

Universidad técnica Nacional

Sede de Atenas

Carrera

Ingeniería en Sistemas de Producción Animal

Evaluación del ofrecimiento de dos niveles de reemplazador lácteo por medio de un alimentador automático sobre diferentes parámetros de crecimiento y desarrollo ruminal en reemplazos de lechería desde el nacimiento hasta el destete.

Trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería en Sistemas de Producción Animal.

Elaborado por:

Maricela Acuña Vargas

Glenda V. Villegas Solórzano

Atenas , Costa Rica

2023

Acta de Aprobación



Sede Atenas

ACTA

A los 12 días del mes de diciembre del año 2022, estando presentes en la Sede de Atenas, las siguientes personas: Jorge Elizondo Salazar, José Fabio Alpizar, Luis Alejandro Rodríguez (en forma virtual), Héctor León Hidalgo y César Solano Patiño, en su condición de miembros del Tribunal Evaluador, para evaluar el Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Sistemas de Producción Animal, de la estudiante **Maricela Acuña Vargas** cédula de identidad número 207540758.

Reunido el Tribunal Evaluador y la aspirante, ésta procedió a defender su Trabajo Final de Graduación: "**Evaluación del ofrecimiento de dos niveles de reemplazador lácteo por medio de un alimentador automático sobre diferentes parámetros de crecimiento y desarrollo ruminal en reemplazos de lechería desde el nacimiento hasta el destete**"

Concluida la defensa del Trabajo Final de Graduación, el Tribunal Evaluador consideró que de conformidad con la normativa en la materia, la estudiante obtuvo una calificación de 88, cumpliendo con las exigencias requeridas para la aprobación del Trabajo Final de Graduación y le es conferido el grado de Licenciada en Ingeniería en Sistemas de Producción Animal.

Nombres y firmas del tribunal y el estudiante:

César Solano Patiño (Director de Carrera)

Jorge Elizondo Salazar (Tutor)

Luis Alejandro Rodríguez Campos (Lector)

José Fabio Alpizar Bonilla (Lector)

Héctor León Hidalgo (Representante del Sector Productivo)

Maricela Acuña Vargas (Estudiante)

A vertical column of handwritten signatures on a document. From top to bottom, the signatures correspond to the names listed in the text: César Solano Patiño, Jorge Elizondo Salazar, Luis Alejandro Rodríguez Campos, José Fabio Alpizar Bonilla, Héctor León Hidalgo, and Maricela Acuña Vargas. The signatures are written in black ink on a white background.

Acta de Aprobación



Sede Atenas

ACTA

A los 12 días del mes de diciembre del año 2022, estando presentes en la Sede de Atenas, las siguientes personas: Jorge Elizondo Salazar, José Fabio Alpizar, Luis Alejandro Rodríguez (en forma virtual), Héctor León Hidalgo y César Solano Patiño, en su condición de miembros del Tribunal Evaluador, para evaluar el Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Sistemas de Producción Animal, de la estudiante **Glenda Virginia Villegas Solorzano** cédula de identidad número 207340086.

Reunido el Tribunal Evaluador y la aspirante, ésta procedió a defender su Trabajo Final de Graduación: "**Evaluación del ofrecimiento de dos niveles de reemplazador lácteo por medio de un alimentador automático sobre diferentes parámetros de crecimiento y desarrollo ruminal en reemplazos de lechería desde el nacimiento hasta el destete** "

Concluida la defensa del Trabajo Final de Graduación, el Tribunal Evaluador consideró que de conformidad con la normativa en la materia, la estudiante obtuvo una calificación de 88, cumpliendo con las exigencias requeridas para la aprobación del Trabajo Final de Graduación y le es conferido el grado de Licenciada en Ingeniería en Sistemas de Producción Animal.

Nombres y firmas del tribunal y el estudiante:

César Solano Patiño (Director de Carrera)

Jorge Elizondo Salazar (Tutor)

Luis Alejandro Rodríguez Campos (Lector)

José Fabio Alpizar Bonilla (Lector)

Héctor León Hidalgo (Representante del Sector Productivo)

Glenda Virginia Villegas Solorzano (Estudiante)

This block contains the handwritten signatures of the five members of the evaluation tribunal and the student. The signatures are written in blue ink. From top to bottom, they correspond to: César Solano Patiño, Jorge Elizondo Salazar, Luis Alejandro Rodríguez Campos, José Fabio Alpizar Bonilla, Héctor León Hidalgo, and Glenda Virginia Villegas Solorzano. Each signature is written over a horizontal line.

DECLARACIÓN JURADA

Yo Maricela Acaña Vargas portadora de la cédula de identidad número 2-0754-0758 y Glenda Virginia Villegas Solórzano portadora de la cédula de identidad número 2-0734-0086 estudiantes de la Universidad Técnica Nacional, UTN en la carrera de Ingeniería en Sistemas de Producción Animal, conocedoras (s) de las sanciones legales con que la Ley Penal de la República de Costa Rica castiga el falso testimonio y el delito de perjurio que pueda ocasionarse ante el (la) Director (a) de Carrera y quienes constituyen el Tribunal Examinador de este trabajo de investigación, juramos solemnemente que este trabajo de investigación es una obra original respetando las leyes y que ha sido elaborada siguiendo las disposiciones exigidas por la Universidad Técnica Nacional, UTN así como con los derechos de autor.

En fe de lo anterior, firmamos en la ciudad de Atenas, a los veinticuatro días del mes de abril del dos mil veintitrés.



Maricela Acaña Vargas
Cédula 2-0754-0758




Glenda Virginia Villegas Solórzano
Cédula 2-0734-0086

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Evaluador como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Sistemas de Producción Animal



César Solano Patiño
Director de Carrera



Jorge Elizondo Salazar
Tutor del TFG



Luis Alejandro Rodríguez Campos
Lector TFG



José Fabio Alpizar Bonilla
Lector TFG



Héctor León Hidalgo
Representante del sector productivo

I. TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO

I. Tabla de contenidos	VI
II. Índice de cuadros	VIII
III. Índice de figuras	IX
IV. Agradecimientos	X
V. Resumen.....	XI
VI. INTRODUCCIÓN.....	1
VII. Objetivos	3
1. Objetivo general:.....	3
2. Objetivos específicos:.....	3
VIII. Marco Teórico	4
1. Crianza y desarrollo de terneras	4
Sistemas de crianza	5
• Convencional.....	5
• Intensivo.....	6
2. Costos en la crianza y desarrollo de las terneras.....	8
• El estómago de una ternera recién nacida	9
• Desarrollo del rumen	10
• Gotera esofágica	12
• Microorganismos en los rumiantes.....	13
• Ácidos grasos volátiles	17
3. Importancia de la alimentación en las terneras.....	18

• Calostro	19
• Reemplazador lácteo	22
• Alimento balanceado	23
• Agua	24
4. Desarrollo productivo	25
• Ganancia de peso	27
• Altura.....	27
• Circunferencia Torácica.....	28
IX. Materiales y métodos	29
X. Resultados y discusión	38
XI. Conclusiones y recomendaciones	55
XII. Literatura citada.....	56
XIII. Anexos.....	65

II. ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación funcional de las bacterias ruminales.	14
Cuadro 2. Clasificación de los principales protozoos ruminales con los substratos de fermentación preferentes.	15
Cuadro 3. Composición típica del calostro y leche de transición.	20
Cuadro 4. Generalidades de edad, peso, y ancho de peso.	26
Cuadro 5. Peso según la edad y la raza en ganado de leche.	26
Cuadro 6. Perfil nutricional de alimento balanceado a ofrecer a las terneras.	32
Cuadro 7. Consumo semanal de alimento balanceado (materia seca, g) de las terneras para los diferentes tratamientos.	38
Cuadro 8. Consumo semanal de reemplazador lácteo (MS, kg) de las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.	39
Cuadro 9. Consumo semanal total de proteína cruda (g) en las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.	40
Cuadro 10. Consumo semanal total de energía metabolizable (Mcal) en las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.	41
Cuadro 11. Peso (kg) semanal de las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.	43
Cuadro 12. Altura a la cadera (cm) semanal de las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.	45
Cuadro 13. Circunferencia torácica (cm) semanal de las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.	47
Cuadro 14. Peso de los comportamientos estomacales en los animales para los diferentes tratamientos.	48
Cuadro 15. Peso de los comportamientos estomacales en los animales para los diferentes tratamientos.	49
Cuadro 16. Costo total del experimento.	53
Cuadro 17. Costo total de alimentación en los diferentes tratamientos.	53

III. ÍNDICE DE FIGURAS

Anexo 1. Ternera dentro de maquina automatizada, alimentándose según su ración. ...	54
Anexo 2. Ternera dentro del “igloo”, donde están alojadas durante los primeros 3 días de nacidas, para luego ser pasadas a los corrales grupales.....	55
Anexo 3. Realizando la separación de órganos, de uno de los animales seleccionados para realizar el análisis ruminal.....	56
Anexo 4. División del plano de las paredes del rumen	57
Anexo 5. Cortes de las dimensiones del plano del rumen.....	58
Anexo 6. Registro de datos.....	59
Anexo 7. Mediciones de las papilas ruminales en el estereoscopio	60
Anexo 8. Mediciones en el estereoscopio	61

IV. AGRADECIMIENTOS

Primeramente, queremos agradecerles a Dios y a la Virgen, también a nuestras familias que han sido pilar fundamental para culminar con éxito nuestra meta de realizar este proyecto.

En segundo lugar, a Stefan Ulrich y su familia, propietarios de Finca Pilatus quienes nos abrieron las puertas para poder realizar el trabajo, sin ellos no lo hubiéramos podido lograr.

Finalmente, agradecemos a nuestro profesor tutor, Jorge Alberto Elizondo Salazar, quien nos dio la mano para sacar el proyecto adelante, además de que nunca dudó de nuestro equipo y aportando comentarios nos ayudó a crecer como profesionales.

V. RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del ofrecimiento de dos volúmenes de reemplazador lácteo por medio de un alimentador automático sobre diferentes parámetros de crecimiento y desarrollo ruminal en reemplazos de lechería desde el nacimiento hasta el destete. El experimento se llevó a cabo en una finca comercial ubicada a 564 msnm en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. En este experimento se utilizaron 24 animales de la raza pardo suizo, que fueron seleccionados al nacimiento y se incluyeron aleatoriamente en uno de dos tratamientos.

El tratamiento convencional consistió en ofrecer a los animales una dieta líquida de manera restringida (4 l/animal/día) y el tratamiento intensivo consistió en administrar a las terneras la dieta líquida en cantidades mayores a 4 litros, hasta alcanzar un consumo de 10 l/animal/día, asimismo, se realizaron mediciones semanales de peso, altura a la cruz y circunferencia torácica.

Para ambos tratamientos, la alimentación se realizó por medio de un alimentador automático, tanto para la dieta líquida, como para el alimento balanceado; los animales permanecieron en un sistema de corrales grupales. Cuatro animales machos (dos por tratamiento) se sacrificaron en el momento de destete (60 días de edad) con el fin de hacer evaluaciones y poder comparar el crecimiento, desarrollo de órganos internos y de las papilas ruminales.

Se encontraron diferencias significativas en cuanto al peso corporal, altura de la cruz y cadera, así como de circunferencia torácica entre los tratamientos. Al brindar una mayor cantidad de leche con el tratamiento intensivo, se observó menor desarrollo ruminal y crecimiento de sus papilas, lo que puede afectar negativamente el desempeño pos-destete de los animales.

Los reemplazos antes de que comiencen a producir leche representan un costo muy significativo y muy poco conocido por los productores lecheros; al determinar el costo total el sistema convencional en el que se les suministró 4 litros de lactoreemplazador tuvo un costo por animal de ¢111.159,34 y el sistema intensivo en el cual se les suministró 8 litros de reemplazador lácteo tuvo un costo de ¢149.202,09. Entre estos costos, el rubro que representó mayor porcentaje de gastos fue la alimentación, segundo con el protocolo de inseminación y como tercer rubro la electricidad.

Palabras clave: nutrición, consumo de alimento, alimentación automatizada, sistema intensivo, sistema convencional, destete, terneras, costos, electricidad, mano de obra

VI. INTRODUCCIÓN

La crianza y desarrollo de terneras representa una actividad muy compleja dentro del negocio ganadero, ya que está constituida por una serie de prácticas que no solo comprenden una lactancia adecuada, sino el correcto manejo, alimentación, bienestar, salud y todas aquellas acciones orientadas a preservar la producción de la empresa, evitando enfermedades y estimulando las ganancias de peso en el tiempo adecuado.

Al considerar los sistemas de producción de leche, la crianza de terneras es algo primordial, ya que los reemplazos van a sustituir a las vacas que dejan la explotación (Castro-Flores & Elizondo-Salazar, 2012, p. 343). Sin embargo, no puede evadirse el hecho de que el costo de la crianza de terneras en el rebaño representa un alto porcentaje en los egresos de un sistema de producción ganadera, debido a los altos costos de alimentación y cuidado (Araujo-Balseca & Barberena-González, 2017, p.3).

Existen varios métodos de crianza de reemplazos que se pueden implementar en las fincas lecheras, donde se pueden diferenciar algunos tipos de alimentación líquida como es el suministro de leche íntegra, reemplazador lácteo o leche de descarte, y el alojamiento que puede ser individual o grupal considerando las instalaciones de cada explotación y el manejo que desarrolle y se adapte según el propietario (Agudelo-Gómez et al., 2004, p. 77).

Según Elizondo-Salazar y Sánchez-Álvarez (2012) en Costa Rica la crianza de terneras se basa principalmente en un sistema de alimentación líquida convencional, el cual consiste en la restricción de la alimentación hasta el periodo de destete con un ofrecimiento de 4 litros diarios por animal, que aproximadamente equivalen a 10% del peso vivo de las terneras (p. 82).

Estos sistemas de alimentación restringida se llevan a cabo con la finalidad de incrementar el consumo de alimento balanceado en las terneras para un

adecuado desarrollo ruminal (Elizondo-Salazar, 2009, p.32); sin embargo, las investigaciones recientes presentan un interés en acelerar la crianza temprana por medio de una alimentación intensiva en la que se ofrece mayor cantidad de leche o sustituto lácteo, de manera que alcancen una edad a primer servicio y por ende a un parto más temprano (Soberón, 2018, p. 784).

En diferentes estudios a cabo donde se compararon los sistemas de crianza convencional e intensivo, se presenta mucha controversia con respecto a los resultados obtenidos. Según un estudio realizado por Khan et al. (2007a), los pesos vacíos del rumen, retículo, omaso y abomaso fueron significativamente mayores ($P=0,03$) en terneras alimentadas con el método intensivo que con el método convencional, y también el grosor de la pared del rumen y la cantidad de papilas fueron significativamente mayores ($P=0,016$) en terneras alimentadas de manera intensiva (p. 3376) Mientras que en otro estudio se afirma que las terneras alimentadas con dietas líquidas altas tuvieron menor ($P=0,05$) ganancia diaria de peso (GDP) en comparación con las terneras en un sistema convencional (Passille & Rushen, 2016, p. 3578).

Por su parte, Kehoe et al. (2007) menciona que el mayor desarrollo ruminal se da cuando los animales consumen menor cantidad de alimento líquido y mayor cantidad de alimento balanceado, además que para determinar el efecto de la edad del destete sobre el desarrollo ruminal no se encontraron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos (p. 267).

Debido a que en nuestro país no hay estudios que hayan comparado los diferentes sistemas, el presente trabajo tuvo la finalidad de comparar los efectos de alimentar una dieta líquida baja o sistema convencional y una dieta líquida alta o sistema intensivo por medio de un alimentador automático sobre el crecimiento estructural y desarrollo ruminal en reemplazos de lechería.

VII. OBJETIVOS

1. Objetivo general:

Evaluar el efecto del ofrecimiento de dos niveles de reemplazador lácteo con un alimentador automático sobre parámetros de crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería desde el nacimiento hasta el destete.

2. Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de ofrecer dos niveles de reemplazador lácteo sobre la ganancia de peso, circunferencia torácica y altura a la cruz en reemplazos de lechería desde el nacimiento hasta el destete.
- Determinar el efecto de ofrecer dos niveles de reemplazador lácteo sobre el desarrollo ruminal y el peso de órganos internos (hígado, corazón, bazo, abomaso, omaso, retículo-rumen) en reemplazos de lechería a las ocho semanas de edad.
- Determinar el costo de cada uno de los tratamientos del nacimiento al destete.

VIII.MARCO TEÓRICO

1. Crianza y desarrollo de terneras

La crianza de terneras representa dentro de la empresa lechera una actividad muy compleja en el negocio ganadero, que está constituida por una serie de procedimientos para el correcto manejo, higiene, alimentación de los animales, que no solo comprende una adecuada lactación, sino que requieren de cuidado y atención especial para evitar todas las variantes de enfermedades a las que están propensas para llegar a hacer vacas de altas productoras de leche (Elizondo-Salazar, 2013a, p. 209).

La crianza de terneras representa el segundo costo más alto de todos los egresos en una lechería, justo después de la alimentación. Dicha situación se da porque durante esta etapa se hacen erogaciones en alimentación y la mano de obra para el cuidado de los animales (Elizondo-Salazar & Vargas-Ramírez, 2015, p. 8), lo que la convierte en el periodo más costoso y determinante para el futuro de una explotación ganadera (WingChing-Jones et al., 2008, p. 87). Entre los principales objetivos está la renovación del hato, además de realizar mejoras genéticas (Elizondo-Salazar, 2015b, p.20).

Adicionalmente, el periodo más crítico de vida de una ternera es desde el nacimiento hasta el destete para proteger a los animales de enfermedades y parásitos que conducen a altos índices de mortalidad y que no solo contempla una adecuada alimentación láctea (Elizondo-Salazar, 2008a, p. 33). Dado lo anteriormente expuesto, la crianza de terneras reviste un papel crucial en las explotaciones lecheras, teniendo en cuenta que a largo plazo una ternera joven criada correctamente garantizará un buen rendimiento.

Sistemas de crianza

En la actualidad existen diferentes sistemas de crianza de terneras en las explotaciones lecheras que van, desde el sistema más antiguo que es la crianza natural del ternero con la madre, hasta el método artificial en el cual la ternera se separa de la madre apenas nace y se suministra calostro por medio de un chupón o alimentador esofágico, posteriormente se procede a mantenerlas de manera individual o grupal. De este modo el ternero va a depender del sistema de crianza que se realice.

Para la crianza de terneras se han desarrollado dos sistemas, de alimentación líquida (leche entera o lácteo reemplazador) en las lecherías. Los sistemas convencionales o tradicionales se centran en el desarrollo de destetes tempranos para fomentar la ingesta de granos, en los cuales se han limitado el suministro de leche equivalente al 10% de peso vivo en dos tomas diarias, por otra parte, los sistemas de cría intensiva o crecimiento acelerado es el abastecimiento de mayores cantidades de leche, emulando a las que el ternero consumiría si estuviera con la madre, permitiendo la transición suave de la alimentación líquida a la sólida; siendo vital para el éxito de las novillas (Khan et al., 2011, p. 1076)

- ***Convencional***

El sistema manual de crianza de reemplazos en nuestro país consta de un método que la mayoría de los productores lo utilizan al alimentar los animales por medio de chupón o balde, este método se adapta a las características y necesidades de cada explotación.

Los sistemas de alimentación líquida tradicionalmente se basan en tratar de escatimar los costos de crianza y fomentar el desarrollo temprano del rumen (Elizondo-Salazar & Vargas-Ramírez, 2015, p.3). Estos autores denominan programas “convencionales” aquellos que aportan 454 g de materia seca del reemplazador, equivalentes a 4 litros de leche entera con un contenido de 20% proteína, 20% de grasa. A esta dieta se le suministra alimento sólido (Elizondo-Salazar, 2013a, p. 211).

Estos sistemas estimulan al animal a consumir alimento balanceado durante los primeros días de vida, con el fin de acelerar el crecimiento y desarrollo funcional del rumen, para realizar un destete, que va de la semana 7 a 8 de vida (Elizondo-Salazar, 2006, p. 29-32). Este tipo de manejo ofrece al productor un costo bajo en la crianza de las terneras y facilita las labores diarias debido a la cantidad de leche ofrecidas (4L/d) (Elizondo-Salazar & Vargas-Ramírez, 2015, p.4).

La crianza tradicional ignora el valor del tamaño corporal sobre el crecimiento, el desarrollo y la salud de la ternera previo al destete por el aporte de las materias primas utilizadas en la dieta (Diao et al., 2019, p. 490). Es importante que las novillas tengan partos fáciles y entren a su primera lactancia rápidamente, para obtener resultados económicos (menor costo de crianza y mayor producción láctea).

- **Intensivo**

Por otra parte, la crianza intensiva o crecimiento acelerado, es una práctica bastante novedosa, que tiene como base el comportamiento natural de la cría con la madre, suministrando cantidades que se suponen que tomarían al pie de la madre que van 2 a 3 veces más que en un sistema tradicional (Khan et al, 2011, p. 1071-1081). El manejo de la alimentación sólida es similar al sistema de crianza tradicional; por ejemplo, Elizondo-Salazar (2009) determinó que las terneras que ingirieron más leche consumieron en promedio 90 g/d menos en comparación con 170 g/d del sistema intensivo, lo que podría retrasar el desarrollo y funcionalidad del rumen en el momento de post-destete para el aprovechamiento de las pasturas (p. 32).

Sin embargo, este menor consumo de concentrado se ve compensado debido al mayor tamaño que generalmente poseen las terneras de 780 g/d. Presenta como ventaja mayores ganancias de peso, lo cual devenga en que sean más pesadas al momento del destete.

Según Khan et al. (2011), cuando se les permite un comportamiento natural a las terneras con la madre, estas llegan a consumir entre 6 kg/d la primera semana de vida y 12 kg/d a la novena semana de vida, esto equivale entre 20% más de su

peso vivo, entre 8 a 12 mamadas diarias; esto es más del doble de lo que se recomienda dar en un sistema tradicional de leche (p. 1071).

De hecho, las terneras más pesadas y mejor desarrolladas se preñan antes, producen mayor cantidad de leche en su primera lactancia, tienen una vida más larga y son más productivas dentro del hato (Bar-Peded et al., 1997, p. 2525.). El objetivo de estos programas es potenciar el rápido crecimiento de las terneras a las ocho semanas de edad, de manera que se duplique su peso al destete, lo cual significa aumentar el consumo de reemplazador lácteo casi el doble que el sistema tradicional; pese a que los costos fueron mayores, la tendencia a producir más leche y disminuir el tiempo no productivo lleva a obtener las ganancias de la inversión realizada con respecto al sistema tradicional (Van Amburgh et al., 2011).

En otro estudio de Shamay et al. (2005), se compararon dos tipos de dietas con dos grupos de terneras de la siguiente manera: se proporcionó un sustituto lácteo a razón de 0.450 kg/d de materia seca y el otro grupo tuvo el acceso libre a ordeñar dos comidas de 30 min/d. Los autores llegaron a la conclusión que la edad promedio del inicio de la pubertad fue de 23 días antes que las terneras alimentadas tradicionalmente. Asimismo, reportan que la alimentación a mayor consumo de leche podría crear cambios a largo plazo en la programación del desarrollo de distintos órganos que tendrían efectos permanentes en la vida del animal (p.1467).

Hay diversos estudios de programas de alimentación que apuntan que la ingesta controlada o alimentación *ad libitum* de terneras desde el nacimiento hasta los 42 o 56 días de vida, resulta en un aumento de la producción de leche durante la primera lactancia que oscila entre 450 y 1300 kg de leche, en comparación a terneras alimentadas en el mismo periodo con alimentaciones más restringidas (Van Amburgh et al., 2011).

2. Costos en la crianza y desarrollo de las terneras.

Los costos en la crianza de terneras son muy importantes, ya que es una de las etapas más significativas en la inversión de las explotaciones lecheras en Costa Rica, calculando los costos relacionados con el desarrollo de las terneras es una parte primordial en la administración de una empresa de producción de leche.

Según Rivera (2000), los costos de crianza de una ternera del destete hasta una edad de 3,2 meses, fue de ₡121 260,33 (\$218,35), los rubros de alimentación y mano de obra fueron los que más relevancia tuvieron en los costos de crianza.

El costo de desarrollar una ternera por Elizondo-Salazar & Vargas-Ramírez (2015), en el periodo que comprende los cuatro meses de edad es de ₡221 287,88 (\$398,47), donde el rubro de mayor interés es la alimentación con 64,45% del cual 24,57% son de gasto de alimento balanceado, 29,53% de lacto reemplazador, 13,76% leche íntegra y la mano de obra obtuvo un costo de 18,89% como el segundo costo de mayor importancia (p.1).

Por otro lado, en Costa Rica no se cuentan con datos sobre crianza y desarrollo de terneras con equipos de alimentación automatizada; sin embargo, un estudio realizado en los Estados Unidos con 54 terneras lecheras determinó que un hato lechero de 200 vacas con una tasa de eliminación anual del 35% y una tasa media de mortalidad de terneros del 10% recuperaría los costos de la inversión inicial para el alimentador automático al ahorrar en mano de obra, dentro de 2 a 3 años (Kung et al., 1997, p. 2529-2533).

En comparación, un estudio realizado en Costa Rica dice que, para recuperar la inversión en la crianza de terneras teniendo una ganancia neta de ₡50 (\$0,09) por litro de leche, se tardaría alrededor de 2,34 lactancias y la edad óptima para la crianza de las terneras es de 24 meses según los resultados económicos (Elizondo-Salazar & Solís-Chaves, 2018, p. 551); en comparación con el estudio que se realizó en Estados Unidos.

Los costos de desarrollo de reemplazos dependerán del sistema de crianza en cada explotación; sin embargo, es muy probable que un gran número de productores desconozcan dicha información, por ende, se pretende determinar los costos para ambos sistemas.

4. Fisiología digestiva de las terneras

Las terneras, como todos los rumiantes, tienen dividido su estómago en cuatro compartimentos, los cuales son: rumen, retículo, abomaso y omaso. Durante los primeros meses de vida se comportan como un animal monogástrico, la alimentación líquida pasa directamente al abomaso debido a que los demás compartimentos retículo- rumen todavía no son funcionales y se desarrollarán con rapidez dependiendo de la dieta suministrada (Cunningham & Klein, 2019, p.397).

- ***El estómago de una ternera recién nacida***

Durante los primeros días de vida la ternera tiene la capacidad de absorber las proteínas, nutrientes y anticuerpos en el calostro, habilidad que se va disminuyendo a partir de las 12 horas después del nacimiento y finaliza por completo a los tres días de vida (Garzón-Quintero, 2008, p. 5).

El sistema digestivo de una ternera no está totalmente desarrollado al nacimiento, pero pasa por diferentes etapas; desde la de pre-rumiante que va de la segunda a la tercera semana de vida hasta que el ternero consume alimento sólido; siguiendo con la fase de transición que ocurre todo el tiempo que la ternera esté consumiendo alimento líquido y sólido para generar AGV (ácido grasos volátiles) y finaliza con la fase rumiante donde dependerá de una dieta sólida únicamente (destete) (Garzón-Quintero, 2008, p.6). El calostro es el primer requisito, por eso hay que asegurarse de que la ternera reciba al menos entre tres litros de calostro en las primeras horas de vida y además se necesita una ración adecuada para el desarrollo óptimo del rumen.

Conforme crece la ternera, esta va ingiriendo mayor cantidad de alimento sólido y fibroso, generando una población microbiana en el rumen. Por medio de

los AGV (Ácidos Grasos Volátiles) que se producen por la fermentación y estas generan las papilas ruminales (Nava-Cuellar, & Diaz-Cruz, 2001, p.1). En esta etapa el rumen se va desarrollando a medida que la ternera va creciendo; mientras que el abomaso disminuye, siendo así que cuando nace tiene un 50% de la capacidad del rumen, pero a las 12 semanas ya solamente va a tener un 22%. Se puede decir que el rumen se ha vuelto funcional cuando una ternera joven empieza a masticar su bolo alimenticio (Garzón-Quintero, 2008, p.3).

Aunque los primeros días de vida de una ternera su principal y único alimento debe ser la leche, la disponibilidad de alimento sólido y fibrosos aceleran el desarrollo ruminal y permite un mejor destete (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2009, p. 1-2).

- ***Desarrollo del rumen***

Los rumiantes tienen cuatro estómagos, el rumen, el retículo, el omaso y el abomaso. Como se indicó anteriormente, el rumen (primer estómago) y el abomaso (cuarto estómago) son órganos en donde ocurre el rompimiento de alimentos por dos tipos de procesos drásticamente diferentes (fermentación bacteriana y digestión ácida, respectivamente). El retículo (segundo estómago) está relacionado primariamente en el control del flujo de material digestivo hacia afuera del rumen. En contraste, el omaso (tercer estómago) es un órgano en donde algo de agua y minerales son removidos por absorción antes de que el material digestivo alcance el abomaso (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2009, p.1).

Cuando los rumiantes jóvenes tienen acceso los primeros días de vida a alimento sólido, esto les permite una velocidad de los estómagos acelerada, debido que al nacer el tamaño de los pre-estómagos es igual al abomaso y cuando un animal es adulto los pre-estómagos representan el 90% del volumen del estómago (Cunningham & Klein, 2019, p.397-398).

Asimismo, el rumen cuenta con una pared que está constituida por dos capas, una epitelial y la otra muscular. La capa muscular se encuentra en la parte exterior del rumen y aporta el soporte a la capa epitelial, su función es contraerse para mezclar el contenido ruminal y moverlo hacia afuera del retículo y el rumen. La capa epitelial es el tejido de absorción en la parte interna, está compuesta por una capa delgada de tejido con una proyección como pequeños dedos llamas papilas ruminales, las cuales proporcionan mayor absorción. Las capas tanto epitelial como muscular se desarrollan dependiendo de los estímulos producidos por la dieta (Elizondo-Salazar, 2006, p.29).

Sin embargo, el desarrollo del rumen implica la masa microbiana y la capacidad de absorción de nutrientes. Por ello, hay un tiempo en que los animales tardan para desarrollar anatómicamente y funcionalmente el rumen que determinan el ritmo de los procesos digestivos, pasan de depender de las enzimas producidas por el animal, a la relación simbiótica que se establece con los microorganismos ruminales (Salazar-Samecash, 2010).

Al nacer las terneras, los pre-estómagos son estériles, pero rápidamente son colonizados por bacterias medioambientales, en mayor parte organismos facultativos. Como la fermentación de las bacterias es anaeróbica, la fuerza electro motriz empieza a descender (Cunningham & Klein, 2019, p.397-398). El tamaño y la función de los pre-estómagos sufren transformaciones significativas como consecuencia de cambio en la dieta en etapas tempranas.

- **Gotera esofágica**

En las terneras cuando son animales monogástricos dirigen la leche desde el esófago hasta el abomaso por medio de la gotera esofágica (también llamada escotadura reticular) la cual une al esófago con el orificio del omaso conduciendo el alimento directamente hacia el abomaso. En otras palabras, la gotera esofágica permite el paso de alimentos líquidos que sobrepasan el rumen y el retículo. La escotadura esofágica está hecha de dos dobleces de tejido muscular que se unen cuando se contraen y funcionalmente forman una extensión del esófago (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2009, p.1).

La gotera esofágica responde a varios estímulos y muchos factores afectan el grado de apertura (temperatura de la leche, mamar, tomar de un balde, calidad de leche, etc.). Cuando la gotera es estimulada, los músculos de sus labios se cierran creando un canal casi perfecto que se conecta con el canal omasal, de este modo el calostro o leche suministrada no cae al retículo-rumen, sino que llega directamente al abomaso donde inicia su digestión (Relling & Mattioli, 2003, p. 10).

El cierre de la gotera depende de un impulso nervioso vía vagal, el cual responde a un reflejo que se origina en respuesta a los estímulos centrales y periféricos; dependiendo de la composición química del líquido consumido, el animal inicia el reflejo de succión por forma voluntaria y por instinto (Vera, 2014).

Estos factores deben tenerse en cuenta en la alimentación artificial de las terneras, a fin de evitar el inadecuado suministro de leche, o de hacerlo bajo condiciones estresantes, que provoquen el pasaje de leche al retículo-rumen. El reflejo de cierre de la gotera esofágica se va perdiendo con el desarrollo del animal, hecho que coincide cronológicamente con el aumento proporcional del retículo y el rumen. (Salazar-Samecash, 2010).

- ***Microorganismos en los rumiantes***

El rumen es una cámara de fermentación anaeróbica y en ella viven la mayoría de los microorganismos, estos pueden ser bacterias, hongos y protozoos. La población ruminal es relativa dependiendo de la composición y la estructura de la dieta, así como las múltiples interacciones entre ellos (Tobón-Carbona, 2015).

Bacterias

De las bacterias que se han reconocido 22 géneros y 63 especies anaeróbicas, en una concentración de 10^9 - 10^{10} /g de contenido ruminal y de aeróbicas facultativas, 10^4 /g de contenido ruminal (Contraras & Noro, 2010, p.13). Son el grupo de microorganismo más abundante, este representa aproximadamente la mitad de la biomasa ruminal y una mayor proporción de la actividad ruminal (Church, s.f, p. 14)

Los animales jóvenes tienen una composición similar a los adultos a partir de la 9 -13 semanas de vida en las terneras. Son de un tamaño de 1 a 10 μ m y se ubican generalmente en la superficie de las partículas de alimento o de la mucosa ruminal. La población bacteriana es controlada por diversos factores, la concentración de los sustratos que liberan energía, la cantidad de nitrógeno disponible, el pH y la acumulación de los productos finales de la fermentación. Sin embargo, la composición de las bacterias está determinada por el tipo de ración, el pH ruminal, la condición de anaerobiosis y la tasa de transformación de la ingesta (Contraras & Noro, 2010, p. 13).

Según lo menciona Relling y Mattioli (2003) “Existen varias clasificaciones de las bacterias ruminales, sin embargo, estimo pertinente destacar una clasificación funcional, considerando los sustratos sobre los cuales actúan y los productos funcionales que producen” (p. 23). En el Cuadro 1 se presenta una clasificación funcional de las bacterias del rumen (Relling & Mattioli, 2003, p.23).

Cuadro 1. Clasificación funcional de las bacterias ruminales.

Grupo de bacterias	Características funcionales	Productos finales
Celulolíticas	Fermentan H de C estructurales de pared (celulosa, hemicelulosa y pectinas)	AGVs Preferentemente acetato
Amilolíticas	Fermentan H de C de reserva de granos (almidón)	AGV s Preferentemente propionato
Sacarolíticas	Fermentan H de C simple (azúcares vegetales)	AGV s Preferentemente butirato
Lactolíticas	Metabolizan lactato	AGV s Preferentemente butirato
Lipolíticas	Metabolizan las grasas	Ácidos grasos libres y AGVs Preferentemente propionato
Proteolíticas	Degradan proteínas	AGVs
Metanogénicas	Producen metano	Metano (CH ₄) CO ₂
Ureolíticas	Hidrolizan urea	Amoniaco (NH ₃)

Fuente: Relling & Mattioli, (2003).

Existe una importante interdependencia de las bacterias, como es el caso de las especies celulíticas que no pueden degradar la proteína y algunas especies proteolíticas no pueden degradar la celulosa, pero la actividad conjunta le permite a una aprovechar los productos de las otras (Contraras & Noro, 2010, p. 18).

Protozoos

Los protozoos representan la microfauna ruminal, desarrollan preferentemente a pH superior a 6 y a pesar de estar normalmente presentes no son imprescindibles para la función ruminal ni para la supervivencia del animal. Normalmente son adquiridos por el ternero por contacto directo con otros rumiantes. Si bien se encuentran en menor concentración que las bacterias, a razón de 10^4 a 10^6 /ml de líquido ruminal, al tener mayor tamaño poseen una masa total que puede llegar a ser semejante a la bacteriana (Cuadro 2). Desde el punto de vista metabólico los protozoarios se diferencian de las bacterias por poseer una menor capacidad celulolítica (5 al 20% del total) y además son incapaces de sintetizar proteínas (Hungate, 1966, p. 92).

Cuadro 2. Clasificación de los principales protozoos ruminales con los substratos de fermentación preferentes.

Subclase	Género	Substrato fermentado
Holótrica	Isótrica	Almidón y azúcares
	Dasytrica	Almidón y azúcares
Entodiniomorfa	Entodinium	Almidón
	Epidinium	Almidón y hemicelulosa
	Ophryoscolex	Almidón
	Diplodinium	Celulosa
	Eudiplodinium	Celulosa
	Polyplastron	Celulosa

Fuente: Nava-Cuellar & Diaz-Cruz, (2001, p.3).

Si bien la mayoría de los protozoarios son ciliados, existen también protozoarios flagelados. Los protozoarios consumen y metabolizan azúcares solubles, hidrolizan bacterias para utilizarlas como sustrato logrando con esto limitar el crecimiento bacteriano. Un papel particularmente importante de los protozoarios es su capacidad para frenar la digestión de los sustratos que se fermentan con rapidez, como el almidón y algunas proteínas. Esto es posible, ya que los protozoarios engloban al almidón y a las proteínas almacenándolos y protegiéndolos de la acción bacteriana (Nava-Cuellar & Diaz-Cruz, 2001, p. 3). A pesar de que los protozoos constituyen una parte integral de la población microbiana y tienen un papel importante en la fermentación.

Hongos

Los hongos representan alrededor del 8% de la biomasa ruminal. Poseen una importante actividad celulítica, en especial cuando el rumiante consume forrajes demasiado maduros o encañados. Los hongos no predominan en el rumen debido a su baja tasa de multiplicación en comparación con las bacterias, algunas de las cuales a su vez reprimen su crecimiento, como el *Ruminococcus* spp (Relling & Mattioli, 2003, p.25).

Los hongos están presentes en el duodeno, el ciego y las heces; y se proliferan rápidamente una vez que se incrementa la concentración de alimento, además, se encargan de desechar el alimento, cuando recibe altas concentraciones de azúcares de fermentación rápida (Castillo-González et al., 2014, p. 354).

La población de hongos aumenta según el tipo de dieta rica en alimentos fibrosos y por ello de largas permanencias en el rumen, pero en dietas cortas los hongos pueden disminuir; sin embargo, no se ha clasificado el efecto que puede tener las concentraciones de los hongos en la digestión ruminal (Contraras & Noro, 2010, p.21-22).

- **Ácidos grasos volátiles**

Los ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) representan el 70% de energía para el rumiante, son absorbidos por el epitelio del rumen y transportados vía porta al hígado. Además, mantienen su distribución en las células animales y mantienen el pH ruminal (Nava-Cuellar & Diaz-Cruz, 2001, p. 9).

Estos Ácidos Grasos Volátiles (AGVs) actúan en el desarrollo de los pre-estómagos, además, son el resultado de la fermentación microbiana de los hidratos de carbono y de las proteínas de la dieta. Por consiguiente, la cantidad de ácidos grasos volátiles en el rumen depende de la composición de la dieta, la cantidad microbiana, el pH del medio y la frecuencia de ingestión de alimentos. Se ha determinado que las raciones altas en forraje producen menos cantidad de AGVs a comparación de aquellas a base de concentraciones altas en contenido de proteína o de carbohidratos fácilmente fermentables (Zavaleta, s.f, p.227).

Según lo menciona Elizondo-Salazar & Monge-Rojas (2019), el ácido acético se necesita primordialmente para la energía periférica y en la vaca adulta es para incorporarla en la grasa de la leche. El ácido propiónico es usado para producir glucosa para energía en el hígado; y el ácido butírico cumple con un rol muy diferente, ya que más del 80% es producido en el rumen y es metabolizado a cuerpos cetónicos (acetoacetato y betahidroxibutirato), estos son transportados al resto del cuerpo para cumplir con las necesidades energéticas que necesita, además, tiene un destino de convertirlo en energía aprovechable en el rumen (p.63).

- **Desarrollo de las papilas ruminales**

El rumen en las terneras sufre un cambio anatómico y fisiológico para poder ingerir alimentos altos en fibra; por medio de los ácidos grasos volátiles que provienen de la fermentación microbiana de los carbohidratos y proteínas del rumen, principalmente del ácido butírico y propiónico que permiten el estímulo de las papilas ruminales (Elizondo-Salazar, 2006, p. 29)

En otro sentido, la adicción de soluciones débiles de estos ácidos al retículo-rumen de terneras alimentadas con leche (que no reciben alimento seco) produjo cambios importantes en la tasa de crecimiento de los tejidos papilares y en el desarrollo de la capacidad absorción (Ybalmea, 2015, p. 141-152). Por consiguiente, para asegurar un buen desarrollo de las papilas ruminales en los pre-estómagos, se debe de suministrar a las terneras alimentos balanceados que son los que favorecen una mayor producción de ácido butírico y propiónico en edades jóvenes (Elizondo-Salazar, 2006, p. 30).

Es clave utilizar alimentos balanceados con el ofrecimiento de granos en edades tempranas antes del destete. Sin embargo, terneras que se alimentan con iniciadores finos desarrollan una queratinización de las papilas. La paraqueratosis crea una barrera física dura, que disminuye la absorción. Por ende, los ácidos grasos volátiles reducen el flujo de sangre hacia el tejido epitelial, con motilidad del rumen, causando la degeneración de las papilas ruminales (Anderson et al., 1982, p. 1000-1005). Para evitar este problema, es necesario usar iniciadores de tamaño de partícula grande, por ejemplo, peletizados o extrusados, para el punto clave del desarrollo rápido y funcional al tiempo del animal ser destetado (Castro-Flores, 2011, p. 19).

3. Importancia de la alimentación en las terneras

Las terneras al nacer se comportan como animales de estómago monogástrico hasta la segunda y tercera semana de vida cuando comienza el consumo de alimento sólido, aquí es cuando se inician los cambios morfológicos de la flora microbiana con los ácidos grasos volátiles (AGV), como cambios metabólicos (Bacha, 1999, p. 280). Desde el punto de vista nutricional esta es la etapa más importante en la vida de un animal bovino, donde se garantiza la máxima expresión del potencial genético.

Un buen desarrollo de terneras conlleva un adecuado programa de alimentación el cual debe ser eficiente en el aporte de nutrientes para el crecimiento y desarrollo corporal (Mattiello et al., 2002, p. 267-275). Por ende, un

buen plan de alimentación de terneras consiste en una serie de alimentos que permiten un adecuado crecimiento, que a continuación se detallarán:

- **Calostro**

De acuerdo con Wattiaux (2002), el calostro es una secreción densa, cremosa y amarilla que es colectada de la ubre después del parto, la cual contienen anticuerpos que al ser ingeridas por la ternera le proporcionara inmunidad, debido a que la ternera al nacer no posee un sistema inmune desarrollado (p.115).

El calostro contiene inmunoglobulinas (anticuerpos), los cuales son fundamentales para proporcionar inmunidad a la ternera frente a enfermedades infecciosas. En los animales, los anticuerpos no pueden atravesar la pared placentaria y pasar directamente de la madre al feto aportándole la inmunidad a la cría. Por lo tanto, las terneras reciben la inmunidad al consumir cantidades adecuadas de calostro dentro de las primeras horas de vida después del nacimiento. Durante las primeras 24 horas después del nacimiento, la ternera puede absorber anticuerpos directamente desde el intestino al torrente sanguíneo sin digerirlos (Coleen & Heinrichs, 2017), dándose la absorción óptima de inmunoglobulinas (Igs) antes de las 4 horas de vida y van disminuyendo a las 12 horas posteriores a su nacimiento (Weaver et al, 2000, p. 572).

Este tipo de protección, se la aporta la madre a la ternera a través del calostro, se llama "inmunidad pasiva". La inmunidad pasiva ayuda a proteger a la ternera hasta que su propio sistema inmunológico se vuelve completamente funcional (Elizondo-Salazar, 2015a, p. 205).

Según Elizondo-Salazar (2007), los anticuerpos del calostro primarios son las inmunoglobulinas G (IgG), las inmunoglobulinas A (IgA) y las inmunoglobulinas M (IgM), de las cuales las IgG contribuyen entre el 80 al 85% que proporcionan la inmunidad contra infecciones y enfermedades sistémicas. Las IgA comprenden del 8 al 10% de inmunoglobulinas y las IgM del 5 al 12%. Algunos datos de investigaciones demuestran que las IgG son las que tienen más durabilidad y las que se quedan más tiempo en torrente sanguíneo de las terneras (p. 271-281)

Con base en lo anterior, cada tipo de Ig tiene su función, las IgG son las encargadas de identificar los patógenos invasores para así combatirlos, las IgM son los anticuerpos que sirven como la primera línea de defensa contra la septicemia y las IgA protegen la mucosa del intestino para que no se adhieran patógenos evitando así enfermedades (Casas & Campos, 2015, p. 1).

En el Cuadro 3 se muestra el detalle de la composición del calostro comparado con la composición de la leche.

Cuadro 3. Composición típica del calostro y leche de transición.

Variable	Calostro (ordeño post-parto)			Leche
	1	2	3	
Gravedad específica	1,056	1,045	1,035	1,032
Sólidos totales, %	23,9	17,9	14,1	12,5
Grasa, %	6,7	5,4	3,9	3,6
Sólidos no grasos, %	16,7	12,2	9,8	8,9
Proteína total, %	14,0	8,4	5,1	3,2
Caseína, %	4,8	4,3	3,8	2,5
Albumina, %	0,9	1,1	0,9	0,5
Inmunoglobulinas, %	6,0	4,2	2,4	0,09
IgG, g/dl	3,2	2,5	1,5	0,06
Nitrógeno no prot., %	8,0	7,0	8,3	4,9
Lactosa, %	2,7	3,9	4,4	4,9
Calcio, %	0,26	0,15	0,15	0,13
Potasio, %	0,14	0,13	0,14	0,15
Sodio, %	0,14	0,13	0,14	0,15
Vit A, µg/dl	295	190	113	34
Vit E, µg/g de grasa	84	76	56	15
Riboflavina, µg/ml	4,83	2,71	1,85	1,47
Colina, mg/ml	0,70	0,34	0,23	0,13

Fuente: Elizondo-Salazar, 2007, p.275.

Para obtener una buena inmunización de la ternera hay que tener en cuenta los factores de la edad del animal a la primera toma, la concentración de IgG en el calostro y la cantidad de calostro ofrecido (Elizondo-Salazar, 2007, p. 271-281).

Para medir la concentración de inmunoglobulinas en el calostro se utiliza el instrumento llamado calostrómetro, el cual mide la gravedad específica de inmunoglobulinas del calostro. Según Casas & Campos (2015), la lectura del calostrómetro se realiza por medio de los colores y ahí se efectúa la calificación de la calidad del calostro; donde la categoría de color verde corresponde con una concentración de Ig (g/L) de 101-125, seguido con la moderada de color amarillo con un valor de 51-100, y la inferior con una coloración de rojo que va de 25-50 (p.1) (Figura 1).

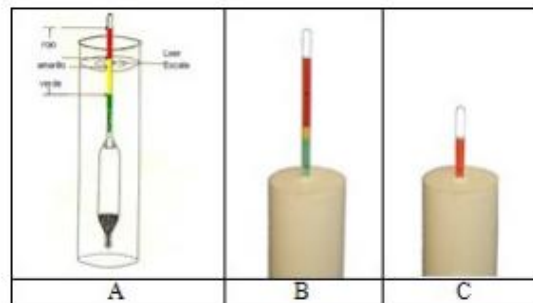


Figura 1. Método de utilización de calostrómetro.

Fuente (Casas & Campos, 2015, p.2).

El manejo adecuado del calostro es fundamental para obtener en la ternera un efecto de inmunidad pasiva ya que, al ser un líquido tan rico en nutrientes, es propenso a la contaminación bacteriana causando enfermedades como diarreas o septicemia (Johnson et al., 2007, p. 5192).

La implementación de un banco de calostro consiste en recolectar y medir su calidad, para posteriormente ser congelado y así asegurar una buena disponibilidad de calostro cuando nace una ternera que así lo requiera (Vasseur et al., 2010, p. 1309).

- ***Reemplazador lácteo***

En los primeros días de vida las terneras se consideran monogástricas, en esos días los animales consumen solamente leche. Conforme pasan los días se disminuye gradualmente el consumo de leche después del destete, una estrategia para ir incorporando el alimento balanceado y disminuyendo el suministro de leche, para que así inicie el desarrollo ruminal es (21 días después en que se introduce el grano por primera vez es disminuir el suministro); ya que las terneras no pueden dejar el consumo de leche totalmente, el cual los productores optan por ofrecerles leche sustituta, ya que la madre no les puede dar su leche, y el animal necesita del aporte de leche para su desarrollo (Vargas-Ramírez, 2014).

Cuando se termina la ingesta de calostro a la ternera que va entre los 3 a 5 primeros días de vida, el animal continúa siendo alimentada con leche ya sea de descarte, descremada, lactoreemplazador o entera, y por el sistema de alimentación que sea utilizado en la finca.

La leche no comercial es la leche tratada con antibióticos o mastitis, que no pueden venderse y deben ser descartada. Esta leche de descarte, con frecuencia es administrada a los terneros como un medio para obtener algún valor económico de un recurso que en caso contrario es desechado y también para reciclar nutrientes de una manera eficiente (Rojas-Orozco, 2011, p.58).

Según Lanuza (2010), es el alimento con mejor calidad que contiene todos los nutrientes que requiere la ternera para su crecimiento y desarrollo normal, pero tiene como principal desventaja ser el alimento líquido más caro (p.8). La leche descremada posee las mismas características que la leche entera, pero posee un 45% menos de grasa por lo cual la cantidad ofrecida debe ser ajustada adecuadamente para así no tener ganancias de pesos menores (Garzón-Quintero, 2008, p.5-6).

El lactoreemplazador es un producto en polvo el cual debe ser reconstituido en agua caliente, el cual hoy en día es más rico en nutrientes para el lactante, tiene una importante ventaja en el ámbito económico en la empresa lechera, cuyos precios son menores que el de la leche entera. Los sustitos de leche para suministro en terneras deben de contar con un 25% de proteína animal, 15% de grasa, 53% de carbohidratos y un 7% de ceniza para poder ser considerado un buen reemplazador (Garzón-Quintero, 2008, p.7).

- ***Alimento balanceado***

Una transición suave de la alimentación líquida a la sólida es crucial para lograr un programa de nutrición exitosa en las terneras. Por ende, las terneras deben de consumir cantidades crecientes de alimento balanceado desde los primeros días, esto hace que haya un incremento significativo de consumo de alimento cuando el animal se destete, contribuyendo al desarrollo de las papilas ruminales, como también, el desarrollo muscular y expansión del volumen ruminal (Khan et al., 2007b, p. 876-885).

Según Bacha (1999), si se ofrece un alimento balanceado de buena calidad los primeros días de vida, aumenta la velocidad en la que el rumen y el retículo son transformados en órganos funcionales (p. 282).

La importancia del alimento balanceado en edades tempranas viene relacionada con estudios científicos que afirman que la fermentación microbiana que genera el alimento balanceado en el rumen crea ácidos grasos volátiles que son los encargados de desarrollar las papilas ruminales para la absorción de nutrientes (Terré & Bach, 2004, p. 28).

Por otro lado, según la investigación de Lanuza (2010), el consumo de alimento balanceado que se recomienda para las primeras semanas de vida es aproximadamente entre los 50-100 g por día, con un consumo de al menos 2 kg de alimento al destete. No obstante, cabe recalcar que el concentrado debe tener una concentración entre 18-20% de proteína cruda con base en la materia seca (p.8-9).

Otras investigaciones señalan la importancia de aportar granos en la dieta de los animales, ya que con ayuda de los ácidos grasos volátiles degradan y digieren los carbohidratos y proteínas del rumen, con excepción de la lactosa (azúcar de la leche), las crías recién nacidas no pueden digerir los almidones y azúcares de manera eficaz. Ya que, a la tercera semana de edad al consumir alimento balanceado, mejora la capacidad de digerir los carbohidratos con ayuda de la actividad de las enzimas digestivas (Elizondo-Salazar, 2006, p. 31).

El destete de las terneras debería realizarse cuando lleguen a consumir entre 0,7 a 1,0 kg de alimento balanceado durante 3 días consecutivos, para obtener un buen desarrollo ruminal y un nivel de consumo de alimento balanceado para no tener una caída de peso en el destete (Elizondo-Salazar, 2009, p. 33).

- **Agua**

El agua es parte esencial de la alimentación de una ternera, es sumamente importante debido a que una carencia puede afectar el consumo de alimento, las funciones productivas e incluso causar la muerte. Las terneras reciben la cantidad de agua que necesitan en la fase de alimentación líquida a través de la leche; sin embargo, se recomienda el ofrecimiento de agua a libre consumo para aumentar las ganancias de peso diario y el consumo de materia seca (Linn, 2001, p. 2). Cabe destacar que si se estimula a una mayor ingesta de alimento sólido el consumo de agua incrementará (Bacha, 1999, p.277), esto hace indispensable la disponibilidad de agua de calidad y *ad libitum* durante esta etapa de vida.

Según el Linn (2001), el consumo de agua de un ternero en la primera semana de vida es de 1 kg /día y aumenta a 2,5 kg/ día durante la cuarta semana de vida (p.2).

4. Desarrollo productivo

La alimentación brindada a la ternera es la que marca una diferencia en la llegada a la pubertad y esto es lo que permite nuestro reintegro de los costos de la producción. Tanto la aparición de la pubertad, como también las ganancias de peso y el tamaño del animal son importantes para determinar el buen desarrollo y crecimiento a nivel fisiológico (Cuadro 4). Dentro del desarrollo productivo se encuentran las ganancias de peso, la altura y la condición corporal.

Cuadro 4. Generalidades de edad, peso, y ancho de peso.

Edad (meses)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Crecimiento (g/d)	600	850	900	950	900	825	750	675	625	575
Peso (kg)	40	77	128	183	241	296	347	392	433	472
Ancho de pecho (cm)	74	94	113	129	142	153	162	170	176	181

Fuente: [SFR \(s.f\)](#)

Cuadro 5. Peso según la edad y la raza en ganado de leche.

Raza	PN	Servicio		Parto		GP (kg)	PA (kg)
		P (kg)	E(m)	P(kg)	E(m)		
Pardo Suizo	40-45	360-400	14-16	544-620	23-25	0,74	650-725

Fuente: Rendón, (2016).

PN: peso al nacimiento(kg): peso, E(m): edad en meses, GP (kg): ganancia promedio y PA (kg): peso adulto

- ***Ganancia de peso***

El parámetro principal para medir los resultados en las fincas lecheras es por medio de las ganancias de peso, las ganancias varían según la raza del animal y la edad en la que se encuentra (Cuadro 5). Estas ganancias de peso se pueden realizar con la ayuda de una báscula o con la medición de la circunferencia torácica (Rendón,2016).

Según De Heus Powering Progress (2011) para que las novillas tengan su primer parto a la edad de 24 meses o antes se debe dividir la crianza en diferentes etapas:

1. 0 a 5 meses de edad: la ternera debe de consumir el calostro necesario lo más antes posible y de mejor calidad.
2. Entre los 5 a 8 meses de edad es la etapa de crianza más importante, ya que el animal tiene el mayor potencial de crecimiento. Además, el aspecto más importante de esta etapa es asegurarse de que el contenido de proteína cruda del alimento balanceado sea de 17%. A los 8 meses de edad la ternera debe pesar, al menos, 75 kg.
3. De los 8 a 14 meses de edad, al final de la etapa, las novillas deben pesar 400 kg.
4. En la etapa de gestación, comprendida entre los meses de 14 a 24 de edad, se pueden inseminar las novillas, estas deben pesar 570 kg después del parto.

- ***Altura***

La altura permite llevar un control de registros a distintas edades a lo largo del crecimiento del animal y esto permite evaluar las prácticas de alimentación, salud del manejo de las terneras y así poder tomar medidas correctivas si se requirieran (Semex, 2003).

Por lo tanto, la altura de la cadera es una de las mediciones que se estudian para conocer la talla y el comportamiento productivo de los animales, así como la fertilidad, y las lactancias que los mismos pueda desenvolverse al tener dichas mediciones. En cuanto a la altura de la cruz es la medición que se realiza para comprender la base del animal hasta la intersección de la escápula, para así determinar el efecto del comportamiento reproductivo en fertilidad y producción de leche (Vargas *et al.*, 2011, p. 9-10).

Como lo menciona Hansen et al. (1999), de acuerdo a las condiciones fenotípicas de cada animal en el tamaño de la cruz y la cadera, según su raza, si se tiene condiciones elevadas puede traer efectos negativos en la fertilidad y vida productiva del animal, de ahí que todas las mediciones sean de suma importancia para mantener un equilibrio y este se pueda desarrollar de la mejor manera.

- ***Circunferencia Torácica***

La circunferencia torácica es la práctica que se realiza en las lecherías para llevar un control de medidas en los animales, logra predecir el peso y talla de los individuos, con ello se puede también predecir el comportamiento productivo de los animales (Vargas et al., 2011, 9-10). De ahí que quepa resaltar la importancia de las mediciones corporales en el punto zoométrico, para así emplear índices de condición corporal por raza y se logre desarrollar animales de excelente calidad en un tiempo adecuado.

IX. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se llevó cabo en el módulo para terneras de la finca lechera comercial “Pilatus S.A” ubicada en la localidad de La Unión de Tilarán, en la provincia de Guanacaste. El estudio se realizó entre el periodo de diciembre de 2020 hasta abril de 2022. La finca está ubicada a 564 msnm, presenta una precipitación media anual de 2978 mm y una temperatura promedio que ronda los 23° C (IMN, 2020).

Población animal utilizada

Durante el periodo del estudio se utilizaron datos de 20 terneras y 4 machos, de 0 a 64 días de edad. Las terneras fueron separadas de sus madres dentro de las dos horas posteriores a su nacimiento y alojadas en cunas individuales (1,7 m de largo x 1,0 m de ancho) que tienen en la parte delantera, lados de varilla de hierro (1 x 1 metros) con piso de hierro y cama de hule.

Tratamientos

Se evaluaron dos tratamientos, cada uno con 10 terneras y dos machos respectivamente, manejados en las mismas condiciones ambientales. En cada tratamiento se incluyeron razas como Pardo Suizo, Holstein Rojo y Simmental. La ración de alimentación de cada grupo fue la misma, con la única diferencia del suministro de lactoreemplazador; a los animales del tratamiento 1 se les ofreció 4 litros de reemplazador (sistema convencional) y el tratamiento 2 (sistema intensivo) recibió 10 litros de reemplazador con múltiples tomas al día.

La dieta líquida consistió en un reemplazador de leche comercial (97,0% MS; 20,5% PC; 16,0% grasa; 43,0% lactosa; 3000 Kcal de EM por kg MS), el cual se reconstituyó a razón de (125g/L de lactoreemplazador) en dos litros de agua caliente con una temperatura de 40 a 42°C para la preparación, ofreciéndolo a 37°C, se suministró a partir del tercer día de vida.

Al primer día de nacidas a las terneras se les realizó la curación de ombligo utilizando yodo al 7%. Se les colocó el arete de identificación del animal y se les tomó las medidas de circunferencia torácica, altura de la grupa y el peso al nacimiento.

Las terneras fueron evaluadas las primeras ocho semanas de su desarrollo. Posterior a su nacimiento se alimentaron con 4 litros / día de calostro (2 litros a las 7:00 h y 2 litros a las 15:00 h). Durante los dos siguientes días se suministró calostro de calidad inferior. Al día cuatro se asignó a cada animal uno de los dos tratamientos. De esta manera se distribuía homogéneamente en ambos estudios.

Para el sistema convencional después del tercer día se suministró un total de 4 litros/ día de lactoreemplazador (2 litros a las 7:00 h y 2 litros a las 15:00 h), también agua *ad libitum*. A la segunda semana de vida, los animales fueron trasladados a los corrales grupales donde se siguió con la misma dieta líquida restringida hasta los 54 días de vida; entre los 55 días y 59 días de edad las terneras fueron destetadas gradualmente hasta el día 64. En los corrales donde estaban los animales de los tratamientos, se les suministró reemplazador lácteo el cual se distribuyó por medio de un alimentador automatizado.

Para las terneras del tratamiento intensivo, se les proporcionó lactoreemplazador a razón de un 20% de peso corporal. Estas permanecieron las dos primeras semanas de vida en las casetas individuales, donde se suministró 2 tomas de 3 litros de reemplazador lácteo al día (08:00 y 15:00 horas), de igual manera, tuvieron a disposición agua para consumo.

A la segunda semana de vida, las terneras se trasladaron a los sistemas grupales donde se realizó el siguiente proceso de alimentación: se les suministró el lactoreemplazador y se dividió por consumo diario, de los 0 a 15 días tomaron 6 litros de leche, del día 16 al 25 tomaron 10 litros de leche, del día 26 al 28 tomaron 8 litros de leche, del 29 al 46 tomaron 6 litros de leche (lactoreemplazador), de los días 50 al 54 tomaron 4 litros, del 55 al 59 se les disminuyó a 2 litros, hasta llegar a los 64 días disminuyendo la cantidad de sustituto para así destetar a cada ternera del grupo. Debe tomarse en cuenta que del día 60 al 64 se realizó un destete gradual como en el método convencional. Se suministró, además, agua *ad libitum*.

Manejo en corrales grupales

Los corrales grupales tenían capacidad para 32 terneras en desarrollo, con 2 m² por animal y con capacidad de 15 cepos. Cada corral contuvo un bebedero automático, el cual contó con un silo con capacidad de 35 kg de sustituto lácteo y un monitor de alarmas de consumo y comportamiento sobre el animal, el cual se reconoció por medio de un chip o dispositivo electrónico en la oreja derecha que se colocó en la primera semana de vida. El animal consumió el reemplazador lácteo por medio de una estación que contó con una chupeta de goma. Adicionalmente, contó con un dispensador automático de alimento balanceado y agua *ad libitum*.

Consumo de alimento balanceado

Se registró el consumo de concentrado ofrecido todas las semanas, esto se realizó diariamente por medio de un dispensador automático de concentrado al que tuvieron acceso las terneras a partir de la segunda semana de edad en ambos tratamientos. La ración diaria a la que tuvieron las terneras derecho a consumir diariamente fue de 2,5 kg.

El perfil nutricional del alimento balanceado ofrecido a las terneras se presenta en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Perfil nutricional de alimento balanceado a ofrecer a las terneras.

Nutriente	Nivel	Valor
Humedad, %	Máximo	13,00
Proteína cruda, %	Mínimo	17,00
Extracto etéreo, %	Mínimo	3,50
Fibra cruda, %	Máximo	10,00
Energía digestible, Mcal. kg	Mínimo	3350 kcal/kg
Calcio, %	Mínimo	0,50
Calcio, %	Máximo	1,00
Sal (NaCl), %	Mínimo	0,25
Sal (NaCl), %	Máximo	1,00

Valores expresados tal como ofrecido (TCO)

Se llevó un control detallado de los precios de los alimentos ofrecidos con el fin de establecer el valor económico de cada dieta durante todo el periodo experimental, asimismo, se determinó el costo de alimentación de las terneras para cada tratamiento.

Ganancia de peso y altura

Las terneras se pesaron y midieron todas las semanas siempre el mismo día de la semana y prácticamente a la misma hora, desde el nacimiento hasta el destete. Se utilizó una cinta métrica especial para estimación del peso de los animales, se colocó la cinta métrica alrededor del tórax. Se midió la altura a la cruz, utilizando una cinta métrica de 1,50 metros de largo, la cual se colocó de manera vertical desde el suelo hasta el nivel de la cruz y se tomó el peso del animal con ayuda de una romana digital.

Sacrificio de los machos

A las ocho semanas de edad se sacrificaron los terneros de ambos tratamientos. Una vez limpios se diseccionaron y pesaron, con el fin de evaluar y comparar el crecimiento y desarrollo ruminal, además de la medición de los

órganos internos, hígado, corazón, bazo, rumen, abomaso, omaso y retículo, para los dos tratamientos.

El procedimiento utilizado para medir el desarrollo ruminal fue el establecido por Lesmeister et al. (2004), donde se abrió el retículo-rumen en un plano casi simétrico a la derecha e izquierda separadas por la porción del rumen que se mantendrá intacta (p.1336-1344).

Posteriormente, para el muestreo de las papilas, el rumen se separó en 9 zonas de muestreo diferentes, a saber: posición caudal del saco ciego caudo-ventral, lado derecho del saco caudo-dorsal, lado izquierdo del saco caudo-dorsal, lado derecho del saco cráneo-dorsal, lado izquierdo del saco cráneo-dorsal, lado derecho de la posición ventral del saco ciego caudo-ventral y parte izquierda de posición ventral del saco ciego caudo-ventral.

Se tomó una muestra aproximadamente de 1 cm² de tejido del centro de cada área, así como cuatro muestras más de las esquinas de cada zona, esto es 5 muestras por zona. Las muestras de tejido se introdujeron en una solución de formaldehído al 30% para mediciones posteriores.

De cada trozo de tejido muestreado, se seleccionó al azar 5 papilas (25 por zona), a las cuales se les realizó mediciones de altura y ancho (ver Figura 2), y espesor de la pared del rumen. Las mediciones de las papilas y la pared del rumen se observaron con ayuda de un estereoscopio.



Figura 2. Medición de las papilas ruminales.

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

Análisis estadístico

Los datos de consumo, peso y medidas de los animales fueron evaluados utilizando el análisis de medidas repetidas y el procedimiento MIXED de SAS (2006), en el cual cada ternera se consideró como la variable aleatoria, el peso inicial se utilizó como covariable y se efectuó la separación de medias con la prueba de Tukey en aquellas variables que resultaron significativas, utilizando el siguiente modelo estadístico:

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

Donde:

Y_{ijk} = variables dependientes

μ = 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 del ternero k

e_{ijk} = efecto residual

En cuanto a los datos para el desarrollo ruminal, estos fueron analizados utilizando el procedimiento GLM de SAS (2006), como un diseño completamente al azar.

Evaluación de los costos

Para determinar los costos totales dentro de cada etapa y para cada tratamiento, se llevaron registros en una hoja electrónica de todos los gastos incurridos cada día y para cada animal, se consideraron todas las actividades que se llevaron a cabo como: limpieza, desinfección, medicamentos, mano de obra, etc., tal y como se detalla a continuación.

Láctoreemplazador: según el plan de alimentación de cada ternera, se tomó registro de la máquina alimentadora de leche del consumo sólido ingerido por el animal al finalizar el destete, el cual se multiplicó por el precio ofrecido por la empresa comercial, en este caso de ¢1600 (\$ 2,52) por litro.

Alimento balanceado: se llevó un registro diario con la ayuda del alimentador de concentrados de la cantidad de alimento consumido por el animal, y este resultado se multiplicó por su valor comercial de ¢ 328 (\$0,52).

Mano de obra: se consideró todo el tiempo utilizado para las diferentes labores como manejo de alimentación en cunas, revisión del estado de salud de los animales, tratamiento de enfermos, areteado, revisión y llenado de tolvas con concentrado y leche en polvo, aplicación de plan sanitario y limpieza de instalaciones, lavado de utensilios, etc. El costo de mano de obra se consideró con base en un salario de ¢350 000 (\$551,50), incluyendo las cargas sociales.

Plan sanitario: se llevó un registro de aplicación de dosis de producto utilizado y multiplicado por su valor comercial.

Agua: se llevó un registro de la cantidad de agua utilizada para consumo y lavado de instalaciones, este se multiplicó por la tarifa establecida por Acueductos y Alcantarillados de Costa Rica, reportado en ¢1954/ m³ (AyA, 2021).

Electricidad: se estimó el consumo de electricidad, por bombillos, máquinas alimentadoras e hidrolavadoras. Este consumo se multiplicó por el costo de kW, según la tarifa de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz que, en este caso, fue de ¢ 2.131,20 / kW hora (CNFL, 2022).

Semen: se utilizó el costo promedio de una pajilla de semen de acuerdo con las compras que se realizaron durante el año, con la base de registros reproductivos, la tasa de concepción es de 1,6 inseminaciones por preñez.

Mantenimiento: se consideró el mantenimiento de instalaciones y equipo en la etapa de pre-destete. Se consideró la depreciación de las máquinas utilizadas (alimentadora de terneros).

En cuanto a la depreciación del alimentador automático de las terneras se utilizará el método de depreciación en unidades de producción, el cual dará lugar a un cargo basado en la utilización o producción esperada (por cada tratamiento), para ello se consideran los costos del equipo, que tiene un valor de \$18000 dólares con una vida útil de 10 años.

Por otro lado, se realizará un análisis de factibilidad económica con proyecciones recolectadas de investigaciones donde se compara la producción de leche durante la primera lactancia, que varía de 450 a 1000 kilos, en comparación a la producción de leche de terneras con restricción durante el mismo periodo (Soberón et al., 2012, p. 783-793).

Para estandarizar los costos de producción de la crianza de terneras, se utilizó el valor promedio de ¢ 682,50 obtenido entre la compra y venta del dólar estadounidense según el tipo de cambio anunciado por el Banco Central de Costa Rica para el 07 de julio del 2022 (BCCR, 2022).

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de dieta líquida y alimento balanceado

Al hacer referencia al consumo semanal (g) de materia seca proveniente del alimento balanceado registrado durante el periodo experimental (Cuadro 7). Las terneras del tratamiento convencional presentaron mayores consumos con respecto al grupo intensivo ($p < 0,05$).

Cuadro 7. Consumo semanal de alimento balanceado (materia seca, g) de las terneras para los diferentes tratamientos.

Semana	Sistema convencional	Sistema intensivo	Valor de p
0	0,00	0,00	1,00
1	119,77	66,20	0,83
2	282,72	186,11	0,70
3	998,07 a	505,87 b	0,05
4	1152,87	834,38	0,20
5	1921,99 a	1311,53 b	0,01
6	2703,16 a	2060,97 b	0,01
7	4011,83 a	3427,45 b	0,02
8	5459,64 a	4098,20 b	0,001
EEM	180,31	173,75	

EEM= error estándar de la media

ab Medias con letras distintas en una misma columna, difieren entre sí.

Asimismo, al hacer referencia de consumo de MS de lactoreemplazador según el consumo semanal (g) registrado en el estudio (Cuadro 8), se encontraron

diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los dos tratamientos. Como era de esperar, en el sistema intensivo las terneras tuvieron mayor consumo de sustituto lácteo, ya que los animales consumían por día hasta 8 litros en distintas tomas, mientras que en el sistema convencional los animales solo consumían 4 litros diarios.

Cuadro 8. Consumo semanal de reemplazador lácteo (MS, kg) de las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	Sistema convencional	Sistema intensivo	p
0	2007,20	2007,20	1,00
1	2007,20	2724,06	0,10
2	2007,20 b	6586,12 a	0,001
3	3403,33 b	7708,14 a	0,001
4	3550,86 b	6103,40 a	0,001
5	3654,11 b	6379,62 a	0,001
6	3754,59 b	6012,05 a	0,001
7	3340,23 b	5580,39 a	0,001
8	3529,28 b	4770,10 a	0,01
EEM	349,40	333,24	

EEM= error estándar de la media

ab Medias con letras distintas en una misma columna, difieren entre sí.

Resultados similares se obtuvieron en un experimento en Canadá, llevado por Jasper & Wary (2002); en este un grupo de terneras se alimentaron con leche íntegra (10% del peso corporal) y a otro grupo se le ofreció leche a libre consumo en sistemas automáticos. En dicho estudio, las terneras que consumieron reemplazador lácteo, lo hicieron un promedio de 1,68 L de leche al día en el sistema intensivo y tuvieron consumos menores de alimento. Esto demuestra que los animales que ingieren mayores cantidades de dieta líquida presentan un llenado físico, por lo que no experimentan la necesidad de consumir cantidades mayores de alimento balanceado (p.3054-3058).

Al considerar el consumo de nutrientes de proteína cruda en las terneras del experimento, en los resultados obtenidos se encontró una interacción entre el tratamiento intensivo a partir de la semana 2 significativa ($p < 0,05$) (Cuadro 9). Por lo que se muestra que las terneras en el sistema convencional ingirieron menor cantidad de nutrientes (proteína cruda, g), el cual observaba que a partir de la segunda semana de vida los animales empiezan la dieta más restringida, ya que los del sistema intensivo consumieron mayor cantidad de lactoreemplazador y por ello mayor cantidad de aportes nutricionales, encontrando diferencias significativas en dichas semanas, pues estos aportes se reflejaban en la calidad de reemplazador lácteo que consumieron, y no por el consumo de MS que les aportaba el alimento balanceado, por lo tanto, se concluye que el sistema intensivo tuvo mejores resultados gracias al aporte nutricional del reemplazador lácteo (p.3054-3058).

Cuadro 9. Consumo semanal total de proteína cruda (g) en las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	Sistema convencional	Sistema intensivo	p
0	421,51	565,01	1,00
1	441,87	583,31	0,44
2	470,15 b	1414,73 a	0,001
3	721,47 b	1362,62 a	0,001
4	771,93 b	1153,68 a	0,04
5	920,19 b	1280,37 a	0,04
6	1091,15	1347,13	0,16
7	1221,59	1509,15	0,12
8	1485,51	1449,38	0,84
EEM	130,98	126,22	

EEM= error estándar de la media

ab Medias con letras distintas en una misma columna, difieren entre sí.

g=Consumo de proteína cruda de alimento balanceado+reemplazador lácteo.

En el aporte nutricional de energía metabolizable (Mcal) (Cuadro 10) se determina que hay efectos significativos de la interacción en la semana 3 de tratamiento ($p < 0,001$) entre ambos tratamientos, esto demuestra entre los valores de la semana 3 hubo diferencias de 18,94 (Mcal) de energía metabolizable más para el sistema intensivo, gracias al aporte nutricional aportado por la cantidad del reemplazador lácteo que consumieron los animales del tratamiento intensivo, asimismo, en las últimas semanas se observaron valores muy parejos, ya que conforme el animal se acercaba al destete se le disminuía la cantidad de sustituto lácteo ofrecido, y este era el indicador que hacía el mayor aporte de energía en la dieta.

Cuadro 10. Consumo semanal total de energía metabolizable (Mcal) en las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	Sistema convencional	Sistema intensivo	p
0	8,43	8,43	1,00
1	8,79	11,64	0,43
2	9,28 b	28,22 a	0,001
3	14,01 b	27,05 a	0,001
4	15,01 b	22,74 a	0,03
5	17,56 b	25,08 a	0,04
6	20,68	26,12	0,13
7	22,83	28,79	0,10
8	27,78	27,73	1,00
EEM	2,59	2,49	

EEM= error estándar de la media

ab Medias con letras distintas en una misma columna, difieren entre sí.

Asimismo, al tener mayores consumos de dieta líquida, los animales obtendrán mejores aportes nutricionales dando resultados de altos pesos al destete, y entrando a su primer lactancia a menor edad, como lo mencionan Arauja-Balseca & Barberena-González (2017) en su estudio, quienes indican que al consumir mayor cantidad de leche antes del destete, el animal llegará más desarrollado y se preñan antes y producen más 550 kg de leche durante la primera lactancia (p. 6-7). Las terneras desarrolladas en la mejores circunstancias ofrece un retorno rápido de la inversión.

Además, Araujo-Balseca & Barberena-González (2017) plantean que al suministrar el doble de cantidad de leche entera y lactoreemplazador en cantidades limitadas, se obtiene un 10,7% más de leche producida en la primera lactancia, logrando inseminar un promedio de 23 días antes que las terneras alimentadas con cantidades inferiores de reemplazador lácteo. Pero en nuestro país no se han encontrado estudios que demuestren que al alimentar las terneras con reemplazador lácteo en mayores cantidades los animales vayan a tener edades más tempranas para sus primeras lactancias, y mejores pesos al destete (p. 6-7).

Peso, altura y circunferencia torácica de animales

Los pesos de los animales registrados durante el estudio mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$), entre los tratamientos (Cuadro 11). En el sistema intensivo hubo mayores aumentos de peso que en el convencional, como se demuestra, para la semana 6 hubo una diferencia de 8,63 Kg entre cada tratamiento, obteniendo mejores resultados los animales del tratamiento intensivo, debido al llenado físico y nutricional aportado por el reemplazador lácteo.

Además, cabe resaltar que en los resultados anteriormente mencionados los animales que hicieron parte del experimento del sistema intensivo tuvieron mejores aportes nutriciones, por ende, también mejores ganancias de peso, por lo que se determina que darles mayor cantidad de reemplazador lácteo de buena calidad se tendrán mayores pesos en los animales antes de su destete.

Se determinó que al incrementar el consumo de energía y proteína en terneras con sistemas intensivos de alimentación líquida, mejoró la ganancia de peso y el desarrollo físico de los animales. Por otra parte, investigaciones como las de Raeth-Knight *et al.* (2009) encontraron diferencias significativas de alrededor de 6 kg a los 42 días a favor de animales que se alimentaron con cantidades mayores de reemplazador de leche (p.799-809).

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

Semana	Sistema convencional	Sistema intensivo	Valor de p
0	36,96	37,32	0,84
1	39,96	42,75	0,29
2	40,27 b	46,53 a	0,02
3	42,50 b	48,43 a	0,03
4	45,31 b	51,86 a	0,02
5	46,04 b	54,57 a	0,001
6	48,12 b	56,75 a	0,001
7	51,42 b	60,43 a	0,001
8	52,85 b	60,57 a	0,004
EEM	1,93	1,86	

EEM= error estándar de la media

ab Medias con letras distintas en una misma columna, difieren entre sí.

El su experimento realizado en la evaluación de un sistema de crianza de terneras intensivo con leche entera, en el cual se proporcionó más cantidad de leche a un sistema convencional con lactoreemplazador adicionando menor cantidad, que se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos: se obtuvo una mayor ganancia de peso total con el sistema intensivo sobre el convencional siendo los resultados 42,73 kg y 28,54 kg, respectivamente (Araujo-Balseca & Barberena-González, 2017, p.6). Asimismo, se determina en el estudio

que al aportarle leche entera al animal en mayor cantidad se obtendrán resultados superiores a los animales a los cuales se les asignó en menor cantidad.

Davis *et al.* (2011), llevaron a cabo un estudio en terneras con un programa de alimentación intensivo versus un sistema convencional con el fin de determinar el efecto de crecimiento en la etapa pre-destete y pos-destete. Los autores reportaron que había diferencia de 9 kg a los 42 días y 6 kg a los 56 días a favor de los animales en el programa de alimentación intensivo, pero encontraron que dicha diferencia se había perdido a las 12 semanas, lo que sugiere que las terneras en el programa intensivo tuvieron un menor desarrollo ruminal, con menores tasas de crecimiento en la etapa pos-destete, cuando se les ofreció dietas altas en forraje (p.3554-3567).

En el presente trabajo, los animales en el tratamiento intensivo superaron la ganancia de peso que se obtuvo en el tratamiento convencional, aunque los animales del tratamiento convencional presentaron mayor consumo de MS de alimento balanceado, tuvieron valores bajos de consumo de nutrientes a pesar de consumir mayor cantidad de alimento balanceado. Cabe señalar que los pesos obtenidos en el presente trabajo son similares a los resultados obtenidos en otras investigaciones como Coverdale *et al.* (2004), los cuales reportan pesos entre 58,7 y 65,6 kg de las 7 a 8 semanas, con mucha similitud con los resultados obtenidos en dicho trabajo (p.1554-2562).

Cuando se consideró la altura a la cruz y a la cadera, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos (Cuadro 12), los cuales tuvieron valores muy similares entre ambos experimentos, en conclusión, deberían tener mejores resultados los animales del tratamiento intensivo, ya que obtuvieron mejores resultados en cuanto a ganancia de peso y mejores aportes nutricionales.

Khan *et al.* (2007c), señalan que los valores promedio de altura a la cruz y a la cadera en terneras de raza Pardo Suizo están entre 79,08 y 88,95 cm desde el nacimiento hasta el destete al evaluar diferentes fuentes de almidón en alimentos balanceados para terneras de lechería, similar al presente trabajo donde los valores se encuentran entre 75,28 al nacimiento, 86,57 al destete, datos de los animales en el sistema intensivo (p.5259-5268).

Los autores Raeth-Knight *et al.* (2009), reportan que los valores de altura de la cadera fueron alrededor de 91,2 cm a la séptima semana antes del destete (p.799-809). Lesmeister & Heinrichs (2005), reportan que obtuvieron valores de 80,49 al nacimiento y 86,39 cm al destete, rangos similares a los obtenidos en el presente trabajo (p.408-411).

En Costa Rica, se encontraron datos a nivel de experimento muy similares, Elizondo-Salazar & Zumbado-Alpizar (2021) estudiaron la eficiencia de un sustituto de calostro sobre la transferencia de inmunidad pasiva en terneras, suministrando calostro materno, sustituto de calostro y calostro materno+suplemento, los resultados obtenidos en la altura de cruz no reportaron diferencias significativas, sin embargo, al aportarle al animal calostro materno+suplemento obtuvieron mejores pesos en la semana 8, lo que concluye que al aportarle al animal mayor cantidad de leche rica en nutrientes se obtendrán mejores resultados (p.249-260).

Cuadro 12. Altura a la cadera (cm) semanal de las terneras alimentadas con las diferentes dietas experimentales.

Semana	Sistema convencional	Sistema intensivo	Valor de p
0	75,00	75,28	0,81
1	76,69	76,64	0,97
2	77,93	78,28	0,76
3	79,22	80,11	0,44
4	80,46	81,74	0,28
5	81,19	83,00	0,12
6	82,42	84,06	0,16
7	83,35	85,50	0,06

8	84,42	86,57	0,06
EEM	0,84	0,81	

EEM= error estándar de la media
ab Medias con letras distintas en una misma columna, difieren entre sí.

Al considerar la circunferencia torácica en el estudio se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos, ya que se obtuvieron mayores valores en las mediciones de los animales del sistema intensivo (Cuadro 13), en comparación con los animales del convencional, por el cual los animales tuvieron mayor llenado por el aporte de nutrientes al consumir mayor cantidad de sustituto.

Elizondo-Salazar & Zumbado-Alpizar (2021), reportan que no encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los valores de la circunferencia torácica en un estudio realizado en Costa Rica que utilizó calostro y sustituto lácteo para determinar la eficiencia de los sustitutos sobre la transferencia de la inmunidad pasiva en terneras, en los cuales los tratamientos variaron entre 66,5 cm en el nacimiento y 80,8 cm al destete, para dicho experimento se obtuvieron valores superiores, donde al nacimiento tuvieron 74,38 cm y al destete 91,90 cm los animales del tratamiento intensivo (p.249-260).

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

Semana	Sistema convencional	Sistema intensivo	p
0	75,05	74,28	0,64
1	78,00	78,78	0,65
2	79,38	81,89	0,14
3	81,46	84,21	0,11
4	82,62 b	86,00 a	0,05
5	83,77 b	87,39 a	0,04
6	84,46 b	88,93 a	0,01
7	86,00 b	91,57 a	0,001
8	86,92 b	91,90 a	0,02
EEM	1,24	1,19	

EEM= error estándar de la media

ab Medias con letras distintas en una misma columna, difieren entre sí.

Por su parte, cabe recalcar que para tener un buen desarrollo de reemplazos se necesita que los animales cumplan con valores superiores de peso al destete, además de altura de la cruz y circunferencia torácica, con una buena alimentación láctea y balanceada, brindando un aporte nutricional para que el animal se desarrolle y entre a menor edad a la primera lactancia, como lo menciona Grajales & Castillo (2016), de esta manera, desarrollar animales con programas de alimentación intensivos permite tener animales con mayores ganancias de peso y altura al destete; comprobando las primeras lactancias más tempranas, con mayores producciones de leche (p.6-8).

Por ello, en otras investigaciones los autores mencionan que al alimentar animales en programas intensivos demuestra ganancias diarias de peso de hasta 1kg/día en el pre-destete y hay un aumento de hasta 1000 kg o más de leche durante la primera lactancia (Soberon & Van Amburgh, 2013, p. 706-712).

Desarrollo ruminal

Los datos obtenidos en la evaluación del desarrollo ruminal, observados en el Cuadro 14, indican que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) en los diferentes parámetros evaluados. Puede apreciarse claramente que los animales que consumieron menor cantidad de dieta líquida presentaron mayor desarrollo ruminal y mayores valores en los pesos de los órganos evaluados, lo que concuerda con muchas especulaciones respecto a los programas de crecimiento acelerado.

Cuadro 14. Peso de los comportamientos estomacales en los animales para los diferentes tratamientos.

Parámetro	Tratamiento	
	Convencional	Intensivo
Edad, días	64 ± 0	64 ± 0
Peso, kg	54,00 ± 2,83	52,75 ± 12,37
Ret-Rumen, g	645,50 ± 205,77	523,50 ± 33,23
Omaso, g	114,50 ± 20,51	121,00 ± 29,70
Abomaso, g	313,00 ± 18,38	301,00 ± 1,41
Bazo, g	167,50 ± 95,46	126,50 ± 37,48
Corazón, g	371,00 ± 41,01	470,00 ± 98,99
Hígado, g	1188,50 ± 125,16	1068,50 ± 238,29

En cuanto a los comportamientos estomacales de los animales para los diferentes tratamientos se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) (Cuadro 15) en la altura y grosor de las papilas ruminales, el sistema convencional obtuvo valores superiores, esto concluye que a pesar de que estos animales no tuvieron mejores ganancias de pesos en el destete, tuvieron mayor desarrollo ruminal al compararlo con el sistema intensivo, quienes tuvieron mayor consumo de sustituto lácteo y mejores resultados como fuente nutricional.

Cuadro 15. Peso de los comportamientos estomacales en los animales para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Sección	Altura (mm)	Ancho (mm)	Grosor
Intensivo	A	0,62 ± 0,11 b	0,31 ± 0,26	1,15 ± 0,11 b
Convencional	A	0,91 ± 0,10 a	0,30 ± 0,20	1,55 ± 0,11 a
Intensivo	LB	0,37 ± 0,12 b	0,29 ± 0,16	1,06 ± 0,13 b
Convencional	LB	0,89 ± 0,15 a	0,27 ± 0,12	1,23 ± 0,12 a
Intensivo	LC	0,46 ± 0,10 b	0,34 ± 0,15	0,89 ± 0,15 b
Convencional	LC	0,70 ± 0,11 a	0,38 ± 0,12	1,44 ± 0,28 a
Intensivo	LD	0,77 ± 0,12 b	0,33 ± 0,10	1,32 ± 0,05 b
Convencional	LD	1,06 ± 0,13 a	0,41 ± 0,17	1,46 ± 0,04 a
Intensivo	LE	0,56 ± 0,13 b	0,27 ± 0,16	1,16 ± 0,09 b
Convencional	LE	1,39 ± 0,14 a	0,38 ± 0,11	1,48 ± 0,09 a
Intensivo	RB	0,62 ± 0,02 b	0,27 ± 0,10	0,98 ± 0,12 b
Convencional	RB	0,70 ± 0,03 a	0,46 ± 0,21	1,57 ± 0,19 a
Intensivo	RC	0,29 ± 0,08 b	0,21 ± 0,16	0,88 ± 0,10 b
Convencional	RC	0,54 ± 0,10 a	0,21 ± 0,15	1,48 ± 0,13 a
Intensivo	RD	0,34 ± 0,30 b	0,23 ± 0,10	0,90 ± 0,16 b
Convencional	RD	1,01 ± 0,17 a	0,30 ± 0,17	2,12 ± 0,23 a
Intensivo	RE	0,37 ± 0,35 b	0,21 ± 0,18	1,10 ± 0,20 b
Convencional	RE	1,18 ± 0,21 a	0,32 ± 0,26	1,66 ± 0,21 a

ab Medias con letras distintas en diferentes columnas, difieren entre sí.

A=posición caudal del saco ciego caudo-ventral.

RB= lado derecho de saco caudo dorsal.

LB= lado izquierdo del saco caudo-dorsal.

RC= el lado derecho del saco cráneo-dorsal.

LC= lado izquierdo del saco cráneo-dorsal.

RD= lado derecho del saco cráneo-ventral.

LD= lado izquierdo del saco cráneo ventral.

RE= lado derecho de la posición ventral del saco ciego caudo-ventral.

LE= parte izquierda de la posición ventral del saco ciego caudo- ventral.

En los resultados obtenidos concuerdan con las observaciones encontradas en la investigación según Kehoe *et al.* (2007), el cual determinaron que el efecto de la edad por efecto de la edad del destete sobre el desarrollo ruminal en terneras de lechería, el cual destetaron animales entre la 3 y 6 semana y los sacrificaron a las 8 semanas, evaluaron la altura, el ancho de las papilas y el grosor de la pared ruminal, Kehoe *et al.* (2007); los autores no encontraron diferencias estadísticas significativas entre edades de destete (p.267-272).

Kehoe *et al.* (2007); no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las edades de destete y el promedio de medidas obtenidas, entre 2,44 a 1,8 mm, respectivamente; los valores se encuentran por debajo de los obtenidos en el presente estudio con el tratamiento convencional, pero son superiores a los obtenidos que en el tratamiento intensivo.

Los investigadores concluyeron que el mayor desarrollo ruminal se da cuando los animales consumen menor cantidad de alimento líquido y mayor cantidad de alimento balanceado, tal como se caracteriza la crianza y desarrollo de reemplazos en Costa Rica, y no con una alimentación intensiva como se realizó en dicho experimento (Kehoe *et al.*, 2007, p.267-272).

Diversos estudios como Soberon y Van Amburgh (2013), se abocaron a valorar el efecto de la inclusión de alimentos balanceados en las dietas para terneras, con el fin de evaluar el desarrollo ruminal, ya que tuvieron el pensamiento que el consumo de forraje era esencial para el desarrollo del retículo-rumen. Luego, descubrieron que el alimento seco, especialmente aquel con un alto potencial de fermentación, producía un mayor estímulo, para el desarrollo más rápido de los tejidos de los pre-estómagos, puesto que los alimentos balanceados son digeridos y convertidos a ácido propiónico, butírico y acético, los cuales son ácidos grasos volátiles que resultan de la fermentación microbial de los carbohidratos y proteínas en el rumen (p.706-712).

Según Flatt *et al.* (1958) y Tamate *et al.* (1962) el estímulo principal para el desarrollo de las papilas es particularmente el ácido butírico y el ácido propiónico (p.1593-1600), (p.408-420). Por su parte, los autores mencionan que las terneras alimentadas únicamente con dietas líquidas exhiben un desarrollo anormal de los preestómagos (Khan *et al.* 2007a,b, p.3376, p.885) pues, al alimentar al animal de esa manera, se observó según lo menciona Tamate *et al.* (1962), que las paredes son delgadas y el desarrollo papilar retardado.

Además, continuando con Tamate *et al.* (1962), ejerce poco efecto la leche o reemplazador lácteo a nivel ruminal, ya que la gotera esofágica dirige dichos líquidos hasta el abomaso, que evita cualquier estímulo. Por esta razón, el desarrollo del rumen en terneras alimentadas solamente con leche o reemplazador, permanecerá pequeño y el crecimiento y desarrollo de las papilas y paredes del rumen se verán restringidos, a pesar de que se alimenten con cantidades crecientes de estos alimentos líquidos (p.408-420).

Sin embargo, cuando los animales comienzan a consumir alimento iniciador a una edad temprana, los preestómagos aumentan rápidamente en volumen, peso, músculo y capacidad de absorción (Anderson *et al.*, 1987, p.1000-1005). Para lograr un adecuado desarrollo del rumen es recomendable suministrar calostro de buena calidad a las terneras durante las primeras horas de vida de la manera que se practique en la finca, además, en las siguientes horas y días es necesario suministrar agua fresca a libre consumo, e iniciar al tercer día el consumo de alimento balanceado, para así finalizar con un destete satisfactorio con los pesos deseados y un adecuado desarrollo, no por la edad del animal en sí mismo.

Costos

Al desarrollar un animal evaluando dos volúmenes de leche de los 0 a los 64 días al destete, se desglosan los siguientes resultados: al sistema convencional se le suministró 4 litros de lactoreemplazador y tuvo un costo por animal de ₡111.159,34 , mientras que al sistema intensivo, se le suministró 8 litros de lactoreemplazador y tuvo un costo de ₡149.202,09, el valor más alto de los gastos totales es representado por el reemplazador lácteo, el cual en el sistema intensivo es de ₡974, 503.57 y en el sistema convencional de ₡505,403.32, lo que representa según el estudio de Elizondo-Salazar & Vargas- Ramírez (2015), un 29,53% del costo de reemplazo lácteo en una ternera.

Además, Elizondo-Salazar & Vargas- Ramírez (2015), determinaron en su estudio, al evaluar el desarrollo de reemplazos de cero días hasta los cuatro meses de edad, que el promedio del costo al desarrollar una ternera es de ₡221,287 lo cual coincide con el presente estudio, donde tuvo valores similares (Cuadro 16), a pesar de que los valores fueron superiores por la inclusión de reemplazador lácteo con un alto valor (p.6)

Asimismo, dichos autores complementaron dentro de sus costos los rubros de alimentación, mano de obra, fertilización e insumos, lo que genera mayor costo en el animal, en el presente proyecto se complementaron los mismos rubros además de la depresión de la máquina alimentadora, ya que en el experimento se utilizó un alimentador automatizado lo que conlleva un gasto más de electricidad, agua, productos desinfectantes y depreciación.

Cuadro 16. Costo total del experimento.

Costo total	
Intensivo	Convencional
¢2.221.934	¢1.308.908
Total de costo general del grupo de terneras	
¢3.530.842	
¢ 149.202,09	¢111.159,34
Por ternera	Por ternera

Cabe resaltar que el rubro de alimentación es el que tiene mayor impacto a nivel de desarrollar un animal, ya que según lo menciona Elizondo-Salazar & Solís-Chávez (2018), en su estudio representó el 64,04 %, en el Cuadro 17 se aprecian también los costos de cada dieta por tratamiento, puede observarse claramente que el sistema intensivo donde se les ofreció mayor cantidad de reemplazador representó un costo mayor que el sistema convencional, ya que se les ofreció menor cantidad de reemplazador lácteo (p.7).

Sin embargo, al considerar el costo total, el tratamiento convencional resultó 38.043,16 colones más barato que el intensivo, dicho de otra forma 87.433,16 versus 49.390 colones, respectivamente. En algunas investigaciones como la de Davis *et al.* (2011), reportan US\$1,27 más para un programa de alimentación intensivo en comparación con uno tradicional (p.3554-3567).

Cuadro 17. Costo total de alimentación en los diferentes tratamientos

Costos de Desarrollo de Terneras en un Sistema Automatizado				
Alimentación	Convencional colones	Convencional dólares	Intensivo colones	Intensivo dólares
Alimento balanceado	¢82.398	\$130	¢65.983,71	\$104
Reemplazador lácteo	¢505.403,32	\$797	¢974.503,57	\$1.537
Agua	¢4.884	\$8	¢ 8.711	\$14
Total de costo de alimentación	¢49390		¢ 87.433,16	

El segundo rubro a considerar dentro del experimento es el protocolo de inseminación a tiempo fijo, con un valor de 10,499 colones por animal. Mientras que en Costa Rica se realiza la inseminación artificial que tiene un menor costo, estos gastos no superan los insumos en IATF.

Según Elizondo-Salazar & Solís-Chávez (2018), el segundo rubro de mayor gasto para la crianza y desarrollo de reemplazos es el de la electricidad, lo que representa un 3,67 %, en fincas de sistemas convencionales, dicho rubro no presenta un alto valor, como si lo representa en el presente trabajo con un 5.62 %, al utilizar un alimentador automático, esto representa el tercer rubro de mayor importancia (p.553).

El cuarto rubro de más importancia fue la mano de obra. Elizondo-Salazar & Vargas- Ramírez (2015), reportan un ponderado de 18,89% de los costos totales, dicho de otra forma, 40,561 colones de gastos, lo que en el presente proyecto concuerda con valores inferiores, dando así como resultado 6.250 colones por animal del total de rubros más considerados (p.552).

En la crianza y desarrollo de reemplazos los costos van a hacer muy distintos en cualquier explotación lechera, ya que todos tienen diferente disposición de recursos y objetivos; es probable que un gran número de productores desconozcan dicha información al criar y desarrollar una ternera, ya que muchos no contemplan la proyección en aumentar el número de vacas de ordeño, lo que repercute directamente el flujo de caja, ya que los reemplazos requieren de una inversión económica importante.

XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar la investigación, se concluye que los animales con una mayor ingesta de leche tienen mayores ganancias de peso, altura de la cruz y circunferencia torácica en un lapso menor.

El estudio anatómico de las papilas y desarrollo ruminal demostró que las terneras alimentadas con un sistema convencional muestran un mejor desarrollo de dichas papilas. No obstante, cabe destacar que estas terneras a pesar de tener un rumen más desarrollado fueron más susceptibles a enfermedades. Esto se atribuye a que dichos animales reciben únicamente la energía suficiente para su crecimiento. En el caso de la alimentación intensiva las terneras que se enfermaron nunca dejaron de tener ganancias de peso diarias.

Se determinó que los costos son superiores al desarrollar una ternera con mayor nivel de reemplazador lácteo, el cual fue de ₡149.202,09 en comparación que en el sistema con mayor consumo de alimento balanceado, el cual fue de ₡111.159,34. Mas si se comparan estos costos en función de sus respectivas ganancias de peso diarias, se vislumbra que el costo de kilo en el sistema intensivo es de ₡ 5.683,89 mientras que el convencional es de ₡ 7.031,98. El ahorro de ₡ 1.348,09 por kilo ganado llevó a la suposición de que los costos adicionales para una alimentación con mayor nivel de reemplazador lácteo definitivamente pueden valer la pena en comparación con la alimentación convencional.

Por último, la alimentación intensiva además de generar un ahorro por kilo ganado, es respetuosa con los animales, ya que las terneras consumen mayor cantidad de alimento y con mayor frecuencia, por lo que no hay periodos de hambre a lo largo del día. Por estas razones se considera que este tipo de alimentación debería ser implementada gradualmente por los productores de Costa Rica.

XII. LITERATURA CITADA

- Agudelo-Gómez, D.A., Ochoa-Loria, O.P., Puerta-Rico, L.F., & Pinea-Sánchez, D., (s.f). Sistemas de levante en crías vacuno. Artículo de revisión. Industria Pecuaria, Universidad de Antioquia. Repositorio <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/194/1/077-82%20Sistemas%20de%20levante%20en%20cr%C3%ADas%20de%20vacuno.pdf>.
- Anderson, M. J., Khoyloo, M., & Walters, J. L. (1982). Efecto de alimentar semillas de algodón enteras en la ingesta, el peso corporal y desarrollo retículo ruminal de terneros jóvenes Holstein. *Journal of Dairy Science*, 65, 764-772.
- Anderson, K.L., Nagaraja, T.G., & Morril, J. L. (1987). Ruminal y desarrollo metabólico en terneros destetados convencionalmente o temprano. *Journal of Dairy Science*, 70, 1000-1005.
- AyA (Acueductos y Alcantarillados). (2021). Costo del metro cúbico de agua. AyA, CRC. Consultado el 29 de diciembre del 2021. <https://aresep.go.cr/alcantarillado/tarifas/3246-tarifa-alcantarillado-aya-2021>
- Arauja-Balseca, S.B., Barberena-González, R.J. (2017). Evaluación del sistema de crianza intensivo de terneras con leche entera y el sistema convencional con lactoreemplazdor. [Proyecto de graduación de Ingenieros en Agrónomos en el grado académico de Licenciatura, Zamorano, Honduras] base de datos <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/daa0dfcf-69ef-4759-8518-5b5ffe7ce166/content>
- Barquero, M. (2017). Hato costarricense produce unos tres millones de litros de leche al día. La Nación. Base de datos https://www.nacion.com/economia/agro/hato-costarricense-produce-unos-tres-millones-de-litros-de-leche-al-dia/56VUM6ZXJNGSZGWUGEC3TTGOPM/story/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20leche%20de,y%20pueden%20exportar%20el%20alimento_
- Banco Central de Costa Rica. (2021). Banco Central de Costa Rica. Base de datos <https://www.bccr.fi.cr/SitePages/default.aspx>.
- BCCR (Banco Central de Costa Rica). 2022. Tipo de cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América para el año 2022. BCCR, CRC. Consultado el día 07 de julio del 2022. Base de datos <http://www.bccr.fi.cr>.
- Bar-Peded, U., Robinzon, B., Maltz, E., Voet, H., Gacitua, H., & Lehrer, A.R. (1997). Mayor ganancia de peso y efectos en los parámetros de producción de terneras Holstein a las que se les permitió amamantar desde el nacimiento hasta las seis semanas de edad. *Journal of Dairy Science*, 80, 2523-2528.
- Bacha, F. (1999). Nutrición del ternero neonato (nacido) [Avances en Nutrición y Alimentación Animal, Fundación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal, Barcelona, España], 277-301.

- Callejo-Ramos, A., & Dos Santos-Araujo, J. (2014). Alojamiento en grupo y alimentación automatizada en terneras lactantes. Consultado el 29 de junio del 2020. <http://www.revistafrisona.com/Portals/0/articulos/n213/alimentacion.pdf?ver=2016-07-05-123456-477>.
- Casas, M., & Campos, F. (2015). ¿Cómo evaluar la calidad del calostro y la inmunidad en las terneras? Editorial Manuales INIA Chile. Base de datos http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/cria_artificial/61-calidad_calostro.pdf.
- Castillo-González, AR., Burrola-Barranza, ME., Domínguez-Viveros, J., & Chavéz-Martínez. (2014). Microorganismos y fermentación ruminal [Programa de Doctorado en Philosophia, Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma de Chihuahua, Mexico], Arch Med, 46, 349-361.
- Castro-Flores, P. (2011). Procesamiento del alimento balanceado utilizado en la crianza de terneras y su efecto sobre el crecimiento y el desarrollo ruminal [Tesis para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica, Costa Rica] base de datos <https://zootecnia.ucr.ac.cr/images/tesis/pdfs/castro-flores-pamela.pdf>
- Castro-Flores, P., & Elizondo-Salazar, J. (2012). Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos. *Agronomía Mesoamericana*, 23, 343-352.
- Church, D.C. (s.f). El animal rumiante: Fisiología digestiva y nutrición. Consultado el día 05 de marzo del 2022. Base de datos <https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=BotSEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP3&dq=The+Ruminant+Animal.+Digestive+Physiology+and+Nutrition.+Editorial+Prentice+Hall.+London,+England.+564&ots=oA9IYvdsFU&sig=Y4mMGAWLZNB54etaHdzb5Ckjb0#v=onepage&q&f=true>
- Coleen, J. M., & Heinrichs, J. (2017). Alimentación del ternero lechero recién nacido. PennState Extension. Consultado el día 15 de agosto del 2020 <https://extension.psu.edu/feeding-the-newborn-dairy-calf>.
- Coleen, J. M., & Heinrichs, J. (2018). Desarrollo del rumen, ¡no destete a los terneros sin él! PennState Extensión. Consultado el día 15 de agosto del 2020 <https://extension.psu.edu/rumen-development-dont-wean-calves-without>.
- CNFL (Compañía Nacional de Fuerza y Luz). 2022. Costo por KWh, tarifa menores o iguales que 3000 KWh. CNFL, CRC. Consultado el día 06 de julio del 2022 <https://www.cnfl.go.cr/servicios-residenciales-sr/tarifas-vigentes-sr>
- Consejo Nacional de investigación, Junta de Agricultura y Recursos Naturales, Comité de Nutrición Animal, Subcomité de Nutrición del Ganado Lechero. (2001). Requerimientos de Nutrientes del Ganado Lechero: Séptima Edición. Base de datos. <https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=EgWw2Kd9mb4C&oi=fnd&pg=PT16&dq=Nutrient+requirements+of+Dairy+Cattle&ots=pQERlw7Old&sig=dZvyYeox>

Dv2IhkW_W2yi2LoAf_U#v=onpage&q=Nutrient%20requirements%20of%20Dairy%20Cattle&f=false

- Contraras, P., & Noro, M. (2010). Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. (3ª edición). Consorcio lechero, base de datos: https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc20a9d92e87.pdf
- Coverdale, J., Tyler, H.D., Quigley, J.D. & Brumm, J.A. (2004). Efecto de varios niveles de forraje y forma de dieta sobre el desarrollo ruminal y el crecimiento de los terneros. *Journal of Dairy Science*, 87, 2554-2562.
- Cunningham, J.G., & Klein, B.G. (2019). Fisiología veterinaria (4ª edición). Base de datos <http://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/0441.%20Fisiolog%C3%ADa%20veterinaria.pdf> , 397-398 p.
- Davis, L.E., VandeHaar, M.J, Wolf, C.A., Liesman, J.S., Chapin, L.T., & Weber Nielsen, M.S. (2011). Efecto de la alimentación intensificada de las terneras sobre el crecimiento, edad puberal, edad de parto, producción de leche y economía. *Journal of Dairy Science*, 94, 3554-3567.
- DeHeus powering progress, (2011). El ganado joven es el futuro de cada empresa. Consultado el día 15 de agosto del 2020 en <https://www.deheus.com/news/knowledge/how-to-get-calibrated-heifers-779>.
- Diao, Q., Zhang, R., & Fu, T. (2019). Revisión de estrategias para promover el desarrollo del rumen en terneros. *Journal List, Animal (Basel)*, US National Library of Medicine National Institutes of Health, 9 (8), 490.
- Elizondo-Salazar, J.A., & Zumbado-Alpizar, L.R. (2021). Eficiencia del sustituto de calostro sobre la transferencia de inmunidad pasiva en terneras. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 249-260.
- Elizondo-Salazar, J. A., & Vargas-Ramírez, M. A. (2015). Determinación del costo de la crianza de terneras desde el nacimiento hasta el destete en una lechería comercial especializada. *Nutrición Tropical*, 9(2), 1-10.
- Elizondo-Salazar, J. A., & Sánchez-Álvarez, M. (2012). Efecto del consumo de dieta líquida y alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. *Agronomía Costarricense*, 36(2), 81-90.
- Elizondo-Salazar, J.A. & Monge-Rojas, C.R. (2019). Consumo de alimento balanceado en reemplazos de lechería desde el nacimiento hasta las ocho semanas de edad. *Nutrición Animal Tropical*, 13(2), 58-75.
- Elizondo-Salazar, J.A. & Solís-Chaves, H.A. (2018). Costo de criar una ternera lechera de reemplazo desde el nacimiento al parto. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 547-555.
- Elizondo-Salazar, J.A. (2006). Desarrollo de rumen de terneras de leche. *ECAG- Informa*, 38, 29-32.

- Elizondo-Salazar, J.A. (2007). Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*, 18, 271-281.
- Elizondo-Salazar, J.A. (2008). Parámetros de manejo en la crianza de terneras: Optimizando la eficiencia en las explotaciones lecheras, *ECAG-Inforna*, 45, 31-34.
- Elizondo-Salazar, J.A. (2009). Crianza de terneras en lechería: Programa alternativo para un crecimiento acelerado. *ECAG-Inforna*, 47, 32-34.
- Elizondo-Salazar, J.A. (2013a). Requerimientos de energía para terneras de lechería. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 209-214.
- Elizondo-Salazar, J.A. (2013b). Requerimientos de proteína para terneras de lechería. *Nutrición Animal Tropical*, 7(1), 40-50.
- Elizondo-Salazar, J.A. (2015a). Caracterización de la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. *Agronomía Mesoamérica*, 26, 203-209.
- Elizondo-Salazar, J.A. (2015b). La crianza de terneras: Pilar de la eficiencia en las fincas lecheras. *Horizonte lechero*, 1 (6), 18-21.
- Elizondo-Salazar, J.A; Rojas-Orozco, G. (2011). Utilización de la leche de desecho para la alimentación de terneras de lechería. *ECAG Informa*, (56), 62-65.
- Flatt, W., Warner, R., & Loosli, J. (1958). Influencia de los materiales purificados en el Desarrollo del estómago de rumiantes. *Journal of Dairy Science*, 41, 1593-1600.
- Fernández-Silveira, M., & Hornos-Moraes, L.P. (2019). Anatomía del aparato digestivo de terneros holando neonatos [Tesis de doctor en ciencias veterinarias, Universidad de la Republica Facultad de veterinaria, Montevideo, Uruguay] Repositorio <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/2572/FV-33914.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Garzón-Quintero, B. (2008). Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros [Tesis, Apartado 18, Universidad Agraria de la Habana, Cuba]. Base de datos http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/cria_artificial/131-sustitutos.pdf.
- García-Carrasco, D. (2016). Aspectos generales sobre el rumen y su fisiología. Consultado el día 12 de diciembre del 2021 en <https://www.ganaderia.com/destacado/Aspectos-generales-sobre-el-rumen-y-su-fisiologia>
- Grajales, J., & Castillo, M.A. (2016). Efecto de la nutrición y los programas de crecimiento acelerado sobre el desarrollo de la glándula mamaria y el futuro desempeño productivo en ganado bovino lechero. [Investigación, Editorial Universidad tecnológica OTEIMA]. Base de datos <chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcgclefindmkaj/viewer.html>.

- Hazard, S. (1997). Alimentación de terneros y vaquillas de lechería. Consultado el día 30 de junio del 2020. <http://biblioteca.inia.cl/medios/quilamapu/inproleche/pdf/AD2.pdf>.
- Hungate, R.E. (1966). El rumen y sus microbios. Departamento de bacteriología y agricultura, la estación experimental Universidad de California Davis, California. Base de datos https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=TK_SBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=the+rumen+and+its+microbes&ots=9FOPrDcVGj&sig=I-wAHBwch6h-Uq9iCmtdtNM-QpZs#v=onepage&q=the%20rumen%20and%20its%20microbes&f=false
- IMN. (2020). Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. Consultado el día 12 de agosto del 2020 en <https://www.imn.ac.cr/web/imn/inicio>.
- Jasper, J., & Weary, D.M. (2002). Efectos de la leche ad libitum ingesta en terneros lecheros. *Journal of Dairy Science*, 11, 3054-3058.
- Johnson, J.L., Godden, S.M., Molitor, T., Ames, T., & Hagman, D. (2007). Efectos de la alimentación con calostro tratado térmicamente sobre la transferencia pasiva de parámetros inmunes y nutricionales en terneros lecheros recién nacidos. *Journal of Dairy Science*, 90, 5189-5198.
- Kehoe, S., Dechow, C., & Heinrichs, J. (2007). Efectos de la edad al destete y la frecuencia de alimentación con leche sobre el crecimiento, la salud y los parámetros ruminales de las terneras lecheras. *Livestock Science*, 110, 267-272.
- Khan, M.A., Lee, H.J., Lee, W.S., Suh, G.H, Kang, S.J., & Choi, Y.J. (2007a). Crecimiento estructural, desarrollo del rumen y respuestas metabólicas e inmunes de terneros machos Holstein alimentados con leche a través de métodos progresivos y convencionales. *Journal of Dairy Science*, 90, 3376-3387.
- Khan, M.A., Lee, H.J., Lee, W.S., Kim, H.S., Kim, S.B., Ki, K.S., Ha, J.K., Lee, H.G., & Choi, Y.J. (2007b). Rendimiento antes y después del destete de las terneras Holstein alimentadas con leche mediante métodos convencionales y de reducción gradual. *Journal of Dairy Science*, 90, 876-885.
- Khan, M.A., Lee, H.J., Lee, W.S., Park, S.J., Ha, J.K., & Choi, Y.J. (2007c). Evaluación de Fuente de almidón en ternera iniciador: Consumo de alimento, ganancia de peso corporal, crecimiento estructural y metabolitos sanguíneos en terneros Holstein. *Journal of Dairy Science*, 90, 5259-5268.
- Khan, M.A., Weary, D.M., & Keyserlingk, von M.A.G. (2011). Revisión invitada: efectos de la ración de leche sobre el consume de alimentos sólidos, el destete y el rendimiento de novillas lecheras. *Journal of Dairy Science*, 94, 1071-1081.
- Kung, J.L., Demarco, S., Siebenson, L.N., Joyner, E., Haenlein, G.F., & Morris, R.M. (1997). Una evaluación de dos sistemas de manejo para la cría de terneros alimentados con sustituto de leche. *Journal of Dairy Science*, 80, 2529-2533.

- Lanuza, F. (2010). Crianza de terneros y reemplazos de lechería. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue, *Boletín Técnico N°148*.
- Lesmeister, K.E., & Heinrichs, A.J. (2005). Efectos de agregar melaza adicional a un iniciador de terneros texturizado en el desarrollo ruminal, características de crecimiento y parámetros de sangre en terneros lecheros recién nacidos. *Journal of Dairy Science*, 88, 408-411.
- Lesmeister, K.E., Tozer, P.R., y Heinrichs, A.J. (2004). Desarrollo y análisis de un procedimiento de muestreo de tejido ruminal. *Journal of Dairy Science*, 87, 1336-1344.
- Lier, E., & Regueiro, M. (2008). Digestión en el retículo-rumen [*manuscrito presentado para publicación*]. Departamento de producción animal y pasturas. Universidad la Republica. Montevideo, Uruguay.
- Linn, J. (2001). Necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero: Resumen NRC. Departamento de Ciencia Animal, Facultad Universitaria de Minnesota, Base de datos:
http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/NRC_vacunos.pdf
- Mattiello, S., Canali, E., Ferrante, V., Caniatti, M., Gottardo, F., Cozzi, G., Andrighetto, & Verga, L. (2002). La provisión de alimentos sólidos a los terneros de carne: II. Comportamiento, fisiología y daño abomasal. *Journal of Animal Science*, 80, 367-375.
- Nava-Cuellar, C., & Diaz-Cruz, A. (2001). Introducción a la digestión ruminal. Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. Sitio Argentino de Producción Animal, Base de datos: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/79-introduccion_a_la_digestion_ruminal.pdf
- Passille, A.M., & Rushen, J. (2016). Uso de alimentadores automáticos para destetar a los terneros alimentados con grandes cantidades de leche de acuerdo con su capacidad para comer alimentos sólidos. *Journal of Dairy Science*, 99, 3578-3583.
- Pavan, M. (2017). Guía de manejo sustentable y de buenas prácticas en la crianza artificial de terneras de tambo de 0 a 60 días [*Tesis, Especialización en Bioseguridad y Preservación Ambiental, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Plata, Argentina*]. Base de datos <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68200>.
- Pérez-Matute, E., & Sirias-Chavarria, R. (2007). Transferencia de líquido ruminal o transfaunación en terneros de 2 a 4 meses con trastornos de poco desarrollo corporal en la Finca las Mercedes de la UNA [*Tesis de grado de Licenciatura, Consejo de Investigación y Desarrollo (CID) de la facultad de Ciencia Animal (FACA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua*]. Base de datos <chrome->

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fcenida.una.edu.ni%2FTesis%2Ftnl70p438.pdf&cflen=964048&chunk=true.

- Phillips, C.J.C. (2004). Los efectos de la provisión de forraje y el tamaño del grupo en el comportamiento de los terneros. *Journal of Dairy Science*, 87, 1380-1388.
- Quigley, J. (2001). Bacteria de rumen en terneros. Consultado el día 24 de julio del 2020 en <http://www.calfnnotes.com/pdffiles/CN005e.pdf>.
- Raeth- Knight, M., Chester-Jones, H., Hayer, S., Linn, L., Larson, R., Ziegler, B., & Broadwater, N. (2009). Impacto de la leche convencional o intensivo en programas de reemplazo en el rendimiento de novillas Holstein hasta los seis meses de edad y durante la primera lactancia. *Journal of Dairy Science*, 92, 799-809.
- Relling, A.E., & Mattioli, G.A. (2003). Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes, Editorial EDULP. Base de datos <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2014/08/fisiologia-digestiva-y-met-de-los-rumiantes.pdf>.
- Rendón-Bedoya, A. (2016). Terneras de reemplazo en la lechería La Salle Dairy ubicada en California Estados Unidos. [Trabajo de grado para optar al título de administrador de empresas, Corporación Universitaria Lasallista]. http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1916/1/Terneras_reemplazo_lecheria_LaSalleDairy_California.pdf.
- Rivera, A. (2000). Determinación del retorno de la inversión en la crianza y desarrollo de novillas Jersey a primer parto en la zona de altura de la Meseta Central de Costa Rica. [Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, CRC].
- Rojas-Orozco, G. (2011). Utilización de la leche de desecho para la alimentación de terneras de lechería. ECAG- informa 56.
- Rotger-Cerda, A. (2004). Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización de energía-proteína en terneras de cebo intensivo [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. Repositorio <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/5667/arc1de1.pdf>.
- Salazar-Samecash, B. (2010). Efecto del suplemento de harina de maca (*Lepidium mevenii* Walp.1843) en el peso y talla de terneros de la raza Holstein (*Bos taurus*) [Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú]. Base de datos https://pdfs.semanticscholar.org/2b93/804bdf9bccf6a9697893d4857d55029867d3.pdf?_ga=2.51053033.116193090.1593721041-1800688632.1593721041.
- SAS, Institute. (2006). SAS/STAT. User's guide. SAS Inst. Inc., Cary. N.C.1563 p.
- Semex. (2003). Manual para la cría efectiva de novillas. Otoño 2003. España.
- SFR. (S.F). Apoyo zootécnico ruminal. Consultado el día 15 de agosto del 2020 en <https://www.schothorst.nl/nl/nieuws/visit-to-the-haus-riswick-centre-with-ruminal-zootechnical-support/43>.

- Shamay, A., Werner, D., Moallem, U., Barash, H., & Bruckental, L. (2005). Efecto del manejo de enfermería y el tamaño esquelético al destete sobre la pubertad, la tasa de crecimiento esquelético y la producción de leche durante la primera lactancia de vaquillas lecheras. *Journal of Dairy Science*, *88*, 1460-1469.
- Soberón, F. (2018). Claves para alcanzar un crecimiento acelerado en las novillas. Campogalego. Consultado el día 14 de agosto del 2020 en <https://www.campogalego.es/claves-para-alcanzar-un-crecimiento-acelerado-en-las-novillas/>.
- Soberón, F., Raffenateo, E., Everett, R.W., & Van Amburgh, M.E. (2012). Ingesta de sustituto lácteo antes del destete y efectos a largo plazo en la producción de leche. *Journal of Dairy Science*, *95*, 783-793.
- Soberón, F., & Van Amburgh, M.E. (2013). Simposio de biología en lactancia: El efecto de la ingesta de nutrientes de la leche o sustituto de leche de terneros lecheros predestetados sobre la producción de leche de lactancia en la edad adulta: un meta análisis de datos actuales.
- Tamate, H., McGilliard, A., Jacobson, N., & Getty, R. (1962). Efecto de diversas dietas sobre el Desarrollo anatómico del estómago en el ternero. *Journal of Dairy Science*, *45*, 408-420.
- Terré, M., & Bach, A. (2004). Alimentación de las terneras lactantes. Mundo Pecuario. Consultado el 3 de julio del 2020. https://www.researchgate.net/publication/28279698_Alimentacion_de_la_tenera_lactante.
- Terré, M., y Bach, A. (2018). La transición de terneras jóvenes. IRTA Departamento de producción de rumiantes. Consultado el día 2 de agosto del 2020 en <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2018/03/LA-TRANSICION-DE-LAS-TERNERAS-JOVENES-.pdf>.
- Tobón-Carbona, I. (2015). Evaluación de la eficiencia de un alimento iniciador en terneras de tres fincas del trópico Alto de Antioquia [*Trabajo de práctica empresarial, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia*]. Repositorio institucional, http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1802/1/Evaluacion_eficiencia_alimento_iniciador_terneras.pdf.
- Ungerfeld, E. (2016). La simbiótica relación entre rumiante y microorganismos. Federación nacional de productores de leche, Consultado el día 02 de julio del 2020. <https://www.fedeleche.cl/ww4/index.php/noticias/todas-las-noticias/2164-la-simbiotica-relacion-entre-rumiante-y-microorganismos>.
- Unión Ganadera Regional de Jalisco. (2010). Alimentando terneras y novillas. Consultado el día jueves 3 de marzo del 2022. http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=396
- Vargas-Ramírez, A.M. (2014). Práctica dirigida realizada en la sección de crianza de terneras en la finca lechera los Alpes del Pizote S.A, en San Ramon de Tres Ríos,

Cartago [Práctica dirigida para optar por el título de licenciatura, Universidad de Costa Rica].

- Vargas, D., Martínez, G., & Colmenares, O. (2011). Tamaño de vacas doble propósito y su relación con la producción de leche e intervalo entre partos. [Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Producción Animal, Maracay]. Base de datos https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Vargas-5/publication/305114933_TAMANO_DE_VACAS_DOBLE_PROPOSITO_Y_SU_RELACION_CON_LA_PRODUCCION_DE_LECHE_E_INTERVALOS_ENTRE_PARTOS/links/5782778e08ae5f367d3b5ec0/TAMANO-DE-VACAS-DOBLE-PROPOSITO-Y-SU-RELACION-CON-LA-PRODUCCION-DE-LECHE-E-INTERVALOS-ENTRE-PARTOS.pdf
- Vera, E.A. (2014). Identificación del desarrollo de las pailas ruminales en terneros, de 10 a 90 días en la alimentación con_ leche, leche más concentrado y leche más concentrada y líquido ruminal. [Tesis, Licenciatura, Universidad Politécnica estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador]. Repositorio institucional, <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/>
- Vasseur, E., Borderas, F., Cue, R.I., Lefebvre, D., Pellerin, D., Rushen, J., Wade, K.M., & Passille, de A.M. (2010). Efectos de la alimentación con calostro tratado térmicamente sobre la transferencia pasiva de parámetros inmunes y nutricionales en terneros lecheros recién nacidos. *Journal of Dairy Science*, 93, 1307-1315.
- Van Amburgh, M.E., Soberon, F., Karzses, J., & Everett, R.W. (2011). Impacto a largo plazo de la nutrición y el manejo de la vida temprana productividad de terneros. [Proyecto en el programa en la facultad de Agricultura y Ciencias de la vida de la Universidad de Cornell, Ithaca, NY]. Base de datos <https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/36500>.
- Wattiaux, M. (2002). Crianza de terneras del nacimiento al destete. Importancia de alimentar con calostro. Editorial Universidad de Wisconsin-Madison. Base de datos <https://lebascom.files.wordpress.com/2018/02/29-alimentacic3b3n-con-leche-y-substitutos-de-leche.pdf>.
- Weaver, D.M., Tyler, J.M., VanMetre, D.C., Hostetler, D.E., & Barrington, G.M. (2000). Transferencia pasiva de inmunoglobulinas calostrales en terneros. *J Vet Intern Med*, 14, 569-577.
- WingChing-Jones, R., Pérez, R., & -Salazar, E (2008). Condiciones ambientales y producción de leche de un hato de ganado Jersey en el trópico húmedo: el caso del módulo lechero-SDA/UCR. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 87-94.
- Ybalmea, R. (2015). Alimentación y manejo del ternero, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(2), 141-152.
- Zavaleta, E. (S.F). Los ácidos grasos volátiles, fuente de energía en los rumiantes. [Departamento de Nutrición y Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México]. Base de datos <https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol1/CVv1c09.pdf>

XIII. ANEXOS



Anexo 1. Ternera dentro de máquina automatizada.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 2. Ternera dentro del “igloo” donde están alojadas durante los primeros 3 días de nacidas, para luego ser pasadas a los corrales grupales.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 3. Separación de órganos, de uno de los animales seleccionados para realizar el análisis ruminal.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 4. División del plano de las paredes del rumen.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 5. Cortes de las dimensiones del plano del rumen.

Fuente: Elaboración propia.



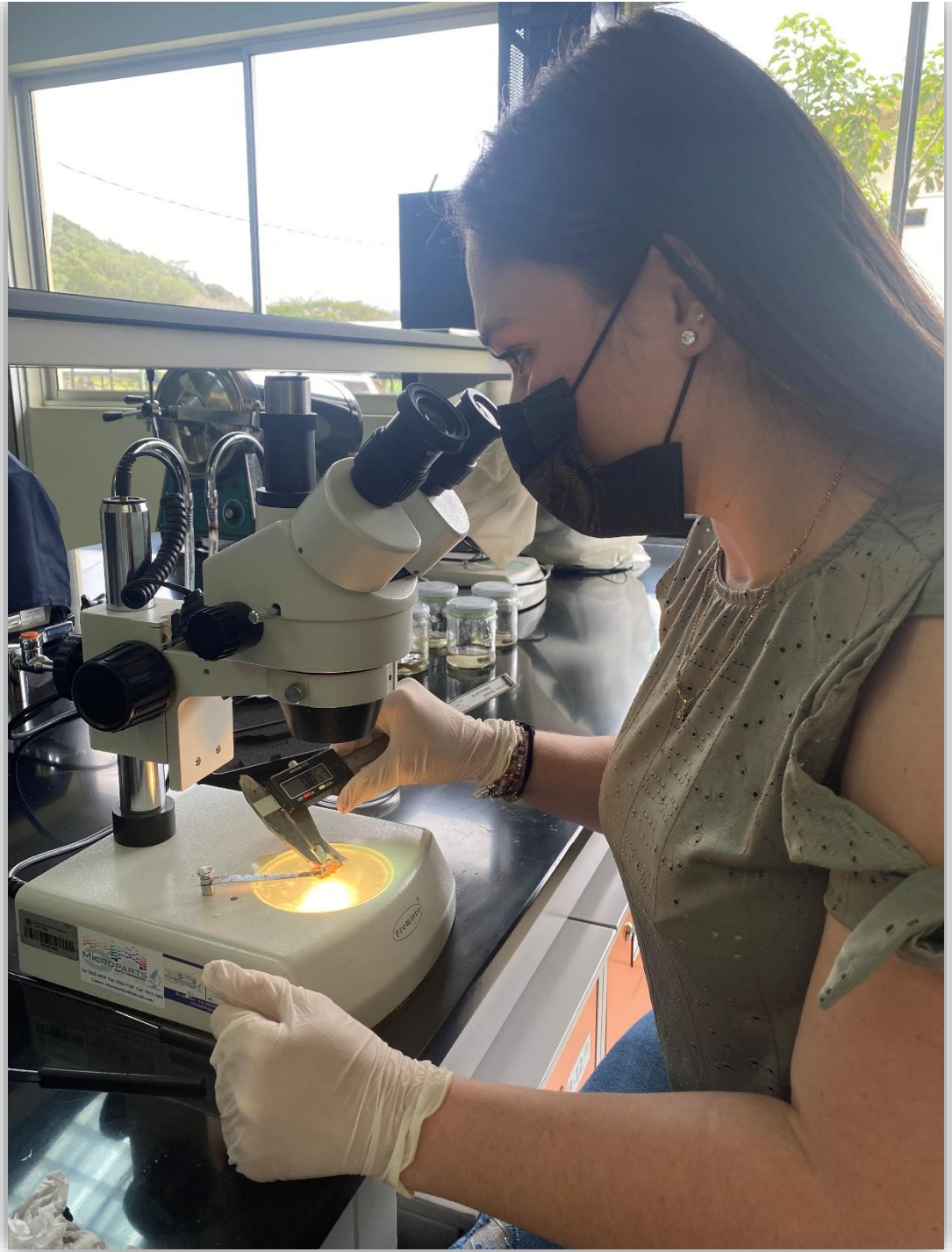
Anexo 6. Registro de datos.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 7. Mediciones de las papilas ruminales en el estereoscopio.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 8. Mediciones en el estereoscopio.

Fuente: Elaboración propia.

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO Y MANEJO DE LOS TRABAJOS
FINALES DE GRADUACIÓN
UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL**

Atenas, Fecha.

Señores

Vicerrectoría de Investigación

Sistema Integrado de Bibliotecas y Recursos Digitales

Estimados señores:

Nombre de sustentantes	Cédula
Maricela Acuña Vargas	2-0754-0758
Glenda Virginia Villegas Solórzano	2-0734-0086

Nosotros en calidad de autores del trabajo de graduación titulado: Evaluación del ofrecimiento de dos niveles de reemplazador lácteo por medio de un alimentador automático sobre diferentes parámetros de crecimiento y desarrollo ruminal en reemplazos de lechería desde el nacimiento hasta el destete.

El cual se presenta bajo la modalidad de:

Seminario de Graduación

Proyecto de Graduación


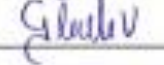
Tesis de Graduación

Presentado en la fecha 12/12/2022, autorizamos a la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, para que nuestro trabajo pueda ser manejado de la siguiente manera:

Autorizamos	Si	No
Conservación de ejemplares para préstamo y consulta física en biblioteca	X	
Inclusión en el catálogo digital del SIBIREDI (Cita catalográfica)	X	
Comunicación y divulgación a través del Repositorio Institucional	X	
Resumen (Describe en forma breve el contenido del documento)	X	
Consulta electrónica con texto protegido	X	
Descarga electrónica del documento en texto completo protegido	X	
Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.	X	

Por otra parte, declaramos que el trabajo que aquí presentamos es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma conjunta, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizamos que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA). Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, se exime de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional.

Conscientes de que las autorizaciones no reprimen nuestros derechos patrimoniales como autores del trabajo. Confiamos en que la Universidad Técnica Nacional respete y haga respetar nuestros derechos de propiedad intelectual.

Nombre del estudiante	Cédula	Firma
Maricela Acuña Vargas	2-0754-0758	
Glenda Virginia Villegas Solórzano	2-0734-0086	

Día: 25 de abril, 2023