

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS PECUARIAS**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**TESIS:**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN LA CAMPIÑA DE  
CAJAMARCA Y SU EFECTO SOBRE EL GRADO DE ACIDOSIS EN EL  
GANADO Y LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE**

Para optar el Grado Académico de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL**

Presentada por:

**Mg. JOSÉ ANTONIO NIÑO RAMOS**

Asesor:

**Dr. ROY ROGER FLORIÁN LESCANO**

**Cajamarca – Perú**

**2021**

COPYRIGHT@ 2021 by  
**JOSÉ ANTONIO NIÑO RAMOS**  
Todos los derechos reservados

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

## ESCUELA DE POSGRADO



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS PECUARIAS**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**TESIS APROBADA:**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN LA CAMPIÑA DE  
CAJAMARCA Y SU EFECTO SOBRE EL GRADO DE ACIDOSIS EN EL  
GANADO Y LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE**

Para optar el Grado Académico de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL**

Presentada por:

**Mg. JOSÉ ANTONIO NIÑO RAMOS**

**JURADO EVALUADOR**

Dr. Roy Roger Florián Lescano  
Asesor

Ph.D. Luis Asunción Vallejos Fernández  
Jurado Evaluador

Dr. Jorge Piedra Flores  
Jurado Evaluador

Dr. Manuel Eber Paredes Arana  
Jurado Evaluador

Cajamarca – Perú

2021



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD  
**Escuela de Posgrado**  
CAJAMARCA - PERU



**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS**

**MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL**

Siendo las 16:07 horas del día 03 de marzo del año dos mil veintiuno reunidos a través de [meet.google.com/fsk-gbwi-sxx](https://meet.google.com/fsk-gbwi-sxx), creado por la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Ph.D. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ, Dr. JORGE PIEDRA FLORES, Dr. MANUEL EBER PAREDES ARANA**; y en calidad de Asesor el **Dr. ROY ROGER FLORIÁN LESCANO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y la Directiva para la Sustentación de Proyectos de Tesis, Seminarios de Tesis, Sustentación de Tesis y Actualización de Marco Teórico de los Programas de Maestría y Doctorado, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN LA CAMPIÑA DE CAJAMARCA Y SU EFECTO SOBRE EL GRADO DE ACIDOSIS EN EL GANADO Y LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE**, presentado por el Mg. **JOSÉ ANTONIO NIÑO RAMOS**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó **APROBAR** con la calificación de **DIECIOCHO (18)**, la mencionada Tesis; en tal virtud, el Mg. **JOSÉ ANTONIO NIÑO RAMOS**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Mención: **PRODUCCIÓN ANIMAL**.

Siendo las 5:45 p.m. horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....  
**Dr. Roy Roger Florián Lescano**  
Asesor

.....  
**Ph.D. Luis Asunción Vallejos Fernández**  
Presidente-Jurado Evaluador

.....  
**Dr. Jorge Piedra Flores**  
Jurado Evaluador

.....  
**Dr. Manuel Eber Paredes Arana**  
Jurado Evaluador

## DEDICATORIA

A **Dios** por darme la vida, la salud y con ello hacer realidad este sueño tan anhelado.

A CARMEN ROSA, mi esposa y compañera de mi vida, por su comprensión y apoyo incondicional en el logro de mis metas. A mis hijos: Jaime Antonio, Julia Ivón, José Gabriel, Sugey Raquel y Loida por ser el motor y motivo de mi vida.

A la memoria de mis padres: CASIMIRO Y JULIA quienes fueron los pilares importantes en mi vida.

A mis hermanos: Santiago, Juan Alberto, María Fortunata, Humberto, Olinda, Artemio y Pedro Daniel, apoyos fundamentales en todo momento de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Roy Roger Florián Lescano, por su apoyo incondicional en el asesoramiento de mi tesis.

Al Ph. D. Felipe San Marín Howard, por su valioso aporte en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Luis Vallejos Fernández, por su apoyo incondicional en la elaboración y gestión de mi trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>ÍNDICE</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>I INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION</b> .....	2
<b>II REVISIÓN DE LIERATURA</b> .....	3
2.1. Sistemas de producción de leche en Cajamarca .....	3
2.2 pH ruminal a diferentes períodos de la curva de lactación.....	4
2.3. Sistemas de producción lechera y producción láctea .....	10
2.4. Sistemas de producción lechera y composición de la leche .....	13
<b>III MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	19
3.1. Materiales .....	19
3.2. Metodología .....	20
3.3. Procesamiento y análisis de la información .....	24

<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	25
4.1. Tipo de acidosis según pH ruminal .....	25
4.2. Producción de leche.....	28
4.3. Composición de la leche.....	30
<b>V CONCLUSIONES</b> .....	33
<b>VI BIBLIOGRAFÍA</b> .....	34
<b>ANEXOS</b> .....	38

## ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1: Producción de leche según nivel de concentrado en fincas asociadas a productores de Monteverde S.A., Costa Rica	12
Tabla 2: Comparación de producción de sólidos totales lácteos de dos razas según producción de leche	16
Tabla 3: Tratamientos del experimento	20
Tabla 4: pH ruminal por tratamientos y periodos de lactancia	25
Tabla 5: Porcentaje por tipo de acidosis, pH marginal y normal en cada periodo de lactancia por tratamiento	26
Tabla 6: Producción de leche litros/vaca/día por sistemas	28
Tabla 7: Peso vivo (PV), Consumo de materia seca (CMS, kg) y CMS como porcentaje del peso vivo (CMS, % PV) de las vacas lecheras por sistemas a los 100 días post parto	29
Tabla 8: Composición de la leche por tratamientos y periodos de lactación	31

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
Anexo 1.	Análisis de varianza para pH ruminal de vacas por tratamiento a intervalo de 2, 50 y 100 días posparto	39
Anexo 2:	Análisis de varianza para la acidosis ruminal	39
Anexo 3.	Análisis de varianza de la producción de leche	39
Anexo 4.	Análisis de varianza del consumo en BMS	40
Anexo 5.	Análisis de varianza de solidos totales en leche de vacas según tratamiento y periodo de lactancia posparto	40

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar dos sistemas de producción de leche, uno basado en solo forraje (sistema A) y otro forraje más concentrado (sistema B) sobre el grado de acidosis, la producción lechera y composición de la leche en vacas lecheras de la campiña de Cajamarca. Cada sistema agrupó 32 vacas de 03 establos lecheros con vacas de primer tercio de lactancia. Para determinar el grado de acidosis se midió el pH ruminal mediante punción ruminal en los periodos 2, 50 y 100 días posparto. Se evaluó la producción de leche durante el primer tercio de lactancia y la composición de la leche. Los resultados fueron los siguientes: el pH fue menor en los tres periodos del sistema B (B2, B50 y B100) por la influencia del concentrado consumido; los cuadros de ARA (9 %) fueron solo en vacas del sistema B y en la SARA fue del 16 % para vacas del sistema A y del 35 % para el B. La producción de leche/vaca/día fue superior por el aporte del concentrado en los periodos 50 y 100 días posparto de las vacas del sistema B. El consumo de materia seca en ambos sistemas fue deficitario y de los componentes de la leche analizados, la proteína en ambos tratamientos y periodos de lactancia es el más estable, la grasa muestra una leve variación numérica entre tratamientos, siendo ligeramente mejor en el periodo 5 en el sistema A, los valores de sólidos totales son ligeramente mayores en el primer periodo evaluado por menor producción de leche.

**Palabras claves:** Vaca, sistemas de producción, acidosis, composición de la leche.

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate two milk production systems, one based on only forage (system A) and another more concentrated forage (system B) on the degree of acidosis, milk production and milk composition in dairy cows of the Cajamarca countryside. Each system grouped 32 cows from 03 dairy farms with first third lactation cows. To determine the degree of acidosis, ruminal pH was measured by ruminal puncture in periods 2, 50 and 100 days postpartum. Milk production during the first third of lactation and milk composition were evaluated. The results were as follows: the pH was lower in the three periods of system B (B2, B50 and B100) due to the influence of the concentrate consumed; the ARA tables (9%) were only in system B cows and in SARA it was 16% for system A cows and 35% for system B. Milk production / cow / day was higher due to the contribution of concentrated in the 50 and 100 days postpartum periods of the cows of system B. The dry matter consumption in both systems was deficient and of the analyzed milk components, the protein in both treatments and lactation periods is the most stable, the Fat shows a slight numerical variation between treatments, being slightly better in period 5 in system A, the values of total solids are slightly higher in the first period evaluated due to lower milk production.

**Key words:** cow, production systems, acidosis, milk composition.

## I INTRODUCCIÓN

Cajamarca destaca por ser una cuenca lechera importante en el país. Dentro de lo que se denomina Campiña de Cajamarca, los ganaderos cuentan con una población de bovinos de leche en su gran mayoría de la raza Holstein y en menor escala, de la raza Brown Swiss. En los últimos 20 años, se ha mejorado la calidad genética a través de la inseminación artificial, lo que ha permitido un incremento en el promedio de la producción de leche (8 litros/vaca/día). Asimismo, se aprecia dos sistemas de producción, uno que está constituido por ganaderías que solo producen leche a base de forraje al pastoreo y el otro sistema de ganaderías que producen leche a base de forraje a pastoreo más suplemento concentrado (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017).

Existen hatos lecheros dentro de la campiña de Cajamarca que, por su progreso genético, tienen mejores producciones de leche, de manera especial en el primer tercio de lactancia, de éstos hatos algunos suplementan con concentrado durante este periodo, mejorando el consumo de materia seca comparado con el consumo de las vacas alimentadas solo a pastoreo.

El consumo del suplemento concentrado, con alto contenido de carbohidratos no fibrosos y bajos en fibra, pueden originar depresión del pH del rumen, debido al acúmulo de ácidos grasos volátiles y la decadencia de los mecanismos encargados del tamponamiento ruminal promoviendo los cuadros de acidosis ruminal (Jaramillo-López *et al.*, 2017) y alterar la composición de la leche con la caída abrupta de sólidos totales, tales como la grasa y proteína láctea originada por la inhibición de los microorganismos que utilizan la celulosa del pasto como sustrato.

En base a estos antecedentes, se planteó el presente estudio con los siguientes objetivos.

## **1.1. Objetivos de la investigación**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar dos sistemas de producción de leche y su efecto sobre el grado de acidosis, la producción y composición de la leche en vacas lecheras de la campiña de Cajamarca.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Evaluar dos sistemas de producción de leche y su efecto sobre el grado de acidosis a los 2, 50 y 100 días posparto.
- Evaluar dos sistemas de producción de leche y su efecto sobre la producción de leche a los 2, 50 y 100 días posparto.
- Evaluar dos sistemas de producción de leche y su efecto sobre la composición de la leche a los 2, 50 y 100 días posparto.

## II REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Sistemas de producción de leche en Cajamarca

Cajamarca, departamento de la sierra norte del país, cuenta con diferentes pisos ecológicos, hermosos valles, laderas fértiles, jalcas promisorias y ambientes tropicales de selva alta y baja. Esta diversidad ecológica ha permitido que en toda su extensión se instalen centros de cría de ganado lechero, con predominancia de razas de alta producción como la Holstein y Brown Swiss con niveles de producción variados. En décadas pasadas, los sistemas de producción lechera en Cajamarca se circunscribía a pequeñísimas áreas donde las condiciones de pastura no eran bien manejadas y la leche producida era para autoconsumo. Recién en la década del 90 empieza un nuevo ciclo de recuperación de la actividad lechera, con notable aumento de la producción global, pero debido al crecimiento de la Cuenca Lechera que abarca nuevas provincias, antes que a una mayor productividad (Escurra, E. 2001).

En la Campiña, la soportabilidad de los potreros no va más allá de 2 unidades animal/Ha. Bajo estas condiciones, en el mejor de los casos, los animales reciben alrededor de 8 Kg de MS/día proveniente de pasturas y en algunas ganaderías un adicional de ensilado. La cuenca lechera de Cajamarca, es una de las importantes del país, que la convierte en la primera en tener la mayor población de vacas en ordeño (162,3 mil unidades) y gran productora de leche fresca del país con 442,3 mil toneladas, que representa el 20,8 por ciento del total nacional al año 2019. Sin embargo en los últimos años, se nota un esfuerzo de los ganaderos de esta región por mejorar niveles de producción litro/vaca/día a través de la mejora genética en vacunos de leche más de la raza Holstein, la suplementación con concentrado e instalación y manejo de pasturas, predominando la asociación Rye grass más trébol (B. Central, 2005).

## **2.2 pH ruminal a diferentes períodos de la curva de lactación.**

### **2.2.1. pH ruminal en vacas lecheras**

La medición del pH ruminal es una alternativa para evaluar los patrones de fermentación ruminal. Después de que el animal reciba sus alimentos el pH ruminal empieza a disminuir consistentemente alcanzando los valores más bajos a las 4 a 6 horas después de la ingestión de alimentos, el cual es más notorio en la entrega de concentrado. En este tiempo el pH ruminal podría ser menor a 5,8 por periodos cortos debiéndose evitar por sus efectos negativos (Sepúlveda & Wittwer, 2017).

El control de pH ruminal es muy importante ya que bajos niveles de pH pueden resultar en una reducción en el contenido de grasa láctea, presencia de cojeras e incluso laminitis, además de la disminución del consumo. Todos estos factores representan un problema para el bienestar del animal y para la rentabilidad del predio lechero. Un pH entre 5.5 y 5.8 puede ser considerado como problemático y puede estar causando problemas asociados a una acidosis ruminal subaguda. Históricamente los sistemas de pastoreo no significan un riesgo para la salud de la vaca ya que la acidosis ruminal siempre ha sido asociada al consumo de granos de cereales o concentrados (Granja Salcedo et al., 2012).

El aumento en el uso de concentrados en la dieta de vacas lecheras resulta en pH ruminales bajos debido a una alta producción de ácidos grasos volátiles (AGV) y de lactato. En vacas lecheras pastoreando pasturas de alta calidad, se han registrado valores de pH muy variables con oscilaciones de 5.6 a 6.8. Estudios realizados en el INTA Rafaela (Bargo, 2012) reportan que vacas lecheras pastoreando alfalfa presentaron pH bajos (menores a 6.2), debido a la alta producción de AGV que no pueden ser neutralizados por la escasa producción de saliva en este tipo de dietas.

El pH ruminal es modificado fácilmente con la inclusión de dietas ricas en carbohidratos no estructurales, pero a la vez, puede ser regulado rápidamente, por los mecanismos fisiológicos del animal y la adaptación de los microorganismos ruminales a la nueva dieta. Por otro lado, la inclusión de carbohidratos no estructurales en gran volumen y de manera súbita, produce en los animales acidosis ruminal que no puede ser regulada por los mecanismos antes mencionados. Existe controversia sobre si el consumo de materia seca está influenciado por las variaciones del pH ruminal; los estudios sobre este tema son diversos y contradictorios (Guevara-Garay et al., 2012).

### **2.2.2 Acidosis ruminal**

Todos los cuadros de acidosis parten de la misma etiología. La acidosis ruminal también conocida como: acidosis láctica ruminal (ALR), acidosis D-láctica, compactación ruminal aguda, sobrecarga ruminal por granos e indigestión tóxica o indigestión ácida. La acidosis ruminal afecta a rumiantes que no están acostumbrados al consumo de alimento rico en carbohidratos o que consumen gran cantidad de alimento concentrado. Lo anterior es debido por la rápida fermentación que da lugar a un cuadro repentino y una descompensada y severa baja en el pH ruminal con incremento de la concentración de D-ácido láctico en el rumen, acarreando consecuencias que pueden ser fatales. El aumento de la población de *Lactobacillus* es una característica común en cuadros de acidosis ruminal aguda (ARA). La ARA se asocia a pH inferior a 5.0, que se caracteriza por deshidratación moderada, presencia de diarrea con olor ácido. Cuando el pH es inferior a 4,5, los animales normalmente cursan con deshidratación severa y acidosis metabólica moderada a severa. La acidosis ruminal subaguda (SARA), ocurre frecuentemente en los sistemas productivos en que se suplementa los animales con concentrados, especialmente en vacas lecheras de alta producción al inicio de la lactación, donde las papilas ruminales no se han desarrollado completamente. También afecta

rebaños donde se ha cambiado de una dieta baja en concentrado a una dieta con alto concentrado y poca fibra sin una adecuada adaptación. En sistemas de pastoreo, la SARA se presenta asociada al consumo de praderas con bajo contenido de fibra y alto contenido de carbohidratos solubles. En la SARA se puede encontrar un incremento de población de *Lactobacillus* pero no tan marcado como en la ALR. Así, el diagnóstico de SARA será en base a la presencia de  $\text{pH} < 5,6$  y signos clínicos no agudos persistentes en el rebaño (Jaramillo-López *et al.*, 2017).

Alic Ural *et al.*, (2017) al evaluar la correlación entre  $\text{pH}$  ruminal en vacas con SARA (acidosis subclínica) según su etapa de lactancia, lactancia temprana y lactancia media; el 10.83 % fueron clasificadas como SARA ( $\text{pH} = 5.5$ ), 6.67 % como marginales ( $\text{pH} = 5.6-5.8$ ) y 82,5% como normales ( $\text{pH} > 5.8$ ). Los valores de  $\text{pH}$  mínimo y máximo fueron de 5.06 y 6.79, respectivamente. Los autores concluyen que los cuadros de SARA prevalecen en el periodo de lactancia temprana.

El riesgo de acidosis es tanto mayor, cuanto mayor sea la cantidad y la velocidad de degradación de los almidones. Asimismo, el riesgo de acidosis es mayor cuando el alimento se administra en una que en dos o más tomas diarias. La pieza central del control del equilibrio ruminal es el  $\text{pH}$ , ya que de éste depende, directa o indirectamente de la supervivencia de las bacterias fibrolíticas, el equilibrio de la microflora ruminal y en consecuencia la concentración relativa de los principales ácidos grasos volátiles. El  $\text{pH}$  ruminal es la consecuencia del equilibrio entre la producción de ácido y la capacidad tampón del medio ruminal. La producción de ácido depende de la fermentabilidad de la ración, que a su vez depende de la cantidad y de la velocidad de degradación de los almidones (Contreras & Noro, 2010).

La capacidad tampón del medio ruminal depende de la cantidad de saliva segregada por el rumiante y de la capacidad tampón de los alimentos ingeridos. La cantidad de saliva segregada por minuto de masticación o rumia, permanece relativamente constante independientemente del tipo de alimento. Sin embargo, el tiempo empleado para la masticación y rumia depende del contenido en paredes celulares, de tal manera que, a mayor contenido en fibra, mayor tiempo de masticación, y en consecuencia mayor secreción de saliva. Además, la forma de presentación del forraje juega un papel fundamental en la cantidad de saliva segregada, siendo mayor para el heno, intermedio para el ensilado y el pasto, y bajo para el forraje en forma de pellet. Por último, el tamaño de partícula también afecta al tiempo de masticación y rumia, con el consiguiente efecto sobre la secreción salivar (Contreras & Noro, 2010).

La reducción de pH conlleva a un cambio en el perfil de fermentación hacia la producción primero de más ácido graso volátil propiónico y después de ácido láctico. Por ello, la fermentación de almidones conlleva a un desarrollo poblacional bacteriano que fermenta la glucosa hacia propiónico y láctico. La mayor producción de propiónico produce una reducción de la relación acético:propiónico. Esta reducción de pH se puede mitigar con el uso de aditivos que controlan el pH como tampones o alcalinizantes, pero si el efecto depende de la dieta, deberíamos escoger entre administrar concentrados y asumir las consecuencias o limitar su consumo (Calsamiglia S., *et al.* 2012). Estos mismos autores, utilizando un sistema de fermentación continua de flujo doble para comparar el efecto de dietas ricas en fibra (60% forraje: 40 % concentrado) y dietas ricas en concentrado (10 % paja y 90 % concentrado) a pH crecientes entre 4,9 y 7,0 (a intervalos de 0,3 unidades de pH), señalan que los efectos observados en la tradicionalmente llamada acidosis, debían atribuirse parcialmente a la fermentación del concentrado. Lo anterior permitió a los autores proponer un cambio de la “acidosis” por “síndrome del

concentrado”, ya que esta terminología parecería explicar mejor los efectos observados en la fermentación. Esta modificación del nombre de la acidosis, describe mejor las causas y centra las estrategias de modulación, no sólo en la moderación del pH ruminal, sino en el perfil de fermentación del sustrato, lo que abre nuevas puertas a la implementación de nuevas medidas de control.

### **2.2.3. Tipos de acidosis**

La severidad de la acidosis ruminal está determinada por la magnitud de la caída del pH. En este sentido, la acidosis ruminal en el ganado puede ser aguda (ARA) con  $\text{pH} < 5.0$  o subaguda (SARA) con  $\text{pH} \leq 5.0 - \text{pH} < 5.5$ . No obstante, es importante tener en cuenta que en un mismo hato existen diferencias de susceptibilidad a la SARA, lo que significa que la respuesta a un mismo grado de acidez ruminal puede variar entre los animales (Bretschneider, 2009).

### **2.2.4. Síntomas de acidosis**

En la ARA se observa: anorexia, dolor abdominal, taquicardia, taquipnea, diarrea, cesa la producción de leche, deshidratación, letargia, tambaleo, recumbencia y finalmente la muerte (en menos de 12 horas) si no se les da tratamiento. Las vacas que sobreviven a los efectos sistémicos iniciales de la ARA, pueden sucumbir más tarde, por complicaciones severas de rumenitis bacteriana o causada por hongos. En la SARA se observa: pérdida de condición corporal, baja en la producción y disminución en la cantidad de grasa de la leche, disminución de la fertilidad, daño ruminal (úlceras, abscesos en hígado y pulmón). Otros signos que se pueden observar son indigestión, desplazamiento de abomaso, laminitis, reabsorción embrionaria (Jaramillo-López et al., 2017).

Normalmente, la ARA va acompañada de acidosis metabólica (reducción del pH sanguíneo). Los signos clínicos incluyen: cese del consumo, dolor abdominal, diarrea, deshidratación, taquicardia y tambaleo. Las vacas que sobreviven a los efectos de la ARA pueden morir debido a las complicaciones originadas a partir de infecciones micóticas y/o bacterianas del rumen. En el caso de la SARA, la depresión del pH ruminal es menos pronunciada, y se origina, principalmente, por la acumulación de AGV más que por la concentración de ácido láctico a nivel ruminal. Uno de los primeros signos es la disminución del consumo, lo cual repercute sobre la producción. En una vaca afectada por SARA la producción de leche puede caer hasta 3 kg/día. Otra manifestación de este trastorno digestivo, es la presencia de materia fecal menos consistente, de color amarillento, olor agridulce, brillante y de aspecto espumoso debido a la presencia de burbujas. Un bajo pH ruminal conduce a ruminitis (inflamación del rumen) y a la erosión y ulceración del epitelio ruminal. Otro trastorno que se origina a partir de la ruminitis, es la inflamación aséptica de los tejidos de la pezuña, la cual se conoce como laminitis, que conlleva a una mayor permeabilidad de las paredes inflamadas del rumen y con ello el pasaje a sangre de sustancias que reducen la irrigación sanguínea dentro de la pezuña. La laminitis se asocia con deformación y sobrecrecimiento de la pezuña y con úlceras y abscesos en la suela que, finalmente, repercuten sobre la movilidad y la vida útil de la vaca lechera. Los problemas de salud crónicos indican que en algún momento de la lactancia el ganado sufrió episodios de SARA (Bretschneider, 2009).

## **2.3. Sistemas de producción lechera y producción láctea**

### **2.3.1. Sistema de producción de leche de vacas al pastoreo**

La gran mayoría de ganaderos dedicados a la crianza de vacunos de leche en la campiña de Cajamarca alimentan las vacas solo con forraje a pastoreo (asociación Rye gras + trébol) sin embargo; durante el año, hay que no llueve (Junio a Setiembre), periodo

en el cual baja la disponibilidad de pasto y el ganadero recurre a forrajes conservados (heno y/o silo) de maíz chala, avena forrajera asociada con vicia y suplemento concentrado. Esta baja disponibilidad y calidad de los forrajes, se debe a la antigüedad de sembrío de las pasturas, falta de abonamiento y alto nivel de degradación de los suelos (Carrasco, 2019).

La suplementación del ganado lechero en pastizales similares a los de la Campiña de Cajamarca con leguminosas, ocasionan mejoras sustantivas en la producción de leche (Morales, A., *et al.*, 2013).

En otras latitudes, debido a la baja producción forrajera en ciertas épocas del año, el ganado lechero es suplementado a fin de cubrir los requerimientos nutricionales y lograr con ello el máximo potencial productivo del ganado (Pulido *et al.*, 2009, Coffey *et al.*, 2004).

### **Consumo de materia seca de vacas al pastoreo**

El bajo consumo de materia seca ha sido identificado como el principal limitante en la producción de leche en vacas de alta producción en sistemas pastoriles. Vacas de alta producción en dietas de solo pastura pueden llegar a presentar un consumo total de MS de 3.25% del peso vivo. En Estados Unidos estudios con vacas de alta producción basados solo en pasturas son limitados, aunque se reportan que el consumo de pasturas de alta calidad en la primavera pueden alcanzar consumos de materia seca de 19.0 kg o 3.4% del peso vivo (Bargo, 2012).

En un estudio realizado en la campiña de Cajamarca en vacas Holstein alimentadas con la asociación rye grass + trébol a los 30, 50 y 70 días de pastoreo, (Vallejos Fernández, 2009), obtuvo consumos promedios de materia seca que van desde 9,01 a 10,88 kg y que expresado en porcentaje al peso vivo fue del 2,0 %.

### **2.3.2. Sistema de producción de leche de vacas al pastoreo más concentrado**

En una investigación de un sistema de crianza de vacunos de leche, raza Holstein, de primer tercio de lactancia y de más de un parto; el objetivo fue conocer la influencia de un balanceado sobre la producción y la composición de la leche. La ración suministrada a cada animal se basó en la relación de por cada 5 litros de leche 1 Kg de balanceado. Los tratamientos que influyeron en la producción de leche corresponde a la presentación pellet, T1 y T3 con 24.78 y 23.41 l/vaca/día respectivamente, mientras que para la presentación en polvo los tratamientos T4 y T2 fue de 22.33 y 21.84 l/vaca/día respectivamente. Los tratamientos de mayor consumo T1 y T3 con la presentación pellet con 4.52 y 4.36 Kg/día, y los de menor consumo corresponde a la presentación en polvo T2 y T4 con 3.99 y 3.73 Kg/día. Se concluye que los alimentos balanceados complementan niveles de energía que los animales no han logrado consumir en pradera y que están destinados para alcanzar metas productivas en los hatos (Leiton, 2019)

En pisos altitudinales parecidos a los nuestros, se evaluaron efectos de la suplementación con balanceados en vacas de pastoreo, con la finalidad de medir el efecto de mayor incremento de balanceado y el costo beneficio sobre la producción de leche, determinándose que hasta un cierto nivel de suplementación se mejora la producción de leche con un costo razonable (Gutiérrez *et al.*, 2019).

En sistemas de producción de leche a base de pasturas, la suplementación de las vacas con concentrado constituye una práctica ventajosa, debido al incremento del consumo de materia seca y como consecuencia el de nutrientes, incrementando la producción de ácidos grasos de cadena corta en el rumen. Por ello, el uso de suplementos en vacas lecheras bajo sistemas silvopastoriles mejora el balance y la utilización de la

energía del forraje optimizando la producción y/o la calidad de la leche (Sepúlveda & Wittwer, 2017).

Así mismo, (Saborío-Montero et al., 2015) trabajando en fincas con vacas lecheras Holstein manejadas a pastoreo, evaluaron la productividad diaria promedio por animal asociada a niveles incrementados de suplementación de concentrado, encontrando una respuesta directamente proporcional en la producción de leche causado por el suplemento (Tabla 1).

**Tabla 1. Producción de leche según nivel de concentrado en fincas asociadas a productores de Monteverde S.A., Costa Rica.**

Concentrado ofertado (kg/vaca/día)	Leche producida (kg/vaca/día)
0	5,5
1	7,2
2	8,8
3	10,5
4	12,2
5	13,8

Leche con 12.57 % de sólidos totales al momento del estudio. (Saborío-Montero et al., 2015).

Si bien la alimentación de vacas lecheras de alta producción en base a praderas permite sistemas de alimentación de bajo costo, la oferta de nutrientes en la dieta de estos sistemas no es persistente a través del año, existiendo una disminución en cantidad y calidad. Dado lo anterior, el productor se ve enfrentado a la necesidad de suplementar nutrientes a estos animales para que puedan lograr suplir sus requerimientos a través del año y alcancen producciones adecuadas según su mérito genético. Por ello, la principal limitante para vacas lecheras de alta producción en pastoreo es el restringido

consumo de nutrientes, lo cual reduce sus producciones y hace necesario el uso de suplementos (Mella C., 2018).

### **Consumo de materia seca e vacas al pastoreo más concentrado**

Delagarde (2020) al estudiar el consumo de materia seca de vacas lecheras en sistemas que combinan pastoreo y concentrado, concluye que, se puede aumentar la producción de leche por vaca y por hectárea, particularmente bajo condiciones de pastoreo severo al suplementar con concentrado. Por otro lado, señala que se debe alimentar a las vacas lecheras en pastoreo con forraje conservado solo en caso de escasez de pasturas a nivel de establecimiento (pequeña área de pastoreo, baja tasa de crecimiento de la pastura y pocos días de pastoreo), aunque no se puede esperar un aumento en la producción de leche.

Las praderas en Cajamarca en época de sequía (Junio a Setiembre) baja su disponibilidad y calidad nutricional (Carrasco, 2019) y no cubren requerimientos de energía y proteína de manera especial en las vacas del primer tercio de lactancia; estas limitaciones de praderas impiden a las vacas con mediano a altos niveles productivos alcanzar un óptimo consumo de materia seca y por ende de nutrientes que satisfagan sus requerimientos nutricionales de energía a través del año, por lo que el ganadero se ve en la necesidad de suplementar para alcanzar producciones adecuadas según su mérito genético de la vaca (Pulido *et al.*, 2009).

#### **2.4. Sistemas de producción lechera y composición de la leche**

La leche está constituida en un 85-90% por agua, el 10-15% restante es lo que se conoce como sólidos totales. Ellos están conformados principalmente por Lactosa, Grasa, Proteína y Minerales. Cada uno de estos componentes se produce en mayor o

menor proporción según una serie de variables, tanto internas como externas, al animal. Ya la casi totalidad de los procesadores de leche han adoptado esquemas de pago en donde sobre la base de un esquema de clasificación del producto leche por su calidad higiénico sanitaria (generalmente recuentos bacterianos y de contenidos de células somáticas, además de tests periódicos para detectar presencia de inhibidores), el producto se paga por su contenido de sólidos con valor comercial, generalmente grasa y proteínas, estableciéndose descuentos directos por volumen, o indirectos a través del costo de flete, el que suele calcularse en base a peso y volumen también. En este nuevo esquema, se tornan cada vez más relevantes las medidas de manejo y alimentación que promuevan las mejores y mayores respuestas del ganado en términos de sólidos de leche (Valdés & Canto, 2015)

Valores normales de grasa se ubican entre 3,6 (Holstein) a 4,9 (Jersey); tenores normales y esperables de proteínas totales suelen ubicarse en el rango de 3,1 (Holstein) a 3,8% (Jersey), con contenidos esperables de lactosa de 4,6 a 4,8%, independientemente del grupo genético, y el contenido de minerales totales con una participación en el rango de 0,72 a 0,74% también para todas las razas. La información de sólidos individuales y aún por grupos le puede permitir corregir errores de alimentación que pueden repercutir en la productividad y/o en la salud de sus animales, así como en planteamientos de alimentación más eficientes, con mejor respuesta económica (Acosta, 2017) .

### **Sólidos totales de la leche**

La lactosa es el carbohidrato que se encuentra en mayor proporción en la leche, corresponde al 4,85 % en promedio, con variaciones mínimas entre razas, es el más estable de los componentes. La grasa es el segundo constituyente en aporte porcentual a

los sólidos totales. El porcentaje de grasa promedio presente en la leche de vacas Holstein y Jersey es de 3,5 % y 4,2% respectivamente, es el componente lácteo que varía más en función de los factores que provocan cambios en el contenido de sólidos totales, teniendo en cuenta: la raza, tipo de alimentación, el periodo de lactancia con niveles de producción de leche de más de 40 litros en los 100 días post parto; la producción de este componente se ve favorecida al alimentar a las vacas con una fuente de fibra larga como pasto y heno. El tercer componente en orden de aporte porcentual a los sólidos totales de la leche es la proteína. En promedio es del orden de 3,2% y 3,6% para Holstein y Jersey respectivamente, es un constituyente que varía poco (Saborio Montero, 2011).

### **Factores que influyen en el contenido de sólidos en la leche**

El contenido de sólidos en leche depende principalmente de dos factores:

a) **Factores Genéticos:** Dependiente del genotipo (raza) del animal.

La producción de sólidos en la leche, varía entre razas de vacas lecheras, de las cuales la Jersey es reconocida por producir mayor porcentaje de sólidos totales. Se debe evaluar los kg de sólidos totales producidos, puesto que razas como la Holstein producen menos porcentaje de sólidos, pero en promedio mayor cantidad de leche, por lo tanto una vaca Jersey podría producir menor, mayor, o igual cantidad de kg de sólidos que una vaca Holstein, ver ejemplo en la tabla 2.

**Tabla 2. Comparación de producción de sólidos totales lácteos de dos razas según producción de leche.**

<b>Raza</b>	<b>Sólidos totales, %</b>	<b>Leche, Kg</b>	<b>Sólidos totales, Kg</b>
Jersey	13.90	21	3.96
Holstein	12.30	25	3.08
Jersey	13.90	21	2.92
Holstein	12.30	23	2.83
Jersey	13.90	20	2.78
Holstein	12.30	22.6	2.78

(Fuente:(Saborio Montero, 2011).

b) **Factores No Genéticos**, dentro de los cuales tenemos:

- *Estado de la lactancia y gestación*: El contenido de sólidos es más alto al parto, cae rápidamente hasta un mínimo en el pico de la lactancia y luego sube lentamente hasta el fin de ésta. La grasa y la proteína aumentan desde la vigésima (20a) semana de gestación.
- *Número de parto de la vaca*: Las vacas de primer parto tienen un mayor porcentaje de proteína, con una disminución de 0,05% entre la primera y la quinta lactancia.
- *Alimentación*: Este factor tiene mayor influencia en la materia grasa que en la proteína en leche. La grasa puede subir hasta 1%, dependiendo del aporte de fibra en la ración. En la proteína, el aumento máximo es de 0,3%. Y podemos decir que, en general, la genética determina el techo de la proteína y que la alimentación define cuánto de ese techo se obtiene efectivamente. En el sur del país, la pradera como recurso para la alimentación de las vacas lecheras, es el de menor costo. Sin embargo, la cantidad y calidad varían notablemente durante el año (Valdés & Canto, 2015)

En condiciones climáticas muy similares a las de nuestro medio, se evaluó un sistema de vacas (criollo y un mestizaje holstein x criollo) alimentadas al pastoreo más un suplemento sobre la composición de la leche, obteniéndose como resultados para grasa en las vacas de mediano mestizaje 4.30 %, bajo mestizaje 3.99 % y criolla 3.63 %; para proteína fue de 2.89, 3.01 y 3.07 % respectivamente. Asimismo, las vacas que recibieron sal más melaza como suplemento, obtuvieron 4.42 % de grasa y 11.90 % de sólidos totales. La conclusión fue que el grado de mestizaje y suplementación influyeron en la composición de la leche (Fernández J & Tarazona G, 2015).

Los sistemas de producción de leche en muchos países de América del Sur, se desarrollan básicamente bajo condiciones de pastoreo, al que se complementa con cantidades variables de concentrados y forrajes conservados, según la oferta de pastura disponible. Los investigadores de este trabajo, evaluaron en vacas Holstein en dos sistemas, uno con vacas al pastoreo en franjas más suplemento concentrado (Tt) y el otro con vacas estabuladas alimentadas con el mismo forraje, concentrado más poroto de soya, sales aniónicas y un núcleo vitamínico con minerales (Ti). La producción de leche fue registrada para cada uno de los dos ordeños diarios. Se registró la producción de leche y la composición química en de la leche (grasa y proteína). Los resultados fueron los siguientes: producción de leche de 26.80 y 28.74 litros/vaca/día, grasa 3.46 y 3.38 % y proteína de 2.99 y 2.91 % para Tt y Ti respectivamente. La producción de leche fue superior para Ti, pero la grasa y proteína fue mejor para Tt. Concluyen afirmando que el equilibrio de dietas en estos dos sistemas, provocan efectos inmediatos positivos durante la lactancia, que se traducen en beneficios de un buen impacto económico (Gallardo M., *et al* 2014).

En otro estudio, de un sistema con vacas lecheras en condiciones de campo, para evaluar el efecto de SARA a través de la medida de pH ruminal, sobre la producción y composición de la leche en diferentes etapas de lactancia. Se determinó que la prevalencia de SARA fue del 48,2%, 53,8% y 65,3% a 30, 90 y 150 de lactación, respectivamente. SARA se asoció con una disminución del contenido de grasa de la leche en un 0,22%, mientras que un aumento de una unidad del pH del líquido ruminal, se asoció con un aumento del 0,28% del contenido de grasa y un aumento del 0,44% de los sólidos totales de la leche. No hubo ningún efecto de SARA sobre la producción de leche y el contenido de proteínas. En conclusión, en condiciones de campo, la SARA y la disminución del pH del líquido ruminal reducen el contenido de grasa de la leche. No hubo ningún efecto de SARA sobre la producción de leche o el contenido de proteínas, lactosa y sólidos totales (Panousis, N. 2018)

### III MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Materiales

##### 3.1.1. Ubicación geográfica de los hatos lecheros

Los hatos lecheros de la Campiña de Cajamarca del estudio se encuentran ubicados en el ámbito rural de los distritos de Baños del Inca, Otuzco, Jesús y Cajamarca, así como caseríos de Tartar, La Colpa y Santa Bárbara, que cuentan con las siguientes características agrometeorológicas (2018): latitud Sur 07° 09' 12", longitud 78° 30' 57", altura media 2750 msnm, clima templado seco, temperatura promedio anual 15.4 °C y precipitación pluvial anual de 707.4 mm.

##### 3.1.2. Tratamientos

Se seleccionaron seis hatos lecheros de la Campiña de Cajamarca, todas con ganado de la raza Holstein puro por cruce. Tres basados en el uso exclusivo de forrajes (Sistema A) y tres basados en el uso de forraje y suplemento concentrado en la alimentación (Sistema B).

**Hatos del sistema lechero exclusivo con forrajes (A):** Los tres hatos lecheros seleccionados en este sistema fueron: Huayrapongo, El Bosque y Anadagoto, con 10, 10 y 12 vacas, respectivamente, entre el segundo y tercer parto.

**Hatos del sistema lechero con el uso de forraje y suplemento concentrado (B):**

Los tres hatos lecheros seleccionados en este sistema fueron: Tartar Pecuario, Los Sauces y El Cortijo, con 10, 10 y 12 vacas, respectivamente, entre el segundo y tercer parto.

En ambos sistemas (A y B) se registró el promedio de producción de leche a los 5, 50 y 100 días posparto, así mismo se registraron los nombres y/o número de arete de cada vaca, el peso vivo, número de parto y periodo de lactancia,

A todos los animales seleccionados por sistema se les midió el pH ruminal, la producción y composición de leche en tres periodos de lactancia: 2, 50 y 100 días posparto, tal como se muestra en la siguiente Tabla.

**Tabla 3. Tratamientos del experimento**

Sistema lechero	Período de lactancia, Días		
	2	50	100
Solo forraje (A)	A2	A50	A100
Forraje más suplemento concentrado (B)	B2	B50	B100

### 3.2. Metodología

#### 3.2.1. Medición del pH ruminal

Para la medición del pH ruminal se hizo una rumenocentesis a 64 vacas en tres periodos de lactancia posparto: 2, 50 y 100. La medición del pH ruminal se realizó entre las 16:00 y 18:00 h., es decir a las 10 horas post consumo del concentrado de las vacas del Sistema B.

La rumenocentesis fue “caudo dorsal”, siguiendo el siguiente procedimiento:

- Desinfección de la zona del flanco izquierdo con algodón y alcohol.
- Aplicación de una aguja hipodérmica metálica N° 12 de 2 pulgadas de longitud, la cual traspasaba la piel y tejidos adyacentes.
- Luego por la luz de esta aguja, se introdujo otra aguja de menor diámetro y con una longitud de 20 cm, la cual perforaba la pared del rumen.
- A continuación, sobre el cabezal de la aguja grande se insertó una jeringa hipodérmica estéril descartable de 10 ml y se extraía 3 ml de líquido ruminal.
- Acto seguido, se colocó 1 ml del líquido ruminal en la lectora de pH (la que estaba calibrada en pH de 4 a 7) registrándose el pH.

- Luego de la lectura y antes de su reutilización, se lavó por varias veces la lectora con agua destilada.

### **3.2.2. Evaluación de los tipos de acidosis ruminal**

Sobre la base del pH del fluido ruminal las vacas fueron divididas en tres grupos; a saber: a) Acidosis ruminal aguda (ARA) con  $\text{pH} < 5.0$ , b) Acidosis ruminal subaguda (SARA) con  $\text{pH} > 5.0$  a  $5.5$ , c) Vacas con pH marginales ( $5.6 - 5.8$ ) y d) Vacas con pH normal  $> 5.8$  a  $6.8$  (Alic Ural et al., 2017).

### **3.2.3. Producción y composición de la leche**

#### **Producción de leche**

El registro de la producción de leche/vaca/hato/día se hizo a los 5, 50 y 100 días posparto. De esta manera se obtuvo la producción promedio por sistemas de producción (A y B).

#### **Composición química de la leche**

Las muestras de leche en cada una de las vacas de los hatos seleccionados en el experimento se obtuvieron en el ordeño de la tarde y en tres periodos: 5, 50 y 100 días después del parto.

Para la evaluación de este parámetro, se procedió de la siguiente manera:

- a) Se extrajo del balde de cada vaca ordeñada, una muestra de 200 ml de leche, la cual se pasó por un cernidor de doble malla para evitar el paso de impurezas (pelo, pasto, etc.) y luego se colocó en frasco plástico estéril de una capacidad de 500 ml.
- b) Para la identificación se colocó una etiqueta en el frasco con leche con el nombre de la vaca muestreada.
- c) Las muestras de leche recolectadas se remitieron el mismo día al Laboratorio de Control de Calidad de Leche de GLORIA S. A. (Cajamarca)

- d) A cada muestra de leche se le evaluó los porcentajes de materia grasa, de proteína y de sólidos totales. El análisis se realizó en un procesador Milko Scan Foss modelo Minor, siguiendo la siguiente metodología:
- Se evaluó y registró el grado de acidez de las muestras de leche (13 a 17° D).
  - Las muestras se calentaron en baño María a 40 °C. y luego se enfriaron al ambiente hasta 20 °C.
  - A continuación, las muestras fueron colocadas en pipetas calibradas e introducidas al equipo de lectura, el cual se accionó con el botón “star” para iniciar la evaluación de la muestra.
  - El tiempo de lectura por muestra fue de 2 minutos.
  - Pasado este tiempo, el equipo da la lectura de proteína, grasa y sólidos totales a cada muestra a través del método de regresión lineal.

#### **Determinación del consumo:**

##### **a. Consumo de forraje**

Antes del ingreso de las vacas al potrero, se midió la extensión del área de forraje pastoreado por las vacas, tanto en la mañana como en la tarde, la cual es controlada con cerco eléctrico. Dentro de estas áreas entregadas (mañana y tarde), se tomaron tres muestras referenciales de 1 m<sup>2</sup> de pasto cada una (extremos y centro del área a pastorear) las que fueron pesadas y luego obtener un peso promedio por m<sup>2</sup>. El peso promedio obtenido por m<sup>2</sup> se multiplicó por el área total pastoreada en el día y se obtuvo el consumo total, el mismo que dividido entre el número de vacas, se obtuvo el consumo promedio/vaca/día en base a materia fresca. De la muestra promedio por m<sup>2</sup>, se envió 200 g al laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias para determinar la materia seca; con este resultado se hizo el cálculo del consumo de materia seca (MS)/vaca/día.

El procedimiento del cálculo de MS fue el siguiente:

- Se pesó una muestra de pasto verde de 200 g (asociación rye gras + en los tres periodos de lactancia: 2, 50 y 100 días posparto.trébol).
- Luego se colocó la muestra en una bolsa de papel previamente tarada.
- Seguidamente se colocó la muestra en bolsa a la estufa por un tiempo de 48 horas.
- Trascurrido el tiempo, se retiró la muestra de la estufa y se calcula el porcentaje de MS de la misma a través de la siguiente fórmula:

$$\text{MS, \%} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra húmeda}} \times 100$$

**b. Consumo de concentrado**

Solo las vacas del tratamiento B, además de consumir forraje, recibieron una ración suplemento concentrado cuya presentación fue en harina. El concentrado fue suministrado en la mañana en los tres hatos, desde los 5 días posparto y hasta los 100 días (el final del primer tercio de lactancia) los que recibieron en promedio 3 kg/vaca/día de concentrado.

La medición de la MS del concentrado se hizo tomando de un saco de alimento de 50 kg una muestra de 100 g del concentrado, la que se llevó al laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca para determinar la MS. El procedimiento del cálculo de MS fue similar al del forraje.

### 3.3. Procesamiento y análisis de la información

Para el análisis de pH ruminal, producción de leche y composición de leche, se realizaron análisis de varianza en un arreglo factorial 2x3, dos sistemas ganaderos y tres períodos de lactancia posparto (2, 50 y 100 días).

#### Modelo estadístico Lineal en el Diseño Completamente al azar con arreglo factorial

**2 x 3**

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \zeta_{ijk}$$

Donde i : dos niveles del factor  $\alpha$

j : tres niveles del Factor  $\beta$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Respuesta de la variable en estudio (Producción de leche, pH, Composición de leche (grasa, sólidos totales y proteína cruda).

$\mu$  = Media general del ensayo.

$\alpha_j$  = Efecto del sistema de producción lechera (forraje sin concentrado y forraje con concentrado).

$\beta_j$  = Efecto de los períodos de lactancia

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción del tratamiento con los días

$\zeta_{ijl}$  = Error Experimental

A la significancia de forraje, se realizó la prueba de LSD de Fisher. A la significancia de la interacción se realizó contrastes ortogonales en análisis de efectos y/o regresiones.

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Tipo de acidosis según pH ruminal

Los promedios de pH ruminal por sistema de producción lechera (A y B) y período de lactación (2, 50 y 100 días) se muestran en la Tabla 4, hallándose diferencias ( $p < 0,05$ ) entre los sistemas A y B y por periodos de lactación. En todos los casos el pH fue menor en los tratamientos B2, B50 y B100 por la influencia del concentrado consumido.

**Tabla 4: pH ruminal por tratamientos y periodos de lactancia**

Tratamientos	Periodos de lactación, días			Promedio
	2	50	100	
Sistema A	5.48 c	5.86 b	6.52 a	5.95
Sistema B	4.83 c	5.47 b	6.25 a	5,51
Promedio	5.16 c	5.66 b	6.38 a	5.73

Letras distintas en una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).

Así mismo, se halló una relación directa entre el nivel de pH y los periodos posparto, indistintamente del sistema de producción (A y B) explicado por el mejor ajuste de sus mecanismos tamponantes, a medida que incrementan los días posparto (Guevara-Garay *et al.*, 2012).

En la Tabla 5 se muestra el número y porcentaje de animales que se agrupan en cada sistema según pH ruminal, con diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos. Observamos en esta misma tabla que, fueron 03 vacas del sistema B (9%) las que presentaron un cuadro de ARA a los 2 días posparto y en cuanto a SARA se

presentó un porcentaje más alto en las vacas del sistema B (35 %) versus las del sistema A (16 %), esto por efecto del concentrado. Asimismo, apreciamos que las vacas del sistema A (solo pastoreo) a los 2, 50 y 100 días de lactancia posparto, son las que en mayor número muestran un pH ruminal más alto ( $> 5.8$ ) que las del sistema B (forraje más concentrado), lo que significa que son las vacas del sistema A las que en mayor número y porcentaje llegan a estabilizar un pH ruminal estable en comparación con las del sistema B que son las vacas que reciben concentrado.

**Tabla 5: Porcentaje por tipo de acidosis, pH marginal y normal en cada periodo de lactancia por tratamiento**

Tratamientos	Tipo de acidosis, %		pH marginales, % (pH 5.6 – 5.8)	pH normal, % (pH>5.8 – 6.8)
	ARA (pH<5.0)	SARA (pH>5.0 – 5.5)		
Sistema A2	--	10 (31 %) b	10 (31 %) b	12 (38 %) a
Sistema B2	3 (9 %) c	18 (56 %) a	6 (19 %) b	5 (16 %) b
Sistema A50	--	6 (19 %) c	9 (28 %) b	17 (53 %) a
Sistema B50	--	13 (41 %) a	12 (38 %) a	7 (21 %) b
Sistema A100	--	--	8 (25 %) b	24 (75 %) a
Sistema B100	--	4 (13 %) b	15 (47 %) a	13 (40 %) a

Letras distintas en una misma fila indican diferencias estadísticamente significativa ( $P<0.05$ ).

Esta variabilidad en el número y porcentaje de vacas con acidosis tanto del sistema A como el B es dependiente del componente alimentación; las vacas en ambos sistemas tuvieron como ración base la pradera; solo las del sistema B tuvieron un adicional de suplemento concentrado; en ambos sistemas el consumo de materia seca proveniente de la pradera fue bajo debido a la época de sequía en que se realizó la investigación, sin embargo es importante tener en cuenta que en un mismo hato existen diferencias de susceptibilidad a la SARA, lo que significa que la respuesta a un mismo grado de acidez ruminal puede variar entre los animales, tal como lo indica Bretschneider,

2009. La entrega total del concentrado/vaca/día del sistema B fue en el ordeño de la mañana, lo que significó una fermentación temprana por efecto de los almidones presentes en el concentrado, situación que conlleva al riesgo de acidosis, el cual es mayor cuando el suplemento concentrado se administra en una que dos o más entregas, tal como menciona Contreras & Noro, (2010); a pesar que ambos sistemas tuvieron como ración base a la pradera, el sistema A tuvo mejor capacidad tampón en el medio ruminal, debido a que su alimentación fue solo forraje y por lo tanto mayor salivación que el sistema B, proceso que favorece a mantener un pH ruminal óptimo tal como menciona Calsamiglia S., *et al.* (2012).

El mayor porcentaje de SARA de las vacas del sistema B (35 %) entre los 2, 50 y 100 días del periodo de lactancia, es mayor al encontrado por Torres J., 2017 quién reporta para rangos de pH ruminal de  $> 5.5 - < 5.8$  un 26.77 % de acidosis ruminal para vacas lecheras alimentadas solo pastoreo en este mismo periodo de lactancia; este menor porcentaje de acidosis se debe a un mayor consumo de fibra proveniente del forraje.

En cuanto a la presencia de casos clínicos de acidosis, en la Tabla 4 se aprecia que a los 2 días posparto se reportó cuadros de ARA de las vacas del sistema B que tuvieron un pH ruminal promedio de 4.33, apreciándose como síntomas: anorexia, diarrea, deshidratación y muy baja producción de leche, lo que concuerda con lo manifestado por Jaramillo-López *et al.*, 2017; estos casos se recuperaron con atención oportuna. En algunas vacas del sistema A y B con cuadros de SARA, se observó diarrea de color amarillento, brillante y espumosa, de olor agrídulce, lo que concuerda con lo reportado por Bretschneider, 2009, los cuales fueron atendidos oportunamente.

#### 4.2. Producción de leche

La producción de leche/vaca/día entre sistemas y por periodos de lactancia de 5, 50 y 100 días post parto se aprecia en la Tabla 6, observándose diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, siendo superior en el sistema de producción B.

**Tabla 6: Producción de leche litros/vaca/día por sistemas**

Periodos de Lactancia (días post parto)	Producción de leche	
	A	B
5	12 a	14 a
50	19 b	25 a
100	21 b	28 a
<b>Promedio</b>	<b>17.33 b</b>	<b>22.33 a</b>

Letras diferentes en la misma fila indican diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ).

Este incremento de 5 litros promedio/vaca/día a favor del sistema B, se debe al aporte del concentrado diario (2 a 3 kg/vaca/día) durante el primer tercio de lactancia, el cual mejora el aporte de nutrientes entregados solo por forraje, lo que concuerda con lo señalado por (Saborío-Montero *et al.*, 2015), quien evaluó la respuesta en producción de leche relacionada al nivel de inclusión de alimento concentrado de vacas lecheras que pastoreaban pasto estrella africano, haciendo una proyección de la producción de leche versus nivel de concentrado, partiendo de que solo forraje se logra una producción de 5.5 kg/vaca/ día de leche y cuando se entrega 3 kg de concentrado se logra producciones promedio de 10.5 kg de leche/vaca/día. La suplementación de las vacas con concentrado constituye una práctica ventajosa debido al incremento en el consumo de nutrientes que permite incrementar la producción de ácidos grasos de cadena corta en el rumen

mejorando el balance y la utilización de la energía del suplemento y con ello optimizar la producción y/o calidad de leche (Sepúlveda & Wittwer, 2017).

Tal como se muestra en la tabla N° 6, los promedios de producción obtenidos en las vacas del sistema A son cercanos a los promedios reportados por Morales, A., (2,013) de 17.2 litros/vaca/día en animales alimentados solo con una gramínea y 17.8 litros/vaca/día en animales que recibieron una gramínea más leguminosa.

En cuanto al consumo de materia seca, este fue mayor en el sistema B con respecto al A (Tabla 7), ( $P > 0.05$ ). Este mayor consumo influyó definitivamente en el incremento de la producción de leche (Tabla 6).

**Tabla 7: Peso vivo (PV), Consumo de materia seca (CMS, kg) y CMS como porcentaje del peso vivo (CMS, % PV) de las vacas lecheras por sistemas a los 100 días post parto.**

<b>Sistemas</b>	<b>Peso vivo promedio (kg)</b>	<b>CMS (kg)</b>	<b>CMS, % PV</b>
A	593	12.16 b	2.05 b
B	597	14.19 a	2.37 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ).

Estos resultados concuerdan con Delagarde, R. (2020) quién señala que el concentrado permite aumentar la producción de leche por vaca y por hectárea, particularmente bajo condiciones de pastoreo severo.

Respecto al consumo expresado en % de peso vivo (PV), este fue de 2.05 y 2.37 % para el T1 y T2 respectivamente; este consumo es menor al alcanzado en vacas de alta producción (3.5 %) alimentadas con solo pasturas reportado por Bargo, F. (2012)

y superior al registrado por Vallejos L., (2009), quienes reportan consumos promedios del 2.0% en base a pasturas de Rye gras y trébol.

El menor CMS, se debió a la poca disponibilidad de forraje en época de sequía en que se realizó el trabajo en la Campiña de Cajamarca; esta baja disponibilidad tal como lo señala Pulido *et al*, (2009) impide que las vacas de mediano y alto nivel productivo logren consumir los suficientes nutrientes para cubrir sus requerimiento productivos. Esta baja disponibilidad de forraje justifica la implementación de la suplementación con concentrado y de esta manera alcanzar producciones adecuadas según calidad genética de la vaca (Mella C., 2018).

La suplementación con concentrado de las vacas del sistema B mejora su CMS (Tabla 7), el que a su vez permite mejorar niveles de energía adicionales a los otorgados por la pastura y con ello mejorar la producción de leche, lo que concuerda con lo manifestado por Leiton, L. (2019)

#### **4.3. Composición de la leche**

En la Tabla 8 podemos observar la composición de la leche entre tratamientos y periodos de lactancia. No encontrándose diferencias en la composición de la leche entre sistemas de alimentación (A y B) en los hatos lecheros y período de lactancia con excepción ( $p < 0.05$ ) de los sólidos totales en el período 50 días posparto.

**Tabla 8: Composición de la leche por tratamientos y periodos de lactación**

Periodos de lactación, Días	Composición de la leche, %	Tratamientos	
		A	B
2	Grasa	3.62 a	3.53 a
	Proteína	3.10 a	3.10 a
	Sólidos totales	11.85 a	11.82 a
50	Grasa	3.55 a	3.48 a
	Proteína	3.00 a	2.95 a
	Sólidos totales	11.40 a	11.34 b
100	Grasa	3.50 a	3.48 a
	Proteína	3.00 a	3.00 a
	Sólidos totales	11.40 a	11.46 a

Letras iguales en la misma fila indican que no hay diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ).

De los componentes de la leche analizados en el trabajo ejecutado, vemos que la proteína en ambos tratamientos y periodos de lactancia es el más estable tal como menciona Saborio Montero, (2011) y la grasa muestra una leve variación numérica entre tratamientos, siendo ligeramente mejor en el periodo 5 del sistema de producción A con 3.62 %, el cual es considerado por Acosta, (2017) como un valor normal para raza Holstein; es en este periodo en el cual las vacas han salido de su etapa de producción de calostro y los volúmenes de producción de leche son menores que en los siguientes periodos (50 y 100 días posparto) y en donde los porcentajes de grasa son ligeramente mayores; de igual manera concuerda con Tellaeché., (2014) quien reporta mejor porcentaje de proteína y grasa para un tratamiento con vacas de menor producción de leche.

En la Tabla 8, en el primer periodo evaluado de lactancia de ambos sistemas, los valores de sólidos totales son ligeramente mayores que en los otros periodos, esto debido a la menor producción de leche; estos resultados de sólidos totales obtenidos, son menores a los reportados por Fernández J & Tarazona G, (2015) quienes indican un valor de 12.30 % de sólidos totales para vacas de raza Holstein; este menor porcentaje de sólidos totales obtenidos en vacas Holstein de la Campiña de Cajamarca, se atribuye a un menor aporte de fibra cruda provenientes de la baja disponibilidad de pasturas en época de estiaje, lo que concuerda con Valdés & Canto, (2015) los cuales mencionan que los sólidos totales de la leche pueden subir hasta 1 %, dependiendo del aporte de fibra en la ración. Hoy en día tiene una gran importancia el aporte de sólidos totales en la leche, ya que su contenido le da un valor agregado comercial, por lo que hay que tener en cuenta el genotipo y la suplementación alimenticia, los cuales influyen en la composición de la leche (Fernández J & Tarazona G, 2015).

En cuanto al efecto de la acidosis ruminal sobre la composición química de la leche, son las vacas del sistema B las que presentaron mayor porcentaje de este cuadro clínico, el cual redujo el contenido de grasa de la leche, en el primer y segundo periodo de lactación tal como se aprecia en la Tabla 8, lo que concuerda con Panousis N. (2018), quien menciona que una disminución del pH del líquido ruminal, reduce el contenido de grasa en la leche.

## V CONCLUSIONES

En base a los resultados y discusión del presente trabajo de investigación, se presentan las siguientes conclusiones:

1. Las vacas del sistema B (con concentrado) mostraron un mayor número de casos de acidosis que las vacas del sistema A (sin concentrado).
2. El consumo de materia seca fue deficitario en ambos sistemas de producción de leche (A y B).
3. La producción de leche durante el primer tercio de lactancia fue superior en el sistema B (con concentrado) que en el sistema B (sin concentrado).
4. No se observaron diferencias entre sistemas (A y B) en la composición de la leche en los dos tratamientos y en los periodos pospartos evaluados.

## VI BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Y. (2017). *Alimentación y Sólidos en Leche*. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA 1.
- Alic Ural, D., Ural, K., & Örtlek, O. (2017). Correlación entre el pH ruminal y el índice de condición corporal en vacas con acidosis ruminal subaguda. *Revista MVZ Córdoba*, 22(3), 6215–6224. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1127>.
- Bargo, F. (2012). *El rol de la fibra en las dietas de vacas lecheras*. Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía - UBA.
- Bretschneider, G. (2009). Acidosis Ruminal en el Ganado Lechero. *Inta*, 14(2300), 6. [http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/nutricion/acidosis\\_ruminal\\_2009.pdf](http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/nutricion/acidosis_ruminal_2009.pdf).
- Calsamiglia S., Blanch M., F. A. y M. D. (2012). *Es la acidosis un problema asociado al pH? causas y herramientas para su control*. 1–16.
- Carrasco, W. (2019). *Determinación Del Estado Actual De La Composición Florística Del Piso Forrajero En La Campiña De Cajamarca*. [Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3270>.
- Central, B. (2005). 3. *Potencialidades productivas*. 55–116.
- Claudia, M. F. (2018). Suplementación de vacas lecheras de alta producción a pastoreo ii. *Producción Pecuaria*, 1, 1–13. <http://infolactea.com/biblioteca/suplementacion-de-vacas-lecheras-de-alta-produccion-a-pastoreo-ii/>.
- Contreras, P., & Noro, M. (2010). Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. In P. Contreras & M. Noro (Eds.), *Rumen: morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa* (3a ed.). [http://www.consorciolechero.cl/chile/documentos/publicaciones/rumen\\_web.pdf](http://www.consorciolechero.cl/chile/documentos/publicaciones/rumen_web.pdf).

- Delagarde, R. (2020). *Consumo de materia seca de vacas lecheras en sistemas que combinan pastoreo , concentrados y forrajes conservados : tasa de sustitución y respuesta en producción* To cite this version : HAL Id : hal-02473699.
- Edwin Ecurra, M. (2001). Situación de la ganadería lechera en cajamarca. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 12(2), 21–26.
- Fernández J, & Tarazona G. (2015). Factores que Influyen en la Composición de la Leche en el Sector el Retorno, Parroquia Sabanilla, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe – Ecuador. *Revista Politécnica-Septiembre*, 36(2).
- Granja Salcedo, Y. T., Ribeiro, C. S., Toro Gomez, D. J., Rivera Calderón, L. G., Machado, M., & Manrique Ardila, A. (2012). Acidosis ruminal en bovinos lecheros: Implicaciones sobre la producción y la salud animal. *Revista Electronica de Veterinaria*, 13(4), 1–10.
- Guevara-Garay, L., Gómez-Botero, J. C., & Ávila-Londoño, L. E. (2012). Frecuencia de suplementación y pH ruminal en bovinos. *Veterinaria y Zootecnia*, 6(2), 125–133. <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v6n2a09.pdf>.
- Jaramillo-López, E., Itza-Ortiz, M. F., Peraza-Mercado, G., & Carrera-Chávez, J. M. (2017). Ruminal acidosis: Strategies for its control. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 49(3), 139–148. <https://doi.org/10.4067/S0719-81322017000300139>.
- Keim, J. P. (2001). *Fibra en la dieta de vacas lecheras a pastoreo* (pp. 1–3). Instituto de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.
- Leiton, L. (2019). Universidad Central Del Ecuador. *Universidad Central Del Ecuador*, 105.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2017). Estudio de la ganadería lechera en el Perú. *Sierra*, 1, 84. <http://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2018?download=13414:ganaderia-lechera-en-el-peru-2017>.

- Morales, A., León, J., Cárdenas, E., Afanador, G., & Carulla, J. (2013). (2013). *MILK CHEMICAL COMPOSITION , MATTER DRY IN VITRO DIGESTIBILITY AND PRODUCTION IN COWS FED ALONE GRASSES OR ASSOCIATED Lotus*. April.
- N. Panousis1. (2018). Effects of ruminal pH and subacute ruminal acidosis on milk yield and composition of Holstein cows in different stages of lactation. *Archives of Anesthesiology and Critical Care*, 4(4), 527–534. <http://www.globalbuddhism.org/jgb/index.php/jgb/article/view/88/100>.
- Pulido, R. G., Escobar, A., Follert, S., Leiva, M., Orellana, P., Wittwer, F., & Balocchi, O. (2009). Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre la respuesta productiva en vacas lecheras a pastoreo primaveral con alta disponibilidad de pradera. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41(3), 197–204. <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2009000300003>.
- Saborío-Montero, A., Arguedas-Sánchez, R., & Monge-Maroto, J. J. (2015). Respuesta en producción de leche relacionada al nivel de inclusión de alimento concentrado en la dieta de vacas lecheras de fincas asociadas a productores de Monteverde S.A. *Nutrición Animal Tropical*, 9(2), 49. <https://doi.org/10.15517/nat.v9i2.21463>.
- Saborio Montero, A. (2011). Factores que influyen el porcentaje de sólidos totales de la leche. *Ecag*, 56(506), 70–73. [http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Publicaciones/articulo\\_ecag\\_solidos\\_revision\\_56.pdf](http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Publicaciones/articulo_ecag_solidos_revision_56.pdf).
- Sepúlveda, P., & Wittwer, F. (2017). *Periodo de transición: Importancia en la salud y bienestar de vacas lecheras* (Issue March). <https://www.consorciolachero.cl/industria-lactea/wp-content/uploads/2017/11/periodo-de-transicion.pdf>.
- Tellaeché., M. G. M. M. A. C. O. Q. D. V. F. F. y S. (2014). *Evaluación de dos sistemas de alimentación sobre comp leche*. agrositio.com.ar.

Torres Chacón Fabián José, R. R. G. J. y S. C. J. V. (2017). *Diagnóstico de enfermedades metabólicas en 30 hatos lecheros del Valle Central y Zona Norte de Costa Rica y elaboración de una propuesta para su prevención*. (Vol. 6). Universidad Nacional Facultad Ciencias de la Salud Escuela de Medicina Veterinaria.

Valdés, C. R., & Canto, F. M. (2015). Alimentación de Vacas Lecheras en Pastoreo y sus Efectos en el Contenido de Sólidos Lácteos. *Inia*, 53–56. <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR38437.pdf>.

Vallejos Fernández, L. (2009). *“Efecto De La Fertilización Fosforada Y Frecuencia De Pastoreo Sobre El Valor Nutritivo De La Dieta Y El Comportamiento Ingestivo De Las Vacas Holstein En Pasturas De Ryegrass-Trébol En Cajamarca [Universidad Nacional Agraria la Molina-Lima]*. <https://doi.org/http://www.lamolina.edu.pe/Gaceta/anteriores/2009/marzo/1012.htm>.

## **A N E X O S**

**Anexo 1: Análisis de varianza para pH ruminal de vacas por tratamiento a intervalo de 2, 50 y 100 días posparto.**

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados Ajustado</b>	<b>Cuadrado Medio Ajustado</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Tratamiento	1	1.9001	1.9001	14.52	0.000
Intervalos de tiempo	2	52.5345	26.2672	200.69	0.000
Tratamiento*Tiempo	2	0.7407	0.3704	2.83	0.062
Error	186	24.3447	0.1309		
Total	191	79.5199			

**Anexo 2: Análisis de varianza para la acidosis ruminal**

Variables dependiente: Grados de acidosis ruminal					
<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	1	33.45	33.45	14.04	0
TTos	2	2452.04	1226.02	514.58	0
Días	2	131.69	65.84	27.64	0
Error	173	412.18	2.38		
Total	12	402.37	33.53	550.49	0

Si existen diferencias significativas en los grados de acidosis, entre los dos tratamientos. y periodos de días 2, 50 y 100 días respectivamente después del parto.

**Anexo 3: Análisis de varianza de la producción de leche**

Variable dependiente: Litros de leche					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	28.067	1	20.062	3.23	0.095
Periodos	124.95	06	7.42		
Total	120.52	13			

**Anexo 4: Análisis de varianza del consumo en BMS**

Variable dependiente: CMS					
Origen	suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	1566,992 <sup>a</sup>	4	391,748	19744,102	0,000
Tratamiento	0,294	1	0,294	14,812	0,002
Periodos	0,564	2	0,282	14,224	0,000
Error	0,278	14	0,020		
Total	1567,270	18			
a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)					

Si existen diferencias significativas entre los consumos de materias secas en los dos tratamientos y existen diferencias significativas CMS en los periodos de días analizados

**Anexo 5: Análisis de varianza de solidos totales en leche de vacas según tratamiento y periodo de lactancia posparto.**

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados Ajustado	Cuadrado Medio Ajustado	Valor F	Valor P
Modelo	17	2795.81	164.46	2975.89	0.000
<b>Lineal</b>	5	2793.04	558.61	10108.00	0.000
Tratamiento	1	0.01	0.01	0.11	0.740
Días	2	18.27	9.14	165.33	0.000
Porcentaje	2	2774.76	1387.38	25104.61	0.000
<b>Interacciones de 2 términos</b>	8	2.53	0.32	5.72	0.000
Tratam*Días posparto	2	0.94	0.47	8.46	0.000
Tratamiento*Porcentaje	2	0.08	0.04	0.70	0.497
Días posparto*Porcentaje	4	1.51	0.38	6.85	0.000
<b>Interacciones de 3 términos</b>	4	0.24	0.06	1.08	0.368
Tratam*Días P*Porcent.	4	0.24	0.06	1.08	0.368
Error	162	8.95	0.06		
Total	179	2804.76			