

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**



**“USO DE PASTA DE ALGODÓN (*Gossypium barbadense* L.) DE  
BAJO NIVEL DE GOSIPOL EN LA ALIMENTACIÓN DE  
TERNERAS HOLSTEIN”**

**Presentada por:  
JORGE EDUARDO MARÍA REYES OTERO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN NUTRICIÓN**

**Lima - Perú**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**

**“USO DE PASTA DE ALGODÓN (*Gossypium barbadense* L.) DE  
BAJO NIVEL DE GOSIPOL EN LA ALIMENTACIÓN DE  
TERNERAS HOLSTEIN”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**JORGE EDUARDO MARÍA REYES OTERO**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco  
**PRESIDENTE**

Ph.D. Carlos Gómez Bravo  
**PATROCINADOR**

Ph.D. Mariano Echevarría Rojas  
**MIEMBRO**

Mg.Sc. Víctor Hidalgo Lozano  
**MIEMBRO**

# **DEDICATORIA**

¡ A mi familia !

## **AGRADECIMIENTO**

¡ Al Dr. Carlos Gómez Bravo, por su asesoría y apoyo en la consecución y realización del presente trabajo !

¡ A mis Profesores de la Escuela de Post-Grado, sus enseñanzas marcaron un antes y un después en mi quehacer académico !

¡ A la Sociedad Civil Agropecuaria CAMAY. Propietaria del Establo Santa Juana en Huacho por otorgarme, sin restricción, las facilidades para la realización de la parte experimental de este trabajo, asimismo a todo su personal: profesional, técnico y obrero por el apoyo oportuno y desinteresado !

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pag</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Aparato digestivo y requerimientos nutricionales del ternero.....	3
2.1.1. Evolución del aparato digestivo y digestión en el pre-rumiante...3	
2.1.2. Desarrollo de la función ruminal.....7	
2.1.3. Requerimientos de Energía.....10	
2.1.4. Requerimientos de Proteína.....11	
2.1.5. Requerimientos de Minerales.....12	
2.1.6. Requerimientos de Vitaminas.....13	
2.2. Alimentación del ternero.....	15
2.2.1. Calostro.....	15
2.2.2. Leche.....	19
2.2.3. Concentrado.....	20
2.2.4. Forraje.....	20
2.2.5. Agua.....	21
2.3. Pasta de algodón en la alimentación del ternero.....	22
2.3.1. Obtención.....	22
2.3.2. Composición química.....	24
2.3.3. Toxicidad de la pasta de algodón por gossipol.....	26
2.3.4. Mecanismo de detoxificación.....	30
2.3.5. Medición del efecto tóxico del gossipol.....	30
2.3.5.1. Sorbitol deshidrogenasa sérica.....	30
2.3.5.2. Fragilidad eritrocitaria.....	33
III. MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1. Localización.....	34
3.2. De los animales e instalaciones.....	34
3.3. De la Pasta de Algodón.....	34
3.4. Del manejo de las terneras.....	35
3.5. De los tratamientos.....	36
3.6. De las dietas experimentales.....	36

3.6.1. Granulometría.....	37
3.6.2. Del análisis de alimento y agua.....	38
3.7. De los controles.....	38
3.7.1. Incremento de peso.....	38
3.7.2. Incremento de talla.....	38
3.7.3. Consumo de concentrado.....	38
3.7.4. Actividad de sorbitol deshidrogenasa sérica.....	39
3.8. Del diseño estadístico.....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1. Incremento de peso .....	40
4.2. Consumo de alimento .....	44
4.3. Actividad de sorbitol deshidrogenasa sérica.....	48
4.4. Incremento de talla.....	52
4.5. Análisis de costos.....	54
V. CONCLUSIONES.....	55
VI. RECOMENDACIONES .....	56
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Cuadro 1. Porcentaje de tejido del estómago bovino.....	4
Cuadro 2. Concentración (mM/L) de Ácidos grasos Volátiles en vacunos lecheros.....	10
Cuadro 3. Concentración recomendada de minerales para dietas de terneros.....	13
Cuadro 4. Concentración recomendada de vitaminas para dietas de terneros.....	14
Cuadro 5. Requerimientos de vitaminas del complejo B para el ternero prerumiante.....	15
Cuadro 6. Composición del calostro (primeras 24 horas después del parto) y de la leche.....	17
Cuadro 7. Cambios en la composición promedio del calostro.....	18
Cuadro 8. Contenido nutricional de pastas de algodón.....	25
Cuadro 9. Composición química del Concentrado Proteico de Algodón.....	26
Cuadro 10. Actividad de sorbitol deshidrogenasa sérica en animales normales.....	32
Cuadro 11. Cantidad de ingredientes y contenido nutricional (Base Fresca).....	37
Cuadro 12. Peso inicial, incremento de peso total e incremento de peso promedio diario .....	41
Cuadro 13. Niveles de gosispol libre tóxicos y que afectan performance.....	45
Cuadro 13. Consumo de alimento promedio diario (g/día) evaluado por quincena.....	46
Cuadro 14. Talla inicial (cm), final e incrementos de talla según tratamiento.....	52
Cuadro 15. Costo de alimentación de terneras a los 60 días según tratamiento.....	54

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Peso de terneras (kg) quincenales por tratamiento.....	42
Gráfico 2. Consumo de alimento promedio diario por animal (g/día).....	47
Gráfico 3. Nivel promedio de actividad de enzima SDHS, U/L.....	51
Gráfico 4. Talla quincenales (cm) de terneras por tratamiento.....	53



## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Peso Inicial (Kg), Quincenal Y Final (60 Dias) De Terneras En Estudio.....	73
Anexo 2. Talla Inicial (Cm), Quincenal Y Final (60 Dias De Terneras En Estudio.....	74
Anexo 3. Anva De Peso Inicial Promedio De Ternera (Kg) Por Tratamiento Y Prueba De Tukey.....	75
Anexo 4. Anva De Talla Inicial Promedio De Ternera (Cm) Por Tratamiento Y Prueba De Tukey .....	76
Anexo 5. Granulometria De Los Tratamientos Empleados.....	77
Anexo 6. Granulometria De La Pasta De Algodón.....	78
Anexo 7. Analisis Proximal De Los Tratamientos.....	79
Anexo 8. Analisis Proximal De Pasta De Algodón.....	80
Anexo 9. Analisis De Agua Para Las Cunas.....	81
Anexo 10. Actividad De Enzima (U/L) Sorbitol Deshidrogenasa En Terneras.....	82
Anexo 11. Procedimiento Para La Determinación De La Enzima Sorbitol Deshidrogenasa.....	83
Anexo 12. Anva De Incremento De Peso Promedio Total Por Ternera (Kg) Por Tratamiento Y Prueba De Tukey....	84
Anexo 13. Procedimiento Para La Determinación Del Consumo Total Promedio De Materia Seca Por Ternera Por Tratamiento.....	85
Anexo 14. Procedimiento Para La Determinación De La ConversiónAlimenticia Por Ternera Y Por Tratamiento.....	86
Anexo 15. Anva De Peso Final Promedio De Ternera (Kg) Por Tratamiento Y Prueba De Tukey.....	87
Anexo 16. Anva De Consumo De Alimento Promedio Diario Por Ternera (G/D) Y Prueba De Tukey (1-15 Dias).....	88
Anexo 17. Anva De Consumo De Alimento Promedio Diario Por ternera (G/D) Y Prueba De Tukey (16 – 29 Dias)...	89
Anexo 8. Anva De Consumo De Alimento Promedio Diario Por Ternera (G/D) Y Prueba De Tukey (30 – 44 Dias)....	90
Anexo 19. Anva De Consumo De Alimento Promedio Diario Por Ternera (G/D) Y Prueba De Tukey (45 – 60 Dias)...	91
Anexo 20. Anva De Consumo De Alimento Total Promedio Por Ternera (G/Ternera) Y Prueba De Tukey.....	92
Anexo 21. Anva De Nivel Promedio De Actividad De Enzima sorbitolDeshidrogenasa Por Tratamiento (U/L) Al Final Del Experimento Y Prueba De Tukey.....	93
Anexo 22. Anva De Incremento De Talla Promedio Total Por ternera (Cm) Por Tratamiento Y Prueba De Tukey.....	94
Anexo 23. Anva De Talla Final Promedio De Ternera (Cm) Por Tratamiento Y Prueba De Tukey .....	95
Anexo 24. Procedimiento Para La Determinación Del Costo Promedio De Alimentación Por Ternera Por Tratamiento (En Dólares Americanos).....	96
Anexo 25. Consumo Quincenal (G) De Concentrado De TERNERAS.....	97

## RESUMEN

A fin de evaluar el efecto de altos niveles de inclusión de Pasta de Algodón (PA), 10 y 20 por ciento, en el alimento de terneras de reemplazo, su efecto en el consumo de alimento y la actividad de la enzima Sorbitol Deshidrogenasa Sérica (SDHS) se llevó a cabo una prueba en el establo Santa Juana. Huacho, Lima. Para tal fin se emplearon 36 terneras Holstein, recién nacidas, distribuidas en 3 tratamientos: T0: testigo, 0 por ciento PA; T1: 10 por ciento PA y T2: 20 por ciento PA bajo un diseño completamente al azar, las mismas que fueron evaluadas hasta el destete a los 60 días. Al evaluar el consumo de alimento no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos encontrándose consumos totales por ternera de: 21,392.7; 23,340.2 y 23,545.9 g para T0, T1 y T2, respectivamente. Por el contrario, cuando se evaluó el nivel de actividad de la enzima Sorbitol Deshidrogenasa Sérica, SDHS, al final del experimento, se encontró diferencias significativas ( $P \leq .001$ ) a favor de los tratamientos con PA. Los niveles encontrados: 29.5 U/L; 44.7 U/L y 59.5 U/L para T0, T1 y T2, respectivamente, superan en mucho el nivel normal ( $14.7 \pm 1.3$  U/L), aun así, no hubo efectos visibles ni en el consumo de alimento ni en las terneras. No se encontró diferencias significativas ni en los incrementos de peso vivo quincenales ni en el peso al final del experimento a los 60 días, obteniendo: 81.0 kg; 82.9 kg y 82.9 kg para T0, T1 y T2, respectivamente. Asimismo, cuando se evaluó incremento de talla tampoco se encontró diferencias significativas ni en las tallas quincenales ni en la talla al final del experimento: 84.3 cm.; 84.0 cm. y 84.6 cm. para T0, T1 y T2, respectivamente.

Al realizar la evaluación económica, en dólares americanos, ( $1\$ = S/. 3.50$ ) del costo promedio de alimentación por ternera por tratamiento encontramos que este fue de: 83.6; 83.8 y 83.9 para T0, T1 y T2, respectivamente. Se concluye que se puede emplear Pasta de Algodón en el alimento concentrado de terneras de reemplazo en un nivel de hasta 20 por ciento.

## ABSTRACT

In order to evaluate the effect of high levels of inclusion of Cotton Seed Meal (CSM), 10 and 20 percent, in the replacement calf feed, its effect on feed intake and the activity of the enzyme Serum Sorbitol Dehydrogenase (SDHS) a test was carried out in Santa Juana Dairy Farm. Huacho, Lima. For this purpose, 36 newborn Holstein calves were distributed in 3 treatments: T0: control, 0 percent CSM; T1: 10 percent CSM and T2: 20 percent CSM under a completely randomized design, the same ones that were evaluated until weaning at 60 days. When evaluating food consumption, there were no significant differences between treatments, with total consumptions per calf of: 21,392.7; 23,340.2 and 23,545.9 g for T0, T1 and T2, respectively. In contrast, when the level of SDHS activity was evaluated at the end of the experiment, significant differences ( $P < .001$ ) were found in favor of CSM treatments. The levels found: 29.5 U / L; 44.7 U / L and 59.5 U / L for T0, T1 and T2, respectively, far exceed the normal level ( $14.7 + 1.3$  U / L), although there were no visible effects on feed consumption of calves. No significant differences were found either in the live weight increments (every 15 days) or in the weight at the end of the experiment at 60 days, obtaining: 81.0 kg; 82.9 kg and 82.9 kg for T0, T1 and T2, respectively. Likewise, when wither height was evaluated no significant differences were found neither in the wither height increment (every 15 days) nor in the size at the end of the experiment: 84.3 cm; 84.0 cm. And 84.6 cm. for T0, T1 and T2, respectively.

When carrying out the economic evaluation, in US dollars, ( $1 \$ = S /. 3.50$ ) of the average cost of feeding per calf per treatment we found that this was: 83.6; 83.8 and 83.9 for T0, T1 and T2, respectively. It is concluded that Cotton Seed Meal can be used in the concentrate feed of replacement calves at a level of up to 20 percent.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Desde el nacimiento hasta aproximadamente las 4 - 5 primeras semanas de vida, la ternera experimenta modificaciones anatómico-fisiológicas que la conducirán a su estadio definitivo de rumiante, no obstante durante este tiempo su comportamiento digestivo es muy similar al de aquellas especies no-rumiantes. De otra parte, pasarán aproximadamente, 4 semanas más para que esta sea destetada, lo cual implica el retiro definitivo de la leche como parte de su programa de alimentación y proporcionarle exclusivamente forraje y concentrado. Lo resaltante de estas 8 primeras semanas, con respecto a la alimentación, es que se debe aportar un concentrado de alta calidad proteica y energética, lo que conlleva al empleo de insumos de primera calidad y apetitosos a fin de estimular el consumo desde los primeros días de vida.

El empleo de ingredientes de alta calidad adquiere especial importancia si tenemos en cuenta que de las cunas saldrán los futuros reemplazos del establo lechero, y estos, siempre serán las de mejor peso y condición corporal lo que se logra, especialmente, con un buen consumo de concentrado. Asimismo, en la alimentación de las terneros el nutriente más costoso de la dieta es, generalmente, la proteína por lo que siempre se está investigando a fin de encontrar nuevas, baratas y buenas fuentes de este nutriente.

La pasta de algodón es un insumo que puede ser usado en dietas para terneras; sin embargo los niveles de inclusión en la dieta son tan bajos como un 5% debido a que podrían existir complicaciones con el gosispol, pigmento polifenólico amarillo, presente en la mayoría de pastas de algodón cuya toxicidad está asociada a la reacción del compuesto fenólico con los aminoácidos y minerales o a su menor contenido proteico comparado con el de otros insumos tales como la torta de soya.

Actualmente hay disponibilidad en el mercado de una pasta de algodón denominada Concentrado Proteico de Algodón con alto contenido de proteína (41%) y bajo contenido de gosispol libre (máximo 0.15%). Sin embargo no hay estudios en alimentación de terneras en

inicio con niveles altos de pasta de algodón por lo que el presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de dos niveles (10 y 20%) de Pasta de algodón con alto contenido de proteína sobre el consumo de alimento y crecimiento de terneras Holstein de reemplazo.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. APARATO DIGESTIVO Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL TERNERO**

#### **2.1.1. Evolución del aparato digestivo y digestión en el pre-rumiante.**

Desde el nacimiento hasta el destete el ternero experimenta tremendos cambios fisiológicos y metabólicos, el período más crítico son las 2 - 3 semanas de vida y durante este tiempo el sistema digestivo del ternero es inmaduro tanto física como metabólicamente pero desarrolla rápidamente ((Khan et al., 2016; Amaral – Phillips et al., 2013; Baldwin et al., 2004; NRC, 2001). El estómago de los rumiantes consta de cuatro compartimentos: el rumen, el retículo, el omaso y el abomaso. Estos compartimentos se desarrollan desde el estómago embrionario y son relativamente pequeños en el animal recién nacido (Annison y Lewis, 1966).

En el ternero lactante, los dos primeros compartimentos el rumen y su prolongación el retículo, están relativamente poco desarrollados a diferencia del abomaso que es muy desarrollado. A medida que el ternero empieza a ingerir alimento sólido y agua, los primeros dos compartimentos (a menudo considerados conjuntamente como retículo-rumen) aumentan considerablemente en tamaño y función al darse condiciones favorables para el desarrollo microbiano (Chester – Jones, 2015; Beiravand et al., 2014; Amaral – Phillips et al., 2013; McDonald et al., 1995; Church y Pond, 1994; Ensminger y Olentine, 1983).

Los diferentes tipos de alimentos líquidos afectan el desarrollo del intestino afectan el desarrollo del intestino delgado, crecimiento animal, ingestión de alimento sólido y status metabólico de los terneros lactantes y este efecto puede influenciar, indirectamente, el desarrollo de los preestómagos (Górka et al., 2014).

Al nacimiento, el rumen-retículo ocupa un 30% del total de su capacidad digestiva mientras que el omaso y abomaso hacen como un 70% de su capacidad y alcanzan su capacidad adulta de 80% para el rumen, 5% para el retículo, 7 - 8% para el omaso y 7 - 8% aproximadamente para el abomaso a los 8 – 9 meses de edad (Reaves, 1993; Heinrichs y Jones (2002). El desarrollo diferencial del estómago vacuno por semanas es reportado por Church (1974) en el Cuadro 1.

Puesto que el abomaso o estómago glandular es la parte funcional del aparato digestivo del ternero, la leche que ingiere llega a este compartimento, evitando su tránsito por el rumen, por medio de una peculiaridad anatómica que tienen los rumiantes denominada gotera esofágica o canal esofágico o canal reticular que se inicia en la porción inferior del esófago y cuando se cierra forma un tubo que va del esófago al omaso y abomaso (Amaral – Phillips et al., 2013; McDonald et al., 1995; Bogart y Taylor, 1990; Frandson, 1967; Heinrichs, 1998).

El cierre de esta gotera se produce como respuesta a la estimulación neural desencadenada por los reflejos normales de succión y por la presencia de ciertos iones, sustancias sólidas y proteínas que se encuentran suspendidas en los líquidos y parece ser que esta estructura deja de ser funcional en los animales adultos, con la excepción de aquellos casos en que continúen alimentándose con una dieta líquida (Church y Pond, 1994; Annison y Lewis, 1966; Heinrichs y Jones, 2002).

**Cuadro 1: Porcentaje del estómago bovino que constituye cada uno de sus compartimentos**

	----- SEMANAS -----						
	0	4	8	12	16	20-26	34-38
Retículo – rumen	38	52	60	64	67	64	64
Omaso	13	12	13	14	18	22	25
Abomaso	49	36	27	22	15	14	11

FUENTE: Church (1974)

Durante la etapa de pre rumiante, la digestión y el metabolismo del ternero son similares a los de animales no rumiantes en muchos aspectos, el sistema digestivo del ternero es

inmaduro pero desarrolla rápidamente en relación a las secreciones digestivas y actividad enzimática (NRC, 2001; Heinrichs y Jones, 2002; Heinrichs, 1998).

Después de la toma de leche o de un lacto reemplazante, se cierra la gotera esofágica provocando que los líquidos lleguen al abomaso donde se produce rápidamente la coagulación de la leche, después la porción líquida y el suero avanzan hacia el intestino delgado (Amaral – Phillips et al., 2013; Otterby & Linn, 1981). El suero aparece en el duodeno 5 minutos después de la ingestión de la leche, por lo que el flujo desde el abomaso ocurre prontamente después de la ingestión, pero la tasa general es la mitad del volumen cada 2 horas y el tiempo de tránsito por el intestino delgado es de alrededor 3 horas (Porter, 1969; Otterby y Linn, 1981).

La rennina, (3.4.23.4) y la pepsina, (3.4.23.1) tienen acción coagulante sobre la proteína de la leche, son producidas por la mucosa gástrica (McDonald et al., 1995). Siendo la primera responsable de la coagulación en el abomaso y la segunda de romper la molécula proteica en polipéptidos, evidencias de investigaciones de muchos años indican que la caseína incrementa la secreción de rennina, más no la soya, la harina de pescado y las proteínas del suero; sin embargo la secreción de pepsina no es afectada por el sustrato proteico (Garnot et al., 1977). La actividad proteasa del tejido pancreático incrementa durante la primera semana de vida (Huber, 1969) más la tasa de flujo de jugo pancreático, incrementada también, contabilizan en el incremento de la digestibilidad de muchas proteínas a medida que el ternero crece (Otterby & Linn, 1981).

Con relación a la digestión de carbohidratos, los terneros recién nacidos poseen grandes cantidades de lactasa, (3.2.1.108) (McDonald, et al., 1995). Muchas enzimas decrecientan con la edad y el cambio de dieta, pero la lactasa intestinal se puede incrementar o mantener alimentando con lactosa (Huber, 1969). Los monosacáridos: glucosa, galactosa y xilosa son fácilmente absorbidos del intestino, sin embargo la fructosa no es absorbida (Radostits y Bell, 1970; citados por Otterby y Linn, 1981) Algunos investigadores proponen que el contenido de carbohidratos en la dieta del ternero debería consistir casi exclusivamente de lactosa (Bailey et al., 2009).

Terneros menores de 100 días de edad hacen uso insignificante del almidón ya que las amilasas ( 3.2.1.1 ) salivales y otras enzimas desdobladoras de carbohidratos están o en



cantidades insignificantes o ausentes (Morril et al., 1970). La actividad pancreática amilolítica y la tasa de flujo del jugo incrementan con la edad (Huber, 1969) y se ha establecido la ausencia virtual de sucrasa, (3.2.1.26) por lo que el metabolismo de la sucrosa es principalmente consecuencia de la actividad microbial de la parte baja del intestino y no se recomienda en terneros para evitar problemas de diarrea (Radostits, 1975; Otterby & Linn, 1981).

Terneros menores de 1 mes de edad son incapaces de digerir o desdoblar gran cantidad de fibra cruda y pueden tener trastornos digestivos conducentes a diarrea y deshidratación ya que estas altas tasas de fibra cruda conducen a una incrementada tasa de pasaje a través del intestino (diarrea) y son la razón de pobres ganancias de peso durante el período de desarrollo temprano del ternero (Bailey et al., 2009). Se requiere identificar un balance óptimo entre fibra efectiva físicamente y carbohidratos fácilmente degradables en dietas de inicio para sustentar el desarrollo de un rumen e intestino saludables, la rumia y el crecimiento de terneros jóvenes (Khan et al., 2016).

Antes de 1956, se conocía de una lipasa (3.1.1) salival que consistía de varias lipasas salivales y era conocida colectivamente como esterasa pregástrica o lipasas (Nelson et al., 1977; Miller, 1989) y son secretadas desde la región del velo del paladar, por los conductos del área glosa - epiglótica y los de la porción final faríngea del esófago (Nelson et al., 1977). Se ha detectado 6 esterases electroforéticamente y la evidencia acumulada demuestra que estas enzimas hidrolizan preferentemente, los ácidos grasos de cadena corta de los triglicéridos por lo que ocurre considerable lipólisis de la grasa de la leche y de coco pero su actividad es limitada con los sebos y aceites vegetales (Nelson et al., 1977).

La secreción de lipasa salival no es afectada por la edad o la dieta, aunque su importancia parece estar relacionada con el animal lactante. La mayor parte de la lipólisis de la leche por la esterasa pregástrica ocurre en el abomaso con poca o nula acción de la lipasa gástrica (Nelson et al., 1977).

### **2.1.2. Desarrollo de la función ruminal y características del contenido ruminal en el ternero de leche**

El desarrollo de la función ruminal en el ternero está ligado al desarrollo estructural del rumen y éste a la edad y por ende la incrementada actividad metabólica del tejido epitelial ruminal (Amaral – Phillips et al., 2013; Lengemann & Allen, 1955; Huber, 1969). El desarrollo de esta función ruminal parecida a la del adulto es gradual y se inicia tempranamente en la vida del ternero (Lengemann & Allen, 1955).

Las paredes ruminales están conformadas por tejido muscular y epitelial, cada cual tiene su función y desarrolla como resultado de estímulos diversos. El tejido muscular sirve de soporte para el tejido epitelial y mueve el contenido ruminal dentro del rumen; el tejido epitelial es la capa de absorción y se encuentra en contacto con el contenido ruminal (Quigley et al., 1991).

Las investigaciones durante 25 años demostraron que el desarrollo papilar y la capacidad de absorción del rumen son responsables de la producción de ácidos grasos volátiles, por lo que el desarrollo estructural del rumen está relacionado con la actividad metabólica incrementada del tejido epitelial ruminal (Bailey et al., 2009; Huber, 1969; Ralston, 1974). Otro trabajo demostró que el ternero lactante sí posee la capacidad metabólica para la utilización de los productos de la fermentación ruminal. (Young et al., 1965).

Las papilas alcanzan el tamaño normal o desarrollo completo a las 7 – 8 semanas y el mecanismo disparador del crecimiento papilar parece estar constituido por los productos finales de la fermentación, ya que las esponjas o material voluminoso inerte pueden distender el rumen ó causar desarrollo muscular, pero no estimular el crecimiento papilar (Tamate et al., 1962; citados por Ralston, 1974).

Se ha demostrado que los granos (concentrados) juegan un rol más crítico en la formación de las papilas ruminales, que son una proyección a manera de dedos diseñados para la absorción de nutrientes, dietas altas en granos dan como resultado la formación de mayores concentraciones de ácido butírico y propiónico y estos AGVs tienen un efecto considerablemente mayor que el acético, resultante de la digestión del heno en la formación De las papilas ruminales estimulando el flujo sanguíneo hacia el rumen, resultando un

crecimiento y actividad ruminal incrementadas (Bailey et al., 2009).

La rumia en los terneros es funcional tan pronto como a las dos semanas de edad y en todos los terneros por la sexta y octava semana si se les ofrece alimento sólido, además el rumen de los terneros desarrollará las características adultas a los tres meses de edad (Heinrichs y Jones, 2002; Conrad et al., 1958) De otro lado el nivel de glucosa sanguínea disminuye con la edad y alcanza consistencia a las 8 semanas aproximadamente (Huber, 1969).

Entre los dos y tres meses de edad los terneros muestran una transición hacia la función adulta ya que la digestión de la celulosa aunque baja todavía es mucho más alta que en terneros de un mes de edad, las cantidades y porcentajes de ácidos grasos volátiles en los contenidos ruminales de terneros con dietas normales tendieron a estabilizarse al menos al segundo mes de vida y de acuerdo a estos criterios de evaluación de desarrollo de la función ruminal, aproximadamente, a los 6 meses de edad existen pocas diferencias entre terneros y animales adultos alimentados con dietas normales (Amaral- Phillips et al., 2013; Lengemann & Allen, 1955).

La función digestiva en el rumen empieza a través de la fermentación de los alimentos consumidos por millones de bacterias y protozoos (Thickett et al., 1989). El número de bacterias es, aproximadamente, de  $10^9 - 10^{10}$  bacterias por mililitro de contenido ruminal, la mayoría son anaerobias y no formadoras de esporas (McDonald et al., 1995). Actualmente se han identificado más de 200 especies de bacterias ruminales (Annison & Bryden, 1998).

La cinética de colonización microbial ha sido definida por Sauvart & Van Milgen (1995). El acoplamiento de las bacterias al tejido vegetal (Bauchop et al., 1975; citados por Annison & Bryden, 1998) es efectuado por glicocálices de polisacáridos producidos por las bacterias adherentes y forman series de micro colonias en la superficie del tejido (Cheng & Costerton, 1980; citados por Annison & Bryden, 1998).

Un estudio reciente sugiere que la colonización del intestino por bacterias beneficiosas para el ternero como las del género *bifidobacterium* se ve incrementada cuando se da calostro calentado a 60°C por 60' en las primeras 12 horas de vida, asimismo se disminuye la colonización de bacterias patógenas como la *Escherichia coli* (Gelsinger et al., 2015;

Malmuthuge et al., 2015) con lo cual los terneros tienen un reducido riesgo de enfermarse ya que el calor mejora la absorción de inmunoglobulinas ( $18.0 \pm 1.5$  mg/mL) y por ende su concentración frente al calostro fresco ( $15.4 \pm 1.5$  mg/mL) (Godden et al., 2012).

Los protozoos están presentes en cantidades mucho más pequeñas,  $10^6$ /ml, que las bacterias pero siendo más grandes pueden igualar a aquéllas en masa total, la mayoría son ciliados (McDonald et al., 1987). Los números y proporciones de protozoos en el rumen están influenciados por la naturaleza de la dieta y el nivel y frecuencia de alimentación, lo cual a su vez determina el factor más importante del metabolismo del rumen: el pH ruminal (Franzolin & Dehority, 1996; citados por Annison & Bryden, 1998).

Ciertos organismos flagelados aislados del rumen son zoosporas de hongos anaeróbicos y esto introdujo nuevas dimensiones a la ecología ruminal puesto que estos hongos juegan un papel importante en la digestión de polisacáridos de las paredes celulares de las plantas y presentan habilidad para penetrar y colonizar materiales vegetales altamente fibrosos (Fonty et al., 1990; Stewart et al., 1995; citados por Annison & Bryden, 1998). Además se ha demostrado su habilidad para producir un amplio rango de enzimas que incluyen: celulasas, hemicelulasas, disacaridasas, pectín liasas, varias esterasas, amilasas, amiloglucosidasas y proteinasas (Theodorou et al., 1996) y, se ha propuesto la producción comercial de estos hongos para producir celulasas altamente activas y estas para la suplementación de alimentos animales (Armstrong y Gilbert, 1991; citados por Annison y Bryden, 1998).

Existe otro grupo de microbios que son los bacteriófagos ruminales que fueron aislados por primera vez del rumen bovino (Adams et al.; 1966). Generalmente están presentes en número suficiente (Klieve & Swain, 1993; citados por Annison & Bryden, 1998) para sugerir que pueden causar suficiente lisis bacteriana y reducir la eficiencia de la utilización del alimento (Nolan & Leng, 1972; Firkins et al., 1992; citados por Annison & Bryden, 1998).

El contenido ruminal de animales de 1 y 2 meses varía grandemente en comparación con terneros de 3, 6 y 12 meses de edad, los últimos son uniformes en sus contenidos ruminales en relación a color, olor y contenido de heno, mientras que los primeros varían grandemente en sus características físicas y la mayor parte de ellas tiene un olor fuerte (Lengemann & Allen, 1955). Los mismos autores, en el Cuadro 2, presentan características del contenido ruminal por edades de animales alimentados con dietas normales.

**Cuadro 2: Concentración (mM/L) de ácidos grasos volátiles en vacunos lecheros a diferentes edades**

EDAD	BUTÍRICO	PROPIÓNICO	ACÉTICO	FÓRMICO	SUCCÍNICO	TOTAL
ADULTO	14.5	18.1	63.0	1.3	5.2	102.0
12 MES.	18.0	16.3	67.7	1.2	6.8	110.0
6 MES.	22.4	18.7	73.3	2.5	13.5	130.4
3 MES.	17.9	26.8	75.0	1.5	6.1	127.3
2 MES.	18.6	32.4	69.7	1.5	0.6	128.8
1 MES	16.2	25.2	48.8	5.5	56.0	151.7

FUENTE: Adaptado de Lengemann & Allen (1955)

### **2.1.3. Requerimientos de Energía**

Una definición simple de energía es la “capacidad de realizar trabajo” y se requiere para mantener las funciones normales del cuerpo del animal tales como respiración, digestión, circulación de la sangre, mantenimiento del tono muscular, metabolismo: regulación de la concentración de iones, recambio de proteínas, reparación de tejidos gastados, síntesis de enzimas, crecimiento y producción, movimiento: consumo de alimento, mantenerse en pie, caminar (Kearl, 1982; Van Es & Van der Honing, 1992).

Las necesidades energéticas varían con la edad, peso y sexo del animal (Thickett et al., 1989). Las fuentes de energía para el animal pueden provenir de los carbohidratos o de las grasas, siendo estas últimas 2.25 veces más energéticas por su alta relación de carbono e hidrógeno (Miller, 1989).

Los requerimientos energéticos diarios para terneros de 40 Kg., alimentados con leche y un iniciador o reemplazante lácteo, con una ganancia diaria de 600 g son de 1.37 Mcal de ENm y 1.16 Mcal de ENg o 3.44 Mcal de EM o 3.68 Mcal de ED (National Research Council, 2001).

La EM requerida para mantenimiento es de 0.428 MJ/kg peso<sup>0.75</sup> por día, la eficiencia de utilización de la EM para mantenimiento y ganancia se establece como una función de la metabolizabilidad (EM/EB, o “q”) de la dieta (Agricultural Research Council 1984; citado por el NRC, 2001).

#### **2.1.4. Requerimientos de Proteína**

Las proteínas son los constituyentes orgánicos indispensables de los organismos vivos y conforman la clase de nutriente que se encuentra en la concentración más alta en los órganos y tejidos musculares de los animales y se requiere una provisión abundante de ellas para el crecimiento y reposición de tejidos, síntesis de hormonas, proteínas y muchas otras funciones fisiológicas (McDonald et al., 1995; Church y Pond, 1994; Etgen y Reaves, 1990).

El requerimiento proteico del ternero se determina por el método factorial en el cual el requerimiento es fraccionado en componentes de mantenimiento y ganancia. El mantenimiento constituye las pérdidas de nitrógeno (N) obligatorias en orina y heces mientras que la ganancia es el N almacenado en los tejidos. El requerimiento es expresado en términos de Proteína Digestible Aparente (ADP):

$$\text{ADP, g/d} = 6.25 [1/\text{BV} (\text{E} + \text{G} + \text{M} \times \text{D}) - \text{M} \times \text{D}]$$

Dónde: BV= Valor Biológico de proteínas; E= N urinario endógeno ( $0.2\text{LW}^{.75}$ ); G= cantidad de N en la ganancia (30 g de N/kg LWG); M= N fecal metabólico (1.9 g/kg materia seca consumida); D= materia seca consumida. Finalmente ADP se transforma en Proteína Cruda (CP)  $\text{g/d} = \text{ADP}/0.93$  (National Research Council, 2001).

Los requerimientos diarios de proteína cruda son de 205 g para terneros de 40 Kg. de peso vivo con 600 g de ganancia día, alimentados con leche y concentrado iniciador (National Research Council, 2001).

Los requerimientos de proteína cruda de 21% y a la vez menciona requerimientos de Metionina: 0.55%; Metionina + Cistina: 0.77%; Lisina: 1.70% y Treonina: 0.95%. Asimismo reportan que los aminoácidos limitantes en el ternero son: Metionina, Lisina y Treonina (Degussa, 1991).

### **2.1.5. Requerimientos de Minerales**

Los más obvios requerimientos de minerales en el metabolismo animal son en el desarrollo de la estructura esquelética de animales jóvenes, de manera que el calcio y el fósforo son los principales elementos minerales en los huesos, pero varios micro elementos como el zinc, molibdeno y manganeso son también esenciales (Kearl, 1982; Etgen & Reaves, 1990). Los electrolitos: sodio, potasio y cloro juegan un rol muy importante en el mantenimiento de la presión osmótica de los líquidos extracelular e intracelular y en el balance ácido - básico, en la transferencia de impulsos nerviosos (Church y Pond, 1994; McDonald et al., 1995).

Ha habido pocos estudios definitivos de problemas asociados con el campo de aplicación de las recomendaciones minerales previas que garanticen hacer cambios importantes en las recomendaciones de la mayoría de elementos minerales (National Research Council, 2001).

Los requerimientos de minerales traza para la mayoría de estos permanecen inalterables desde la última edición (1989) a excepción del Yodo que aumentó de 0.25 mg/kg a 0.50 mg/kg y del cobalto que aumento de 0.10 a 0.11 mg/kg (National Research Council, 2001). Los requerimientos de minerales según este organismo son mostrados en el Cuadro 3.

**Cuadro 3: Concentración recomendada de minerales para dietas de terneros y concentración promedio en la leche entera fresca (Base Seca)**

ELEMENTO	REEMPLAZANTE LACTEO	ALIMENTO INICIO	LECHE ENTERA
Ca, %	1.0	0.7	1.0
P, %	0.7	0.5	0.8
Mg, %	0.1	0.1	0.1
Na, %	0.4	0.2	0.4
K, %	0.9	0.9	1.1
Cl, %	0.3	0.2	0.9
S, %	0.2	0.2	0.3
Fe, mg/kg	100.0	30.0	3.0
Mn, mg/kg	40.0	40.0	0.2 - 0.4
Zn, mg/kg	40.0	40.0	15.0 – 38.0
Cu, mg/kg	10.0	10.0	0.1- 1.1
I, mg/kg	0.5	0.3	0.1- 0.2
Co, mg/kg	0.1	0.1	0.4 - 0.03
Se, mg/kg	0.3	0.3	0.02 - 0.2

FUENTE: adaptado de National Research Council (2001)

### 2.1.6. Requerimientos de Vitaminas

Al nacimiento, el rumiante, generalmente no tiene suficientes reservas de vitamina A para cubrir sus necesidades por algún tiempo; de otra parte la vitamina E no cruza la placenta en rumiantes en alguna cantidad apreciable y tiene niveles, generalmente, más bajos en el feto que en la madre haciendo a los neonatos altamente susceptibles a la deficiencia de vitamina E (Schottstedt et al., 2005; Van Saun et al., 1989; citado por Hoffmann – La Roche, 1993). Es necesario, por tanto, que los terneros jóvenes reciban calostro que generalmente es alto en vitamina A y E (Hoffmann – La Roche, 1993).



Una ingestión liberal de vitamina D durante la gestación provee una reserva suficiente en los recién nacidos para ayudarlos a prevenir un raquitismo temprano. (Hoffmann – La Roche, 1993). Los sistemas digestivos de los rumiantes jóvenes, antes del desarrollo completo del rumen y su microflora, se asemejan a aquellos de los animales monogástricos en que requieren fuentes dietéticas de vitaminas del complejo B (McDowell, 1989).

Una suposición razonable, es que los rumiantes, a nivel de tejido, requieren las mismas vitaminas que los monogástricos. La similitud de requerimientos se ha demostrado para los rumiantes jóvenes antes del desarrollo del rumen (usualmente a las 6 - 8 semanas de edad). Las deficiencias de tiamina, riboflavina, vitamina B<sub>6</sub>, ácido pantoténico, colina, botina, niacina y vitamina B<sub>12</sub> han sido producidas experimentalmente en rumiantes jóvenes antes del desarrollo del rumen (Miller, 1979; citado por Hoffmann – La Roche, 1993). Los requerimientos de vitaminas del National Research Council (2001) son presentados en el Cuadro 4.

**Cuadro 04: Concentración recomendada de vitaminas para dietas de terneros comparada con el promedio de la leche entera fresca (Base Seca)**

VITAMINA	REEMPLAZANTE LACTEO	ALIMENTO INICIO	LECHE ENTERA
A (IU/kg MS)	9000.0	4000.0	11500.0
D (IU/kg MS)	600.0	600.0	307.0
E (IU/kg MS)	50.0	25.0	8.0

FUENTE: Adaptado de National Research Council (2001)

Los tejidos de los animales rumiantes requieren todas las vitaminas del complejo B, pero al considerar los requerimientos dietéticos es necesario considerar separadamente las necesidades del animal lactante y las de los animales adultos rumiantes. El pre rumiante depende de su dieta para cubrir sus necesidades de vitaminas del complejo B, mientras que el animal adulto con un rumen funcional generalmente recibe aportes adecuados como resultado de la síntesis microbiana en el rumen (Agricultural Research Council, 1984). Los requerimientos de vitaminas del complejo B, según el Agricultural Research Council (1984) se muestran en el Cuadro 5.

**Cuadro 5: Requerimientos de vitaminas del complejo B para el ternero pre rumiante.**

VITAMINA	UNIDAD (ug/kg PV/día)
TIAMINA	65 – 150
RIBOFLAVINA	15 – 45
VITAMINA B <sub>6</sub>	65
ACIDO PANTOTENICO	195
ACIDO NICOTÍNICO	260
VITAMINA B <sub>12</sub>	0.4 – 0.8
ACIDO FOLICO	5
BIOTINA	1.9
COLINA	26 (mg)

FUENTE: Adaptado del Agricultural Research Council (1984)

## 2.2. ALIMENTACION DEL TERNERO

### 2.2.1. Calostro

Es el primer producto de la glándula mamaria en las 24 horas posteriores al parto y es la primera fuente de nutrientes del ternero, la leche producida entre las 24 y 72 horas siguientes se denomina leche de transición y presenta una menor cantidad de sólidos e inmunoglobulinas que el calostro, su ingesta es crucial para la supervivencia y salud del ternero (Lindsey y Moisés, 2016; Yang et al., 2015; Espada et al., 2011; Bath et al., 1989).

Es rico en sólidos totales y cenizas totales, más rico en proteínas y con menor contenido de lactosa que la leche normal. El calostro tiene muchas más proteínas, cerca del doble, por unidad de sólidos totales y la misma cantidad de grasa y cenizas, pero cuando mucho sólo una tercera parte de lactosa, es alto en albúminas y globulinas por lo que provee de anticuerpos al ternero recién nacido (Espada et al., 2011; Etgen y Reaves, 1990; Russell, 1985) el mismo que nace prácticamente desprovisto de anticuerpos y posee un efecto

ligeramente laxante (Heinrichs y Jones, 2002; Reaves y Pegram, 1993). La composición del calostro se muestra en el Cuadro 6.

Se han identificado tres clases de inmunoglobulinas (Ig) en el calostro bovino: La IgG comprende la fracción más grande, 85 – 90% de las inmunoglobulinas y se divide en dos subclases: IgG1 con un peso molecular de 163,000 y la IgG2 con peso molecular de 150,000, la IgM con un peso molecular de 900,000 contabiliza un 10% y la otra es una inmunoglobulina A: IgA (Heinrichs y Jones, 2002; Butler, 1969).

El calostro es rico en vitaminas: A, riboflavina, tiamina, vitamina D, Vitamina E y fierro (Hoffmann – La Roche, 1993; McDonald et al., 1995) por lo que resulta absolutamente vital que el ternero lo ingiera dentro de sus primeras 6 – 12 horas de vida (Heinrichs y Jones, 2002; Russell, 1985; Etgen y Reaves, 1990) sin embargo, parece que los niveles de vitaminas y minerales, actualmente son más altos que hace 20 años lo cual refleja más atención a la alimentación de vacas secas con vitaminas y minerales actualmente que en años pasados (Heinrichs y Jones, 2010).

Además, el calostro es la primera fuente energética para los cambios fisiológicos que ocurren en el recién nacido y que demandan un alto gasto energético por lo que juega un papel muy importante en el mantenimiento de la homeostasis durante las primeras horas de vida (Ben Asher, 2000; Kurz y Willet, 1991) ya que una adecuada ingesta lo más pronto después del nacimiento le conferirá al ternero lo que se llama “transferencia de inmunidad pasiva exitosa” (Quigley, 2016)

**Cuadro 6: Composición del calostro (primeras 24 horas después del parto) y de la leche.**

COMPONENTE	CALOSTRO	LECHE
Sólidos totales, %	21.9	12.5
Grasa, %	3.6	3.7
Proteína, %	14.3	3.3
Caseína, %	5.2	2.6
Albúmina, %	1.5	0.5
$\beta$ -lactoglobulina, %	0.8	0.3
$\alpha$ -lactoalbúmina, %	0.3	0.1
Seroalbúmina, %	0.1	0.04
Inmunoglobulinas, %	5.5 – 6.8	0.09
Lactosa, %	3.1	4.6
Cenizas, %	1.5	0.8
Ca, %	0.3	0.1
P, %	0.2	0.1
Mg, %	0.04	0.01
Na, %	0.1	0.1
K, %	0.1	0.2
Cl, %	0.1	0.1
Fe, mg/100 g	0.2	0.1
Cu, mg/100 g	0.1	0.1
Carotenoides, $\mu\text{g/g}$ grasa	35	7
Vitamina A, $\mu\text{g/g}$ grasa	45	8
Vitamina D, $\mu\text{g/g}$ grasa	30	15
Vitamina E, $\mu\text{g/g}$ grasa	125	20
Tiamina, $\mu\text{g} / 100 \text{ g}$	60	40
Riboflavina, $\mu\text{g} / 100 \text{ g}$	500	150
Niacina, $\mu\text{g} / 100 \text{ g}$	100	80

FUENTE: ROY, 1980 y WALKER, 1979 citados por BONDI (1989)

A medida que se extrae el producto de la glándula mamaria, la fracción globulina del calostro desciende rápidamente en los sucesivos ordeños y asume la composición de la leche normal, en el curso de los 3 - 5 primeros días posteriores al parto (Heinrichs y Jones, 2002; Bondi,

1989; Bath et al., 1987; Maynard et al., 1986). Esta evolución se muestra en el Cuadro 7 (Bondi, 1989).

La capacidad del ternero para absorber anticuerpos es alta en el nacimiento, pero disminuye rápidamente después de él y dura hasta 12 – 24 horas después del nacimiento de ahí la importancia de la pronta alimentación con calostro (Chester – Jones, 2015; Bondi, 1989; Maynard et al., 1986; Bath et al., 1989) que lo proveerá de inmunidad pasiva durante cuatro meses (Lindsey y Moisés, 2016; Orskov, 1990).

**Cuadro 7: Cambios en la composición promedio del calostro.**

	0 horas	12 horas	24 horas
Sólidos Totales, %	24.8	20.7	17.1
Ceniza, %	1.1	1.0	1.0
Grasa, %	6.0	5.5	5.0
Proteína, %	11.4	9.6	7.1
Inmunoglobulinas, mg/ml	38.2	32.2	21.5

FUENTE: Adaptado de Bath et al. (1989)

Puesto que la placenta de los rumiantes no permite la transferencia de anticuerpos a los tejidos fetales, los neonatos quedan a expensas del calostro para recibir los anticuerpos. Esta inmunidad pasiva es necesaria para los animales jóvenes hasta que se desarrolla la inmunidad activa. (Bondi, 1989).

El cierre intestinal a las inmunoglobulinas empieza espontáneamente después de 12 horas de vida en ausencia de alimento. Si los terneros son alimentados con calostro prontamente después del nacimiento habrá más tiempo disponible para la absorción que si fue alimentado varias horas después del parto (Otterby y Linn, 1981) de lo contrario, terneros que no toman suficiente calostro o es de pobre calidad o son alimentados tardíamente no logran suficiente inmunidad y esto es llamado “falta de transferencia pasiva” (Quigley, 2016).

El calostro de los rumiantes contiene inhibidores de la tripsina que protege a las inmunoglobulinas de la digestión. Estas se absorben intactas por pinocitosis, pasan a través de la mucosa del intestino hasta el sistema linfático y llegan a la circulación general a través del conducto torácico (Bondi, 1989).

### **2.2.2. Leche**

La mayoría de reportes de alimentación de terneros con leche entera sugieren que esta debe ser ofrecida a razón de 8% de su peso al nacimiento (Otterby y Linn, 1981; Etgen y Reaves, 1990) 8, 9, 10, 8 y 5% del peso en el nacimiento de la primera a la quinta semana, respectivamente (Bath et al., 1989) otros sugieren un 10 – 12% del peso vivo al nacimiento (Kiezerbrink et al., 2015; Heinrichs y Jones, 2011) o en alta cantidad (20%) (Khan et al., 2011) o ad libitum (Jasper y Weary, 2002).

Exceso de consumo de leche provocará trastornos digestivos (Thickett et.al., 1989) sin embargo Khan et al., (2011) alimentaron terneros con gran cantidad de leche (20% del peso al nacimiento) y acceso a heno picado, concluyendo que la provisión de heno a estos puede promover la ingestión de materia seca de alimento sólido y el desarrollo del rumen sin afectar la ganancia de peso corporal mientras que Kiezerbrink et. al., (2015) reportaron mejor desempeño en crecimiento, mientras que Jasper y Weary (2002) alimentaron terneros con leche ad libitum y reportaron que la incidencia de diarreas fue baja y no difería de los controles (10% del peso vivo).

Asimismo, la temperatura de la leche debe ser la misma siempre, aproximadamente 32°C, por el contrario, temperaturas variables probablemente originen trastornos digestivos y diarreas (Vermeire, 2008; Reaves y Pegram, 1993).

Se puede ofrecer a los terneros, asimismo, alimentos que replacen el empleo de leche fresca como: lactoreemplazadores, calostro, calostro acidificado, leche descremada, leche mastítica, leche en polvo (Amaral – Phillips, 2013; Vermeire 2008; Otterby y Linn, 1981; Reaves y Pegram, 1993; Etgen y Reaves, 1990; Van Horn et al., 1976). El uso de los lactoreemplazadores ha incrementado tremendamente en los últimos 50 años y los primeros fueron desarrollados por el año 1950 (Vermeire, 2008; Otterby y Linn; 1981).

### **2.2.3. Concentrado**

Es esencial la calidad de los iniciadores de terneros a fin de que sean consumidos fácilmente (Bailey et al., 2009; Chester – Jones y Broadwater, 2008; Otterby y Linn, 1981). Por lo que en general, dietas simples y bien balanceadas soportan un buen crecimiento tanto como dietas complicadas (Chester – Jones y Broadwater, 2008; Otterby y Linn, 1981; Etgen y Reaves, 1990). La mezcla debe ser nutritiva, digerible y apetitosa con fuentes proteicas de buena calidad tales como torta de soya, pasta de algodón, torta de maní, harina de girasol, harina de pescado, leche descremada etc (Alonso, 2008; Etgen y Reaves, 1990).

Por lo general, los terneros comienzan a ingerir concentrado a partir de la segunda semana de edad, en cantidades pequeñas por lo que debe suministrársele en cantidad adecuada (Bath et al., 1989). Los ganaderos, frecuentemente reportan bajos consumos de alimento como un problema asociado a una práctica de destete temprano (Schuh y Wegner, 1979) por lo que se enfatizó la importancia de la palatabilidad en los iniciadores de los terneros (Chester – Jones, 2015; Kertz et al., 1979; citados por Morril et al., 1981) asimismo, se reporta que la ingestión de alimento sólido es la medida fundamental para determinar la prontitud del destete (Lindsey y Moisés, 2016).

Con respecto al tamaño de partícula, se sugiere que sean concentrados molidos groseramente, asimismo reportan que los concentrados tienen mayor proporción de partículas más grandes, sugiriendo que el 50% de estas sea mayor de 1190  $\mu\text{m}$  o 16 mesh (Warner et al., 1978; citados por Otterby y Linn, 1981). Los pellets y concentrados finos, no son bien aceptados como los concentrados molidos groseramente (Warner et al., 1987; citados por Otterby y Linn, 1981; Barrantes, 2000)

### **2.2.4. Forraje**

A la edad de una o dos semanas, se debe ofrecer a los terneros heno (frondoso, de tallo fino) de alta calidad. Puede dárseles también pasto seco o ensilaje de leguminosas o heno ensilado todo esto con la finalidad de favorecer el desarrollo temprano del rumen con todos los efectos provechosos subsiguientes en la salud del ternero y la economía de las ganancias de peso y costos (Etgen y Reaves, 1990; Bath et al., 1989; Russell, 1985; Farras, 1977).

Numerosos investigadores han demostrado que restringiendo a los rumiantes jóvenes a una dieta líquida de leche o sustitutos de leche se retrasará el desarrollo del estómago y que las papilas del rumen disminuyen en tamaño y en número cuando el animal pasa de una ración a base de cereales y heno a otra de leche (Harrison et al., 1960; citados por Church, 1974). El forraje es importante para promover el crecimiento de la capa muscular del rumen y para mantener la salud del epitelio ruminal, sin embargo esto debe realizarse incorporando heno a la dieta después del destete (Amaral – Phillips et al., 2013; Heinrichs y Jones, 2002).

Mediante numerosos experimentos se ha demostrado que el consumo de alimentos groseros estimula el desarrollo del retículo-rumen tanto en peso y grosor de los tejidos como en el tamaño de las papilas normales. Se cree que los concentrados son menos eficaces para estimular el desarrollo del rumen aunque existen investigaciones en donde las dietas ricas en concentrados determinaban un mayor peso de los tejidos del retículo-rumen de los terneros de 12 semanas de edad que las dietas ricas en alimentos groseros; las papilas eran más largas y más densas lo que explicaba las diferencias (Heinrichs y Jones, 2002; Stobo et al., 1966; citados por Church, 1974).

#### **2.2.5. Agua**

Debe haber un suministro de agua dulce y limpia en cantidad ilimitada al menos una vez al día (Ericson, 2013; Agricultural Research Council, 1984). El consumo de ésta estimula la ingestión del concentrado inicial de los terneros y por ende el ritmo de crecimiento (Reaves y Pegram, 1993; Etgen y Reaves, 1990) ya que convierten mejor el alimento y pueden ser destetados tempranamente (Ericson, 2013)

La ingestión de agua puede variar con la condición fisiológica y etapa de crecimiento del animal, temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad del viento, lluvia, variación diurna y estacional, cantidad de materia seca consumida, composición de la dieta por efecto de la sal en la materia seca del alimento o efecto de variadas sales en el agua de bebida. Asimismo, varía también con la variación genética entre especies e individuos de una misma especie, temperatura del agua de bebida, frecuencia y periodicidad de bebida, por el pH y toxicidad del agua (Huuskonen et al., 2011; Agricultural Research Council, 1984).



Durante el período de predestete la ingestión de agua de los terneros en climas fríos es mayor hasta un 47% cuando esta es tibia (16 – 18°C) que cuando está fría (6 – 8°C), en general, los terneros consumirán más agua tibia que fría pero este incremento en el consumo de agua no influencia la ingestión de alimento, ganancia de peso corporal o parámetros de salud (Huuskonen et al., 2011). En climas calurosos el agua ofrecida a los terneros debe ser fresca o fría (Amaral – Phillips et al., 2013; Ericson, 2013)

El nivel de agua excretada se incrementa tanto como unas 20 veces en terneros diarreicos con respecto a terneros sanos y, en individuos gravemente afectados puede llegar a 40 veces (Blaxter y Wood, 1953; citados por Church, 1974). El término diarrea es usado ampliamente para describir el pasaje de heces, anormalmente fluidas, con una frecuencia y/o volumen incrementadas (Christensen et al., 1972; citados por Kramer, 1989).

## **2.3. ORIGEN DEL ALGODÓN**

El algodonerero es una planta nativa del Perú (Serquén, 1985) el cual es base de la industria textil y oleaginosa en el país (Organización Nacional Agraria, 1988). El algodón rama produce una proporción de 37% de fibra y 63% de semilla (FUNDEAL, 1984). La pasta de algodón o torta de algodón es un subproducto de la industria oleaginosa de la misma semilla de algodón (McDonald et al., 1995; Church y Pond, 1994).

### **2.3.1. Obtención de la Pasta de Algodón**

Se emplean, principalmente, dos procesos para la obtención de la pasta de algodón. Uno emplea la presión para forzar a salir al aceite, quedando una pasta con corteza y aceite; mientras que el otro utiliza solventes orgánicos generalmente hexano, para extraer el aceite, quedando como subproducto la pasta de algodón. En ambos casos la pasta es un subproducto de la industria aceitera (McDonald, 1987; [www.ingredients101.com](http://www.ingredients101.com), 2001).

El proceso de producción y obtención de la Harina de algodón o Concentrado Proteico se inicia con la recolección de semillas procedentes de los valles del Norte y Sur, para el caso del Perú, la empresa procesadora emplea la tecnología de la Empresa: Extracción De Smet (Alicorp S.A, 2000).

El proceso empleado por Alicorp para obtener la pasta de algodón implica 4 etapas:

1. **Almacenamiento de las Semillas.** Proviene de las desmotadoras, almacenadas en silos de gran capacidad (42,000 TM). Estos cuentan con control de temperatura (menor de 25°C) y humedad (menor de 12%), eliminándose la posibilidad de deterioro de la semilla.
2. **Preparación.** Se prepara la semilla por medio mecánico para facilitar la extracción de aceite, el producto final es la semilla hojuelada (descascarada). Se eliminan impurezas que puedan dañar el sistema, asimismo, se obtiene los subproductos Linter y Cáscara.
3. **Extracción.** La hojuela pasa por 4 áreas dónde se realizan diferentes operaciones:
  - a. **Área de Acondicionamiento.** Se realiza la operación de cocinado de la almendra (80°C y adición de humedad) lo cual provoca ruptura de células y liberación de aceite que es reabsorbido por la masa, se inactivan enzimas y destruyen microorganismos. Luego pasa a la operación de expandido dónde se le da a la masa la forma de pellets por efecto de cambio brusco de presión dentro de un expander. Finalmente, la masa pasa a una operación de secado-enfriado dónde se reduce la temperatura de la masa y eliminación parcial de humedad.
  - b. **Área de Extracción.** Aquí se obtiene dos productos: una mezcla de hexano con aceite o micela y una torta ó harina húmeda con hexano.
  - c. **Área de Destilación de Aceite:** la micela pasa por un proceso de recuperación de solvente y el aceite crudo es enviado a la planta para su refinación.
  - d. **Área de Desolventización y Tostado:** La harina es desolventizada para producir el Concentrado Proteico.
4. **Concentración de proteínas.** Aquí la harina que sale del desolventizador ingresa a un sistema de separadores de cáscara y concentración de almendra, luego a un sistema de enfriamiento y por último a un sistema de ensacado y pesaje (Alicorp S.A., 2000).

### **2.3.2. Composición química**

Gómez (2005) evaluó pastas de algodón, usadas en la alimentación de ganado lechero en la zona de Lima, de diferentes procedencias y distribuidoras. Las pastas fueron analizadas para humedad, proteína, extracto etéreo, fibra detergente neutra y gosipol libre. Los resultados se detallan en el Cuadro 8.

La empresa ALICORP, a través de su planta “Calixto Romero” produce, mediante el proceso de extracción con solvente directo, una pasta de algodón denominada Concentrado Proteico de Algodón (CPA) cuya composición se detalla en el Cuadro 9, asimismo se detalla la composición ofrecida por el National Research Council (2001).

**Cuadro 8. Composición química de pastas de algodón en base Tal Como Ofrecido**

	<b>PASTA A CENTRO ENGORDE VILLA. ICA</b>	<b>PASTA B DE ALISUR ICA</b>	<b>PASTA C EL COMEDERO HUACHIPA. ICA</b>	<b>PASTA D PACHACAMILLA ICA</b>	<b>PASTA E RANSA – C. BERNABE HUACHO - HUAURA</b>	<b>PASTA F ALICORP LIMA</b>
HUMEDAD, %	10.0	10.7	9.2	10.2	11.6	8.9
PROTEINA, %	24.1	26.1	26.6	22.7	18.8	34.3
EXTRACTO ETereo, %	10.4	8.9	6.8	10.3	15.3	0.4
FIBRA DETERGENTE NEUTRO, %	51.3	56.7	45.9	51.8	47.6	40.6
GOSIPOL LIBRE, %	0.2	0.3	0.1	0.2	0.5	0.1

FUENTE: Gómez (2005)

**Cuadro 9: Composición química y valor nutricional del concentrado proteico de algodón y otra pasta de algodón.**

COMPONENTE	CONCENTRADO PROTEICO DE ALGODON (ALICORP)	PASTA ALGODÓN (NRC)
HUMEDAD, %	9.5	9.5
PROTEÍNA TOTAL, %	45.5	45.0
EXTRACTO ETereo, %	1.8	1.9
FIBRA CRUDA, %	11.3	13.0
CENIZA, %	8.1	6.7
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO, %	33.4	33.5
CALCIO, %	0.2	0.2
FOSFORO, %	1.2	1.2
NDT, %	76.2	66.4
ENmantenimiento, Mcal/kg	1.9	1.8
ENganancia, Mcal/kg	1.2	1.2
GOSIPOL LIBRE, %	0.15	0.1 – 0.5

FUENTE: Compañía ALICORP S.A. (2000); National Research Council (2001)

### 2.3.3. Toxicidad de la pasta de algodón por gosisol

Las plantas de algodón y unas pocas plantas estrechamente relacionadas con la familia Malvaceae presentan por toda la planta un metabolito secundario denominado gosisol ( $C_{30}H_{30}O_8$ ) pero está concentrado en las glándulas pigmentosas de la semilla del algodón. Este pigmento le confiere protección a la planta contra un número de plagas por lo que es deseable en altos niveles en las partes vegetativas y, a la vez no deseable en las semillas debido a la toxicidad en animales (Bertrand et al., 2005; Ivis, 2009; Poore y Rogers, 1995; Latoxan, 2000; Gray et al., 1993).

El gósipol es un pigmento polifenólico binaftalénico dialdehído de color amarillo, se encuentra concentrado en las glándulas de las semillas las cuales aparecen como diminutas manchas negras. Debido a la rotación restringida del enlace que junta a los dos grupos naftalénicos de la molécula, el gósipol existe naturalmente como una mezcla de dos estereoisómeros (+) y (-), siendo el isómero negativo el que pareciera tener mayor actividad biológica (Latoxan, 2000; Gray et al., 1993; Joseph et al., 1986; Matlin et al., 1985).

La mayor o menor concentración de la forma (+) ó (-) es determinada por la genética de la planta. Las variedades de algodón Pima (*Gossypium barbadense*) tienen mayor concentración de la forma negativa que las variedades de algodón Upland (*Gossypium hirsutum*). Por lo que las variedades Pima producen semillas con mayor concentración de gósipol que las variedades Upland (Kirk & Higginbotham, 1999).

Durante el procesamiento térmico de la semilla de algodón para obtener la pasta, algo del gósipol libre, que es un metabolito muy reactivo, es inactivado por ligazón a la lisina lo cual reduce el valor nutritivo de la proteína, denominándosele gósipol ligado (Ivis, 2009; Gray et al., 1993). Kirk & Higginbotham (1999) reportan que este gósipol ligado es menos tóxico que el gósipol libre.

La National Cottonseed Products Association (NCPA) de Estados Unidos, reporta valores promedio de 0.06; 0.14 y 0.68% de gósipol libre para pasta de algodón de extracción mecánica, extracción con solvente y pepa entera, respectivamente (NCPA, 2003). Gómez, (2005) evaluó las pastas de algodón usadas en la ganadería lechera de la zona de Lima, Perú y encontró pastas que variaban desde 0.09 hasta 0.49% de gósipol libre, determinando en promedio  $0.22 \pm 0.15\%$ .

El tipo de algodón, la variedad y las condiciones de crecimiento son importantes fuentes de variación de nutrientes y gósipol en la semilla y pasta de algodón, así como la cosecha, condiciones de almacenamiento y procedimientos usados en la extracción del aceite. Otras fuentes de variación igualmente importantes pero no muy valorizadas son los procedimientos analíticos en los laboratorios y los procedimientos usados para determinar la composición de la semilla de algodón y pasta (Bertrand et al., 2005).

El gossipol se acumula en el hígado, inhibe enzimas respiratorias como deshidrogenasa succínica y citocromo oxidasa, asimismo, inhibe la glutatión-s- transferasa que es una enzima involucrada en la detoxificación de compuestos potencialmente tóxicos y carcinogénicos (Drugs, 2008)

Los análisis de gossipol usando métodos químicos no siempre concuerdan con la toxicidad animal y la biodisponibilidad mostrada posiblemente debido a las varias formas de gossipol ligado con diferentes estabilidades In Vivo y enantiómeros de gossipol con diferentes actividades biológicas (Wang y Plhak, 2000) como la gossiverdurina que es otro pigmento asociado al gossipol y presente en la planta también (Ivis, 2009) Este compuesto polifenólico ha sido una seria restricción económica por más de 100 años de procesamiento de algodón y uso (Coppock et al., 1987).

Los principales síntomas de toxicidad por gossipol son:

- Depresión
- Pérdida de apetito
- Anorexia
- Respiración dificultosa
- Fragilidad eritrocitaria
- Anemia
- Lesiones hepáticas y pulmonares
- Irregularidad cardiaca y falla algunas veces letal

(Agnews, 2000; Poore y Rogers, 1995; Cheek y Shull, 1985; Puschner, 2000).

La idea prevaleciente de que los terneros jóvenes son muy sensibles a la toxicidad por gossipol fue confirmada por Hollon et al.+ (1958) quienes estudiaron la respuesta de pastas de algodón, con diferentes contenidos de gossipol, como la principal fuente de proteína en el concentrado de terneros y para tal fin emplearon, en altos niveles, pasta de algodón procedente de prensa: 60% y 40% y otra procedente de una prensa a tornillo especial: 60% y 40%. Los incrementos de peso en ambos tratamientos fueron similares, sin embargo las mortalidades frente a niveles de gossipol de: 0.107, 0.071, 0.035 y 0.023% fueron: 100, 50, 75 y 0%, respectivamente.

La pasta de algodón es una fuente importante de proteína en las dietas de terneros de 3 – 4 meses y para terneros el máximo nivel seguro recomendado es de 20% basados en que el ternero es muy susceptible al gossypol de la pasta. La amplia variación en la respuesta de los terneros da pie para la interrogante de que si el gossypol es el principal factor etiológico involucrado en la toxicidad (Emery, 1894; Huffman & Moore, 1929; Kuhlman et al., 1934; Reed et al., 1925; citados por Hollon et al., 1957).

Se reportó la muerte de 3 de 200 terneras holstein israelí a los 3 meses de edad, a las cuales se les había cambiado la dieta (1 mes antes) de 13% de pasta y 13% de torta de soya por una de 20% de pasta y 6 % de torta de soya con lo que consumieron de 800 – 1000g de pasta/animal/día. El examen post-mortem, reveló congestión pasiva alrededor de las venas centrales del hígado y necrosis de los hepatocitos, claros signos de envenenamiento por gossypol (Orgad -Klopfer y Adler, 1986).

En el caso de terneros, los niveles máximos de gossypol libre en el concentrado producto del empleo de pasta de algodón deben restringirse a 100 ppm para concentrados de terneros pre rumiantes, 200 ppm para concentrados de transición y post-destete y 600 ppm para concentrados de terneras de más de 24 semanas de edad (FEDNA, 2003).

Se estudió el efecto de concentraciones graduales de gossypol: 0, 100, 200, 400 u 800 ppm, variando cantidades de pasta de algodón la cual totalizó el 31% en cada ración, sobre el performance de terneros así como consideraciones toxicológicas y patológicas; concluyéndose que una ración conteniendo hasta 200 ppm de gossypol libre es segura, una de 400 ppm es tóxica y una de 800 ppm es letal concordando las observaciones con los brotes de intoxicaciones reportados previamente por Risco et al. (1992).

Estudios toxicológicos y patológicos en terneros alimentados con una dieta alta en pasta de algodón: 27% reportaron niveles toxicológicos entre 250 – 380 ppm que provocaron la muerte de los terneros (Holmberg et al., 1988). Mientras que Velásquez - Pereira et al. (1999) al realizar estudios de los efectos, a largo plazo, de dar gossypol y vitamina E a terneros machos Holstein con dietas altas en pasta: 30%, reportaron niveles tóxicos de gossypol de 400 mg/kg.



El máximo nivel de gossipol libre, recomendado para terneros menores de un año es de 500 a 1000 ppm (Kirk y Higginbotham, 1999). Sin embargo, Zelski et al. (1995) estudiaron la toxicidad del gossipol en terneros pre rumiantes para lo cual proporcionaron una dieta que contenía 33% de pasta de algodón y reportaron la muerte de 24 de 57 terneros entre las 7 y 15 semanas de edad. Siendo la concentración de gossipol libre en la dieta de 100 a 200 ppm.

#### **2.3.4. Mecanismo de detoxificación**

Por mucho tiempo se creyó que el gossipol podía ser detoxificado hasta cierta cantidad por los rumiantes pero el mecanismo de detoxificación permaneció desconocido, se consideró que los microorganismos ruminales podían destruirlo. Posteriormente se estableció que el mecanismo de detoxificación era por ligazón del gossipol a las proteínas solubles y que esta ligazón era resistente a la digestión proteica (Reiser y Fu, 1962).

Se reportó que múltiples de mecanismos, aun incompletamente definidos, son operativos, probablemente en la detoxificación del gossipol (Coppock et al., 1987). También se propuso que la detoxificación del gossipol (que ocurre cuando subproductos de algodón conteniendo gossipol son dados a rumiantes) no es debida únicamente a su ligazón a las proteínas solubles y los grupos amino libres de la lisina, que el gossipol libre liberado durante la digestión de la semilla en el rumen es principalmente indisponible para absorción en el intestino delgado, mientras que esta disponibilidad, en el intestino delgado, mejora grandemente cuando el gossipol escapa del rumen intacto (Calhoun et al., 1995; citados por Prieto et al., 2003).

La adición de sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) en razón de 500 ppm ayuda a detoxificar el gossipol libre, al incrementar el hierro corporal que se incorpora a la hemoglobina y mengua la anemia, asimismo el peletizado reduce el gossipol libre tanto como un 70% en la semilla y un 45% en la pasta, por lo que el peletizado es un mecanismo que disminuye la toxicidad por gossipol (Barraza et al., 1991).

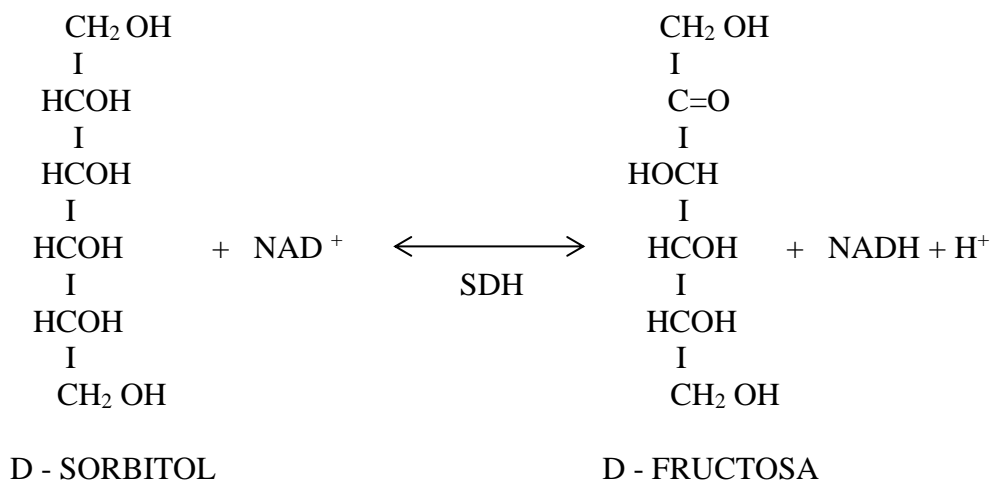
#### **2.3.5. Medición del efecto tóxico del gossipol**

##### **2.3.5.1. Sorbitol deshidrogenasa sérica (SDHS)**

La Sorbitol Deshidrogenasa (SDH: EC 1.1.1.14) (nombre recomendado L – Iditol deshidrogenasa: IDH) cataliza la oxidación reversible del D – sorbitol a D – fructosa con

el cofactor NAD (Gerlich, 1983; Lessing y McGuinness, 1982; citados por Kramer, 1989).

La reacción de muestra a continuación:



Esta enzima tiene un peso molecular de 95,000, está localizada en el citosol y parece derivar de un gen individual. Aparte de encontrarse en los testículos, se encuentra en cantidades apreciables sólo en los hepatocitos, por lo tanto un incremento en la SDH plasmática es consistente con daño hepático. Asimismo, la enzima es específica en todas las especies de animales y el daño hepático parece ser la única fuente de una actividad incrementada de SDH (Boyd, 1983; citado por Kramer, 1989).

La actividad incrementada de la enzima SDH sérica es un claro indicador de daño a la membrana del hepatocito (Boyd, 1983; citado por Kramer, 1989) causado por el gopipol que se acumula en el hígado (Drugs, 2008) y se ha sugerido que puede interactuar con las membranas biológicas promoviendo la formación de radicales libres, conteniendo oxígeno, altamente reactivos y estos oxidan los lípidos de la membrana celular necrosándola y provocando un vaciado de la SDH al plasma (Janero and Burghardt, 1988; Velásquez – Pereyra et al., 1998).

El ensayo clínico es en la dirección de la formación de sorbitol y se requiere una alta concentración del sustrato fructosa debido a que la inhibición del producto ocurre cuando el 10% del sustrato es convertido a sorbitol (Kramer, 1989)

La concentración de una enzima es expresada directamente como masa ó indirectamente como actividad. La unidad internacional (U) de actividad enzimática ha sido definida por la International Union of Biochemistry (IUB) como la cantidad de enzima que catalizará la conversión de 1 mmol de un sustrato o la producción de 1 mmol de producto por minuto bajo condiciones especificadas de tiempo, temperatura, pH y concentraciones de sustrato (Kramer, 1989). Los valores séricos normales de SDH para varias especies se presentan en el Cuadro 10.

**Cuadro 10: Actividad de sorbitol deshidrogenasa sérica en animales normales**

ESPECIE	ACTIVIDAD SDH (U/L)
PERRO	28 $\pm$ 20
PONY	14.7 $\pm$ 3.6
TERNERO	14.7 $\pm$ 1.3
VACA	4.3 – 15.4
OVEJA	16.5 $\pm$ 1.5
CERDO	2.2 (0 – 6.8)
GANSO	1.2 $\pm$ 0.7
PONEDORA	1.6 $\pm$ 0.5

FUENTE: Adaptado de Kramer (1989)

El cofactor Dinucleótido de Nicotinamida y Adenina (NAD) es la vitamina niacina o ácido nicotínico o vitamina B<sub>3</sub>, con función coenzima en muchas reacciones de óxido-reducción. Consta de un anillo de nicotinamida, uno de adenina y dos grupos azúcar fosfato unidos entre sí. El anillo de nicotinamida contiene el sitio en el que se efectúan las oxido-reducciones. En reacciones de este tipo se transfiere un H<sup>+</sup> junto con los dos electrones (Campbell y Farrell, 2004).

### **2.3.5.2. Fragilidad Eritrocitaria**

Se ha demostrado que el gossipol dietético procedente de derivados de la semilla de algodón provoca cambios hematológicos en rumiantes como alteración en la estructura normal del eritrocito y hemoglobina disminuida (Lindsey et al., 1980).

El mecanismo por el cual el gossipol afecta la fragilidad del eritrocito no es conocido, aunque se ha especulado que el gossipol puede interactuar directamente con la membrana celular del glóbulo debido a la presencia de aquél en la bicapa lipídica de la membrana lo cual alteraría su fluidez y esto podría explicar la fragilidad incrementada (Velásquez – Pereira, 1998; Calhoun et al., 1990; Mena et al., 2004).

La fragilidad eritrocitaria es un indicador muy sensible del status de gossipol sistémico porque es evidente luego que el consumo del mismo ha empezado, esta fragilidad es una medida de la habilidad de la membrana del eritrocito para resistir el stress osmótico cuando los eritrocitos son incubados en diferentes concentraciones salinas (Velásquez – Pereyra et al., 1998).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Localización**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del estable “Santa Juana” de propiedad de la Sociedad Civil Agropecuaria Camay en el distrito de Vegueta, Huacho. Kilómetro 170 de la panamericana norte. En el período comprendido entre Mayo del 2001 hasta concluir en Agosto del mismo año.

#### **3.2. De los animales e instalaciones.**

Se emplearon 36 terneras Holstein recién nacidas, separadas de sus madres inmediatamente después del nacimiento y llevadas a sus respectivas cunas de madera individuales, en el área de Cunas. Cada una tenía las siguientes dimensiones: 2.40 m. de largo y 1.25 m. de ancho por 1.60 m. de alto con un área de 3.0 m<sup>2</sup>, de los cuales el 50% estaban techados con madera o caña de guayaquil partida. Asimismo el área de Cunas estaba parcialmente techada con malla de nylon de trama fina.

Se escogieron para el experimento únicamente aquéllas terneras cuyos pesos estaban dentro del rango de 34 – 46 kg. Los pesos y tallas iniciales de las terneras en estudio así como los pesos y tallas a los 15, 30, 45 y 60 días de edad se detallan en los Anexos 01 y 02; asimismo los análisis de varianza de pesos y tallas iniciales se muestran en los Anexos 03 y 04, respectivamente

#### **3.3. De la Pasta de Algodón (PA)**

La pasta de algodón empleada en la presente investigación es obtenida por extracción, del aceite de la semilla, con hexano como solvente en la compañía ALICORP, denominándose Concentrado Proteico de Algodón. Es de alto contenido proteico y bajo contenido de gosipol libre como se indica en el Cuadro 9. Esta característica de bajo contenido de gosipol libre es lo que diferencia a esta pasta del algodón del resto y fue el motivo de emplearla para esta investigación.

### **3.4. Del manejo de las terneras**

La limpieza, desinfección con yodo y ligado del cordón umbilical eran las primeras operaciones que se realizaron a las terneras recién nacidas. Inmediatamente después se les inyectó 3 cm<sup>3</sup> de un suplemento vitamínico (Vitamina A: 500,000 UI; Vitamina D<sub>3</sub>: 75,000 UI; Vitamina E: 50 mg), se les colocó una identificación temporal; a continuación se les suministró 2 litros de calostro y se les pesó.

La identificación definitiva con tatuaje se realizó en la primera semana de nacidas, el número de identificación se les tatuó en ambas orejas. El aretado se realizó cuando se destetaban las terneras y se hacía en los corrales de destetadas.

El primer día de nacidas las terneras recibieron 4 litros de calostro: 2 en la mañana y 2 en la tarde, el segundo día recibieron 6 litros y el tercer día otros 6. A partir del 4 día de vida se les suministró 6 litros de leche por día en dos tomas: 3 litros a las 6:00 am y 3 litros a las 2:00 pm manteniéndose este volumen por ternera hasta la quinta semana.

Durante la sexta y séptima semana se les suministró 4 litros por día en dos tomas: 2 en la mañana y dos en la tarde y a las mismas horas establecidas anteriormente. Durante la octava semana se les dio 2 litros por día en dos tomas: 1 litro en la mañana y otro litro por la tarde según el horario mencionado. Terminada la octava semana eran destetadas, pero permanecían en el área de cunas por 3 días más a fin de que se acostumbraran a la ausencia de leche.

El suministro de concentrado se realizó a partir de la segunda semana de edad, empezando con 100 g/día y aumentando gradualmente hasta las 8 semanas, controlando que en todo momento las terneras tengan acceso al alimento por lo que el consumo fue Ad-libitum. Con algunas terneras fue necesario ponerles un poco de concentrado en la boca para estimularlas a consumir lo más pronto posible.

El suministro de agua se inició a partir de la tercera semana de edad, en baldes con capacidad de 4 litros, la leche también se ofreció en baldes de la misma capacidad, que fueron acoplados a las cunas así como los comederos de concentrado y forraje. Estos baldes eran retirados diariamente y lavados. El agua empleada para las terneras era agua clorinada (1 cojín de lejía/1000 litros de agua).

Cada mes, durante los dos meses en cunas, se aplicó a todas las terneras, en experimentación o no, 3 cm<sup>3</sup> de un suplemento vitamínico (Vitamina A: 500,000 UI/ml; Vitamina D<sub>3</sub>: 75,000 UI/ml; Vitamina E: 50 mg/ml; excipiente: 1ml) y 3 cm<sup>3</sup> de fierro y vitamina B<sub>12</sub> (Fierro, como complejo dextrano: 200 mg/ml; Cianocobalamina: vitamina B<sub>12</sub>: 50 mg/ml) a fin de fortalecerlas y soporten mejor cualquier agente estresante. Esta era una práctica de manejo de las terneras, al igual que todas las prácticas descritas aquí, dispuesta por la administración del establo.

Como medida de precaución las cunas fueron cambiadas de posición (a los costados, adelante o atrás) todos los días. Se retiró la tierra demasiado húmeda y se espolvoreó cal a fin de evitar, en lo posible, complicaciones sanitarias a causa de la humedad del piso por la orina y heces de las terneras puesto que la cama fue el suelo mismo.

El destete de las terneras se realizó a los 2 meses (60 días) y durante este período de tiempo se observó diariamente la consistencia de las heces o presencia de diarreas que nos indicara un trastorno digestivo. Luego de un periodo de 3 días de acostumbramiento (en las mismas cunas) a la ausencia de leche, las terneras fueron llevadas a un corral de destetadas.

### **3.5. De los tratamientos**

TO: Grupo control

T1: 10% de Pasta de Algodón

T2: 20% de Pasta de Algodón

36 terneras fueron distribuidas entre los tres tratamientos según iban naciendo, el orden de los tratamientos fue establecido al azar. Los controles se realizaron hasta el destete (60 días). La concentración de Gosipol Libre (GL) en cada uno de los tratamientos fue calculada a partir de la declaración del fabricante, de la Pasta de Algodón, en la etiqueta: 0.15% de gosipol libre. Por tanto el TO: 0 ppm GL, T1: 150 ppm GL y T2: 300 ppm GL.

### **3.6. De las dietas experimentales**

Se formularon las tres dietas experimentales, de acuerdo a los tratamientos establecidos, haciendo uso del software para formulación de dietas a mínimo costo: MIXIT-2 (1983).

Todas las dietas tuvieron similares contenidos de proteína y energía. Para la formulación de las dietas se tomaron como referencia los requerimientos de nutrientes establecidos por National Research Council (NRC) (2001). Las dietas se detallan en el Cuadro 11.

**Cuadro 11: Cantidad de ingredientes y contenido nutricional estimado por tratamiento (base fresca) y precio (S/. /Kg)**

<b>INSUMOS</b>	<b>T0 (%) CONTROL</b>	<b>T1 (%) 10% PA</b>	<b>T2 (%) 20% PA</b>
Maíz	48.95	54.00	59.00
Trigo, subproducto	25.60	18.60	10.50
Soya, torta	9.90	5.80	-----
Soya, Harina Integral	8.95	4.90	3.70
Pasta de Algodón	-----	<b>10.00</b>	<b>20.00</b>
Caña, melaza	4.70	4.70	4.70
Sal común	0.40	0.40	0.40
Calcio, carbonato	1.50	1.50	1.50
Suplemento Vitamínico Mineral*	0.10	0.10	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>CONTENIDO NUTRICIONAL ESTIMADO</b>			
Materia Seca, %	89.44	89.60	89.73
Proteína Cruda, %	18.28	18.27	18.41
NDT, %	78.24	78.02	78.37
Fibra Cruda, %	5.24	5.21	5.21
ENmantenimiento, Mcal/kg	1.76	1.80	1.81
ENganancia, Mcal/kg	1.11	1.16	1.18
Calcio, %	0.78	0.77	0.76
Fósforo, %	0.66	0.63	0.60
<b>PRECIO, S/. / Kg</b>	<b>0.57</b>	<b>0.56</b>	<b>0.56</b>

\*: S.V.M (por kg): Vitamina A: 12000000 UI; Vitamina D<sub>3</sub>: 1000000; Vitamina E: 20000; Cobre: 10g; Manganeso: 20g; Zinc: 60g; Yodo: 0.99g; Cobalto: 0.30 g; Selenio: 0.11g; Hierro: 30g.

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.6.1. Granulometría

Los tres concentrados en estudio así como la Pasta de Algodón, fueron sometidos a un análisis granulométrico a través de la prueba de los tamices, para tal fin se empleó un equipo de granulometría. Los resultados se muestran en los Anexos 5 y 6.



### **3.6.2. Del análisis del alimento y agua**

Las tres dietas experimentales correspondientes a los tres tratamientos así como la Pasta de algodón fueron analizadas en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA), Universidad Nacional Agraria. La Molina (UNALM), según el análisis proximal. Los resultados se muestran en los Anexos 7 y 8. El agua fue analizada en el laboratorio de Microbiología “Marino Tabusso”, Facultad de Pesquería, UNALM, el resultado se muestra en el Anexo 9.

### **3.7. De los controles**

#### **3.7.1. Incremento de peso**

El control de pesos se efectuó en forma quincenal, desde el nacimiento de las terneras hasta el destete a los 60 días. Los pesos se tomaron, siempre, por la mañana y en condiciones de ayuno, tanto de agua como alimento, para tal fin se empleó una balanza electrónica digital con aproximación de 1 kg.

#### **3.7.2. Incremento de talla**

El control de la talla de las terneras (a la cruz) se realizó cada 15 días, empleando para tal medida un hipómetro de metal. Esta medida fue tomada, siempre, en horas de la tarde puesto que los animales estaban más tranquilos que en la mañana.

#### **3.7.3. Consumo de concentrado**

El registro de esta variable se realizó diariamente. Se controló el peso del suministro y del residuo dejado por cada ternera al día siguiente, obteniéndose el consumo diario por diferencia. Se empleó una balanza de plato con aproximación de 5 gramos.

El suministro de alimento se hizo en forma gradual, empezando por ofrecer 100 g y se fue aumentando la cantidad ofrecida según consumo. Se tuvo cuidado de que los animales en estudio siempre tuvieran alimento en sus comederos.

#### **3.7.4. Actividad de Sorbitol Deshidrogenasa Sérica (SDHS)**

Esta variable fue medida al finalizar el experimento o sea a los 60 días de edad, se realizó a 29 de las 36 terneras en estudio: 7 terneras del tratamiento testigo, 11 del tratamiento T1 y 11 del tratamiento T2. (Anexo 10) Para tal efecto se tomó una muestra de sangre de la yugular de las terneras y se llevaron, con las precauciones del caso, al laboratorio de Bioanálisis del Departamento de Biología, UNALM, para la determinación de la actividad de la enzima.

El equipo para la toma de sangre consistió en tubos al vacío con anticoagulante, los cuales se acoplaron a un cilindro con aguja descartable para cada ternera, la muestra identificada fue guardada rápidamente en una bolsa de cartulina negra dentro de un cooler con hielo hasta llegar al laboratorio. El procedimiento experimental para la determinación de la actividad enzimática se muestra en el Anexo 11 (ALBIS, 2001).

#### **3.8. Del diseño estadístico**

Se empleó un Diseño Completamente al Azar y la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 5% para comparar medias. (Steel y Torrie, 1997).

Los datos obtenidos en el experimento fueron analizados con el paquete estadístico MINITAB-12.1 (1998).

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Incremento de peso**

Los resultados obtenidos para incremento de peso según tratamiento se observan en el cuadro 12 y en la figura 1, dónde podemos notar que no existe diferencia significativa (Anexo 12) entre los tratamientos para los incrementos totales al final del experimento, sin embargo, existe una tendencia numérica a incrementar cuando se incluye Pasta de Algodón (PA) en las dietas siendo mayor en el tratamiento T1 (10%) que en T2 (20%).

Al contrastar nuestros incrementos con los de la literatura notamos que son superiores a los obtenidos por Bangani et al., (2000) quienes obtuvieron incrementos de 34.8 kg para terneras alimentadas con pasta de algodón en 8%; asimismo, son superiores a los obtenidos por Barrantes (2000) quien reportó incrementos de 24 kg para terneras alimentadas con pellets con niveles de pasta de algodón que fluctuaban entre 2.60 y 2.98% y a los obtenidos por Ayala (1990) quien probó calostro como reemplazante de leche y Mancilla (1996) que estudió el efecto de dos sistemas de suministro de agua y obtuvieron incrementos de 20.06 y 22.07 kg.

La superioridad encontrada puede ser debida a un mayor consumo de alimento, tanto de leche como concentrado como consecuencia del sistema de manejo y programa de alimentación establecido por la administración, ya que todas las terneras de este estudio consumieron 6 litros de leche, hasta las 5 semanas de vida, en vez de 4 litros; otra causa podría ser el mejor peso al nacimiento, en promedio 41 kg, comparado con los pesos promedio de las investigaciones citadas que oscilaban entre 35 – 38 kg de peso, también podría deberse al medioambiente, clima, instalaciones, condiciones sanitarias.

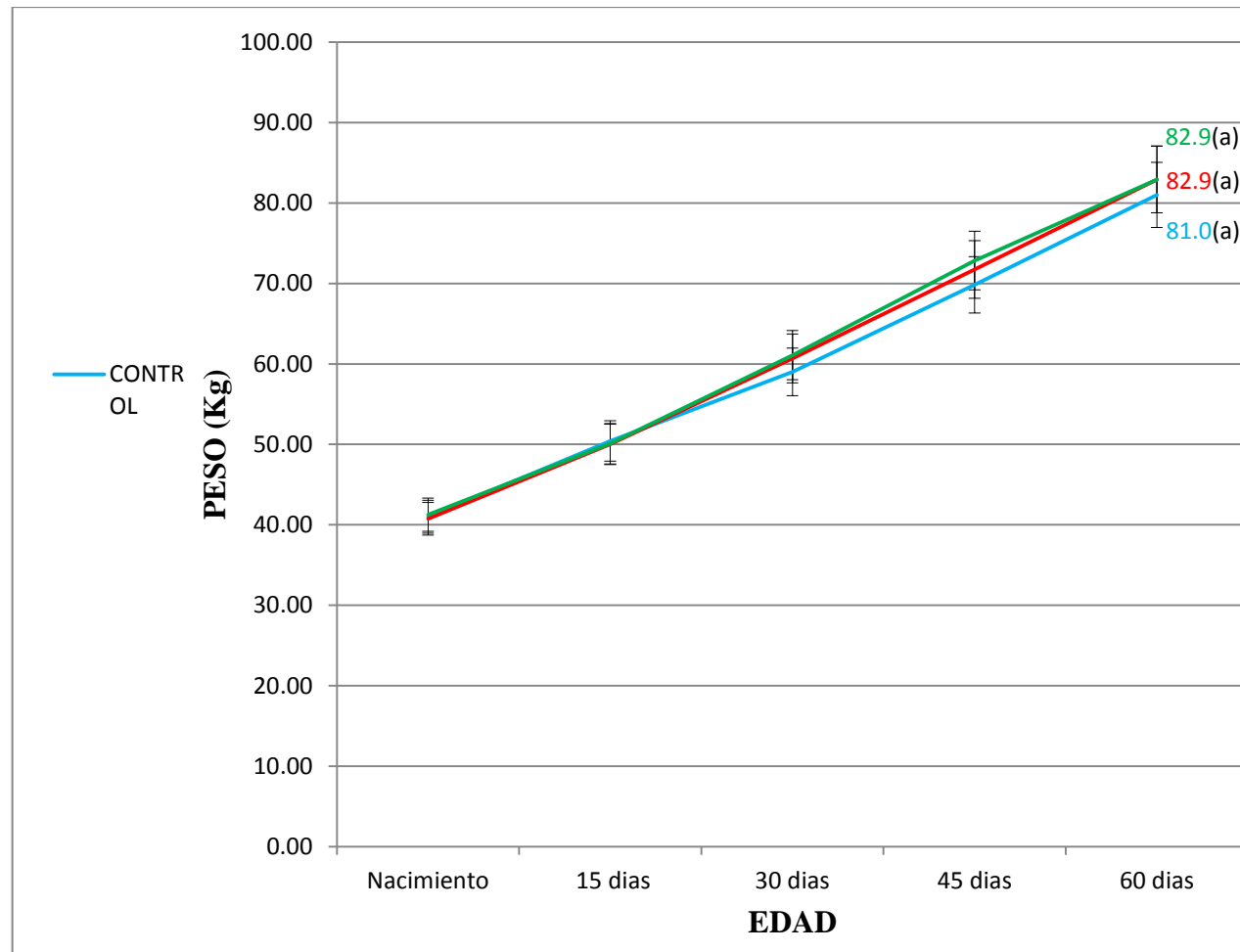
**Cuadro 12. Peso inicial, final, incremento de peso total, incremento de peso vivo promedio diario, consumo de materia seca y conversión alimenticia por tratamiento.**

Parámetros	TRATAMIENTOS		
	T0 CONTROL	T1 10% PA	T2 20% PA
Peso inicial (kg)	41.0 <sup>a</sup>	40.8 <sup>a</sup>	41.3 <sup>a</sup>
Peso final (kg)	81.0 <sup>a</sup>	82.9 <sup>a</sup>	82.9 <sup>a</sup>
Incremento de peso (kg)	40.0 <sup>a</sup>	42.2 <sup>a</sup>	41.7 <sup>a</sup>
Incremento de peso diario (g/día)	666.7 <sup>a</sup>	702.8 <sup>a</sup>	694.5 <sup>a</sup>
Consumo de Materia Seca (Kg/ternera)*	57.8 <sup>a</sup>	59.8 <sup>a</sup>	59.9 <sup>a</sup>
Conversión Alimenticia (Base Seca)**	4.8 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> : Promedios con igual superíndice, en una misma fila, son iguales estadísticamente (P>0.05)

\* : Ver anexo 13

\*\* : Ver anexo 14.



**Figura 1.** Pesos de terneras quincenales por tratamiento

De otra parte, los incrementos de peso obtenidos a los dos meses en esta investigación son ligeramente menores a los obtenidos por Bar – Peled et al. (1997) quienes obtuvieron incrementos de 43.7 kg probando la lactación directa o no a la madre desde el nacimiento hasta las seis semanas de edad y usaron Pasta en nivel de 8%. En una investigación realizada por Hoffman (1997) al establecer el tamaño corporal óptimo de vaquillas de reemplazo Holstein reportó 42 kg, incremento similar al nuestro o con los propuestos por James (2001) al establecer los estándares de crecimiento y requerimientos de nutrientes para vaquillonas lecheras desde el destete al parto.

Los pesos finales de las terneras, obtenidos en este trabajo de investigación no mostraron diferencia significativa entre los diferentes tratamientos (Anexo 15), fueron en promedio 82.3 kg, mejores que los obtenidos por Rojas (1971) quien estudió lacto reemplazantes con diferentes niveles de chala y alfalfa y obtuvo 50.5 kg; a los obtenidos por Bustamante (1980): 59.8 kg quien estudió sistemas de destete con harina de pescado en el concentrado; a los conseguidos por Deza (1981): 60.5 kg quien evaluó tres concentrados de inicio; a los de Huamán (1999): 62.4 kg que investigó alimentación con leche entera y lacto reemplazante, la superioridad puede ser explicada por una mejor alimentación sin forraje ni lacto reemplazantes, así como a una mejor respuesta a la proteína de la pasta frente a la de pescado.

En investigaciones llevadas a cabo a nivel internacional encontramos que la superioridad es manifiesta como con los pesos finales obtenidos por Bangani et. al., (2000): 67.6 kg quienes evaluaron pasta como fuente proteica en alimentos iniciadores; a los de Muller y Botha (2000) quienes estudiaron dietas completas con diferentes forrajes: 61- 77 kg; Vandehaar (2001): 76 kg, estas investigaciones fueron llevadas a cabo con diferentes tipos de alimento y sistemas de manejo pero satisfaciendo los requerimientos para terneras por lo que esta superioridad podría ser debida, entre otras causas, a una mejor alimentación, variación genética y materna y un mejor manejo que influye en las terneras, fuertemente, hasta los 2 meses de edad así como a factores ambientales y condiciones sanitarias de los animales.

De otra parte, los pesos logrados a las 8 semanas en este estudio son similares a los obtenidos por Bar – Peled et al. (1997) quienes obtuvieron pesos de 82 kg en terneras lactando directamente de la madre o no, o a los propuestos por Front Line (2000) que son 82 kg de peso vivo por ternero a los 2 meses. Asimismo, estos pesos también son similares a los

propuestos por los estándares de la raza Holstein por Hoffman (1997) quién reporta un peso de 83 kg; a los propuestos por James (2001) y Kertz et al. (1997) quiénes reportaron un peso de 84 kg.

También los pesos logrados están en el rango propuesto por la Holstein Foundation (2000) que propone un peso de 57 – 91 kg a los 2 meses; están dentro del rango de 81 – 95 kg de peso vivo propuestos por Van Amburgh (2002); Vandehaar y Whitlock (1998); Heinrichs y Hargrove (1989) para terneras Holstein a los dos meses de edad. La similitud de los resultados en este estudio, para la variable peso vivo a los dos meses, con trabajos realizados en países de avanzada tecnología, así como los propuestos por exigentes estándares internacionales, son un reflejo de la calidad genética de las terneras de este estudio así como también reflejan una excelente nutrición, prácticas adecuadas de manejo y condiciones sanitarias óptimas.

#### **4.2. Consumo de alimento**

Los resultados de consumo de alimento promedio por día a los 15 días de edad y por tratamiento así como consumo total por tratamiento se muestran en el Cuadro 13. Se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos durante las 4 quincenas que duró el experimento (Anexos: 16, 17, 18, 19). El consumo promedio total por ternera y por tratamiento (Anexo 20) tampoco muestra diferencia estadística significativa sin embargo, se observó una tendencia a que los tratamientos con concentrado proteico de algodón muestran mayores consumos totales. El consumo promedio diario evaluado por quincena y tratamiento se presentan en la Figura 2 y Anexo 25.

En el análisis granulométrico realizado a las tres raciones en estudio, los tratamientos con Pasta de Algodón, tenían mayor porcentaje de partículas gruesas ( $>2.36$  mm) que el testigo (Anexo 5) y, según Gardner (1967) los terneros tienen aversión por los insumos con alto contenido de partículas finas. Esto explicaría el mayor consumo numérico de las terneras de los tratamientos 1 y 2 a partir de la segunda quincena y el mayor consumo total. Lo mencionado anteriormente es corroborado por Barrantes (2000) quién estudió la influencia de la forma física de presentación del alimento, encontrando que con alimentos sin peletizar, había una tendencia a un mayor consumo en los animales alimentados con concentrado que tenía menor cantidad de partículas finas.

Los consumos obtenidos con los tratamientos que tenían Pasta de Algodón y por ende mayor concentración de gosispol libre (según etiqueta), respectivamente, indican que no hubo efecto del gosispol sobre esta variable ya que uno de los principales síntomas, entre otros, de toxicidad de este pigmento polifenólico, es una pérdida de apetito (Puschner, 2000; Poore y Rogers, 1995; Cheek y Shull, 1995; Agnews, 2000).

**Cuadro 13. Consumo de alimento promedio diario por animal (g/día) evaluado por quincena y consumo total (g) de alimento según tratamiento.**

DÍAS	TRATAMIENTOS		
	T0 CONTROL	T1 10% PA	T2 20% PA
1 – 15	38.7 <sup>a</sup>	45.6 <sup>a</sup>	34.4 <sup>a</sup>
16 - 29	119.1 <sup>a</sup>	129.1 <sup>a</sup>	129.9 <sup>a</sup>
30 - 44	366.1 <sup>a</sup>	433.9 <sup>a</sup>	433.3 <sup>a</sup>
45 - 60	920.4 <sup>a</sup>	968.7 <sup>a</sup>	988.1 <sup>a</sup>
1 – 60 días	21393 <sup>a</sup>	23341 <sup>a</sup>	23546 <sup>a</sup>

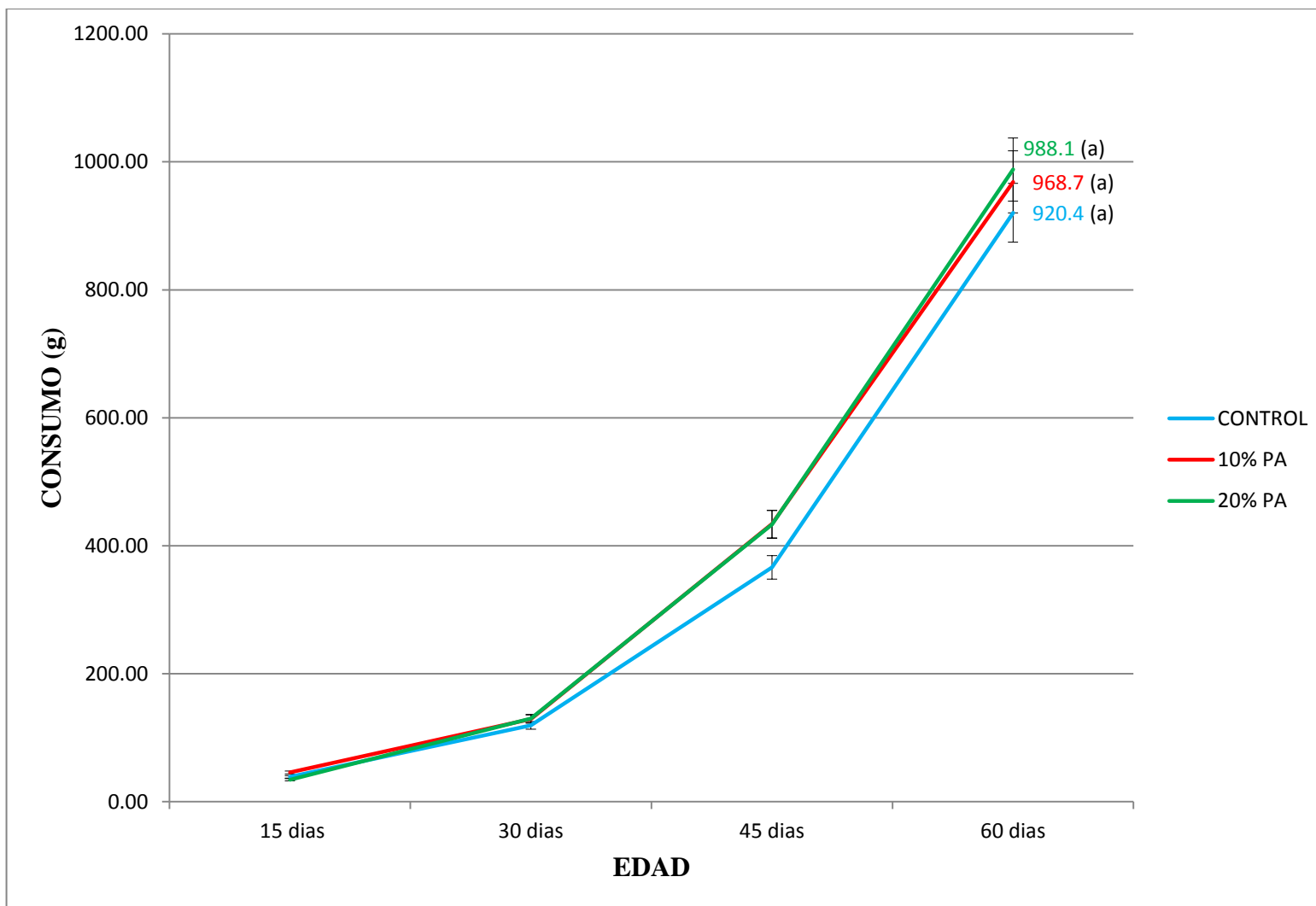
<sup>a</sup>: Promedios con igual superíndice, en una misma fila, son iguales estadísticamente (P>0.05)



Asimismo, en la literatura se reportan diferentes niveles de gossipol como tóxicos, resultantes de la ingestión de diferentes niveles de pasta de algodón en las dietas, siendo en algunos casos contradictorios entre ellos así Zelski et al. (1995) refieren 100 – 220 ppm al emplear una dieta con 33% de Pasta; Puschner (2000) encontró que los niveles tóxicos eran de 200 ppm de gossipol libre en dietas con Pasta de Algodón; Kirk y Higginbotham (1999) recomiendan que el máximo nivel de gossipol libre para terneros menores de un año es de 500 – 1000 ppm lo cual se lograría con consumos de 2 a 4 libras de Pasta ; Holmberg et al. (1998) citan niveles toxicológicos letales con 250 – 380 ppm de gossipol para dietas con alto nivel de Pasta que podrían sobrepasar el 20%; mientras que Risco et al. (1992) concluyen que una ración con 200 ppm de gossipol es segura, una de 400 ppm es tóxica y una de 800 ppm es letal para terneros de 1 a 120 días de edad alimentados con niveles de Pasta tan altos como 30%. En el cuadro 14 se resumen niveles de gossipol tóxicos y niveles que afectan el performance:

**Cuadro 14. Niveles de gossipol libre en dietas de terneros que son tóxicas y que afectan el performance resultante de ingestión de pasta de algodón.**

Autor	Nivel de gossipol libre (ppm)	
	Tóxico	Afecta performance
Zelski et al. (1995)	100 – 220	---
Puschner (2000)	200	---
Kirk & Higginbotham (1999)	---	250
Holmberg et al. (1988)	250 – 380	---
Risco et al. (1992)	400 – 800	200 - 300
Hollon et. Al. (1958)	---	230
FEDNA (2003)	---	100
Velasquez – Pereira (1999)	400	---



**Figura 2:** Consumo de alimento promedio diario

Al comparar estos niveles de gosispol libre con los niveles estimados de este experimento se notó que coinciden con las observaciones de Risco et al. (1992) y discrepan con el resto de investigadores ya que no se observaron los efectos toxicológicos citados en la literatura y menos aún letales. Es probable que las terneras hayan podido contrarrestar el efecto tóxico del gosispol sobre las variables mencionadas en la literatura, entre estas el consumo de alimento, debido al desarrollo del sistema de detoxificación que en los rumiantes es por ligazón del gosispol a las proteínas solubles y, que el enlace es permanente durante la digestión proteica. (Reiser y Fu, 1962). Asimismo, en concordancia con Risco et al. (1992) la ausencia de efectos toxicológicos podría ser debida a que la evidencia clínica de enfermedad es manifiesta con dietas conteniendo de 400 a 800 ppm después de 90 días.

Barrantes (2000) investigó el efecto de la peletización e inclusión de insumos grasos sobre el desempeño de terneras y obtuvo consumos de 20.3 y 22.6 kg de concentrado, para alimentos peletizados, muy similares a este estudio pero, los no peletizados fueron inferiores y fluctuaron entre 17.2 y 18.3 kg lo cual puede ser explicado por la mayor presencia de alimentos gruesos en nuestro concentrado que en el de la cita anterior y esto es un factor que incide en la palatabilidad y por ende se logra un mayor consumo de alimento (Gardner, 1967).

Se estudió el suministro de agua a terneras y se encontró que a las que se les dio agua una vez al día, consumieron 24.42 kg de concentrado, Mancilla (1996), dato muy similar al nuestro, sin embargo a las que se les suministraba agua ad libitum tuvieron consumos de 37.21 kg de concentrado, según Kertz et al. (1984) el agua ad libitum incrementa el consumo en un 40%. En nuestro experimento, el agua era ad-libitum también de manera que la explicación a tal diferencia podría ser debida a otras causas tales como alimento con menor concentración energética, destete precoz, palatabilidad, clima, etc. De otra parte Huamán (1999) comparó leche entera versus sustituto lácteo y reportó consumos de 24.12 kg de concentrado, similares a este estudio, para terneras alimentadas con leche entera.

#### **4.3. Actividad de sorbitol deshidrogenasa sérica.**

Los valores promedio obtenidos al final del experimento (anexo 10) son diferentes entre sí ( $P < .001$ ) (anexo 21) y se puede inferir que a medida que aumenta el nivel de Pasta de Algodón en el alimento y por ende el nivel de gosispol, aumenta el nivel de SDHS (figura 3)

consistente con daño hepático (Puschner, 2000 ; Agnews, 2000 ; Poore y Rogers, 1995 ; Cheeke y Shull, 1995) pero, este daño hepático no fue evidente externamente puesto que no se observaron los efectos de esta toxicidad en algunas de las variables como: consumo de alimento, incremento de peso, altura a la cruz.

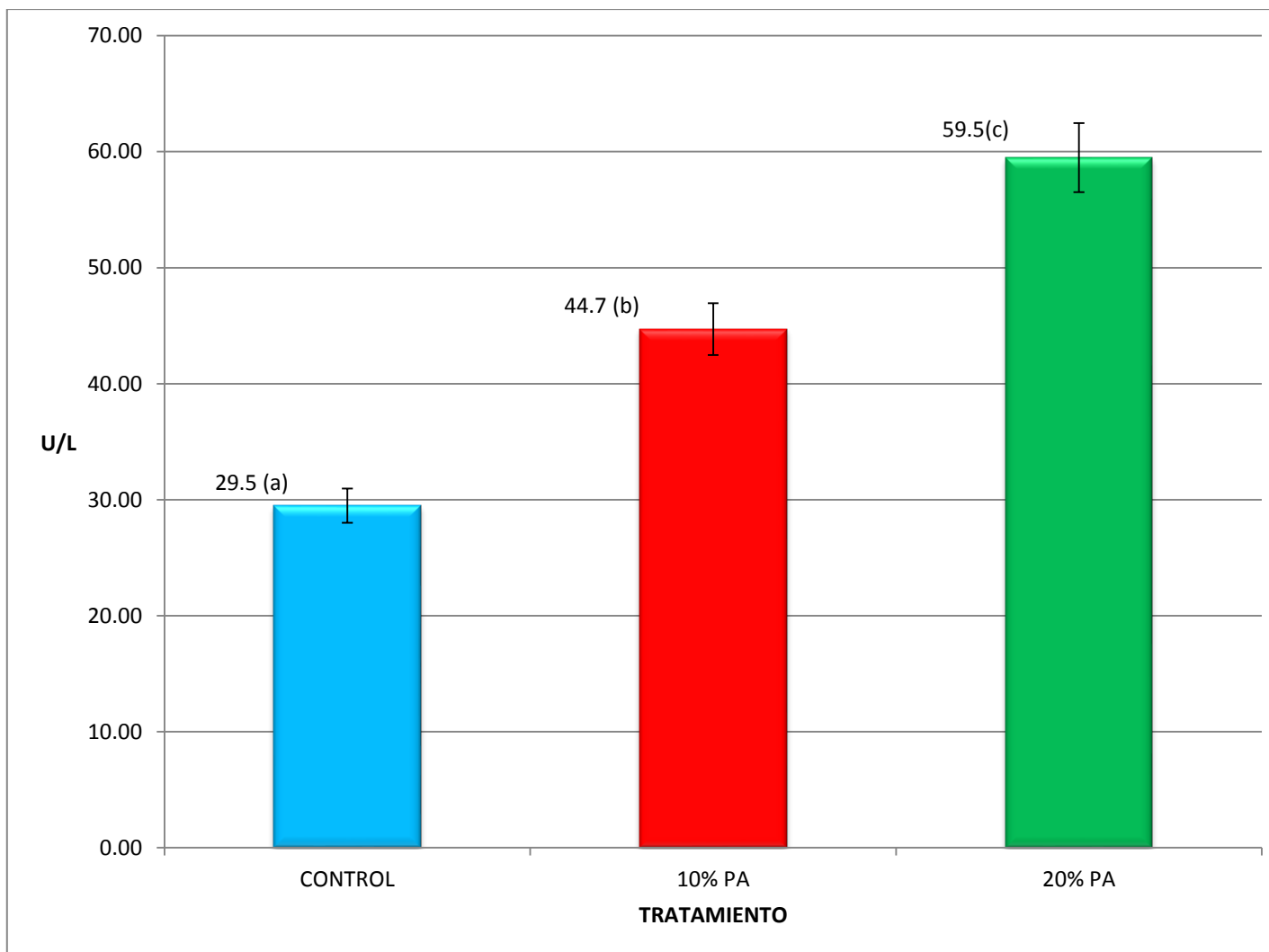
Se estudió el efecto de 3 niveles de gossypol (0, 150 y 300 ppm) en dietas de terneras alimentadas con Pasta de Algodón de bajo nivel de gossypol (0, 10 y 20%) sobre parámetros bioquímicos hepáticos, Jorge (2004) para tal fin midió niveles de enzimas como gama glutamil transferasa, transaminasa glutámico pirúvica y transaminasa glutámico oxalacética, reportó un aumento significativo en los niveles de enzimas en las terneras alimentadas con 10% y 20% de pasta. Asimismo, observó que los patrones bioquímicos de la lactato deshidrogenasa, fosfatasa alcalina, proteínas totales y albúmina no presentan diferencia estadística significativa, concluye que en ambos casos fue un efecto a nivel bioquímico y no hubo síntomas clínicos.

Se ha reportado el valor normal de actividad de la SDHS en terneras:  $14.7 \pm 1.3$  U/L, Kramer (1989), este valor es la mitad del obtenido para las terneras del tratamiento testigo (T0: 29.50 U/L) que no recibieron pasta de algodón, asimismo Holmberg et al., (1988) alimentaron terneras con altos niveles de pasta y las testigo, que no recibieron pasta, tuvieron niveles de SDHS de 18 U/L valor superior al reportado como normal. Esta observación es interesante por el hecho de revelar que hay algo en la dieta de las terneras que provocó este elevado valor de SDHS pero asimismo, no hay evidencia de alteración física en las terneras a juzgar por su condición corporal y estado de salud al final del experimento.

Holmberg et al. (1988) reportaron niveles medios de SDHS de:  $480 \pm 277.2$ ;  $34.1 \pm 12.3$  y  $45.3 \pm 16.2$  U/L para terneras moribundas, en clínica y sanas, respectivamente alimentadas con altos niveles de pasta de algodón: 27% y niveles de gossypol libre, de los diferentes lotes de alimento muestreados, que variaron de 0.25 a 0.38%. En este estudio, las terneras del tratamiento 2 (20% CPA) tuvieron valores medios de SDHS DE 59.49 U/L nivel que, según lo reportado por Holmberg et al. (1988) las hubiera afectado y enviado a clínica, sin embargo no les ocurrió nada. Más aún, el nivel de SDHS del tratamiento 2 supera el rango de referencia (32 – 58U/L) para vacas Holstein clínicamente sanas, establecido por Horney et al. (1993).

El hecho que se hayan obtenido elevados niveles de SDHS, indicativos de daño hepático (Boyd, 1983; citado por Kramer, 1989) a causa del gossipol contenido en la pasta de algodón usado en las dietas y sus efectos deletéreos en las terneras citados por: Agnews, 2000 ; Poore y Rogers, 1995 ; Cheeke y Shull, 1995 ; Puschner, 2000; no manifiestos en el presente estudio ni en el de Jorge (2004) podrían tener una probable explicación en la inyección mensual de 3 cm<sup>3</sup> de un complejo antianémico de fierro inyectable con vitamina B12, lo cual puede haber aumentado el fierro corporal y ser incorporado a la hemoglobina, mioglobina y aminos celulares y de esta manera menguar la anemia provocada por complejación del fierro con el gossipol (Cheeke y Shull, 1995). Asimismo, esta acción antianémica del fierro se vería potenciada por la vitamina B12.

Otra probable explicación a la no presencia de efectos deletéreos en las terneras podría ser que el nivel de SDHS reportado como normal (14,7 U/L), por Kramer (1989) no lo sea y podríamos basarnos en la observación de Holmberg et al. (1988) quiénes estudiaron los efectos toxicológicos y patológicos de altos niveles de pasta en terneros y reportaron 34 U/L para terneras sanas y 18 U/L para animales no alimentados con pasta de algodón, quedando pendiente una investigación que establezca el nivel normal de SDHS.



**Figura 3.** Nivel promedio de actividad de enzima sorbitol deshidrogenasa sérica.

#### 4.4. Incremento de talla

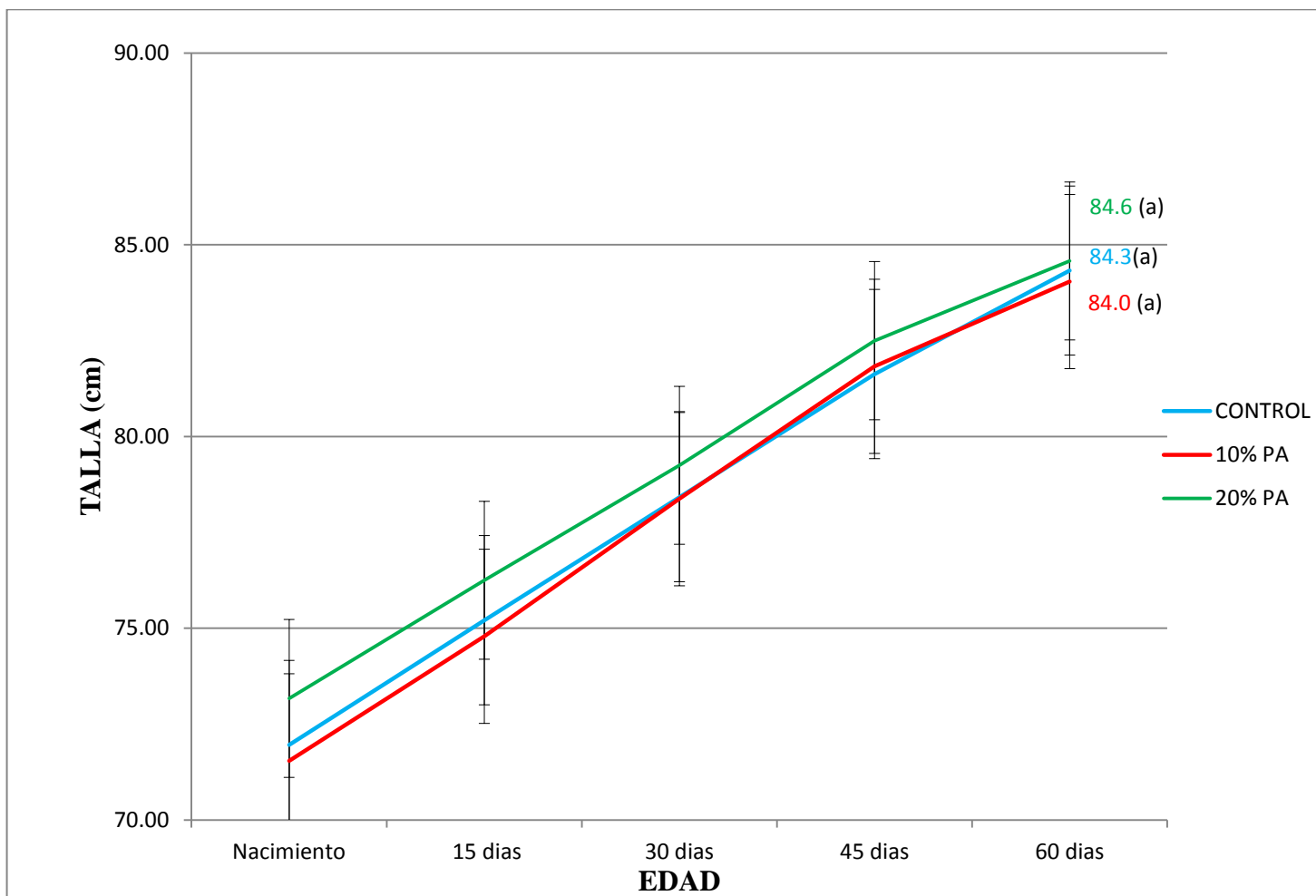
Los resultados obtenidos para talla inicial, final e incremento de talla según tratamiento se observan en el Cuadro 15 y Figura 4.

No hubo diferencia significativa para incremento de talla total entre los diferentes tratamientos ni para talla final (Anexos 22 y 23). Las tallas finales de las terneras en el presente estudio: 84.33 cm.; 84.04 cm. y 84.58 cm. Para T0, T1 y T2, respectivamente, son ligeramente inferiores (menos de 1 cm.) a la talla Standard de la raza Holstein obtenidas por Hoffman (1997) quién establece una talla de 85 cm. a los 2 meses o a la talla obtenida por Vandehaar (2001) y Van Amburgh (2002) que es de 86 cm. Estos resultados confirman la calidad genética y buen programa de alimentación y manejo de las terneras de nuestro estudio.

**Cuadro 15: Talla inicial (cm), final e incrementos de talla según tratamiento.**

Parámetro	TRATAMIENTOS		
	T0 CONTROL	T1 10% PA	T2 20% PA
Talla Inicial	72.0 <sup>a</sup>	72.4 <sup>a</sup>	73.2 <sup>a</sup>
Talla Final	84.3 <sup>a</sup>	84.0 <sup>a</sup>	84.6 <sup>a</sup>
Incremento de Talla	12.4 <sup>a</sup>	11.7 <sup>a</sup>	11.4 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> : Promedios con igual superíndice, en una misma fila, son iguales estadísticamente (P>0.05)



**Figura 4.** Tallas quincenales de terneras por tratamiento



#### 4.5. ANALISIS DE COSTOS

Para el presente experimento se ha realizado un análisis de costos basado en el costo de alimentación, con leche y concentrado, de las terneras. Se hizo este cálculo en dólares americanos (1\$ = S/. 3.50). El precio de la leche era S/. 1.00 (\$ 0.286). El precio por kilogramo de concentrado para el tratamiento testigo (T0) fue de S/. 0.57 (\$ 0.163) y para los tratamientos T1 y T2 fue de S/. 0.56. (\$ 0.160).

El costo de alimentación por ternera destetada según tratamiento se muestra en el Cuadro 16 y en el Anexo 24 se detalla cómo se obtuvo el costo de alimentación por ternera por tratamiento.

Al analizar los costos, se observa que los costos de alimentación de las terneras en los tres tratamientos son similares, así tenemos: \$ 83.57; 83.81 y 83.85 para los tratamientos T0, T1 y T2, respectivamente. La mínima diferencia numérica es provocada, como se puede notar también en el Cuadro 16, por un mayor consumo de concentrado por las terneras de los tratamientos: T1 y T2, pero este se ve compensado por un mayor incremento de peso (numérico) logrado con los tratamientos que incluían pasta de algodón.

**Cuadro 16: Costo de alimentación de terneras a los 60 días según tratamiento (en dólares americanos)\***

Parámetros	TRATAMIENTOS		
	T0 CONTROL	T1 10% PA	T2 20% PA
Leche	80.1	80.1	80.1
Concentrado	3.5	3.7	3.8
Costo de Alimentación	83.6	83.8	83.9

\*1\$ = S/. 3.50 (Junio, 2001)

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó la presente investigación se puede concluir lo siguiente:

1. El consumo de alimento, durante todo el experimento, fue similar en los tratamientos empleados.
2. Hubo un incremento significativo en la actividad de la enzima Sorbitol Deshidrogenasa Sérica conforme aumentaron los niveles de pasta de algodón en los tratamientos, esto no menoscabó ni ganancia de peso ni consumo de alimento por lo que se deduce que el nivel de gosipol, hasta en 300 ppm, no afecta a las terneras lactantes.
3. El empleo de pasta de algodón en niveles de 10 y 20 por ciento no afecta los incrementos de peso de terneras Holstein.
4. Los incrementos de talla logrados en los tres tratamientos fueron similares.
5. El costo de alimentación por ternera es similar en los tres tratamientos evaluados.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Emplear Pasta de Algodón de bajo nivel de gossipol hasta en un 20 ciento en alimentos para terneras de reemplazo.
2. Determinar los niveles de actividad de la Enzima Sorbitol Deshidrogenasa Sérica desde el nacimiento hasta el destete a fin de evaluar cómo evolucionan dichos niveles.
3. Evaluar los mismos niveles de Pasta de Algodón en terneras hasta que alcancen el peso vivo de rendimiento productivo como vacas lecheras.
4. Evaluar el uso de niveles mayores de 20% de Pasta de Algodón en dietas de terneras.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J.C.; J.A. GAZAWAY; M.D. BRAILSFORD; P.A. HARTMAN; N.L. JACOBSON. 1966. Isolation of bacteriophages from the bovine rumen. *Experientia*. Vol 22: 717 – 718.

AGNEWS. 2000. Drought strategies for dairy producers. Guidelines for use of aflatoxin containing feeds in dairy rations. [www.agnews.tamu.edu](http://www.agnews.tamu.edu)

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. 1984. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux. U.K.

ALBIS, S.A. 2001. Sorbitol Deshidrogenasa. Inserto del Kit. Albis MÉDICA. Lima, Perú.

ALICORP S.A. 2000. Presentación del producto Concentrado Proteico 40%. NICOVITA. Sociedad Nacional de industrias.

ALONSO V., N. 2008. Como Lograr un animal Sano y fuerte – Alimentación del Ternero. [www.abc.com.py](http://www.abc.com.py)

AMARAL-PHILLIPS, D.; P. SCHARKO; J. JOHNS; S. FRANKLIN. 2013. Feeding and Managing Baby Calves from birth to 3 Months of Age. University of Kentucky – College of Agriculture, U.K. Cooperative Extension Service. ASC – 161.

ANNISON, E.F.; D. LEWIS. 1966. El Metabolismo en el Rumén. UTEHA. Méjico

ANNYSON, E.F.; W.L. BRYDEN. 1998. Perspectives on ruminant nutrition and metabolism. I. Metabolism in the rumen. *Nutrition Research Reviews*. Vol 11: 173 – 198.

AYALA, A.T. 1990. Uso del calostro como reemplazante parcial de leche en alimentación de terneros. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria – La Molina. Lima.

BAILEY, T.; J.M. MURPHY; R. JAMES. 2009. Nutrition for the early developing heifer. Virginia Cooperative Extension 404 – 283. Virginia Tech. [www.vsu.edu](http://www.vsu.edu)

BALDWIN, R.L.; K.R. Mc LEOD; J.L. KLOTZ; R.N. HEITMAN. 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre and postweaning ruminant. Journal of Dairy Science. Vol 87, Supplement: E55 – E65.

BANGANI, N.M.; C.J.C. MULLER; J.A. BOTHA. 2000. Evaluation of cottonseed oil-cake as a protein source in calf starter meals. South African Journal of Animal Science. Vol 30 (1): 67 – 69

BAR – PELED, U.; B. ROBINZON; E. MALTZ; H. TAGARI; Y. FOLMAN; I. BRUCKENTAL; H. VOET; H. GACITUA; A.R. LEHRER. 1997. Increased weight gain and effects on production parameters of Holstein heifer calves that were allowed to suckle from birth to six weeks of age. Journal of Dairy Science. Vol 80: 2523 – 2528.

BARRANTES, C.A. 2000. Influencia de la forma de presentación física del alimento y el uso de insumos grasos sobre la performance de terneros holstein en crianza intensiva. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Nutrición. Universidad Nacional Agraria – La Molina. Lima

BARRAZA, M.L.; C.E. COPPOCK; K.N. BROOKS; D.L. WILKS; R.G. SAUNDERS; G.W. LATIMER, Jr. 1991. Iron sulfate and food pelleting to detoxify free gossypol in cottonseed diets for dairy cattle. Journal of Dairy Science. Vol 74: 3457 – 3467.

BATH, D.L.; F.N. DICKINSON; H.A. TUCKER; R.D. APPLEMAN. 1989. Ganado Lechero: Principios, Prácticas, Problemas y Beneficios. INTERAMERICANA. Méjico.

BEIRAVAND, H.; G.R. GHORBANI; M. KHORBASH; A. NABIPOUR; M. DEHGAN-BANADAKI; A. HOMAYOUNI; S. KORGAR. 2014. Interactions of alfalfa hay and

sodium propionate on Dairy calf performance and rumen development. Journal of Dairy Science. Vol 97: 2270 – 2280.

BEN ASHER, A. 2000. Manual de Cría de Becerras. ACRIBIA. Zaragoza.

BERTRAND, J.A.; T.Q. SUDDUTH; A. CONDON; T.C. JENKINS; M.C. CALHOUN. 2005. Nutrient content of whole cottonseed. Journal of Dairy Science. Vol 88: 1470 – 1477.

BOGART, R.; R. TAYLOR. 1990. Producción Comercial de Animales de Granja. LIMUSA-NORIEGA. Méjico.

BONDI, A. 1989. Nutrición Animal. ACRIBIA. España.

BUSTAMANTE, M.E. 1980. Sistemas de destete precoz en terneras con inclusión de concentrado de inicio conteniendo harina de pescado. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria – La Molina. Lima.

BUTTLER, J.E. 1969. Bovine Immunoglobulins: A Review. Journal of Dairy Science. Vol 52: 1895 – 1905.

CALHOUN, M.C.; J.E. HUSTON; S.W. KUHLMANN; B.C. BALDWIN JR; W. MENGES; B.S. ENGDAHL; D.N. UECKERT; G.R. ENGDAHL. 1990. Increased erythrocyte fragility in cattle, sheep, and goats fed whole cottonseed. Page 30 in Sheep and Goat, Wool and Mohair, PR- No. 4780. Texas Agric. Exp. Stn., College Station.

CAMPBELL, M.K.; S.O. FARRELL. 2004. Bioquímica. THOMSON. Cuarta edición. México.

CHEEKE, G.; S. SHULL. 1995. Phenolic toxicants. [www.cals.ncsu.edu](http://www.cals.ncsu.edu)

CHESTER-JONES, H.; N. BROADWATER. 2008. An Overview of Four Years of Calf Research at SROC. [www.extension.umn.edu](http://www.extension.umn.edu)

CHESTER-JONES, H. 2015. Importance of Balanced Nutrient Intake from Both Milk and Calf Starter Highlighted in Research. [www.extension.umn.edu](http://www.extension.umn.edu)

CHUN LI, CH. 1997. Introducción a la Estadística Experimental. OMEGA. España.

CHURCH, D.C. 1974. Fisiología Digestiva y Nutrición de los Rumiantes. Vol. 1: Fisiología Digestiva. ACRIBIA. España

CHURCH, D.C.; W.G. POND. 1994. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. UTEHA. Méjico.

CONRAD, H.R.; J.W. HIBBS; N. FRANK. 1958. High roughage system for raising calves based on early development of rumen function. IX. Effect of rumen inoculations and chlortetracycline on rumen function of calves fed high roughage pellets. Journal of Dairy Science. Vol 41: 1248 – 1259

COPPOCK, C.E.; J.K. LANHAM; J.I. HORNER. 1987. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. Animal Feed Science and Technology. Vol 18: 89- 129

DAVIS, C.L.; J.K. DRACKLEY. 1998. The development, Nutrition and management of the young calf. Iowa State University Press. Ames. Iowa

DEGUSSA, A.G. 1991. DL – Metionina. El Aminoácido para la Nutrición Animal. DEGUSSA AG. Alemania.

DEZA, C.E. 1981. Evaluación biológico-nutricional de tres concentrados de inicio de terneras holstein. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria – La Molina. Lima.

DRUGS. 2008. Gossypol. Drug information on line. [www.drugs.com](http://www.drugs.com)

ENSMINGER, M.E.; C.G. OLENTINE. 1983. Alimentos y Nutrición de los Animales. EL ATENEO. Argentina

ERICSON, P. 2013. Water for Calves. Fact Sheet – fall 2013. UNH Extension. Food & Agriculture. University of New Hampshire. [www.unh.edu](http://www.unh.edu)

ESPADA, A.M.; L.FERRER M.; J.J. RAMOS A. 2011. El calostro. Guía práctica para un correcto encalostrado de los terneros. SERVET. Zaragoza.

ETGEN, W.M.; P.M. REAVES. 1990. Ganado Lechero, Alimentación y Administración. LIMUSA – NORIEGA. Méjico.

FARRAS, J. 1977. Cría Lucrativa de la Vaca Lechera. Métodos Modernos y Prácticos. 6° Edición. SINTES. España.

FEDNA. 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos. (2ª edición), C. DE BLAS, C.G. MATEOS Y P.G. REBOLLAR (Editores). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 423 páginas.

FRANDSON, J. 1967. Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos. INTERAMERICANA S.A. Méjico.

FRONT LINE. 2000. Managing the cow from weaning through four months of age. [www.rennut.com](http://www.rennut.com)

FUNDACION PARA EL DESARROLLO DEL ALGODONERO (FUNDEAL). 1984. Las razones del algodónero. Lima, Perú.

GARDNER, R.W. 1967. Acceptability and nutritional response comparisons between calf starters. Journal of Dairy Science. Vol 50 (5): 729 – 734.

GARNOT, P. ; R. TOULLEC ; J.L. THAPON; P. MARTIN ; M.T. HOANG ; C.M. MATHIEU and B.R. DUMAS. 1977. Influence of age, dietary protein, and weaning on calf abomasal enzymic secretions. Journal of Dairy Research. Vol 44: 9 – 17.

GELZINGER, S.L.; C.M. JONES; A.J. HEINRICHS.(2015. Effect of colostrum heat treatment and bacterial population on immunoglobulin G. Absorption and health on neonatal calves. Journal of Dairy Science. Vol 98: 4640 – 4645.



GODDEN, S.M.; D.J. SMOLENSLI; M. DONAHUE; J.M. OAKES; R. BEY; S. WELLS; S. SREEVATSAN; J. STABEL; J. FETROW. 2012. Heat treated colostrum and reduced morbidity in preweaned dairy calves: Results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness. *Journal of Dairy Science*. Vol 95: 4029 – 4040.

GÓMEZ B., C. 2005. Evaluación de pastas de algodón usadas en ganadería lechera de la zona de Lima. Investigación particular. Comunicación personal.

GÓRKA, P.; Z.M. KOWALSKI; P. PIETRZAK; A. KOTUNIA; W. JAGUSIAK; R. ZABIELSKI. 2011. Is rumen development in new born calves affected by different liquid feeds and small intestine development? *Journal of Dairy Science*. Vol 94:3002 – 3013.

GRAY, M.L.; R.D. RANDEL; E.W.L. GREEN; G.L. WILLIAMS. 1993. Metabolic homeostasis and reproductive endocrine function in post-puberal beef heifers fed varying levels of free gossypol. *Journal of Animal Science*. Vol 68: 1 – 12.

HEINRICHS, A.J. 1998. Calf Nutrition. Penn State Satellite Conference. [www.das.psu.edu](http://www.das.psu.edu)

HEINRICHS, A.J.; G.L. HARGROVE. 1987. Standards of weight and height for Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol 70: 653 – 660.

HEINRICHS, A.J.; C. M. JONES. 2002. Feeding the New Born Dairy Calf. Penn State College of Agricultural Sciences. Cooperative Extension. [www.cas.psu.edu](http://www.cas.psu.edu)

HEINRICHS, A.J.; C. M. JONES. 2010. What's in colostrum these days? *Hoard's Dairyman*. October 25.

HEINRICHS, A.J.; C. M. JONES. 2011. Review of Recent Research Investigating Effects of Calf Feeding Program on first Lactation performance. University of Pennsylvania. Penn State Extension. DAS 2011 – 172. [www.agsci.psu.edu](http://www.agsci.psu.edu)

HOFFMAN, P. 1997. Optimum growth rates for Holstein replacement heifers. *Journal of Animal Science*. Vol 75: 836 – 845.

HOFFMANN – LA ROCHE. 1993. Vitamin Nutrition for Ruminants. Roche. Animal Nutrition and Health. Hoffmann – La Roche Inc. U.S.A.

HOLLON, B.F.; R.K. WAUGH; G.H. WISE and F.H. SMITH. 1958. Cottonseed meals as the primary protein supplement in concentrate feeds for young calves. Journal of Dairy Science. Vol 41: 286-294.

HOLMBERG, C.A.; L.D. WEAVER; W.M. GUTERBOCK; J. GENES; P. MONTGOMERY. 1988. Pathological and toxicological studies of calves fed a high concentration cottonseed meal diet. Veterinary Pathology. Mar. Vol 25:147 – 153

HOLSTEIN FOUNDATION. 2000. Working with Dairy Cattle. [www.holsteinfoundation.org](http://www.holsteinfoundation.org)

HORNEY, B.S.; D.J. HONOR; A. McKENZIE; S. BURTON. 1993. Stability of sorbitol dehydrogenase activity in bovine and equine sera. Veterinary Clinical Pathology. Vol 22 (1): 5 – 9.

HUAMAN, S.E. 1999. Estudio comparativo de alimentación con leche entera o sustituto lácteo en terneras holstein. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria – La Molina. Lima.

HUBER, J. T. 1969. Calf nutrition and rearing. Development of the digestive and metabolic apparatus of the calf. Journal of Dairy Science. Vol 52: 1303 – 1315.

HUUSKONEN, A.; A.L. TUOMISTO; R. KAUPPINEN. 2011. Effect of drinking water temperature on water intake and performance of dairy calves. Journal of Dairy Science. Vol 94: 2457 – 2480.

HUTJENS, M.F. 1999. Dairy calf nutrition and management. University of Illinois. October. Illinois.

IVIS. 2009. Gossypol toxicity. [www.ivis.org/advances/Beasley/Cpt14f/](http://www.ivis.org/advances/Beasley/Cpt14f/)

JAMES, R.E. 2001. Growth standards and nutrient requirements for dairy heifers – weaning to calving. Advances in Dairy Technology. Vol 13: 63 – 77.

JANERO, D.R.; B. BURGHARDT. 1988. Protection of rat myocardial phospholipid against peroxidative injury through superoxide-(xanthine oxidase)-dependent, iron promoted Fenton chemistry by the male contraceptive gossypol. *Biochemistry Pharmacology*. Vol 37: 3335 – 3342

JASPER, J.; D. M. WEARY. 2002. Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. *Journal of Dairy Science*. Vol 85: 3054 – 3058.

JORGE M., P.A. 2004. Efecto de diferentes niveles de gossypol en dietas de crecimiento de terneras Holstein sobre parámetros bioquímicos hepáticos. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima.

JOSEPH, A.E.A.; S.A. MATLIN & P. KNOX. 1986. Cytotoxicity of enantiomers of gossypol. *British Journal of Cancer*. Vol 54:511 – 513.

KHAN, M.A.; D.M. WEARY; M.A.G. VON KEYSERLINGK. 2011. Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk. *Journal of Dairy Science*. Vol 94: 3547 – 3553.

KHAN, M.A.; A. BACH; D.M. WEARY; M.A.G. VON KEYSERLINGK. 2016. Invited Review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol 99: 1071 – 1081.

KEARL, L.C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. International Feedstuffs Institute. Utah Agricultural Experiment Station. Utah State University. Logan, Utah 84322. U.S.A.

KERTZ, A.F. 1984. Effect of free choice water on calf performance. *Journal of Dairy Science*. Vol 67: 2964 – 2969.

KERTZ, A.F.; L.F. REUTZEL; B.A. BARTON; R.L. ELY. 1997. Body weight, body condition score and wither height of prepartum Holstein cows and birth weight and sex of calves by parity: A database and summary. *Journal of Dairy Science*. Vol 80: 525 - 529

KIEZERBRINK, D.J.; A.M. EDWARDS; T.C. WRIGHT; J.P. CANT; V.R. OSBORNE. 2015. Effect of enhanced whole milk feeding in calves on subsequent first lactation performance. Journal of Dairy Science. Vol 96: 349 – 356.

KIRK, J.H.; G.E. HIGGINBOTHAM. 1999. Pima cotton, gossypol and dairy cattle: is it a bad combination? [www.ucdavis.edu](http://www.ucdavis.edu)

KRAMER, J.W. 1989. Clinical Enzymology. IN Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Pp 338 – 363. 4<sup>th</sup> Edition. Editor J.J. KANEKO. ACADEMIC PRESS, INC. U.S.A.

KURZ, M.M.; L.B. WILLET. 1991. Carbohydrate, enzyme and hematology dynamics in newborn calves. Journal of Dairy Science. Vol 74: 2109 – 2118.

LATOXAN. 2000. Gossypol. L6083. [www.latoxan@latoxan.com](mailto:www.latoxan@latoxan.com)

LENGEMANN, F.W.; N.N. ALLEN. 1955 The development of rumen function in the dairy calf. I. Some characteristics of the rumen contents of cattle of various ages. Journal of Dairy Science. Vol 37: 651 – 656

LINDSEY, E.H.; S.J. MOISÁ. 2016. Stress, immunity and the management of calves. Journal of Dairy Science. Published online. January 21 (Abstract)

LINDSEY, T. O.; G.E. HAWKINS; L.D. GUTHRIE. 1980. Physiological responses of lactating cows to gossypol from cottonseed meal rations. Journal of Dairy Science. April; 63:562-573.

MALMUTHUGE, N.; Y. CHEN; G. LIANG; L. GOONEWARDENE; L.L. GUAN. 2015. Heat-treated colostrum feeding promotes beneficial bacteria colonization in the small intestine of neonatal calves. Journal of Dairy Science. Vol 98:8044 – 8053.

MANCILLA, V.A. 1996. Efecto de dos sistemas de suministro de agua de bebida en terneras holstein sobre la ganancia de peso y talla. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria – La Molina. Lima

MATLIN, S.A.; R. ZHOU; G. BIALY; R.P. BLYE; R.H. NAQVI; M.C. LINDBERG. 1985.  
(-) – Gossypol: an active male antifertility agent. Contraception. Vol 31 (2): 141 – 149.

MAYNARD, L.A.; J.K. LOOSLI; H.F. HINTZ; R.G. WAGNER. 1986. Nutrición Animal.  
4ª Edición en español de la 7ª en inglés. Mc GRAW – HILL. Méjico.

McDOWELL, L.R. 1989. Vitamins in Animal Nutrition. Comparative Aspects to Human  
Nutrition. ACADEMIC PRESS. INC. U.S.A.

McDONALD, P.; R.A. EDWARDS; J.F.D. GREENHALGH. 1987. Animal Nutrition. Third  
edition. LONGMAN. Hong Kong.

McDONALD, P.; R.A. EDWARDS; J.F.D. GREENHALGH; C.A. MORGAN. 1995.  
Nutrición Animal. 5ª Edic. Español, de la 5ª en inglés. ACRIBIA. España.

MENA, H.; J.E.P. SANTOS; J.T. HUBER; M. TARAZON; M.C. CALHOUN. 2004. The  
Effects of Varying Gossypol Intake from Whole Cottonseed and Cottonseed Meal on  
Lactation and Blood Parameters in Lactating Dairy Cows. Journal of Dairy Science.  
87:2506-2518 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/87/8/2506>

MILLER, W.J. 1989. Nutrición y Alimentación del Ganado Vacuno Lechero. ACRIBIA.  
Zaragoza. España

MINITAB 12.1. 1998. Minitab for Windows. Minitab Release 12.1. Patched by Cypress  
Hill. [www.minitab.com](http://www.minitab.com)

MIXIT-2. 1983. Least Cost Ration Balancing. Version 2.3. Agricultural Software  
Consultants, INC. Kingsville, Texas 78363. USA.

MORRIL, J.L.; A. D. DAYTON; K.C. BEHNKE. 1981. Increasing Consumption of dry feed  
by young calves. Journal of Dairy Science. Vol 64: 2216 – 2219.

MORRIL, J.L.; W.E. STEWART; R.J. McCORMICK. 1970. Pancreatic amylose secretion  
by young calves. Journal of Dairy Science. Vol 53: 72 – 84.

MULLER, C.J.C.; J.A. BOTHA. 2000. Growth parameters of Holstein – Friesland heifers reared on complete diets containing different roughages. South African Journal of Animal Science. Vol 30 (2): 121 – 127.

NATIONAL COTTONSEED PRODUCTS ASSOCIATION (NCPA).1998. Cottonseed Feed Products Guide. P.O. Box 172267. Memphis, TN 38187 – 2267.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. Nutrient requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy of Sciences. Washington D.C.

NELSON, J.H.; R.G. JENSEN; R.E. PITAS. 1977. Pregastric esterase and other oral lipases – A review. Journal of Dairy Science. Vol 60: 327 – 335.

ORGAD-KLOPFER, U.; H. ADLER. 1986. Gossypol poisoning in calves. Israel Journal of Veterinary Medicine. Vol 42 (1): 16 – 18.

ORGANIZACION NACIONAL AGRARIA. 1988. Perú. Algodón en cifras. Centro de Estadística y Análisis Económico. Lima. Perú.

ORSKOV, E.R. 1990. Alimentación de los Rumiantes, Principios y Práctica. ACRIBIA. S.A. España.

OTTERBY, D.E.; J.G. LINN. 1981. Advances in nutrition and management of calves and heifers. Journal of Dairy Science. Vol 64: 1365 – 1777.

POORE, M.; G.M. ROGERS. 1995. Potential of gossypol toxicity when feeding whole cottonseed. [www.cals.ncsu.edu](http://www.cals.ncsu.edu)

PORTER, J.W.G. 1969. Digestion on the preruminant animal. Proceedings of the Nutrition Society. Vol 28: 115 – 128.

PRIETO, J.G.; E.J. DE PETERS; P.H. ROBINSON; J.E.P. SANTOS; J.W. PAREAS; S.J. TAYLOR. 2003. Increasing dietary levels of cracked Pima cottonseed increase plasma gossypol but do not influence productive performance of lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science. Vol 86: 254 – 267.

PUSCHNER, B. 2000. Feeding Cottonseed to Dairy Cattle. [www.cahfs-ucdavis.edu/diseaseinfo/cattle.pdf](http://www.cahfs-ucdavis.edu/diseaseinfo/cattle.pdf)

QUIGLEY, J.D.; Z.P. SMITH; R.N. HEITMANN. 1991. Changes in plasma volatile fatty acids in response to weaning and feed intake in young calves. Journal of Dairy Science. Vol 74: 258 – 263

QUIGLEY, J. 2016. Serum total protein and colostrum replacers. Calf Note 186. [www.calfnotes.com](http://www.calfnotes.com)

RADOSTITS, O.M. 1975. Treatment and control of neonatal diarrhea in calves. Journal of Dairy Science. Vol 58: 464 – 477

RALSTON, A.T. 1974. Nutrición de las Crías de los Rumiantes IN D.C. CHURCH. Fisiología Digestiva y Nutrición de los Rumiantes. Vol 2: Nutrición. Pág. 386 – 404. ACRIBIA. España

REAVES, P.M.; C.W. PEGRAM. 1993. El Ganado Lechero y las Industrias Lácteas en la Granja. LIMUSA-NORIEGA. Méjico.

REISER, R.; H.C. FU. 1992. The mechanism of gossypol detoxification by ruminant animals. Journal of Nutrition. Vol 76: 215 - 218

RISCO, C.A.; C.A. HOLMBERG; A. KUTCHES. 1992. Effect of graded concentrations of gossypol on calf performance: toxicological and pathological considerations. Journal of Dairy Science. Vol 75 (10): 2787 – 98 – 118

ROJAS, M.F. 1971. Alimentación con leche entera y dos reemplazantes de leche combinados con diferentes niveles de maíz chala y heno de alfalfa en terneras Holstein. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria – La Molina. Lima.

RUSSELL, K. 1985. The Principles of Dairy Farming. 10<sup>th</sup> Edition. FARMING PRESS LTD. England.

SAUVANT, D. and J. VAN MILGEN. 1995. Dynamic aspects of carbohydrate and protein breakdown and the associated microbial matter synthesis. IN. Ruminant Physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction. Pp 71 – 91. Editors W. V. ENGELHARDT; S. LEONHARD-MAREK; G. BREVES and D. GIESECKE. Stuttgart. Alemania

SCHOTTSTEDT, T.; C. MURI; C. MOREL; C. PHILIPONA; H.M. HAMMON. J.W. BLUM. 2015. Effects of feeding vitamin A and lactoferrin on epithelium of lymphoid tissues of intestinal neonatal calves. Journal of Dairy Science. Vol 88: 1050 – 1061.

SCHUH, J.D.; T.N. WEGNER. 1979. Evaluation of a feed preference agent for dairy calves. Journal of Dairy Science. Vol 62: 1951 – 1953.

SERQUEN, F.C. 1985. Factibilidad de recolección mecánica del algodón Tangüis (*Gossypium barbadense L.*) mediante la recolección morfológica del cultivo utilizando densidades de plantas y reguladores de crecimiento. Tesis MSc. UNA- La Molina. Lima-Perú.

STEEL, L.G.D.; J.H. TORRIE. 1997. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edición (primera en español). McGRAW-HILL. Méjico.

TAMATE, H.; A.D. MCGILLIARD; N.L. JACOBSON; R. GETTY. 1962. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. Journal of Dairy Science. Vol 43 (3): 408 – 420.

THEODOROU, M.K.; W.Y. ZHU; A. RICKERS; B.B. NIELSEN; K. GULL; A.P.J. TRINCI. 1996. Biochemistry and ecology of anaerobic fungi. IN. The Mycota. VI. Human and Animal Relationships. Pp 265 – 295. Editors D.H. HOWARD; J.D. MILLER. Berlin, Alemania.

THICKETT, B.; D. MITCHELL; B. HALLOW. 1989. Cría Del Ternero. ACRIBIA. España.



VANDEHAAR, M.J. 2001. Accelerated growth for dairy heifers: I'd rather bet on blackjack. Proceedings of the 5<sup>th</sup> Western Dairy Management Conference. April 4 – 6. Las Vegas. Nevada. [www.wdmc.org](http://www.wdmc.org)

VANDEHAAR, M.; B. WHITLOCK. 1998. Investing in your heifers. Michigan Dairy Review. Vol 3 N° 1. [www.mdr.msu.edu](http://www.mdr.msu.edu)

VANAMBURGH, M. 2002. Fed for optimum calf growth. Northeast Dairy Business. August.

VAN ES, A.J.H.; Y. VAN DER HONING. 1992. Utilización de la Energía. IN. W.H. BROSTER; H. SWAN (Editores). Estrategia de Alimentación para Vacas Lecheras de Alta Producción. Pp 52 – 68. AGT EDITOR, S.A. Méjico.

VAN HORN. H.H.; M.B. OLAYTWOLE; C. J. WILCOX; J.R. BARNEY; J.M. WING. 1976. Effects of housing, milk feeding management and ration formulation on calf growth and feed intake. Journal of Dairy Science. Vol 59 N° 5: 924 – 929.

VELASQUEZ-PEREIRA, J., L.R. MCDOWELL; C.A. RISCO; C. PRISCO; D. PRICHARD; F.G. MARTIN; M.C. CALHOUN; S.N. WILLIAMS; N.S. WILKINSON; P. OGEBE. 1998. Effects on Performance, Tissue Integrity, and Metabolism of Vitamin E Supplementation for Beef Heifers Fed a Diet That Contains Gossypol. Journal of Animal Science. 76:2871-2884 <http://jas.fass.org/cgi/reprint/76/11/2871>

VELASQUEZ-PEREIRA, J.; C.A. RISCO; L.R. McDOWELL; C.R. STAPLES; D. PRICHARD; P.J. CHENOWETH; F.G. MARTIN; S.N. WILLIAMS; L.X. ROJAS; M.C. CALHOUN; N.S. WILKINSON. 1999. Long-term effects of feeding gossypol and vitamin E to dairy calves. Journal of Dairy Science. June, vol 82: 1240 - 51

VERMEIRE, D.A. 2008. Technology and Nutritional Needs of Milk- Fed Calves. Dairy Calf and Heifer Conference. April 1-3. Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual Dairy Calf and Heifer Association. Rochester. Minnesota.

WANG, X.; L.C. PHLAK. 2000. Production and application of antibodies for the assessment of gossypol in cottonseed products. [www.confex2.com](http://www.confex2.com)

[www.ingredients101.com](http://www.ingredients101.com) .2001. Cottonseed meal

YANG, M.; Y. ZON; Z.H. WU; S.L. LI; Z.J. CAO. 2015. Colostrum quality affects immune system establishment and intestinal development of neonatal calves. *Journal of Dairy science*. Vol 98: 7153 – 7163.

YOUNG, J.W.; S. B. TOVE; H.A. RAMSEY. 1965. Metabolism of acetate, propionate and n-butyrate in young milk-fed calves. *Journal of Dairy Science*. Vol 48: 1079 – 1084.

ZELSKI, R.Z.; J.T. ROTHWELL; R.E. MOORE; D.J. KENNEDY. 1995. Gossypol toxicity in preruminant calves. *Australian Veterinary journal*. Oct. Vol 72:394 – 398.

## **ANEXOS**

ANEXO 1. PESO INICIAL (Kg), QUINCENAL Y FINAL (60 DIAS) DE TERNERAS EN ESTUDIO.

TRAT/NUM	ARETE	INICIAL	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS	60 DIAS
T01	3740	40	51	62	70	84
T02	3743	40	50	57	70	83
T03	3746	44	55	63	75	83
T04	3749	44	53	64	76	84
T05	3752	44	50	61	75	81
T06	3756	34	44	52	63	75
T07	3759	36	46	55	66	80
T08	3763	45	55	55	65	79
T09	3770	36	47	56	66	78
T010	3773	44	51	62	73	85
T011	3776	44	51	61	69	80
T012	3783	41	52	60	70	80
PROMEDIO		41.00	50.42	59.00	69.83	81.00
T11	3741	42	50	60	70	85
T12	3744	42	51	63	73	85
T13	3747	44	55	65	75	87
T14	3750	38	47	55	67	81
T15	3753	44	51	60	74	84
T16	3757	40	50	56	66	76
T17	3761	42	49	63	73	81
T18	3767	36	47	58	72	82
T19	3771	41	51	61	71	84
T110	3774	40	48	59	68	79
T111	3778	34	47	62	76	86
T112	3782	46	54	66	76	85
PROMEDIO		40.75	50.00	60.67	71.75	82.92
T21	3742	46	52	63	72	83
T22	3745	38	47	59	70	81
T23	3748	46	55	64	74	88
T24	3751	42	51	62	73	82
T25	3754	36	44	52	65	77
T26	3758	42	50	58	69	80
T27	3762	42	51	63	74	81
T28	3769	42	52	64	78	86
T29	3772	42	50	62	73	82
T210	3775	41	50	61	75	87
T211	3779	44	55	70	85	88
T212	3781	34	44	55	66	80
PROMEDIO		41.25	50.08	61.08	72.83	82.92

ANEXO 2. TALLA INICIAL (cm), QUINCENAL Y FINAL (60 DIAS DE TERNERAS EN ESTUDIO

TRAT/NUM	ARETE	INICIAL	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS	60 DIAS
T01	3740	72.0	76.0	79.5	83.0	86.5
T02	3743	71.0	76.5	77.5	80.5	83.5
T03	3746	72.5	76.5	78.5	83.0	85.0
T04	3749	72.5	77.0	81.0	83.0	85.0
T05	3752	75.5	77.5	81.0	83.5	85.5
T06	3756	70.0	72.5	74.5	79.0	82.0
T07	3759	70.0	74.5	76.0	82.0	82.5
T08	3763	72.5	74.0	78.0	81.0	85.0
T09	3770	72.0	73.0	76.0	79.0	82.0
T010	3773	70.5	74.5	81.0	82.5	85.0
T011	3776	74.0	76.0	80.0	82.0	85.0
T012	3783	71.0	74.5	78.0	81.0	85.0
PROMEDIO		72.04	75.21	78.42	81.63	84.33
T11	3741	72.0	77.0	79.0	83.5	85.5
T12	3744	72.0	76.5	77.5	82.5	85.0
T13	3747	72.0	75.5	77.0	82.0	85.0
T14	3750	71.0	75.5	77.0	80.5	84.0
T15	3753	73.5	76.0	80.5	83.5	85.5
T16	3757	70.0	73.0	77.0	79.0	82.0
T17	3761	72.0	75.0	79.5	81.0	82.5
T18	3767	72.0	73.5	78.5	80.0	85.0
T19	3771	72.5	74.0	79.0	84.0	84.0
T110	3774	71.0	72.5	77.0	80.0	83.0
T111	3778	75.0	70.0	77.5	83.0	82.0
T112	3782	75.5	79.0	81.0	83.0	85.0
PROMEDIO		71.54	74.79	78.38	81.83	84.04
T21	3742	76.0	77.5	78.5	83.5	84.0
T22	3745	71.0	75.5	78.0	80.5	82.5
T23	3748	75.0	79.0	81.0	85.0	88.0
T24	3751	73.5	76.0	80.0	83.0	84.5
T25	3754	70.5	76.0	78.5	80.5	85.0
T26	3758	74.0	78.5	82.0	83.0	83.0
T27	3762	73.0	77.0	79.5	82.0	84.5
T28	3769	74.0	76.5	79.5	83.0	85.5
T29	3772	74.0	75.5	80.5	82.0	84.0
T210	3775	73.0	74.5	80.0	82.5	85.0
T211	3779	75.0	77.0	79.5	85.0	85.0
T212	3781	69.0	72.0	74.0	80.0	84.0
PROMEDIO		73.17	76.25	79.25	82.50	84.58

### ANEXO 3. ANVA DE PESO INICIAL PROMEDIO DE TERNERA (kg) POR TRATAMIENTO Y PRUEBA DE TUKEY

#### One-way ANOVA: PVINIC versus TTO

Analysis of Variance for PVINIC

Source	DF	SS	MS	F	P
TTO	2	1.5	0.8	0.06	0.945
Error	33	438.5	13.3		
Total	35	440.0			

Individual 95% CIs For Mean  
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
T0	12	41.000	3.838	36.162	45.838
T1	12	40.750	3.441	37.309	44.191
T2	12	41.250	3.646	37.604	44.896

Pooled StDev = 3.645

39.0      40.5      42.0      43.5

Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500  
Individual error rate = 0.0196

Critical value = 3.47

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

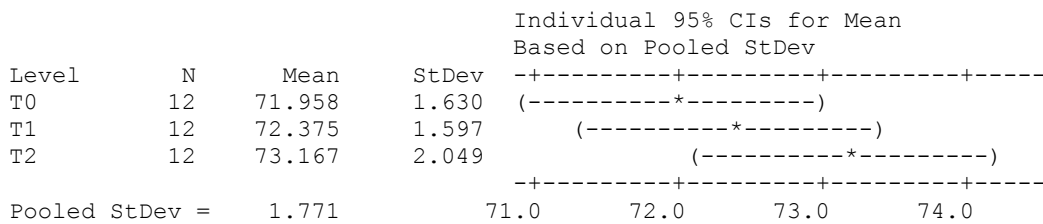
	T0	T1
T1	-3.401 3.901	
T2	-3.901 3.401	-4.151 3.151

ANEXO 4. ANVA DE TALLA INICIAL PROMEDIO DE TERNERA (cm) POR  
TRATAMIENTO Y PRUEBA DE TUKEY

**One-way ANOVA: TALLAIN versus TTO**

Analysis of Variance for TALLAIN

Source	DF	SS	MS	F	P
TTO	2	9.04	4.52	1.44	0.251
Error	33	103.46	3.14		
Total	35	112.50			



Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500  
Individual error rate = 0.0196

Critical value = 3.47

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	T0	T1
T1	-2.190 1.357	
T2	-2.982 0.565	-2.565 0.982

## ANEXO 5. GRANULOMETRIA DE LOS TRATAMIENTOS EMPLEADOS

<b>GRANULOMETRIA %</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
Mayor de 2.36 mm	2.60	5.03	4.53
Mayor de 1.70 mm	3.88	4.70	4.53
Mayor de 1.18 mm	13.27	14.08	13.60
Mayor de 0.85 mm	19.09	18.46	18.12
Mayor de 0.60 mm	21.36	20.13	19.74
Mayor de 0.355 mm	18.12	18.46	18.45
Mayor de 0.18 mm	17.48	15.44	15.53
Mayor de 0.15 mm	3.88	3.02	4.86
Mayor de 0.125 mm	0.32	0.34	0.32
Menor de 0.125 mm	-	0.34	0.32



**ANEXO 6. GRANULOMETRIA DE LA PASTA DE ALGODÓN**

<b>GRANULOMETRIA %</b>	<b>PASTA DE ALGODÓN</b>
Mayor de 2.36 mm	5.23
Mayor de 1.70 mm	8.43
Mayor de 1.18 mm	15.99
Mayor de 0.85 mm	13.66
Mayor de 0.60 mm	14.24
Mayor de 0.355 mm	18.60
Mayor de 0.18 mm	15.70
Mayor de 0.15 mm	3.49
Mayor de 0.125 mm	1.45
Menor de 0.125 mm	3.20

## ANEXO 7. ANALISIS PROXIMAL DE LOS TRATAMIENTOS

Fuente: Laboratorio de Evaluación nutricional de los Alimentos.

Informe de Ensayo N° LENA – 0833/2001

FRACCION	T0	T1	T2
HUMEDAD, %	14.56	13.34	13.44
PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	16.29	15.51	15.62
EXTRACTO ETereo, %	4.02	3.66	3.09
FIBRA CRUDA, %	3.88	4.42	4.66
CENIZA, %	4.45	3.69	3.27
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO, %	56.80	59.38	59.92

ANEXO 8. ANALISIS PROXIMAL DE PASTA DE ALGODÓN.

Fuente: Laboratorio de Evaluación nutricional de los Alimentos.

Informe de Ensayo N° LENA – 0833/2001

FRACCION	PASTA DE ALGODÓN
HUMEDAD, %	10.62
PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	38.94
EXTRACTO ETereo, %	1.02
FIBRA CRUDA, %	10.20
CENIZA, %	6.72
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO, %	32.50

**ANEXO 9. ANALISIS DE AGUA PARA LAS CUNAS**  
Fuente: Laboratorio de Microbiología "Marino Tabusso"  
Ensayo Microbiológico ICMSF 84

TIPO DE ANALISIS	RESULTADO	AGUA POTABLE NTP 214.003
Enumeración de Coliformes totales ( NMP/ ml. Muestra)	< 3	< 3
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml. Muestra)	<3	<3

ANEXO 10. ACTIVIDAD DE ENZIMA (U/L) SORBITOL DESHIDROGENASA EN TERNERAS

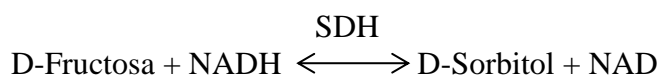
TRAT/NUM	ARETE	SORBITOL DESHIDROGENASA (U/L)
T04	3749	31.30
T06	3756	29.20
T07	3759	18.80
T09	3770	31.30
T010	3773	25.00
T011	3776	31.30
T012	3783	39.60
PROMEDIO T0		29.50
T12	3744	52.10
T13	3747	37.50
T14	3750	41.70
T15	3753	52.10
T16	3757	54.20
T17	3761	50.00
T18	3767	50.00
T19	3771	31.30
T110	3774	33.30
T111	3778	43.80
T112	3782	45.80
PROMEDIO T1		44.71
T21	3742	54.20
T22	3745	60.40
T23	3748	52.10
T25	3754	81.30
T26	3758	37.50
T27	3762	66.70
T28	3769	54.20
T29	3772	52.10
T210	3775	54.20
T211	3779	75.00
T212	3781	66.70
PROMEDIO T2		59.49

## ANEXO 11. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ENZIMA SORBITOL DESHIDROGENASA

Método colorimétrico para la determinación de la actividad de sorbitol deshidrogenasa en suero animal.

### PRINCIPIO DE LA REACCIÓN

La tasa de oxidación de NADH es directamente proporcional a la tasa de conversión de D-fructosa en D-sorbitol. La tasa de disminución en absorbancia a 340 nm permite la medición de la actividad de SDH.



La actividad de la SDH en el suero es, usualmente, baja pero aumenta durante episodios agudos de daño hepático por tanto es indicativa de daño hepático y de enfermedades del parénquima hepático

### CONDICIONES DE LA REACCIÓN

Longitud de onda: 340 nm  
Temperatura de reacción: 37°C  
Tiempo de reacción: 30 minutos  
Volumen de muestra: 20 uL  
Volumen final de reacción: 12.2mL

### PROCEDIMIENTO

En dos tubos de fotocolorímetro marcados D (desconocido) conteniendo el sustrato de la reacción y en otro marcando B (blanco) colocar:

	B	D
Sustrato D-fructosa	1 mL	
Sustrato de reacción		1 mL
Colocar en baño de agua a 37° C unos minutos		
Muestra	20 uL	20 uL
Incubar 30 minutos a 37°. Luego agregar:		
Reactivo NADH	1 mL	1 mL
Mezclar. Incubar a 37° C por 15 minutos		
Diluyente para enzimas	10 mL	10 mL

Mezclar por inversión los contenidos de cada tubo y leer en espectrofotómetro a 340 nm

### ESTABILIDAD DE LA MEZCLA DE REACCIÓN FINAL

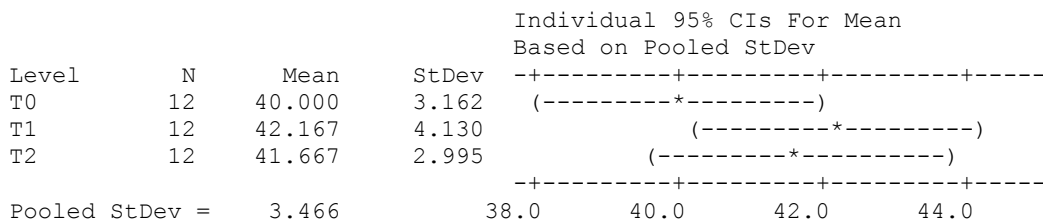
El color de la reacción es estable durante 30 minutos por tanto se debe leer la absorbancia en ese lapso de tiempo.

**ANEXO 12. ANVA DE INCREMENTO DE PESO PROMEDIO TOTAL POR  
TERNERA (kg) POR TRATAMIENTO Y PRUEBA DE TUKEY**

**One-way ANOVA: INCPV versus TTO**

Analysis of Variance for INCPV

Source	DF	SS	MS	F	P
TTO	2	30.9	15.4	1.29	0.290
Error	33	396.3	12.0		
Total	35	427.2			



Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500  
Individual error rate = 0.0196

Critical value = 3.47

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	T0	T1
T1	-5.638 1.305	
T2	-5.138 1.805	-2.971 3.971

ANEXO 13. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONSUMO TOTAL PROMEDIO DE MATERIA SECA POR TERNERA POR TRATAMIENTO.

Insumo	T0	T1	T2	PESO ESPECIFICO (Kg/L)
Calostro, L	16	16	16	1.046 <sup>(1)</sup>
Leche, L	280	280	280	1.030 <sup>(1)</sup>
Concentrado, Kg	21.39	23.341	23.546	
Transformando los litros de calostro y leche a kilogramos (L*Kg/L)				
Calostro, Kg	16.736	16.736	16.736	
Leche, Kg	288.40	288.40	288.40	
Concentrado, Kg	21.393.	23.341	23.546	
Porcentaje de Materia Seca del calostro, leche y concentrado				FUENTE
Calostro, %	20.9	20.9	20.9	(1)
Leche, %	12.5	12.5	12.5	(1)
Concentrado, %	85.44	86.66	86.56	Anexo 7
Transformando kilogramos de insumo a kg de Materia Seca (kg MS) (Kg Insumo*%MS)				
Calostro, kg MS	3.4978	3.4978	3.4978	
Leche, kg MS	36.0500	36.0500	36.0500	
Concentrado, kg MS	18.2782	20.2273	20.3814	
CONSUMO DE MATERIA SECA, Kg	57.8	59.8	59.9	
CONSUMO MS g/ternera/día (kg/60)	963.8	996.3	998.8	

1: Davis & Drackley, 1998



**ANEXO 14. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA POR TERNERA Y POR TRATAMIENTO**

	T0	T1	T2	% MATERIA SECA
INCREMENTO PESO VIVO, Kg	40.00	42.17	41.67	30 <sup>(1)</sup>
INCREMENTO PESO VIVO (IPV)EN Kg MS	12.00	12.64	12.50	
CONSUMO PROMEDIO, Kg MS	57.83	59.78	59.93	
CONVERSIÓN ALIMENTICIA (Kg MS/IPV)	4.8	4.7	4.8	

(1) : Agricultural Research Council (1994)

ANEXO 15. ANVA DE PESO FINAL PROMEDIO DE TERNERA (kg) POR  
TRATAMIENTO Y PRUEBA DE TUKEY

**One-way ANOVA: PV60D versus TTO**

Analysis of Variance for PV60D

Source	DF	SS	MS	F	P
TTO	2	29.4	14.7	1.40	0.260
Error	33	345.8	10.5		
Total	35	375.2			

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
T0	12	81.000	2.923	-----+-----+-----+-----+ (-----*-----)
T1	12	82.917	3.204	(-----*-----)
T2	12	82.917	3.554	(-----*-----)
Pooled StDev = 3.237				-----+-----+-----+-----+ 80.0      81.6      83.2      84.8

Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500  
Individual error rate = 0.0196

Critical value = 3.47

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

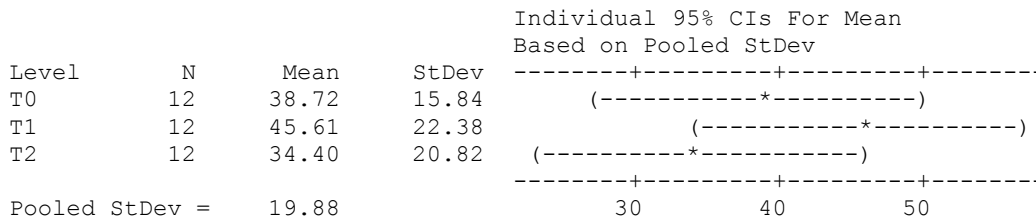
	T0	T1
T1	-5.159 1.326	
T2	-5.159 1.326	-3.243 3.243

**ANEXO 16. ANVA DE CONSUMO DE ALIMENTO PROMEDIO DIARIO POR  
TERNERA (g/d) Y PRUEBA DE TUKEY (1-15 DIAS)**

**One-way ANOVA: CP15D versus TTO**

Analysis of Variance for CP15D

Source	DF	SS	MS	F	P
TTO	2	768	384	0.97	0.389
Error	33	13038	395		
Total	35	13806			



Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500  
Individual error rate = 0.0196

Critical value = 3.47

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

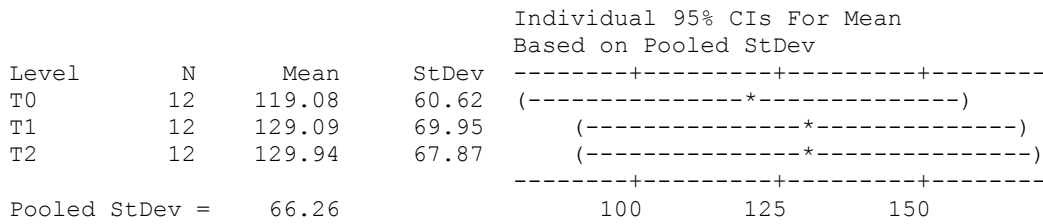
	T0	T1
T1	-26.81 13.01	
T2	-15.59 24.23	-8.69 31.13

**ANEXO 17. ANVA DE CONSUMO DE ALIMENTO PROMEDIO DIARIO POR  
TERNERA (g/d) Y PRUEBA DE TUKEY (16 – 29 DIAS)**

**One-way ANOVA: CP30D versus TTO**

Analysis of Variance for CP30D

Source	DF	SS	MS	F	P
TTO	2	875	438	0.10	0.905
Error	33	144901	4391		
Total	35	145776			



Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500  
Individual error rate = 0.0196

Critical value = 3.47

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	T0	T1
T1	-76.4 56.4	
T2	-77.2 55.5	-67.2 65.5



**ANEXO 19. ANVA DE CONSUMO DE ALIMENTO PROMEDIO DIARIO POR  
TERNERA (g/d) Y PRUEBA DE TUKEY (45 – 60 DIAS)**

**One-way ANOVA: CP60D versus TTO**

Analysis of Variance for CP60D

Source	DF	SS	MS	F	P
TTO	2	29230	14615	0.84	0.440
Error	33	573097	17367		
Total	35	602327			

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
T0	12	920.4	139.1	(-----*-----)
T1	12	968.7	131.1	(-----*-----)
T2	12	988.1	124.7	(-----*-----)

Pooled StDev = 131.8

910      980      1050

Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500  
Individual error rate = 0.0196

Critical value = 3.47

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

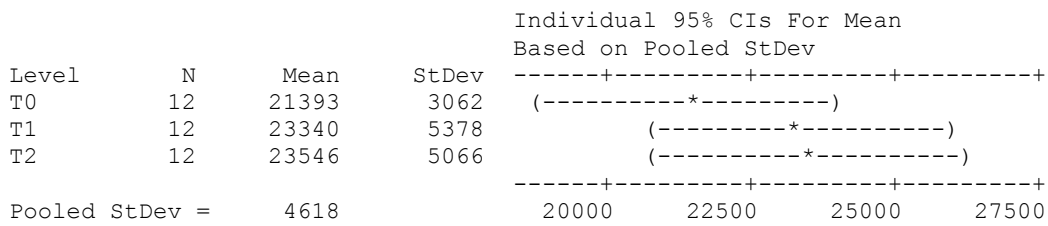
	T0	T1
T1	-180 84	
T2	-200 64	-151 113

**ANEXO 20. ANVA DE CONSUMO DE ALIMENTO TOTAL PROMEDIO POR  
TERNERA (g/ternera) Y PRUEBA DE TUKEY**

**One-way ANOVA: TOTCALF versus TTO**

Analysis of Variance for TOTCALF

Source	DF	SS	MS	F	P
TTO	2	33884727	16942363	0.79	0.460
Error	33	703609328	21321495		
Total	35	737494055			



Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500  
Individual error rate = 0.0196

Critical value = 3.47

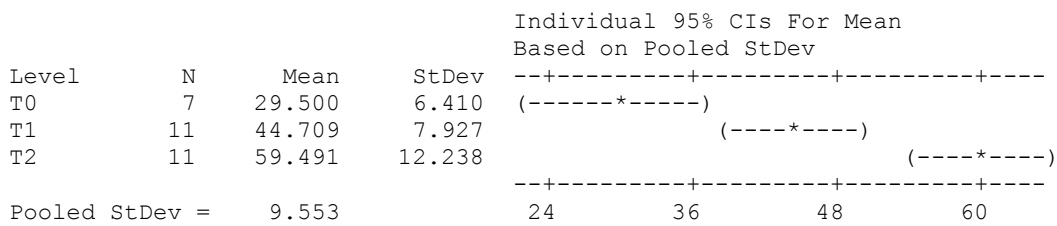
Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	T0	T1
T1	-6573 2678	
T2	-6779 2472	-4831 4420

ANEXO 21. ANVA DE NIVEL PROMEDIO DE ACTIVIDAD DE ENZIMA  
SORBITOL DESHIDROGENASA POR TRATAMIENTO (U/L) AL  
FINAL DEL EXPERIMENTO Y PRUEBA DE TUKEY

**One-way ANOVA: SDHS,U/L versus TTO**

Analysis of Variance for SDHS,U/L					
Source	DF	SS	MS	F	P
TTO	2	3914.1	1957.0	21.45	0.001
Error	26	2372.7	91.3		
Total	28	6286.7			



Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500  
Individual error rate = 0.0199

Critical value = 3.51

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	T0	T1
T1	-26.67 -3.75	
T2	-41.45 -18.53	-24.89 -4.67



ANEXO 22. ANVA DE INCREMENTO DE TALLA PROMEDIO TOTAL POR  
TERNERA (cm) POR TRATAMIENTO Y PRUEBA DE TUKEY

**One-way ANOVA: INCTALL versus TTO**

Analysis of Variance for INCTALL

Source	DF	SS	MS	F	P
TTO	2	5.93	2.97	0.88	0.423
Error	33	110.65	3.35		
Total	35	116.58			

Individual 95% CIs For Mean  
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
T0	12	12.375	1.509
T1	12	11.667	1.875
T2	12	11.417	2.065

Pooled StDev = 1.831

Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500  
Individual error rate = 0.0196

Critical value = 3.47

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	T0	T1
T1	-1.126 2.543	
T2	-0.876 2.793	-1.584 2.084

**ANEXO 23. ANVA DE TALLA FINAL PROMEDIO DE TERNERA (cm) POR  
TRATAMIENTO Y PRUEBA DE TUKEY**

**One-way ANOVA: T60D versus TTO**

Analysis of Variance for T60D

Source	DF	SS	MS	F	P
TTO	2	1.76	0.88	0.45	0.640
Error	33	64.31	1.95		
Total	35	66.08			

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs for Mean Based on Pooled StDev
T0	12	84.333	1.467	(-----*-----)
T1	12	84.042	1.339	(-----*-----)
T2	12	84.583	1.379	(-----*-----)
Pooled StDev = 1.396				83.40      84.00      84.60      85.20

Tukey's pairwise comparisons

Family error rate = 0.0500  
Individual error rate = 0.0196

Critical value = 3.47

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	T0	T1
T1	-1.107 1.690	
T2	-1.648 1.148	-1.940 0.857

**ANEXO 24. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL COSTO PROMEDIO DE ALIMENTACIÓN POR TERNERA POR TRATAMIENTO (EN DÓLARES AMERICANOS)**

Insumo	T0	T1	T2
Leche, L	280	280	280
Concentrado, Kg	21.393	23.341	23.546
<b>Precio en dólares por insumo</b>			
\$/L/Leche	0.286	0.286	0.286
\$/Kg/Concentrado	0.163	0.160	0.160
<b>Costo de alimentación por insumo</b>			
\$/Leche	80.08	80.08	80.08
\$/Concentrado	3.487	3.735	3.767
<b>Costo Alimentación por ternera</b>	<b>83.6</b>	<b>83.8</b>	<b>83.9</b>

(1\$ = S/. 3.50)

ANEXO 25. CONSUMO QUINCENAL (g) DE CONCENTRADO DE TERNERAS.

TRAT/NUM	ARETE	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS	60 DIAS
T01	3740	241	1624	3596	10874
T02	3743	265	1836	3237	14035
T03	3746	654	1135	4060	15220
T04	3749	433	2465	5640	17320
T05	3752	209	1157	5331	16740
T06	3756	230	931	5237	12490
T07	3759	263	1189	4462	12830
T08	3763	200	716	5057	15710
T09	3770	357	1180	5475	10865
T010	3773	255	2661	7970	12870
T011	3776	295	3191	7710	13540
T012	3783	315	3350	7760	13170
T11	3741	239	1724	4278	13145
T12	3744	201	1944	4147	15800
T13	3747	268	1802	5060	15500
T14	3750	284	1240	3610	15200
T15	3753	444	1911	4205	15900
T16	3757	449	1662	5716	13600
T17	3761	482	1125	6448	13500
T18	3767	563	980	6095	11020
T19	3771	196	1182	7512	13300
T110	3774	80	1531	6900	13100
T111	3778	686	4285	14530	18600
T112	3782	487	3850	9600	15700
T21	3742	207	2253	4604	15100
T22	3745	311	1564	2274	14475
T23	3748	202	1540	6487	15400
T24	3751	247	795	6327	16530
T25	3754	283	1785	5275	14858
T26	3758	315	1350	7226	15000
T27	3762	147	437	3031	11250
T28	3769	462	1923	6490	17150
T29	3772	86	2254	7650	15200
T210	3775	170	2611	7950	12800
T211	3779	702	4443	13800	17550
T212	3781	170	2435	6880	12550