

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**PROGRAMA DE ESTUDIO DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO**  
**ZOOTECNISTA**

---

**Efecto de la inclusión de tributirina en la leche fresca para terneros lactantes**  
**sobre el desarrollo del rumen y ganancia de peso.**

---

**Área de investigación:**

Producción animal sustentable

**Autor:**

Celi Cabrera, María Lourdes

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** López Jiménez, Enrique Aguberto

**Secretario:** Ortiz Tenorio, Luis Abraham

**Vocal:** Izaga Inoñan, Mario Wilmer

**Asesor:**

Baltodano Tello, Juan Carlos

**Codigo Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-3953-6385>

**TRUJILLO - PERÚ**

**2023**

## Efecto de la inclusión de tributirina en la leche fresca para terneros lactantes sobre el desarrollo del rumen y ganancia de peso.

### INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego

Trabajo del estudiante

1%

2

Nadia Fuentes N., Fernando Carcelén C., Marco Gutierrez T., Miguel Ara G., Jimny Nuñez D.. "Rendimiento productivo y morfometría intestinal del pollo de engorde sometido a dietas con inclusión de espirulina (*Arthrospira platensis*)", Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 2023

Publicación

1%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

4

ri-ng.uaq.mx

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

1%

www.researchgate.net

6

Fuente de Internet

1%

7

zagan.unizar.es

Fuente de Internet

1%

8

orbi.uliege.be

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

## DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Juan Carlos Baltodano Tello, docente del Programa de estudio de Medicina Veterinaria y zootecnia de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada: " Efecto de la inclusión de tributirina en la leche fresca para terneros lactantes sobre el desarrollo del rumen y ganancia de peso", dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación del 6%, así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 19 febrero de 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

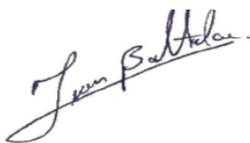
Trujillo, 19 de febrero de 2024

Asesor: Baltodano Tello, Juan Carlos  
DNI N°: 19237355

Autor: Celi Cabrera, María Lourdes  
DNI N°: 47949971

**Codigo Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-3953-6385>

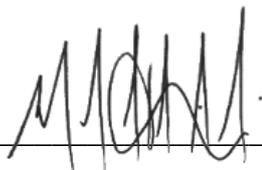
Firma:



Firma:



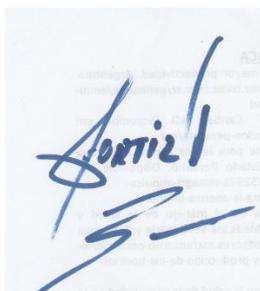
**La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:**



---

MV. Mg. López Jiménez, Enrique Aguberto

**PRESIDENTE**



---

MV. Mg. Ortiz Tenorio, Luis Abraham

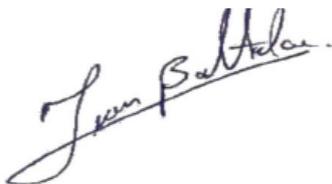
**SECRETARIO**



---

MV. Mg. Izaga Inoñan, Mario Wilmer

**VOCAL**



---

MV. Mg. Baltodano Tello, Juan Carlos

**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a mi hijo Vasco Cabrera quien me impulsa a diario para continuar con este camino y a mi esposo Oswaldo Cabrera, quién ha sido paciente y me ha alentado a seguir adelante con mis metas y sueños.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia por apoyarme en mi decisión profesional y a mi tía Cintia, que sin su ayuda no hubiese sido posible este sueño.

También quiero agradecerme por la perseverancia de continuar esta meta a pesar de las dificultades.

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>VI</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>X</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XII</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>15</b>
2.1. GENERALIDADES DEL TERNERO .....	15
2.2. SISTEMA DIGESTIVO DEL TERNERO .....	16
2.3. MICROBIOTA RUMINAL.....	17
2.4. TRIBUTIRINA.....	20
2.5. TRIBUTIRINA EN RUMIANTES .....	20
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
3.1. LUGAR DE INVESTIGACIÓN .....	22
3.2. ANIMALES: .....	22
3.3. ALIMENTACIÓN .....	22
3.4. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	22
3.5. TRATAMIENTOS.....	23
3.6. VARIABLE DEPENDIENTE .....	23
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	24
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
4.1. DESARROLLO DEL ESTÓMAGO EN SU ETAPA MONOGÁSTRICA .....	25
4.1.1. Longitud de las Papilas Ruminales y del Omaso.....	25
4.1.2. Grosor del Epitelio del Ruminal y Omasal .....	26
4.1.3. Peso Relativo del Estómago en su Etapa Monogástrica .....	28
4.2. GANANCIA DE PESO .....	29
<b>V. DISCUSION</b> .....	<b>30</b>
5.1. DESARROLLO RUMINAL.....	30
5.2. GANANCIA DE PESO .....	31
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>32</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>33</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>34</b>
<b>IX. ANEXOS</b> .....	<b>39</b>

**ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1. Categorización de terneras.....	15
Cuadro 2. Estándares de peso esperado para terneras según raza.....	15
Cuadro 3. Desarrollo del estómago de los rumiantes.....	16
Cuadro 4. Efectos de la inclusión de tributirina y butirato en dietas de rumiantes.	21
Cuadro 5. Efecto de la tributirina sobre los parámetros productivos de terneros de 30 días de edad.....	29

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Longitud de las papilas del rumen (mm) a los 30 días de edad. ....	25
Figura 2. Longitud de las papilas del omaso (mm) a los 30 días de edad.....	26
Figura 3. Grosor del epitelio del rumen ( $\mu$ ).....	27
Figura 4. Grosor del epitelio del omaso ( $\mu$ ). ....	27
Figura 5. Peso relativo del estómago en su etapa monogástrica de terneros de 30 días de edad.....	28

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Parámetros productivos de terneros de 0 a 30 días de edad según tratamiento. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 2. Capacidad relativa del estómago (%) de terneros de 30 días de edad según tratamiento.....	39
Anexo 3. Toma de muestra para evaluación de desarrollo estomacal.....	40
Anexo 4. Preparación del alimento con tributirina. ....	40
Anexo 5. Suministro del alimento con tributirina.....	41

## RESUMEN

El desarrollo del rumen y la ganancia de peso en los terneros lactantes es un problema en la ganancia de peso lo cual conlleva a un incremento en el costo de producción. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de tributirina en la leche suministrada a terneros lactantes hasta los 30 días de edad sobre el desarrollo del rumen y ganancia de peso. No se utilizaron terneras porque los animales se sacrificarían al final del estudio y dado su alto valor productivo imposibilitó esa opción. Se emplearon 9 terneros lactantes, los cuales se distribuyeron en tres tratamientos, T0: dieta base sin tributirina en leche, T1: dieta base con 5g de tributirina en leche y T2: dieta base con 10g de tributirina en leche. El trabajo se realizó a 3404 msnm. en el establo DJ ubicado en la Provincia de Julcán, departamento de La Libertad, Perú. Nuestros resultados mostraron que el empleo de tributirina aumentó la longitud de las papilas ruminales ( $p=0.0001$ ) y omasales ( $p<0.0001$ ). aumentaron significativamente el peso relativo del rumen ( $p=0.0116$ ) y omaso ( $p=0.0037$ ). No obstante, no afectó el grosor epitelial del rumen y omaso ( $p>0.05$ ) y redujo significativamente el peso relativo del retículo ( $p=0.0013$ ) y el abomaso ( $p<0.0001$ ). El uso de tributirina mejoró significativamente ( $p<0.05$ ) la ganancia promedio de peso y ganancia diaria de peso; sin embargo, no afectó estadísticamente el peso final, ni el consumo ( $p>0.05$ ). Por lo tanto, concluimos que la inclusión de tributirina en la leche aumenta el desarrollo del rumen y no afecta negativamente el desempeño de terneros lactantes hasta los 30 días de edad.

**Palabras clave:** Tributirina, leche, terneros, peso, dieta

## ABSTRACT

Rumen development and weight gain in lactating calves is a problem in weight gain which leads to increased cost of production. The objective of the present study was to evaluate the effect of tributyrin inclusion in milk fed to lactating calves up to 30 days of age on rumen development and weight gain. Calves were not used because the animals would be slaughtered at the end of the study and their high productive value made this option impossible. Nine lactating calves were used, which were distributed in three treatments, T0: base diet without tributyrin in milk, T1: base diet with 5g of tributyrin in milk and T2: base diet with 10g of tributyrin in milk. The work was carried out at 3404 meters above sea level in the DJ dairy located in the province of Julcán, department of La Libertad, Peru. Our results showed that the use of tributyrin increased the length of rumen papillae ( $p=0.0001$ ) and omasal papillae ( $p<0.0001$ ), significantly increased the relative rumen weight ( $p=0.0116$ ) and omasum ( $p=0.0037$ ). However, it did not affect the epithelial thickness of the rumen and omasum ( $p>0.05$ ) and significantly reduced the relative weight of the reticulum ( $p=0.0013$ ) and abomasum ( $p<0.0001$ ). The use of tributyrin significantly improved ( $p<0.05$ ) average weight gain and daily weight gain; however, it did not statistically affect final weight or feed intake ( $p>0.05$ ). Therefore, we conclude that the inclusion of tributyrin in milk increases rumen development and does not negatively affect the performance of lactating calves up to 30 days of age.

**Key Words:** Tributyrin, milk, calves, weight, diet.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el 85.9% de la producción de leche se encuentra distribuida entre los pequeños productores y el 4.1% distribuida entre los grandes productores (MINAGRI, 2017). Asimismo, el consumo per-cápita de leche pasteurizada en el Perú es de 87 litros/año (Gestión, 2019).

Además, el costo de criar vaquillas de reemplazo constituye casi el 15 al 20% de todos los gastos en una granja lechera (Heinrichs, 1993). Por lo que establecer un rumen funcional y bien desarrollado en los terneros lecheros es esencial para mejorar el rendimiento del crecimiento y la eficiencia alimenticia (EF), lo que disminuye indirectamente los costos de criar novillas de reemplazo (Bergman, 1990). Asimismo, el aumento de la ingesta de alimento sólido en los terneros estimula la proliferación de poblaciones microbianas en el rumen, que a su vez fermentan los carbohidratos convirtiéndolos rápidamente en ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen (acetato, propionato y butirato) (Baldwin et al., 2004; Li et al., 2012).

La utilización de butiratos en la nutrición de vacuno lechero ha sido ampliamente documentada (Rice et al., 2019; McCurdy, 2019; Koch et al., 2019; Fukumori et al., 2020). El butirato es el AGV que se metaboliza más rápidamente por el epitelio del rumen y juega un rol clave en el establecimiento del epitelio del rumen y su desarrollo subsiguiente (Beever, 1993), dado que estimula el crecimiento y elongación de las papilas, lo que proporciona una mayor superficie para la absorción de nutrientes y favorece el desarrollo del rumen (Tamate et al., 1962)., no obstante, los estudios revelaron que la tributirina tiene efectos superiores que los butiratos, incluso que los butiratos protegidos (Lum et al., 2018).

Por lo expuesto se planteó incluir la tributirina en la leche fresca para terneros hasta el destete con el fin de evaluar su influencia sobre el desarrollo de rumen y la ganancia de peso, bajo las condiciones de la crianza de terneros en nuestro medio, evaluando su efecto sobre el desarrollo ruminal y ganancia de peso.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la tributirina sobre el desarrollo del rumen y ganancia de peso en terneros hasta el destete bajo nuestras condiciones de crianza.

## II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

### 2.1. Generalidades del Ternero

Mantener la salud de los terneros es muy importante, puesto que puede impactar significativamente en su crecimiento y rendimiento productivo. Por lo tanto, el desarrollo adecuado de los terneros es de vital importancia para toda la industria láctea. Sin embargo, por el deficiente sistema inmunológico y el desarrollo incompleto del sistema digestivo de los terneros, el ambiente y la nutrición pueden afectar negativamente su desarrollo (Diao et al., 2017). La etapa de terneraje abarca desde el nacimiento hasta los 12 meses de edad (Cuadro 1) y los estándares de peso esperado para terneros varía según la raza (Cuadro 2).

Cuadro 1. Categorización de terneras

Edad	Denominación
Nacimiento – 2 meses	Ternera lactante
2 meses – 4 meses	Ternera destetada
5 meses – 12 meses	Ternera en crecimiento

Fuente: Adaptado de Almeyda y Parreño (2011)

Cuadro 2. Estándares de peso esperado para terneras según raza.

Edad (meses)	Brown Swiss	Holstein	Jersey
Nacimiento	42.5	42.5	25.5
2	72.7	72.7	50.0
6	177.3	177.3	127.3
12	318.2	318.2	231.8

Fuente: Adaptado de Almeyda y Parreño (2011).

## 2.2. Sistema Digestivo del Ternero

El estómago de los rumiantes está dividido en cuatro compartimentos desde su nacimiento, los cuales se desarrollan según la edad y el alimento consumido (Cuadro 3). El surco esofágico, es una de las particularidades del tracto gastrointestinal (TGI) de los terneros. La mayor parte del alimento líquido (calostro, la leche entera y el sustituto de leche), puede fluir directamente al abomaso por el cierre del surco esofágico. El abomaso de los terneros es completamente desarrollado y funcional desde su nacimiento. La digestión de proteínas, grasas e hidratos de carbono y depende esencialmente de las enzimas secretadas en el abomaso y el intestino delgado, tal como sucede en los monogástricos. Con el tiempo y el aumento del consumo de alimento seco, el rumen comienza a desarrollarse y a desempeñar funciones digestivas más importantes (Davis y Drackley, 1998; Diao et al., 2017).

Cuadro 3. Desarrollo del estómago de los rumiantes

Semanas de vida	Compartimento <sup>1</sup>			Total	Referencia
	Retículo-rumen (%)	Omaso (%)	Abomaso (%)		
0	38.00	13.00	49.00	100.00	Davis y Drackley (1998)
8	61.23	13.40	25.37	100.00	Diao et al. (2017)
12-16	67.00	18.00	15.00	100.00	Davis y Drackley, (1998); Diao et al. (2017)

<sup>1</sup>Porcentaje del peso total del estómago.

El epitelio del rumen tiene como función: la absorción, el transporte, y el metabolismo de los ácidos grasos de cadena corta. La proliferación y el crecimiento del epitelio escamoso del rumen estimula el crecimiento de las papilas ruminales (tanto en longitud como en grosor) y aumenta el grosor de la pared interior del rumen (Baldwin et al., 2004). Según Lesmeister et al. (2004), la longitud de las papilas ruminales es el indicador más importante para evaluar el desarrollo ruminal, seguido por el grosor de las papilas ruminales y el espesor de la pared ruminal. No obstante, las papilas ruminales por centímetro cuadrado no son utilizadas como indicador del desarrollo ruminal.

Los terneros neonatos poseen un epitelio ruminal liso sin papilas prominentes. Estudios demostraron que los terneros alimentados únicamente con alimento líquido tienen un desarrollo ruminal limitado, con menor peso del rumen, crecimiento papilar, grado de queratinización, pigmentación y desarrollo de la musculatura (Tamate et al., 1962; Gilliland et al., 1962). Por el contrario, el mayor consumo de alimentos sólidos aumenta el desarrollo de la fermentación ruminal. A medida que los terneros consumen más alimento, el pH del contenido ruminal disminuye, y los ácidos grasos volátiles (AGV) aumentan gradualmente durante los primeros dos meses (Suarez et al., 2016; Diao et al., 2017). La presencia y absorción de AGV en el rumen proporciona los estímulos químicos necesarios para la proliferación del epitelio del rumen (Flatt et al., 1958; Tamate et al., 1962). Según los estudios realizados, la administración intra-ruminal de acetato, propionato y butirato aumenta el crecimiento del epitelio del rumen en rumiantes jóvenes; y el butirato tuvo el mayor efecto, seguido del propionato (Tamate et al., 1962; Baldwin et al., 2004). Los estudios sugieren que la proliferación de la papila ruminal se asocia con un aumento del flujo sanguíneo a través de la pared del rumen (Sander et al., 1959; Glauber et al., 1991) y un efecto directo del butirato y el propionato sobre la expresión génica (Galfi et al., 1991).

### **2.3. Microbiota Ruminal**

Al nacimiento, el tracto gastro intestinal (TGI) de los rumiantes es estéril. Sin embargo, el estómago es rápidamente colonizado con una alta densidad bacteriana en las primeras horas de vida. Los recién nacidos obtienen bacterias de la madre, del alimento, del corral y del medio ambiente. Se reportó que los primeros microorganismos intestinales de los corderos lactantes fueron obtenidos mayormente de los pezones de la madre (43%) y del aire ambiental (28%); por el contrario, el intestino de los corderos alimentados con biberón estaba poblado mayormente por bacterias de la vagina de la madre (46%), aire ambiental (31 %), y el piso del corral (12%) (Bi et al. 2019).

Los anaerobios facultativos como *Streptococcus* y *Enterococcus* son los primeros colonizadores del rumen, que convierten el rumen en un ambiente

completamente anaeróbico para promover el rápido establecimiento de bacterias estrictamente anaeróbicas (Jami et al., 2019). A los dos días de edad, la microbiota ruminal alcanza las  $1 \times 10^9$  células/ml con bacterias estrictamente anaeróbicas (Fonty et al., 1987).

Jami et al. (2013) reportaron que la microbiota de terneros de un día de edad, poseía menor cantidad de la familia Bacteroidetes que en animales de mayor edad y estaba constituida principalmente por el género *Bacteroides*, mientras que los animales más viejos fueron colonizados principalmente con *Prevotella*.

Malmuthuge et al. (2014), informaron que el contenido del rumen de terneros de tres semanas contenía un nivel similar de *Bacteroides* (15,8%) y *Prevotella* (15,1%), lo que puede sugerir que el alimento de inicio puede impulsar el desarrollo del microbioma del rumen a un estado más maduro.

Se observó la presencia de bacterias celulolíticas y metanogénicas en corderos de tres a cuatro días de edad, y la población de estas bacterias alcanzó un nivel similar al observado en ovejas maduras a los siete días de edad (Fonty et al., 1987).

Jami et al. (2013), demostraron que las bacterias que degradan la celulosa y otras especies bacterianas relevantes para el funcionamiento ruminal pueden detectarse desde el segundo día de vida. Por lo tanto, el establecimiento de estas bacterias ruminales ocurre antes que tengan acceso a alimento o forraje. Por su parte, McFarland et al. (2017), indicaron que los terneros unos días después del destete tenían una comunidad ruminal más diversa que los terneros durante el destete.

Según Li et al. (2012), la comunidad bacteriana del rumen de terneros de dos semanas de edad alimentados con sustituto de leche poseía 45 géneros bacterianos de 15 familias. Asimismo, se observaron 47 géneros bacterianos pertenecientes a 13 familias en terneros de tres semanas (Malmuthuge et al., 2014). La microbiota ruminal de los terneros de 14 días de edad es más heterogénea y comprende más especies y géneros bacterianos pero transitorios que los terneros

a los 42 días de edad (Li et al., 2012). Los estudios sugirieron que la diversidad y similitud intragrupal de la microbiota del rumen aumenta con la edad, lo que implica una transición de una comunidad heterogénea a una población bacteriana madura más homogénea y diversa (Jami et al., 2013; McFarland et al., 2017). La convivencia facilita que los individuos adquieran una microbiota compartida (Song et al., 2013). La microbiota del rumen fue similar en cabras destetadas y adultas que fueron co-alojadas antes del destete (Wang et al., 2016). Esto también puede contribuir a una convergencia hacia una microbiota similar en los animales adultos.

La composición de la comunidad bacteriana del rumen varió significativamente entre los terneros individuales, lo que sugiere una fuerte especificidad de la microbiota del huésped en el rumen (Li et al., 2012; Jami et al., 2013). De manera similar, las comunidades de arqueas y hongos en el rumen variaron considerablemente entre los individuos (Zhou et al., 2014; McFarland et al., 2017). Esto puede sugerir que la composición de la comunidad microbiana del rumen está asociada con la condición fisiológica del hospedador (Jami et al., 2013).

Además, el trabajo de Mayer et al. (2012), encontró que la composición microbiana fecal era similar entre terneros gemelos que, entre hermanos, lo que implica que la genética del huésped define en parte la composición microbiana intestinal individual.

Asimismo, la composición bacteriana fue diferente entre las regiones del tracto gastrointestinal y entre las comunidades asociadas a la mucosa y la digesta (Malmuthuge et al., 2014). La colonización del rumen del ternero comienza temprano en la vida con una clara segregación de bacterias entre la digesta y las superficies epiteliales. De manera similar, la comunidad de metanógenos también varía a lo largo del tracto gastrointestinal (Zhou et al., 2014). Esto indica que los estudios previos sobre muestras fecales no pueden representar adecuadamente la complejidad del microbioma intestinal.

## **2.4. Tributirina**

La tributirina (TB) es un triéster de butirato que, al ser degradado por acción enzimática, se generan dos moléculas de butirato y monobutirina, que poseen rápida absorción por los enterocitos (Leonel et al., 2013). La tributirina es el precursor del butirato y tiene propiedades intestino-tróficas, antiinflamatorias, antioxidantes y anti-apoptóticas (Guilloteau et. al, 2010).

Respecto a trabajos realizados en monogástricos, se demostró que la inclusión de 5000 mg/kg de tributirina en la dieta de lechones por cuatro semanas mejoró el rendimiento del crecimiento, la morfología intestinal y la actividad de las enzimas digestivas (Hou et al., 2006). Se demostró que la adición de tributirina en la dieta de lechones destetados disminuyó la cantidad de células caliciformes secretoras de moco y reguló la producción de citoquinas pro-inflamatorias y las uniones estrechas, sin observarse efectos negativos sobre el crecimiento (Tugnoli et al., 2020). Por otro lado, se demostró que niveles crecientes de tributirina mejoraron la ganancia de peso (Wang et al., 2019).

## **2.5. Tributirina en Rumiantes**

Se ha estudiado los efectos del butirato y la tributirina en rumiantes de distintas especies y edades obteniéndose resultados positivos sobre los parámetros productivos y el aprovechamiento de los nutrientes (Cuadro 4). Tanto el butirato como la tributirina se mezclaron con la leche para terneros lactantes, sin embargo, los efectos no son tan buenos como en terneros destetados.

Cuadro 4. Efectos de la inclusión de tributirina y butirato en dietas de rumiantes.

Producto	Animal	Efecto	Referencias
Tributirina	Ovejas adultas	Disminuyó la DMI pero aumentó la eficiencia alimenticia, y aumentó la concentración de AGV.	Ren et al. (2018)
Tributirina	Terneros lactantes	Disminuyó la DMI pero no afectó el crecimiento.	Inabu et al. (2019)
Butirato protegido	Terneros transición (lactante-destetado)	Aumentó la DMI y la ganancia de peso	McCurdy et al. (2019)
Butirato de sodio	Terneras destetadas	Aumentó la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia.	Rice et al. (2019)
DMI: ingesta de materia seca.		AGV: Ácidos grasos volátiles	

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de Investigación**

El trabajo de investigación se realizó en la Provincia de Julcán, departamento de La Libertad, Perú a 3404 msnm. Siendo el mes más frío del año en Julio, con una temperatura mínima promedio por día de 4°C y una máxima de 17°C.

En el establo DJ. Se realiza la cría de ganado vacuno de forma intensiva y contaba con 150 vacas en producción, las cuales son ordeñadas con pezoneras en dos turnos de 4:00 am y 4:00 pm.

#### **3.2. Animales:**

Se contó con nueve terneros machos de raza Holstein, siendo estos recién nacidos, separados de la madre al nacer, los cuales fueron distribuidos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Los terneros se alojaron en cunas, dónde recibieron los tratamientos y condiciones de manejo similares.

#### **3.3. Alimentación**

Se siguió el plan de alimentación que se realizaba en el establo DJ, el cual consiste en el uso de concentrado ad libitum y leche fresca, los cuales se proporcionan en horario de 4:00 am y 4:00 pm, una cantidad de 2 litros y medio por toma, durante los 30 días de experimentación.

#### **3.4. Variable Independiente**

Uso de tributirina en una presentación en polvo, lo que permite una mejor disolución del producto al ser agregada a la leche fresca.

### 3.5. Tratamientos

T0: dieta base sin tributirina.

T1: dieta base + 5 gr de tributirina disuelta en la leche.

T2: dieta base + 10 gr de tributirina disuelta en la leche

### 3.6. Variable Dependiente

#### 3.6.1. Desarrollo del Estómago en su Etapa Monogástrica

- Peso rumen-retículo (%)
- Peso omaso (%)
- Peso abomaso (%)
- Altura de papilas ruminales (mm)
- Grosor de papilas ruminales (u)

Respecto a la evaluación del desarrollo del rumen, se sacrificaron los terneros de cada tratamiento al final del experimento. Para determinar el peso de cada compartimento estomacal, se pesó el estómago completo y luego se pesó cada compartimento. En cuanto al tamaño de las papilas ruminales, se abrió el retículo-rumen en un plano sagital, del cual se tomaron 30 muestras totalmente al azar de 0.25 cm<sup>2</sup> de la porción ventral del rumen, con ayuda de una hoja milimétrica, luego estos datos se multiplicaron por cuatro obteniendo el número de papilas por cm<sup>2</sup>, la medida de la altura y grosor de las papilas fue tomada fijando 50 papilas al azar en una hoja milimétrica, utilizando un estereoscopio y calibrador de precisión pie de rey de 0,01 mm.

❖  $\text{Peso rumen-retículo (\%)} = (\text{peso rumen-retículo} / \text{peso total}) \times 100$

❖  $\text{Peso omaso (\%)} = (\text{peso omaso} / \text{peso total}) \times 100$

❖  $\text{Peso abomaso (\%)} = (\text{peso abomaso} / \text{peso total}) \times 100$

#### 3.6.2. Variables Productivas a Medir

- Consumo de alimento (kg)
- Ganancia de peso (kg)
- Conversión alimenticia (kg/kg)

La evaluación se realizó con peso al nacimiento y a los 30 días terminada la experimentación.

El consumo de alimento se midió de forma diaria, la ganancia de peso (GP) se determinó usando el peso inicial y final, y la conversión alimenticia (CA) se determinó relacionando las dos variables antes mencionadas.

$$GP (kg) = peso\ final(kg) - peso\ inicial(kg)$$

$$CA (kg/kg) = \frac{consumo\ de\ alimento\ (kg)}{ganancia\ de\ peso\ (kg)}$$

### 3.7. Análisis estadístico

Se tuvieron 9 terneros que fueron distribuidos mediante un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y tres repeticiones, cuya unidad experimental fue un ternero. Los resultados de las variables consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, peso relativo rumen-retículo, peso relativo omaso, peso relativo omaso fueron evaluados mediante el análisis de varianza y los promedios fueron comparados por la prueba de Tukey.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Desarrollo del estómago en su etapa monogástrica

#### 4.1.1. Longitud de las Papilas Ruminales y del Omaso

En la Figura 1, se muestra diferencia estadística ( $p=0.0001$ ) en la longitud de las papilas ruminales. Verificándose que los tratamientos con tributirina tuvieron mayor longitud de papilas ( $1.50 \pm 0.06$  y  $1.67 \pm 0.06$ ), respecto al grupo control ( $0.77 \pm 0.06$ ). Del mismo modo, se evidencia diferencia estadística ( $p<0.0001$ ) en la longitud de las papilas del omaso. Donde los tratamientos con tributirina tuvieron mayor longitud de papilas ( $8.00 \pm 0.21$  y  $8.33 \pm 0.21$ ), respecto al grupo control ( $3.23 \pm 0.21$ ).

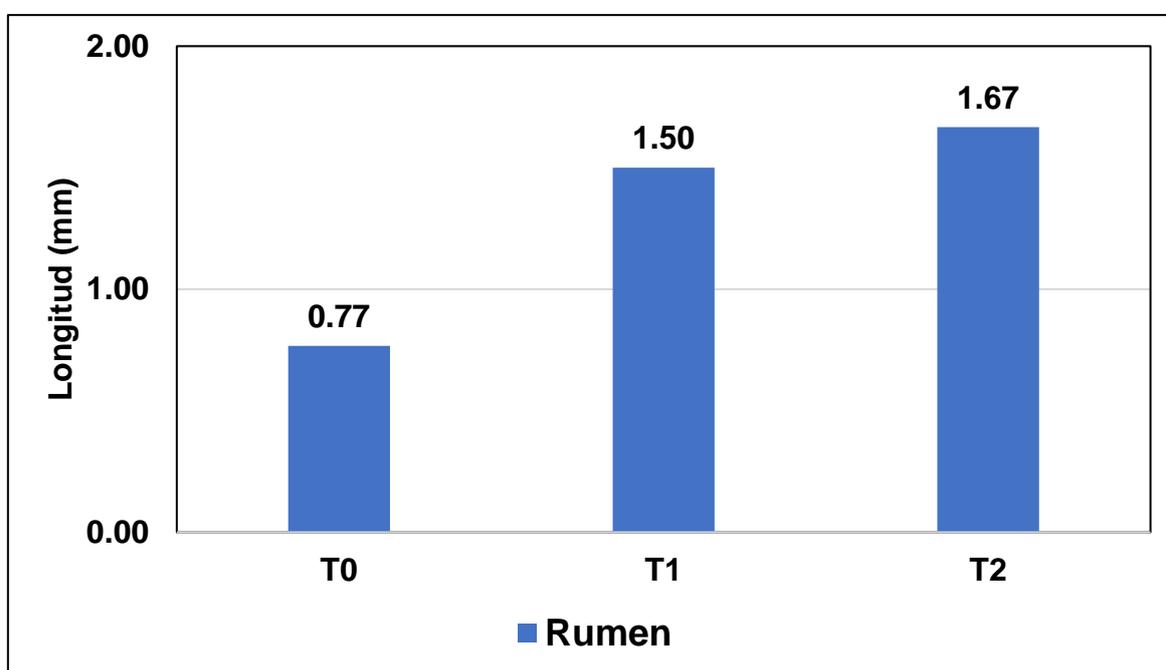


Figura 1. Longitud de las papilas del rumen (mm) a los 30 días de edad.

Nota: T0: dieta base sin tributirina, T1: dieta base con 5 gr. de tributirina disuelta en la leche, T2: dieta base con 10 gr. de tributirina disuelta en la leche.

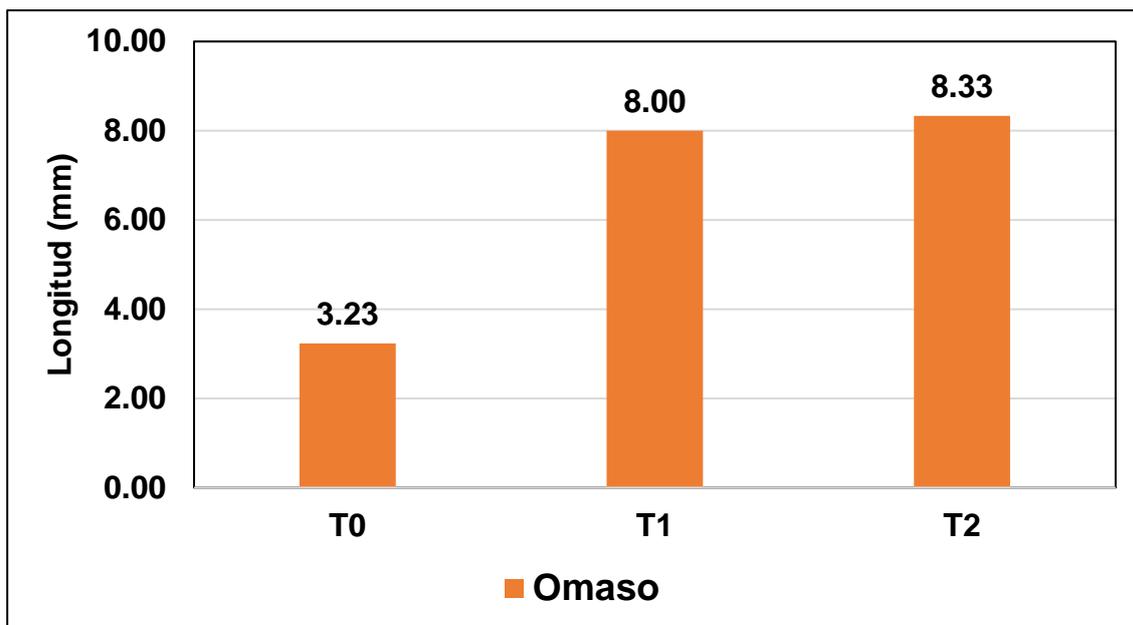


Figura 2. Longitud de las papilas del omaso (mm) a los 30 días de edad.

Nota: T0: dieta base sin tributirina, T1: dieta base con 5 g de tributirina disuelta en la leche, T2: dieta base con 10 g de tributirina disuelta en la leche.

#### 4.1.2. Grosor del Epitelio del Ruminal y Omasal

En la Figura 3, se muestra que no existió diferencia significativa ( $p=0.7023$ ) en el grosor epitelial del rumen. No obstante, se mostró mayor grosor en el tratamiento con inclusión de 10g de tributirina ( $95.00 \pm 2.72$ ), seguido por el tratamiento con 5g de tributirina ( $93.33 \pm 2.72$ ) y el grupo control ( $91.67 \pm 2.72$ ). Así mismo, el grosor del epitelio omasal no fue afectado significativamente ( $p=0.7290$ ) por la inclusión de tributirina. Aunque, el grosor fue numéricamente mayor en los grupos con tributirina ( $98.33 \pm 1.67$ ) respecto al grupo control ( $96.67 \pm 1.67$ ).

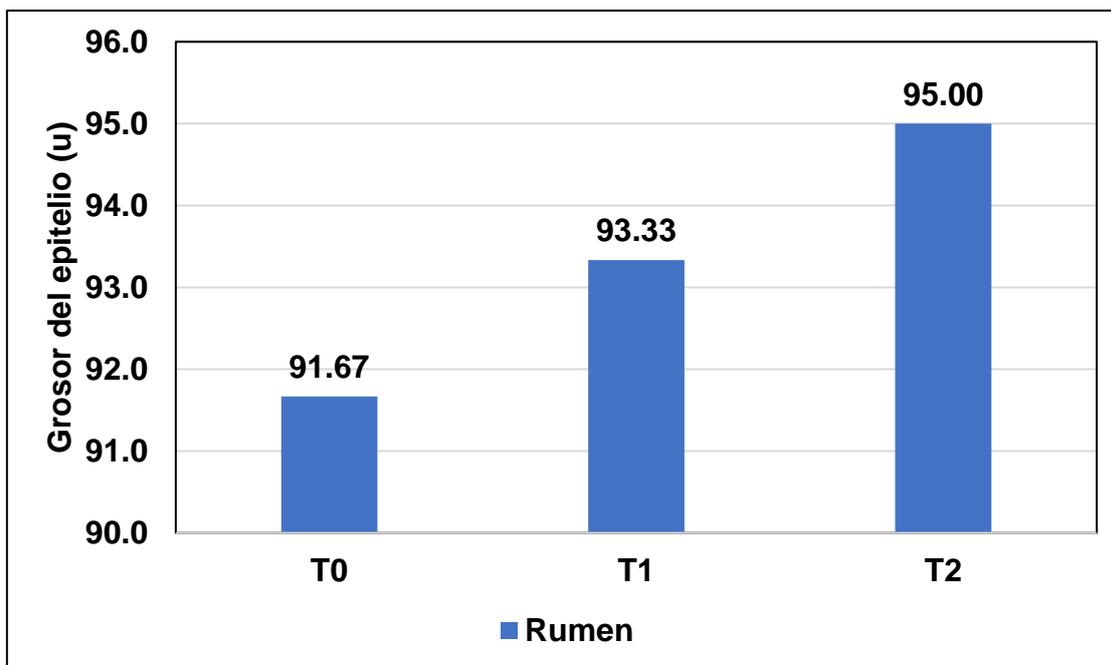


Figura 3. Grosor del epitelio del rumen ( $\mu$ ).

Nota: T0: dieta base sin tributirina, T1: dieta base con 5 g de tributirina disuelta en la leche, T2: dieta base con 10 g de tributirina disuelta en la leche.

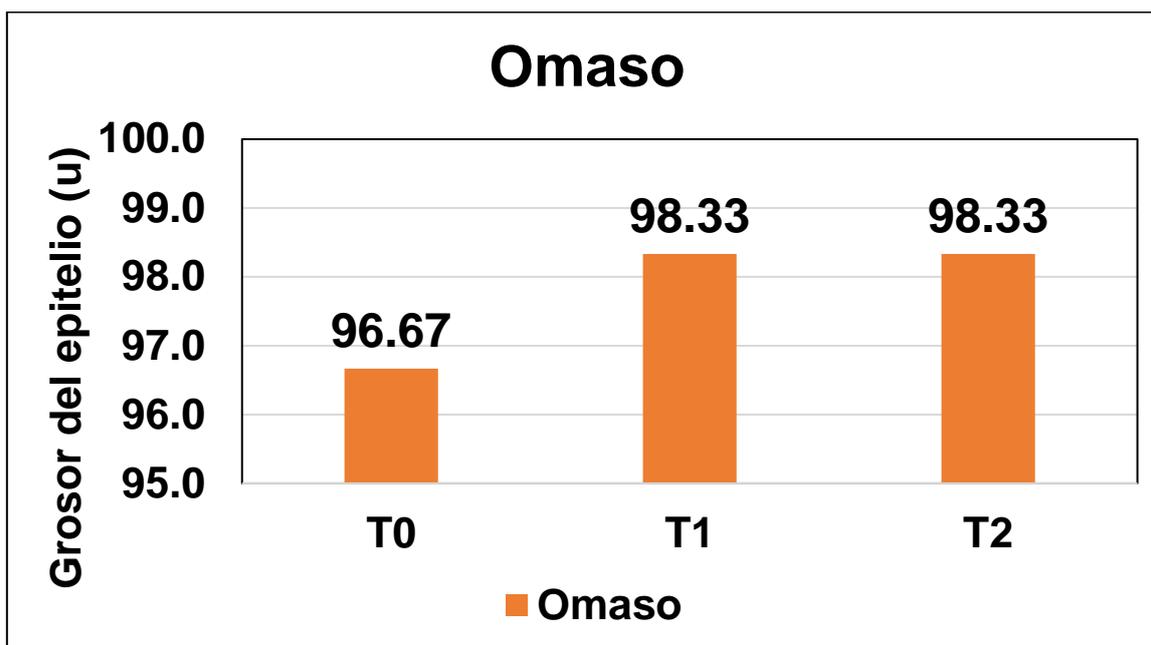


Figura 4. Grosor del epitelio del omaso ( $\mu$ ).

Nota: T0: dieta base sin tributirina, T1: dieta base con 5 gr. de tributirina disuelta en la leche, T2: dieta base con 10 gr. de tributirina disuelta en la leche.

#### 4.1.3. *Peso Relativo del Estómago en su Etapa Monogástrica*

En la figura 5, se evidencia que el uso de tributirina afectó significativamente ( $p=0.0116$ ) el peso relativo del rumen; siendo favorable para los tratamientos con tributirina ( $T1=67.66 \pm 1.41$  y  $T2=67.67 \pm 1.41$ ), respecto al grupo control ( $T0=59.67 \pm 1.41$ ). Del mismo modo, el uso de tributirina redujo significativamente el peso relativo del retículo ( $p=0.0013$ ); donde el retículo representó el 5% del peso total en el grupo control y el 1.33% en los grupos con tributirina. Asimismo, la tributirina aumentó de manera significativa el peso relativo del omaso ( $p=0.0037$ ); el mayor peso relativo fue del tratamiento con 10g de tributirina ( $27.33 \pm 1.55$ ), seguido por el tratamiento con 5g ( $26.33 \pm 1.55$ ) y el control ( $16.00 \pm 1.55$ ). De igual manera, el uso de tributirina redujo significativamente el peso relativo del abomaso ( $p<0.0001$ ); siendo el grupo con 10g de tributirina el que menor peso tuvo ( $3.67 \pm 0.64$ ), seguido por el grupo con 5g de tributirina ( $5.00 \pm 0.64$ ) y el grupo control ( $19.33 \pm 0.64$ ).

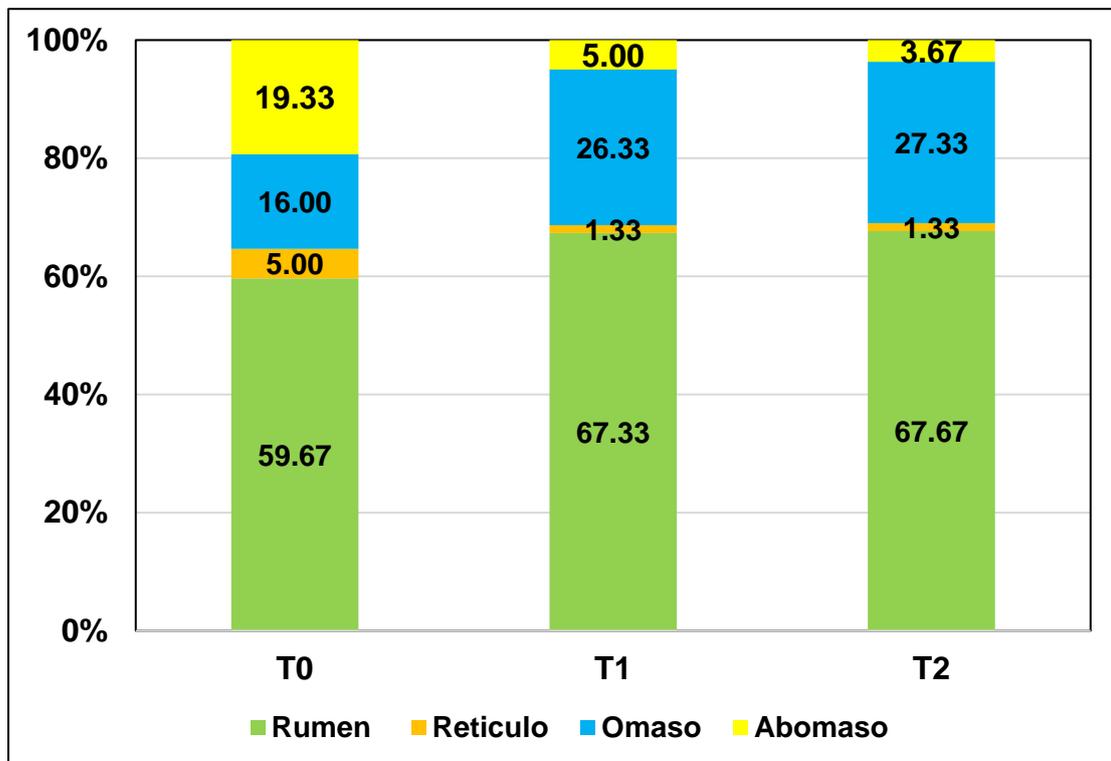


Figura 5. Peso relativo del estómago (%) en su etapa monogástrica en terneros de 30 días de edad

Nota: T0: dieta base sin tributirina, T1: dieta base con 5 gr. de tributirina disuelta en la leche, T2: dieta base con 10 gr. de tributirina disuelta en la leche.

## 4.2. Ganancia de peso

En el Cuadro 5. Se muestra que la inclusión de tributirina mejoró significativamente la ganancia de peso ( $p < 0.05$ ) y la ganancia diaria de peso ( $p < 0.05$ ); aunque, no afectó el peso final ( $p > 0.05$ ) y el consumo ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 5. Efecto de la tributirina sobre los parámetros productivos de terneros de 30 días de edad.

Tratamiento <sup>1</sup>	Peso inicial, kg	Peso final, kg	GP <sup>2</sup> , kg	GDP <sup>3</sup> , kg	Consumo, kg	CA <sup>4</sup> , kg/kg
T0	42.00a	51.67a	9.67a	0.32a	42.33a	4.40b
T1	42.33a	56.00a	13.67b	0.46b	43.33a	3.17ab
T2	40.00a	54.33a	14.33b	0.48b	43.33a	3.09 <sup>a</sup>
E. E <sup>5</sup>	1.26	1.09	0.82	0.03	1.41	0.28
p-valor	0.4219	0.0777	0.0136	0.0137	0.8503	0.0295

*Nota:*<sup>1</sup>T0: dieta base sin tributirina, T1: dieta base con 5 gr. de tributirina disuelta en la leche, T2: dieta base con 10 gr. de tributirina disuelta en la leche. <sup>2</sup>GP: Ganancia de peso, <sup>3</sup>GDP: Ganancia diaria de peso. <sup>4</sup>CA: Conversión alimenticia. <sup>5</sup>E.E: error estándar. Filas con letras diferentes demuestra que existe diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) mediante el análisis de varianza y la prueba de Tukey.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Desarrollo ruminal

Los resultados arrojaron que el empleo de tributirina aumentó la longitud de las papilas ruminales ( $p=0.0001$ ) y omasales ( $p<0.0001$ ). aumentó significativamente el peso relativo del rumen ( $p=0.0116$ ) y omaso ( $p=0.0037$ ). No obstante, no afectó el grosor epitelial del rumen y omaso ( $p>0.05$ ) y redujo significativamente el peso relativo del retículo ( $p=0.0013$ ) y el abomaso ( $p<0.0001$ ).

Se conoce que el desarrollo ruminal es esencial para la degradación de carbohidratos vegetales complejos en azúcares simples a través de la fermentación de los microbios del rumen. Dichos azúcares simples se convierten posteriormente en ácidos grasos volátiles (AGV), como acetato, propionato y butirato, que se emplean como fuente energética para el mantenimiento, crecimiento y preñez de las vaquillas (Moran, 2005; Taylor et al., 2022). A medida que se desarrolla el rumen, el retículo-rumen y el abomaso ocupan proporciones crecientes y decrecientes, respectivamente. El retículo-rumen pasa de representar el 38 % a representar el 61 % y 67 %, y el abomaso del 49 % a representar el 25 % y 15 % en terneros de 0, 2 y 3–4 meses de edad, respectivamente (Taylor et al., 2022). Por lo que, según nuestros resultados, la tributirina logró acelerar el peso relativo del retículo-rumen en terneros de 30 días de edad.

Los hallazgos coinciden con estudios previos donde se demostró que el butirato mejora el peso y la superficie de las papilas ruminales (Wu et al., 2022); asimismo, el butirato aumentó la longitud de las papilas del rumen, el área de las papilas en terneras de 30 de vida.

## 5.2. Ganancia de peso

Los resultados mostraron que el uso de tributirina mejoró significativamente ( $p < 0.05$ ) la ganancia promedio de peso y ganancia diaria de peso; sin embargo, no afectó el peso final, ni el consumo ( $p > 0.05$ ).

La mayor ganancia de peso puede deberse a que, aunque no existió diferencia estadística en el peso inicial, el tratamiento con 10g de tributirina fue inferior numéricamente a los demás tratamientos. Adicionalmente, se reportó que el butirato favoreció el crecimiento de las bacterias benéficas de los géneros *Prevotella*, *Lachnospiraceae*, *Clostridium*, *Ruminococcus* y *Muribaculaceae* ( $P < 0,05$ ); y redujo significativamente la abundancia de *Escherichia-Shigella* ( $P < 0,05$ ) (Ma et al., 2023). Se demostró que el uso de butirato reduce significativamente el índice y frecuencia de diarreas (Wu et al., 2022; Nicola et al., 2023).

Nuestros hallazgos coinciden con Ren et al. (2018), que demostraron que la tributirina disminuyó la ingesta de materia seca (DMI) pero aumentó la eficiencia alimenticia, y aumentó la concentración de AGV en ovejas adultas. De igual manera, McCurdy et al. (2019), reportaron que el butirato protegido aumentó la DMI y la ganancia de peso en terneros en transición (lactancia-destete). Así mismo, un estudio demostró que el butirato de sodio aumentó la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia en terneras destetadas (Rice et al. 2019).

Por el contrario, Wu et al. (2022) reportaron que no existió diferencia estadística con el empleo de butirato tanto en el rendimiento del crecimiento, como en la eficiencia alimenticia. Asimismo, Inabu et al. (2019), reportaron que la tributirina disminuyó la DMI pero no afectó el crecimiento de terneros lactantes.

Por todo lo anteriormente expuesto, la mayor abundancia de bacterias benéficas, la menor presentación de diarreas y el mayor desarrollo estomacal, por acción de la tributirina, pudieron promover la salud intestinal y el aprovechamiento de nutrientes. Lo que explicaría la mayor ganancia de peso en los terneros con menor peso al nacimiento.

## VI. CONCLUSIONES

- La inclusión de Tributirina en la leche fresca de terneros lactantes tuvo diferencia significativa sobre el peso relativo del rumen ( $p=0.0116$ ) y redujo el peso relativo del omaso ( $p=0.0013$ ).
- La inclusión de Tributirina en la leche fresca de terneros lactantes mejoró significativamente la ganancia diaria de peso ( $p= 0.0136$ ), sin afectar el peso final y el consumo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Para futuros estudios se recomienda comparar el uso de tributirina y butirato en terneras con bajo peso al nacimiento.
- Se recomienda evaluar el uso óptimo de uso de tributirina durante un periodo más largo y evaluar su desempeño postdestete.
- Se recomienda determinar los efectos de la reducción del omaso en ganado vacuno.
- Se recomienda evaluar la influencia de la tributirina en terneras lactantes sobre el desarrollo estomacal con métodos no invasivos.
- Para estudios posteriores se recomienda determinar la relación dosis-peso vivo y su evolución según la edad de las terneras

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Almeyda, J., Parreño, J. 2011. *Guía técnica curso – taller manejo integrado de ganado vacuno*. Disponible en: [https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/GanadoLechero/Manejo\\_integrado\\_de\\_ganado\\_vacuno.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/GanadoLechero/Manejo_integrado_de_ganado_vacuno.pdf)
- Baldwin, R., McLeod, K., Klotz, J., Heitmann, R. 2004. *Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant*. *J. Dairy Sci.* 87:E55–E65.
- Beever D. 2005. Rumen function. In: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. 2da ed. CAB International, Wallingford, UK1993: 186-215.
- Bergman, E. 1990. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*. 70(2): 567-590. <https://doi.org/10.1152/physrev.1990.70.2.567>
- Bi, Y., Cox, M., Zhang, F., Suen, G., Zhang, N., Tu, Y., Diao, Q. 2019. *Feeding modes shape the acquisition and structure of the initial gut microbiota in newborn lambs*. *Environ. Microbiol.* 21:2333–2346.
- Davis, C., Drackley, J. 1998. *The Development, Nutrition, and Management of the Young Calf*. Iowa State University Press: Iowa City, USA.
- Diao, Q., Zhang, R., Tu, Y. 2017. Current research progresses on calf rearing and nutrition in China. *Integr. Agric.* 16:2805–2814.
- Flatt, W., Warner, R., Loosli, J. 1958. Influence of purified materials on the development of the ruminant stomach. *J. Dairy Sci.* 41:1593–1600.
- Fonty, G., Gouet, P., Jouany, J., Senaud, J. 1987. Establishment of the microflora and anaerobic fungi in the rumen of lambs. *J. Gen. Microbiol.* 133:1835–1843.
- Fukumori, R., Oba, M., Izumi, K., Otsuka, M., Suzuki, K., Gondaira, S., Higuchi, H., Oikawa, S. 2020. Effects of butyrate supplementation on blood glucagon-like peptide-2 concentration and gastrointestinal functions of lactating dairy cows fed diets differing in starch content. *Journal of Dairy Science*. 103(4): 3656-3667. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17677>

- Galfi, P., Neogrady, S., Sakata, T. Effects of volatile fatty acids on the epithelial cell proliferation of the digestive tract and its hormonal mediation. *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism, Proceedings of the Seventh International Symposium on Ruminant Physiology*, Sendai, Japan, 28 August–1 September 1989; Tsuda, T., Sasaki, Y., Kawashima, R., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 1991; pp. 49–59.
- Friend, J. 1962. Relationship of ration composition to rumen development in early weaned dairy calves with observations on ruminal parakeratosis. *J. Dairy Sci.* 45:1211–1217.
- Glauber, J., Wandersee, N., Little, J., Ginder, G. 1991. Flanking sequences mediate butyrate stimulation of embryonic globin gene expression in adult erythroid cells. *Mol. Cell. Biol.* 11: 4690–4697.
- Guilloteau, P., Martin, L., Eeckhaut, V., Ducatelle, R., Zabielski, R., Van Immerseel, F. 2010. *From the gut to the peripheral tissues: the multiple effects of butyrate.* *Nutr. Res. Rev.* 23:366–384. <https://doi.org/10.1017/S0954422410000247>
- Heinrichs, A. 1993. Raising dairy replacements to meet the needs of the 21st century. *Journal of Dairy Science.* 76(10): 3179-3187. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77656-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77656-0)
- Hou, Y., Liu, Y., Hu, J., Shen, W. 2006. Effects of lactitol and tributyrin on growth performance, small intestinal morphology and enzyme activity in weaned pigs. *Asian-Austr. J. Anim. Sci.* 19:1470–1477. <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.1470>
- Inabu, Y., Murayama, K., Inouchi, K., Sugino, T. 2019. The effect of tributyrin supplementation to milk replacer on plasma glucagon-like peptide 2 concentrations in pre-weaning calves. *Animal Science Journal.* 90(9):1185-1192. <https://doi.org/10.1111/asj.13262>
- Jami, E., Israel, A., Kotser, A., Mizrahi, I. 2013. Exploring the bovine rumen bacterial community from birth to adulthood. *ISME J.* 7:1069–1079.
- Koch, C., Gerbert, C., Frieten, D., Dusel, G., Eder, K., Zitnan, R., Hammon, H.M. 2019. Effects of ad libitum milk replacer feeding and butyrate supplementation on the epithelial growth and development of the gastrointestinal tract in Holstein calves. *Journal of Dairy Science.* 102(9): 8513-8526. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16328>

- Leonel, A., Teixeira, L., Oliveira, R., Santiago, A., Batista, N., Ferreira, T., Santos, R., Cardoso, V., Cara, D., Faria, A., Alvarez-Leite, J., 2013. Antioxidative and immunomodulatory effects of tributyrin supplementation on experimental colitis. *Br. J. Nutr.* 109:1396–1407. <https://doi.org/10.1017/S000711451200342X>.
- Lesmeister, K., Tozer, P., Heinrichs, A. 2004. Development and analysis of a rumen tissue sampling procedure. *J. Dairy Sci.* 87:1336–1344.
- Li, R., Connor, E., Li, C., Baldwin, R.; Sparks, M. 2012. Characterization of the rumen microbiota of pre-ruminant calves using metagenomic tools. *Environ. Microbiol.* 14: 129–139.
- Ma, L., Yang, Y., Liu, W., & Bu, D. (2023). Sodium butyrate supplementation impacts the gastrointestinal bacteria of dairy calves before weaning. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 107(10), 3291-3304. <https://doi.org/10.1007/s00253-023-12485-5>
- Malmuthuge, N., Griebel, P.J., Guan, L.L. 2014. Taxonomic Identification of Commensal Bacteria Associated with the Mucosa and Digesta throughout the Gastrointestinal Tracts of Preweaned Calves. *Appl. Environ. Microb.* 80:2021–2028.
- Mayer, M., Abenthuma, J., Matthesa, D., Kleebergera, M., Egeb, C., Holzel, J., Bauer, J., Schwaiger, K. 2012. Development and genetic influence of the rectal bacterial flora of newborn calves. *Vet. Microbiol.* 161:179–185.
- McCurdy, D., Wilkins, K., Hiltz, R., Moreland, S., Klanderma, K., Laarman, A. 2019. Effects of supplemental butyrate and weaning on rumen fermentation in Holstein calves. *Journal of Dairy Science.* 102(10): 8874-8882. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16652>
- McFarland, K., Breaker, J., Suen, G. 2017. Microbial succession in the gastrointestinal tract of dairy cows from 2 weeks to first lactation. *Sci. Rep.* 7:40864
- Moran, J. (2005). *Tropical Dairy Farming: Feeding Management for Small Holder Dairy Farmers in the Humid Tropics*. Csiro Publishing: Victoria, Australia.
- Nicola, M., Kalb, A., Barbosa, A., Velasquez, B., Rincon, J., Feijó, J., Dellagostin, E., Martins, A., Blödorn, E., Domingues, W., Lopes, F., Quinteiro-Filho, W., Mondadori, R., Campos, V., Rabassa, V., Komninou, E., Delpino, F., & Corrêa, M. (2023). Butyrate supplementation in the liquid diet of dairy calves

- leads to a rapid recovery from diarrhea and reduces its occurrence and relapses in the preweaning period. *Journal of Dairy Science*, 0(0). <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22670>
- Ren, Q., Xuan, J., Hu, Z., Wang, L., Zhan, Q., Dai, S., Li, S., Yang, H., Zhang, W., Jiang, L. 2018. Effects of tributyrin supplementation on short-chain fatty acid concentration, fibrolytic enzyme activity, nutrient digestibility and methanogenesis in adult Small Tail ewes. *The Journal of Agricultural Science*. 156(3):465-470. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000424>
- Rice, E., Aragona, K., Moreland, S., Erickson, P. 2019. Supplementation of sodium butyrate to postweaned heifer diets: Effects on growth performance, nutrient digestibility, and health. *Journal of Dairy Science*. 102(4): 3121-3130. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15525>
- Sander, E., Warner, H., Harrison, H., Loosli, J. 1959. The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. *J. Dairy Sci.* 42:1600–1605.
- Song, S., Lauber, C., Costello, E., Lozupone, C., Humphrey, G., Berg-Lyons, D., Caporaso, J., Knights, D., Clemente, J., Nakielny, S. et al. 2013. Cohabiting family members share microbiota with one another and with their dogs. *eLife* 2:00458.
- Suarez-Mena, F., Heinrichs, A., Jones, C., Hill, T., Quigley, J. 2016. Straw particle size in calf starters: Effects on digestive system development and rumen fermentation. *J. Dairy Sci.* 99:341–353.
- Tamate, H., McGilliard, A., Jacobson, N., Getty, R. 1962. Effect of Various Diets on the Anatomical Development of the Stomach in the Calf. *Journal of Dairy Science*. 45(3): 408-420. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(62\)89406-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(62)89406-5)
- Taylor, E., Han, J., Fan, C., Beckmann, M., Hewinson, G., Rooke, D., Koets, A., & Mur, L. (2022). Defining Fatty Acid Changes Linked to Rumen Development, Weaning and Growth in Holstein-Friesian Heifers. *Metabolites*, 12(5), Art. 5. <https://doi.org/10.3390/metabo12050374>
- Tugnoli, B., Piva, A., Sarli, G., Grilli, E. 2020. Tributyrin differentially regulates inflammatory markers and modulates goblet cells number along the intestinal tract segments of weaning pigs. *Livestock Science*. 234:103996. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103996>

- Wang, C., Shen, Z., Cao, S., Zhang, Q., Peng, Y., Hong, Q., Feng, J., Hu, C. 2019. Effects of tributyrin on growth performance, intestinal microflora and barrier function of weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 258:114311. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114311>
- Wang, L., Xu, Q., Kong, F., Yang, Y., Wu, D., Mishra, S., Li, Y. 2016. Exploring the goat rumen microbiome from seven days to two years. *PLOS ONE* 11:0154354.
- Wu, D., Meng, Q., Wang, Y., Wang, M., Xu, E., Xiao, L., & Xu, M. (2022). Dietary supplementation of free or two fat-coated sodium butyrate with varying release times on gastrointestinal development and tight junctions in preweaning Holstein calves. *Animal Feed Science and Technology*, 285:115224. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115224>
- Zhou, M., Chen, Y., Griebel, P., Guan, L. 2014. Methano-gen prevalence throughout the gastrointestinal tract of pre-weaned dairy calves. *Gut Microbes*. 5:628–663.

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Parámetros productivos de terneros de 0 a 30 días de edad según tratamiento

Tratamiento	Terneros	Peso a los			GDP	Consumo	kg
		Peso al nacimiento kg	30 días, kg	GP, kg			
T0	1	42	52	10	0.333	40	
T0	2	40	50	10	0.333	42	
T0	3	44	53	9	0.300	45	
T1	1	45	59	14	0.467	45	
T1	2	40	54	14	0.467	42	
T1	3	42	55	13	0.433	43	
T2	1	40	53	13	0.433	46	
T2	2	38	55	17	0.567	40	
T2	3	42	55	13	0.433	44	

Anexo 2. Capacidad relativa del estómago (%) de terneros de 30 días de edad según tratamiento.

Tratamiento	Rumen, %	Retículo, %	Omaso, %	Abomaso, %
T0	60	5	16	19
T0	61	4	14	21
T0	58	6	18	18
T1	68	2	26	4
T1	64	1	30	5
T1	70	1	23	6
T2	70	1	26	3
T2	68	2	26	4
T2	65	1	30	4



Anexo 3. Toma de muestra para evaluación de desarrollo estomacal



Anexo 4. Preparación del alimento con tributirina



Anexo 5. Suministro del alimento con tributirina.