayor incidencia de enfermedades, por lo cual es importante analizar el costo beneficio de aplicar dicho tratamiento.

El tratamiento de leche de descarte pasteurizada fue el que presentó el costo de producción por ternera más elevado, lo que dificulta el panorama para una recuperación en la inversión del equipo. Sin embargo, si se considera que el valor de esta leche es equivalente únicamente al costo del procesamiento durante la pasteurización se puede percibir una recuperación de la inversión en un período menor a un año, dependiendo de la cantidad de animales producidos en el sistema.

Al considerarse la leche íntegra como la mejor opción para la alimentación de las terneras en los sistemas de producción, se considera satisfactorio el rendimiento de la leche de descarte pasteurizada, ya que siempre tuvo un comportamiento similar o incluso mejor en algunos casos, lo que lo convierte en una excelente opción en la crianza de reemplazos.

El tratamiento de mezcla de leche de descarte pasteurizada y reemplazador de leche presentó un comportamiento intermedio entre los dos tratamientos por separado, lo cual muestra un efecto positivo de la leche de descarte pasteurizada sobre el reemplazador de leche. Por lo que se convierte en una opción viable cuando no se produce la cantidad suficiente de descarte para alimentación de las terneras.

El proceso de pasteurización presentó el comportamiento deseado, presentándose como un tratamiento efectivo para la reducción de la carga bacteriana. Sin embargo, la finalidad del estudio no es promover la producción de leche de descarte o considerarlo como algo positivo en una producción, sino que, siendo un aspecto inevitable en un sistema de producción exista una alternativa para el mejor aprovechamiento de este.



## **RECOMENDACIONES**

Considerando los resultados obtenidos y la importancia del sector lechero en el país y la apertura de nuevos mercados internacionales, es importante continuar con estudios similares para poder obtener mayor respaldo científico para la aplicación de nuevas tecnologías con el fin de poder reducir costos en los sistemas productivos en pro de una producción más eficiente.

Por parte de los productores debe existir un mayor compromiso a la hora de analizar y cuantificar la producción de los reemplazos en la lechería, ya que estos representan una de las mayores inversiones en una lechería, que lleva a un entorpecimiento en la eficiencia y un estancamiento en la mejoría de la producción.

## LITERATURA CITADA

- Almeyda, J. 2012. Producción de ganado vacuno lechero en sierra. Lima, Perú. Editorial OAEPS-UNALM. 42 p.
- 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(6):1091-1103.
- Barquero, M. 2017. Lecheros corren para enfrentar mayor apertura comercial. *La Nación*, San José, Costa Rica. Consultado: 8 de abril del 2018 en <https://www.nacion.com/economia/agro/lecheros-corren-para-enfrentar-mayor-apertura-comercial/7ZLFKMAMPVBTDD7H3GOHK3MGTE/story/>
- Barrientos, O; Villegas, L. 2010. Cadena productiva de leche: Políticas y Acciones. San José, Costa Rica. Consultado: 8 de abril del 2018 en <http://www.infoagro.go.cr/MarcoInstitucional/Documents/Pol%C3%Adticas%20de%20a%20Leche.pdf>.
- Bayril, T; Yilmaz, O; Çak, B. 2015. Growth performances of female and male holstein calves fed milk and milk replacers. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine Istanbul University* 41(1):1-5.
- Brousett-Minaya, M; Torres, A; Chambi, A; Mamani, B; Gutiérrez, H. 2015. Calidad fisicoquímica , microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la región Puno – Perú. *Scientia Agropecuaria*. 6(3):165-176.
- Butler, JA; Sickles, SA; Johanns, CJ; Rosenbusch, RF. 2000. Pasteurization of discard mycoplasma mastitic milk used to feed calves: Thermal effects on various mycoplasma. *Journal of Dairy Science*. 83(10):2285-2288.
- 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.
- Castro-Flores, P; Elizondo-Salazar, J. 2012. Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos. *Agronomía Mesoamericana*. 23(2):343-352.

- Cerqueira, JOL; Araújo, JPP; Vaz, PS; Cantalapiedra, J; Blanco-Penedo, I; Niza-Ribeiro, JJR. 2013. Relationship between zoometric measurements in holstein-friesian cow and cubicle size in dairy farms. *International Journal of Morphology* 31(1):55-63.
- Conneely, M; Berry, DP; Murphy, JP; Lorenz, I; Doherty, ML; Kennedy, E. 2014. Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 97(11):6991-7000.
- Davis, C; Drackley, J. 1998. The development, nutrition, and management of the young calf. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Davis, L; Vandehaar, M; Wolf, C; Liesman, J; Chapin, L; Weber, M. 2011. Effect of intensified feeding of heifer calves on growth , pubertal age , calving age , milk yield , and economics. *Journal of Dairy Science*. 94(7):3554-3567.
- Decreto N° 33812. Reglamento Técnico: RTCR: 401-2006. Leche cruda y leche higienizada. San José, Costa Rica. 6 de febrero del 2007.
- Demateis, F. 2015. Caracterización de la crianza de terneras en establecimientos lecheros del partido de Trenque Lauquen. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Consultado 8 de abril del 2018 en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_mt2015\\_demateis\\_caracterizacion\\_crianza.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_mt2015_demateis_caracterizacion_crianza.pdf)
- Donovan, G; Dahoo, I; Montgomery, D; Bennett, F. 1998. Associations between passive transfer immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Prevent. Veterinary Medicine*. 34:31-46.
- Drackley, JK. 2008. Calf nutrition from birth to breeding. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*. 24(1):55-86.
- Elizondo-Salazar, JA. 2007. Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*. 18(2):271-281.
- Elizondo-Salazar J; Heinrichs J. 2007. Pasteurization of non-saleable milk. *Dairy Animal Science* 7: 1-10.
- Elizondo-Salazar, JA. 2008. Destete temprano en terneras: Reduce los costos de alimentación y mano de obra. *ECAG-Infoma*. 43:46-49.

- Elizondo-Salazar, JA; Heinrichs, AJ. 2009. Feeding heat-treated colostrum to neonatal dairy heifers: Effects on growth characteristics and blood parameters. *Journal of Dairy Science*. 92(7):3265-3273.
- Elizondo-Salazar, JA. 2010. Estrategias para aumentar el consumo de concentrado en terneras, en etapa pre-destete. *ECAG Informa* 53:38-40.
- Elizondo-Salazar, JA; Jones, CM; Heinrichs, AJ. 2010. Evaluation of calf milk pasteurization systems on 6 Pennsylvania dairy farms. *Journal of Dairy Science* 93(11):5509-5513.
- Elizondo-Salazar, J; Rojas-Orozco, G. 2011. Utilización de la leche de desecho para la alimentación de terneras de lechería. *ECAG Informa*. 56:62-65.
- Elizondo-Salazar, J; Sánchez-Álvarez, M. 2012. Efecto del consumo de dieta líquida y el alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. *Agronomía Costarricense*. 36(2):81-90.
- Elizondo-Salazar; JA. 2012. Alimentación de reemplazos de lechería. *Ventana lechera*. 6(20):42-53
- Elizondo-Salazar, JA. 2013. Requerimientos de proteína para terneras de lechería. *Nutrición Animal Tropical*. 7(1):40-50.
- Elizondo-Salazar, JA. 2015. La crianza de terneras pilar de la eficiencia en fincas lecheras. *Horizonte Lechero*. 9(6):18-21.
- Elizondo-Salazar, J; Vargas-Ramírez, A. 2015. Determinación del costo de la crianza de terneras desde el nacimiento hasta el destete de una lechería comercial especializada. *Nutrición Animal Tropical*. 9(2):1-10.
- Elizondo-Salazar, JA. 2016. Pasteurización de leche de descarte en explotaciones lecheras. *Horizonte lechero*. 2:54-58.
- Elizondo-Salazar, JA; Solís-Chaves, HA. 2018. Costo de criar una ternera lechera de reemplazo desde el nacimiento al parto. *Agronomía Mesoamericana*. 29(3):547-555.
- Ferrús, M; Barat, J; Conchello, M; Guix, S; Palop, A; Santos, J. 2015. Informe sobre los riesgos microbiológicos asociados al consumo de leche cruda y productos lácteos elaborados a base de leche cruda. *Revista del Comité Científico AECOSAN*. 21(4):45-78.

- Garzón, BQ. 2007. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. *Revista Electrónica de Veterinaria* VIII:1-39.
- Gooden, S; Fetrow, J; Feirtag, J; Green, L; Wells, S. 2005. Economic analysis of feeding pasteurized nonsaleable milk versus conventional milk replacer to dairy calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 226(9):1547-1554.
- Godden, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice* 24(1):19-39.
- Hammon, HM; Steinhoff-Wagner, J; Flor, J; Schönhusen, U; Metges, CC. 2012. Role of colostrum and colostrum components on glucose metabolism in neonatal calves. *Journal of Animal Science* (32):1-36.
- Hand, MS; Hunt, E; Phillips, RW. 1985. Milk replacers for the neonatal calf. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice* 1(3):589-608.
- Heinrichs J. 2006. Calf Track calf management training system. The Pennsylvania State University. 86 p.
- Heinrichs, J; Jones, C. 2016. Monitoring dairy heifer growth. The Pennsylvania State University. 5 p.
- Hill, TM; Li, HGB; Aldrich, JM; Schlotterbeck, RL. 2008. Effects of the amount of chopped hay or cottonseed hulls in a textured calf starter on young calf performance. *Journal of Dairy Science*. 91(7):2684-2693.
- Hill, TM; Dennis, TS; Quigley, JD; Schlotterbeck, RL. 2019. Effects of free-choice hay on intake and growth of Holstein calves fed a textured starter to 2 months of age. *Applied Animal Science*. 35(2):161-168.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), 2017. Encuesta nacional agropecuaria 2017. Datos de la ganadería vacuna y porcina. San José, Costa Rica. Consultado: 21 de noviembre del 2019 en <http://inec.cr/sites/default/files/infografias-pdf/imgena2017ganado.pdf>
- Johnson J; Godden S; Molitor T; Ames T; Hagman D. 2007. Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immune and nutritional parameters in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 90:5189-5198.

- 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.
- Khan, MA; Weary, DM; Keyserlingk, MAG Von. 2011. Effects of milk ration on solid feed intake , weaning , and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. 94(3):1071-1081.
- Lanuza, F. 2006. Crianza de terneros y reemplazos de lechería. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletín Inia N° 148 Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. 109-128.
- Lukuyu, MN; Gibson, JP; Savage, DB; Duncan, AJ; Mujibi, FDN; Okeyo, AM. 2016. Use of body linear measurements to estimate liveweight of crossbred dairy cattle in smallholder farms in Kenya. *SpringerPlus* 5(1):1-14.
- Mahecha, L; Angulo, J; Manrique, LP. 2002. Estudio bovinométrico y relaciones entre medidas corporales y el peso vivo en la raza Lucerna. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15(1):80-87.
- Maynou, G; Migura-Garcia, L; Chester-Jones, H; Ziegler, D; Bach, A; Terré, M. 2017. Effects of feeding pasteurized waste milk to dairy calves on phenotypes and genotypes of antimicrobial resistance in fecal *Escherichia coli* isolates before and after weaning. *Journal of Dairy Science*. 100(10):7967-7979.
- Monge-Rojas, C; Elizondo-Salazar, JA. 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.
- Moore, DA; Taylor, J; Hartman, ML; Sischo, WM. 2009. Quality assessments of waste milk at a calf ranch (en línea). *Journal of Dairy Science*. 92(7):3503-3509.
- Osaka, I; Matsui, Y; Terada, F. 2014. Effect of the mass of immunoglobulin (Ig)G intake and age at first colostrum feeding on serum IgG concentration in Holstein calves. *Journal of Dairy Science*. 97(10):6608-6612.

- Piantoni, P; Daniels, K; Everts, R; Rodriguez-Zas, S; Lewin, H; Hurley, W; Akers, R; Loor, J. 2012. Level of nutrient intake affects mammary gland gene expression profiles in preweaned Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. 95(5):2550-2561.
- Salazar, E. 2017. Efecto de la pasteurización de calostro de diferente calidad sobre la absorción de inmunoglobulinas en terneras Holstein. Tesis de licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 45 p.
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT 9.1 User's guide. Version 9.1 ed. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Scott, M. 2006. Viability of waste milk Pasteurization systems for calf feeding systems. Tesis de maestría en Ciencias Animales. Blacksburg, Estados Unidos, Virginia Polytechnic Institute and State University. 104p.
- Soberon, F; Raffrenato, E; Everett, W; Van Amburgh, M. 2012. Prewearing milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 95(2):783-793
- Solano, C; Vargas, B. 1997. El crecimiento de novillas de reemplazo en fincas lecheras de Costa Rica. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 5(1):21-36.
- Stabel, JR. 2001. On-Farm Batch Pasteurization Destroys *Mycobacterium paratuberculosis* in Waste Milk. *Journal of Dairy Science*. 84(2):524-527.
- Stabel, JR; Hurd, S; Calvente, L; Rosenbusch, RF. 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(7):2177-2183.
- 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.
- Ugur, F. 2005. Relationships between body measurement of dairy calves at six month of ages and age at first calving and milk production. *Journal of Central European Agriculture*. 6(2):191-194.

- Uys, JL; Lourens, DC; Thompson, PN. 2011. The effect of unrestricted milk feeding on the growth and health of Jersey calves. *Journal of the South African Veterinary Association*. 82(1):47-52.
- Vargas, F. 2008. Comparación de ganancias de peso en bovinos. *Agronomía Mesoamericana*. 19(2):227-232.
- 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.
- Yumibe, B. 2017. Crianza de becerras: Todo un ciclo. Torreón, México. Consultado: 12 de octubre del 2019 en <https://mexico.altagenetics.com/crianza-becerras-ciclo/>
- Zou, Y; Wang, Y; Deng, Y; Cao, Z; Li, S; Wang, J. 2017. Effects of feeding untreated , pasteurized and acidified waste milk and bunk tank milk on the performance , serum metabolic profiles , immunity , and intestinal development in Holstein calves. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 8(53):1-11.