



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ALKA-LAC+[®] SOBRE
LA PRODUCCIÓN EN VACAS LECHERAS DE LA ZONA CENTRAL**

CHRISTIANE WEINACKER PIRAINO

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de
Producción Animal

PROFESOR GUÍA: MARIO DUCHENS ARANCIBIA

SANTIAGO, CHILE
2014



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ALKA-LAC+® SOBRE
LA PRODUCCIÓN EN VACAS LECHERAS DE LA ZONA CENTRAL**

CHRISTIANE WEINACKER PIRAINO

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de
Producción Animal

Nota Final

FIRMA

Profesor Guía:	Mario Duchens A.
Profesor Corrector:	María Sol Morales S.
Profesor Corrector:	Richard Arancibia B.

SANTIAGO, CHILE
2014

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mis agradecimientos a todas las personas que de alguna u otra forma, me ayudaron durante el desarrollo de esta memoria.

En primer lugar, quiero agradecer a mi profesor guía Dr. Mario Duchens, quien a pesar de que no nos conocíamos, me mostró su confianza y accedió a orientarme a lo largo del camino haciéndolo más fácil y ameno. Gracias, por dedicarme su tiempo, por compartir su sabiduría y sentido del humor, por todo el apoyo y los consejos brindados durante el tiempo que compartimos juntos y sobre todo, por ayudarme a ser mejor profesional.

A mis profesores correctores Dra. María Sol Morales y Dr. Richard Arancibia, quienes siempre mostraron interés dedicándome tiempo, ayudándome en lo que necesitara. Gracias por todas sus valiosas correcciones y sugerencias. Al Dr. Patricio Pérez por sus buenos consejos y en especial por sus conmovedoras palabras al titularme.

Al Dr. Pedro Meléndez, quien de manera generosa y desinteresada me recibió en su oficina en más de una ocasión para enseñarme y guiarme en la parte estadística de esta memoria. Su ayuda, sin duda, fue fundamental.

A mis compañeras que integraban el “team Duchens femenino”, en especial Karol Krasniansky y Alejandra Peralta. Por ofrecerme su amistad, por su ayuda en todo lo que requerí, por brindarme aliento cuando más lo necesitaba y principalmente por las risas compartidas.

También quisiera agradecer a Prinal S.A. por financiar este estudio y proveerme de lo necesario para realizar el trabajo, en especial a los Drs. Mario Mosqueira y Javier Barría.

A Ángel Gago, de AGQ Nutrición, por su interés y gentileza, por las sugerencias y críticas constructivas, las cuales fueron muy útiles tanto para la memoria como para mi desarrollo profesional.

A Lucía Fontaine (gerente general), Inversiones San Daniele Ltda., por permitirme realizar el ensayo en su lechería, por la amabilidad de Alejandro Pérez (gerente de

ganadería y cultivo) y Tomás Gonzales (jefe de la lechería) quienes me brindaron ayuda en todo momento.

También quiero expresar mis agradecimientos a todas aquellas personas que contribuyeron en este periodo a mejorar mi vida personal, lo cual inevitablemente de alguna u otra manera, influye en el ámbito profesional.

A mis amigos que me acompañaron durante todo el proceso, compartiendo etapas muy importantes, destacando a Nicolás Bravo, Francisca Di Pillo, Macarena Lira, Pía Astudillo, Alan Lavado, Valesca Hernández y Pauline Allamand. En especial quiero agradecer a mi pololo Patricio Lavados quien fue un apoyo incondicional, sobre todo en el último periodo.

A mis familiares que estuvieron durante el desarrollo de mi memoria. A mis hermanos Daniel por siempre motivarme, contagiándome su pasión por el conocimiento y el desarrollo personal y a Ignacio, por hacerme reír, relajarme y hacerme sentir mejor incluso en mis momentos de mayor estrés.

Agradezco en especial a mis papás Karl Eric y María Teresa por darme una excelente educación, por potenciar mi interés por los estudios y al mismo tiempo, incentivar a ser una mujer integral, por apoyarme en mis decisiones en el ámbito académico (incluso si no estaban de acuerdo) y, sobre todo, por quererme incondicionalmente.

ÍNDICE DE CAPÍTULOS

RESUMEN EJECUTIVO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Generalidades.....	2
2.2. Aspectos fisiológicos y fisiopatológicos de la acidosis	3
2.3. Definición y prevalencia de SARA	4
2.4. Causas y factores de riesgo de SARA	4
2.5. Consecuencias de SARA	5
2.5.1. Reducción del consumo de materia seca	6
2.5.2. Disminución de digestión de la fibra	6
2.5.3. Alteración en la producción y grasa de la leche	6
2.5.4. Inflamación	7
2.5.5. Rumenitis	8
2.5.6. Abscesos hepáticos	8
2.5.7. Síndrome de la vena cava caudal.....	8
2.5.8. Laminitis	8
2.5.9. Diarrea	9
2.5.10. Reducción del sistema inmune	9
2.6. Diagnóstico	9
2.7. Prevención	11
2.7.1. Probióticos	13
2.7.2. Antibióticos.....	14

2.7.3 Tampones y Alcalinizantes.....	15
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	18
3.1. Hipótesis	18
3.2. Objetivo General.....	18
3.3. Objetivos Específicos	18
4. MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1. Predio, animales y manejos	19
4.2. Diseño experimental	19
4.2.1. Población en estudio y manejo alimentario	19
4.2.2. Control tamaño de partículas	20
4.3. Recolección de la información	20
4.3.1. Muestras de leche.....	20
4.3.2. Consistencia de las heces	20
4.4. Análisis de la información	22
4.4.1. Producción de leche, sólidos totales y recuento de células somáticas.....	22
4.4.2. Consistencia de heces	22
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1. Producción de leche	23
5.2. Sólidos Totales en leche	25
5.2.1. Proteína de la leche	25
5.2.2. Grasa de la leche	26
5.2.3. Relación grasa: proteína.....	29
5.3. Recuento de células somáticas.....	32
5.4. Consistencia de las heces	34
6. CONCLUSIONES	38

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo principal del presente ensayo fue evaluar la suplementación con Alka-lac+[®], un tampón alcalinizante melazado, sobre el rendimiento productivo de vacas lecheras de alta producción. Para ello, en una lechería comercial ubicada en la comuna de El Monte (Región Metropolitana), se asignaron dos grupos aleatorios homogéneos de 65 vacas multíparas cada uno. Las vacas de uno de los grupos recibieron la ración estándar, incluyendo 150 gr/vaca/día de bicarbonato de sodio (NaHCO₃), mientras que el otro grupo recibió la misma ración, pero el NaHCO₃ fue reemplazado por 150 gr/vaca/día de Alka-lac+[®]. Durante los 50 días que duró el ensayo, se evaluó y comparó entre ambos grupos la producción y composición de leche, el puntaje de recuento de células somáticas (PRCS) y la consistencia de heces. Los datos fueron procesados a través de análisis de varianza para medidas repetidas utilizando el procedimiento “Mixed” del programa estadístico SAS versión 9.2 (2003), a excepción de la consistencia de las de heces que se hizo a través de la prueba de Kruskal-Wallis, utilizando el procedimiento “Npar1way” del mismo programa. Los resultados no mostraron diferencias entre ambos tratamientos en la producción lechera ($p>0,05$). Respecto al contenido de proteína de la leche, en ambos grupos se observó un aumento similar ($p>0,05$) y, en el caso de la grasa láctea, a pesar de que se observaron comportamientos diferentes entre ambos, no se hallaron diferencias significativas ($p>0,05$). El PRCS tampoco se relacionó significativamente con el tratamiento realizado ($p>0,05$). Al categorizar por producción inicial, las curvas obtenidas de ambas categorías muestran un comportamiento similar al de las curvas sin categorizar, no encontrándose tampoco diferencias entre los grupos en ninguna de las dos categorías ($p>0,05$). En relación a la consistencia de las heces, pese a que se observó que las de las vacas tratadas con Alka-lac+[®] tenían una mejor consistencia, no hubo diferencias significativas ($p>0,05$). En conclusión, bajo las condiciones en las que se realizó el ensayo no se observaron diferencias entre el tratamiento con Alka-lac+[®] y el tratamiento con NaHCO₃. Se requieren estudios adicionales controlados para evaluar la diferencia de dichos tratamientos bajo condiciones de mayor estrés productivo.

ABSTRACT

The main objective of this trial was to evaluate the supplementation carried out with Alka-lac+[®], a molasses alkalizing buffer, on the productive performance of high production dairy cows. For this purpose, two random groups of 65 multiparous cows each, were assigned in a commercial dairy located in the commune of El Monte (Región Metropolitana). The cows of one of the groups received the standard dose, including 150 gr/cow/day of sodium bicarbonate (NaHCO₃), while the other group received the same dose, but replacing the NaHCO₃ with 150 gr/cow/day of Alka-lac+[®]. During the 50 days of the trial, milk production and composition, score of somatic cell count (SSCC) and stool consistency were evaluated. Data was processed through repeated measures analysis of variance, using the Mixed procedure of the SAS statistical program, version 9.2 (2003), except for stool consistency which was processed using the Kruskal-Wallis test, using the Nparlway procedure of the same program. Results did not show differences between both treatments regarding dairy production, protein and fat content ($p>0.05$). With regard to the protein content, both groups showed a similar pattern to an increase with time ($p>0.05$) and, in the case of the milk fat, although there were differences, they were considered as not significant ($p>0.05$). SSCC was not significantly correlated to the treatment either ($p>0.05$). When categorizing each parameter according to their initial milk production, the curves in both categories showed a similar behavior to the un-categorized curves, without significant difference between the groups of each category ($p>0.05$). Regarding stool consistency, even though the treated cows resulted to be more consistent, significant differences were not found ($p>0.05$). In conclusion, under the conditions in which the study was performed, no differences were observed between the treatment with Alka-lac+[®] and the treatment with NaHCO₃. Further and controlled investigation is required in order to evaluate the difference between these treatments under higher productive stress conditions.

1. INTRODUCCIÓN

Las estrategias alimentarias para las vacas de alta producción lechera se basan principalmente en el uso de dietas de elevada densidad nutricional y alto contenido de almidón, lo cual ha traído como consecuencia la aparición de ciertos trastornos metabólicos, destacándose entre ellos la acidosis aguda y la acidosis ruminal sub-aguda (SARA, por su sigla en inglés). Esta última trae diversas consecuencias tales como disminución de la producción y de los sólidos totales de la leche, presentaciones de diarrea, laminitis, entre otras, lo cual finalmente se traduce en importantes pérdidas económicas. Y, a pesar de ser muy frecuente en el ganado lechero, suele ser sub-diagnosticada producto de que no se manifiesta con signos clínicos específicos y por las dificultades que implica la recolección del líquido ruminal (LR) para la medición del pH (Plaizer *et al.*, 2008). Se han utilizado distintas herramientas para evitar esto, dentro de las que destacan el uso de soluciones amortiguadoras y/o alcalinizantes, ya sea incorporado en la ración o disponible en saleros para consumo voluntario. De estos productos, el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) es uno de los de mayor popularidad. Sin embargo, su efectividad no ha sido consistente en los diversos estudios realizados debido a sus limitaciones, como por ejemplo el que su acción cinética se lleva a cabo específicamente a nivel ruminal por lo que, pese a que es ampliamente utilizado, dependiendo de las condiciones de las propias lecherías, puede no ser efectivo (Hu y Murphy, 2005; Rauch *et al.*, 2012). Hay otros productos que contienen una serie de componentes, fundamentalmente alcalinizantes, que actúan a distintos niveles, prometiendo ser muy efectivos para la prevención de los distintos tipos de acidosis, evitando así las pérdidas económicas que éstas conllevan. Sin embargo, no se dispone de trabajos publicados en el país sobre su efectividad.

En este ensayo se pretende comprobar la efectividad de Alka-lac+[®], un regulador del pH ruminal compuesto de una mezcla de antiácidos y tampones activos de alta palatabilidad, sobre algunos de los efectos que produce SARA en vacas lecheras de alta producción, como la producción de leche, sólidos de leche, recuento de células somáticas (RCS) y consistencia de las heces.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades

Con el fin de que los rumiantes puedan utilizar de manera eficiente los nutrientes de la dieta, es fundamental que el ambiente ruminal reúna las condiciones de pH, humedad, concentración de oxígeno, presión osmótica, temperatura, fuerza iónica y potencial óxido-reducción que permitan la adecuada población de los microorganismos ruminales (MoRs) encargados de los procesos fermentativos. El ecosistema ruminal es susceptible a disturbios metabólicos debido a que estas condiciones son afectadas por distintos factores, tales como el tipo, calidad y cantidad de ración, frecuencia de alimentación, inclusión de tampones inorgánicos, entre otros (Plaizier *et al.*, 2008; Noro y Sepúlveda, 2010; Pulido, 2010).

Durante los últimos años, la demanda y la producción de leche a nivel mundial han aumentado sustancialmente. Si bien Chile no ha sido la excepción a esta tendencia, en comparación con años anteriores, existe una menor cantidad total de vacas de lechería, lo que es compensado por un aumento del rendimiento individual de la vaca (Consortio Lechero, 2010; INE, 2011; ODEPA, 2011).

Con el fin de satisfacer y mantener el potencial productivo requerido, se han diseñado diferentes estrategias alimentarias que consisten principalmente en el aumento de la densidad nutricional en la dieta de las vacas, lo cual se ha logrado principalmente incrementando el empleo de concentrados y disminuyendo proporcionalmente la inclusión de forrajes. También se han hecho mejoramientos en relación al manejo y uso de praderas a través de, por ejemplo, fertilización y mejoramiento de los sistemas de pastoreo, así como por un uso eficiente de una mayor diversidad de cultivos forrajeros y/o ensilajes. Sin lugar a dudas, la incorporación de concentrados en los rumiantes, es requerida para aumentar la energía, proteínas, minerales y vitaminas y optimizar la eficacia de utilización de dietas, sin embargo, este tipo de dietas en animales rumiantes, suelen implicar diversos desafíos para la estabilidad del ecosistema ruminal y, por ende, de los MoRs, pudiendo llevar a distintos niveles de acidosis (Paton, 2005).

2.2. Aspectos fisiológicos y fisiopatológicos de la acidosis

El pH ruminal es una condición dinámica que está dada, entre otras cosas, por el equilibrio entre las tasas de producción y remoción de los ácidos grasos volátiles (AGV), los suplementos ingeridos en las últimas horas y la adición de soluciones amortiguadoras al rumen por la saliva, que contribuyen a la neutralización de los ácidos orgánicos. En consecuencia, normalmente durante el día el pH ruminal presenta variaciones dentro del rango considerado fisiológico, es decir, ente 5,6 a 7,0 (Pulido, 2010).

Con el fin de evitar una caída en el pH del rumen después de la digestión de hidratos de carbono (HC), el ambiente ruminal necesita ser amortiguado, por lo que son fundamentales los tampones de la saliva donde el principal es el NaHCO_3 . El pH del rumen se reducirá cuando los ácidos orgánicos tales como los AGV y el ácido láctico se acumulen en el rumen, superando la capacidad de los mecanismos reguladores, y/o si el tamponamiento que ocurre a nivel del rumen se reduce. La masticación, tanto durante la comida como en la rumia, aumenta la producción de saliva y, por ende, la amortiguación del rumen. Alimentar con más granos y con menos forraje, así como reducir el tamaño de la partícula, reduce la cantidad de tiempo de masticación y, por consiguiente, la llegada de tampones en el rumen. Además, dado que los granos son generalmente más digeribles y fermentables en el rumen que el forraje, se produce una rápida fermentación de almidón y azúcares, aumentando la generación de AGV en el rumen. Esto genera cambios a nivel de las tasas de crecimiento de las bacterias amilolíticas en desmedro de las celulolíticas, provocando un rápido aumento en la producción de ácidos orgánicos, con la consiguiente disminución del pH ruminal. Esta baja de pH conduce a desequilibrios aún mayores en la microflora ruminal, causando alteraciones en los patrones de fermentación, la salud del rumen y el animal huésped (Russell y Rychlik, 2001; Plaizier *et al.*, 2008; Noro y Sepúlveda, 2010).

La combinación de estos cambios puede llevar a una depresión del pH del rumen a tal punto que sobrepasa el rango fisiológico, provocando acidosis ($\text{pH} \leq 5,5$ durante al menos tres horas seguidas), condición que puede presentarse de manera clínica o de forma menos perceptible, lo cual es conocido como SARA. Esta última, es una enfermedad metabólica que, además de causar alteraciones en los patrones de la fermentación ruminal y la

digestión, repercute en muchos otros aspectos de la producción y la salud de las vacas lecheras (Kleen *et al.*, 2003; Stone, 2004; Plaizier *et al.*, 2008; Contreras, 2010).

2.3. Definición y prevalencia de SARA

No existe un acuerdo respecto a la definición de la condición ni tampoco sobre el valor de pH ruminal a partir del cual hay alteraciones en la salud y la producción de vacas lecheras. En general, se plantea que el ganado que exhibe SARA tiene un pH ruminal que va desde 5,8 a 5,2 por al menos tres horas por día, y un consumo de alimento reducido o variable, acompañado de una disminución en el rendimiento productivo (Paton, 2005; Plaizier *et al.*, 2008).

Debido a las dificultades que presentan las distintas técnicas diagnósticas para la medición de pH ruminal, y a que la mayoría de los síntomas de esta enfermedad no son específicos, SARA a menudo no se diagnostica y, como consecuencia, actualmente la información disponible sobre su prevalencia es limitada (Plaizier *et al.*, 2008).

2.4. Causas y factores de riesgo de SARA

Las causas potenciales de SARA pueden ser diversas pero, en la mayoría de los casos, los cuadros de SARA están asociados a problemas de manejo nutricional de los animales (Noro y Sepúlveda, 2010). Dentro de los principales factores de riesgo de SARA se incluyen (Kleen *et al.*, 2003; Stone, 2004; Krause y Oetzel, 2006; Krause, 2008; Plaizier *et al.*, 2008):

- Altas tasas de inclusión de HC rápidamente fermentables en la dieta y/o falta de fibra gruesa.
- Formulación inadecuada de raciones durante la lactancia o periodo de transición.
- Cantidad insuficiente de fibra neutro detergente físicamente efectiva (peNDF).
- Altos niveles de consumo de alimento.
- Excesiva variabilidad en los patrones de comida o cambios bruscos de alimentación.
- Manejo alimentario inadecuado a nivel de comederos.
- Selección por parte del animal contra partículas largas a favor de partículas más cortas.
- Jerarquización dentro del rebaño.

La mayoría de los cuadros de SARA han sido diagnosticados en rebaños lecheros en confinamiento (Noro y Sepúlveda, 2010), sin embargo, en contra de muchas opiniones que indican que vacas en pastoreo no podían presentar este cuadro, O'Grady *et al.*, (2008) sugieren que episodios de SARA también puede ocurrir en vacas lecheras alimentadas a pradera producto de la gran digestibilidad en el rumen que presentan este tipo de forrajes.

También son susceptibles vacas alimentadas con dietas que tengan un 12,5% o menos de peNDF, o con un tamaño insuficiente de partículas de los forrajes (Plaizier *et al.*, 2008). Las vacas recién paridas son especialmente susceptibles a SARA en comparación con vacas en lactancia media y tardía, debido a que la rapidez de la absorción de los AGV está determinada por el tamaño y densidad de las papilas del rumen, y es conocido el hecho de que, durante el periodo seco, la capacidad de absorción de los AGV del rumen puede disminuir a un 50% y tomará varias semanas para que esta capacidad sea restablecida después de ser reintroducidas las dietas altas en concentrados (Dirksen *et al.*, 1985).

Tomando en cuenta la alta prevalencia de los factores de riesgo de SARA, esta enfermedad es, probablemente, bastante frecuente hoy en día, sobre todo en lecherías de alta producción que utilizan dietas altamente digestibles.

2.5. Consecuencias de SARA

Debido a la limitada información respecto a la prevalencia de esta enfermedad y a que en la práctica es sub-diagnosticada, por tener variables y manifestaciones no específicas, la importancia de SARA no es completamente apreciada. Sin embargo, esta enfermedad está constantemente afectando el rendimiento productivo y económico de los rebaños lecheros, pudiendo también comprometer la salud de las vacas, afectando así su bienestar (O'Grady *et al.*, 2008; Plaizier *et al.*, 2008; Noro y Sepúlveda, 2010).

La condición de SARA mantenida en el tiempo provoca diversos signos y/o consecuencias en el rebaño, dentro de los cuales se encuentran (Van Saun, 2007; Enemark, 2009; O'Grady *et al.*, 2008; Plaizier *et al.*, 2008; Noro y Sepúlveda, 2010; González *et al.*, 2012; Kleen y Cannizzo, 2012):

- Disminución del consumo de materia seca (MS) y digestión de la fibra.
- Reducción en la eficiencia alimentaria y motilidad ruminal.

- Merma en la producción y porcentaje de grasa en la leche.
- Pérdida condición corporal y distintos niveles de diarrea.
- Daño a nivel de mucosa ruminal que abarca desde rumenitis hasta necrosis.
- Inmunosupresión y mayor incidencia de presentaciones de laminitis.
- Cambios hemodinámicos e inflamatorios sistémicos caracterizados por el aumento de proteínas plasmáticas de fase aguda.
- Abscesos hepáticos y posterior difusión a otros órganos.
- Síndrome de la vena cava caudal, poliencefalomalacia, muertes súbitas.

Muchos de los mecanismos por los cuales la depresión del pH del rumen compromete la salud de la vaca no están bien comprendidos. Estudios recientes han sugerido que la producción de inmunógenos en el rumen, su posterior translocación, y la reducción de la función de barrera del rumen son parte de estos mecanismos (Plaizer *et al.*, 2008).

2.5.1. Reducción del consumo de materia seca

Este se considera un signo clínico consistente durante periodos de SARA. No están claros los mecanismos a través de los cuales se produce, pero entre las razones se pueden incluir la reducción de la digestibilidad de la fibra provocada por la disminución del pH del rumen, el aumento de los AGV y la osmolaridad del rumen y la inflamación de varios órganos producida por SARA, sin embargo, se cree que otros factores pueden también influir (Krause, 2008; Plaizer *et al.*, 2008; González *et al.*, 2012).

2.5.2. Disminución de digestión de la fibra

La reducción de la digestión de la fibra que se produce durante la ocurrencia de SARA parece ser el resultado de la sensibilidad a la acidez de las bacterias celulolíticas del rumen. Estas generalmente no pueden tolerar un pH ruminal menor a 6, por lo que la disminución de pH provocada por SARA reducirá su número en el rumen y subsecuentemente disminuirá la tasa de digestión de la fibra y el contenido de energía neta de la dieta (Plaizer *et al.*, 2008).

2.5.3. Alteración en la producción y grasa de la leche

El impacto de SARA sobre estos parámetros fue demostrado en un estudio de campo realizado en una granja lechera en Nueva York por Stone (1999), donde se pudo observar

que la condición de SARA reducía la producción de leche en 2,7 Kg/día y la grasa y proteína de leche en, 0,3 y 0,12 puntos porcentuales respectivamente. Dichas reducciones, aplicadas a una lactancia entera, pueden significar pérdidas importantes.

La reducción de la producción lechera se produce principalmente por la disminución del consumo de MS. No está claro el mecanismo por el cual se produce depresión de la grasa láctea durante la condición de SARA, pero se ha asociado con un aumento en la insulina, a una reducción en la relación acetato:propionato, y a la producción de ácido trans-octadecenoico en el rumen. Actualmente, se considera que la teoría que entrega una mejor explicación a este fenómeno, es que la baja en el pH resulta en una bio-hidrogenación incompleta de los ácidos grasos poli-insaturados en el rumen, conduciendo a la producción de ácidos grasos intermedios, los cuales son absorbidos y provocan efectos inhibitorios directos sobre la síntesis y secreción de grasa de la leche, especialmente la isoforma de ácido linoleico conjugado trans-10, cis-12 (Bauman y Griinari, 2003; Plaizer *et al.*, 2008; Noro y Sepúlveda, 2010).

2.5.4. Inflamación

Plaizer *et al.*, (2006) demostraron que la inducción de SARA a través de la alimentación con un exceso de granos, amplifica el aumento de endotoxinas lipopolisacáridas (ELP) en el LR, y las proteínas de fase aguda amiloide-A (SAA) y haptoglobina (Hp) en sangre periférica. Las ELP son un componente de la pared celular de las bacterias gram-negativas, que se libera cuando estas bacterias mueren o presentan un rápido crecimiento. La depresión del pH del rumen aumenta la lisis de las bacterias gram-negativas. Por otro lado, se ha observado que la inyección intravenosa de ELP produce activación de la inmunidad incluyendo la producción de citoquinas y el aumento de proteínas de fase aguda en la sangre periférica. Por esto se puede deducir que la inflamación que acompaña a la condición de SARA (inducida por granos), puede ser el resultado de la translocación de las ELP desde el rumen al hígado. La inflamación también puede ocurrir dentro del rumen, dado que la presentación de SARA produce rumenitis y también puede causar daño e inflamación del epitelio de otros componentes del tracto gastrointestinal de las vacas, como por ejemplo intestino grueso (Plaizier *et al.*, 2008; Noro y Sepúlveda, 2010; Kleen y Cannizzo, 2012).

2.5.5. Rumenitis

La exposición prolongada del epitelio ruminal al pH bajo produce inflamación del epitelio ruminal, atrofia y necrosis de las papilas ruminales y, posteriormente, hiperqueratosis, lo cual lleva a una reducción de la absorción de AGV (Noro y Sepúlveda, 2010). Actualmente, la patogénesis no está completamente entendida, pero en el desarrollo de esta condición puede estar involucrado el aumento de lactato y de las concentraciones de AGV, lo que genera un aumento en la presión osmótica ruminal. Lesiones de la mucosa en rumenitis pueden servir como medio de entrada para *Fusobacterium necrophorum* y, menos frecuente, *Trueperella pyogenes*, con su subsecuente colonización a la submucosa (Enemark, 2009).

2.5.6. Abscesos hepáticos

Cuando la mucosa ruminal pierde su integridad, también pierde su capacidad de barrera entre el ambiente ruminal y la sangre, lo cual puede permitir la translocación a la sangre de bacterias y endotoxinas bacterianas. La diseminación embólica al hígado, a través de la vena porta, resultan en la formación de abscesos hepáticos. Posteriormente, dichas bacterias pueden propagarse desde el hígado a otros órganos provocando abscesos en distintas ubicaciones tales como el corazón, pulmón, riñones, piel o articulaciones y, en algunos casos, puede provocar peritonitis localizada (Plaizier *et al.*, 2008; Noro y Sepúlveda, 2010).

2.5.7. Síndrome de la vena cava caudal

En ocasiones se puede producir metástasis de estos émbolos a la circulación pulmonar a través de la vena cava caudal. Esto puede producir congestión crónica y una subsecuente hipertensión pulmonar, edema periférico y ascitis. El desarrollo de aneurismas a menudo ocasiona rupturas de arterias menores en los bronquios, provocando una hemorragia masiva del pulmón, hemoptisis aguda y muerte (Krause y Oetzel, 2006; Noro y Sepúlveda, 2010).

2.5.8. Laminitis

La relación entre acidosis y laminitis parece estar asociada a cambios hemodinámicos de la microvasculatura periférica. Se ha sugerido que una prevalencia de laminitis mayor al 10% en un rebaño, es indicativa de un problema de SARA (Enemark, 2009). El verdadero mecanismo causal de laminitis es poco entendido y se asume que es multifactorial. Se

presume que ante la disminución del pH ruminal, se liberan sustancias vasoactivas tales como histaminas y ELP de origen bacteriano, las cuales inducirían una reacción vascular local, generando vasoconstricción e hipoxemia, lo que finalmente resulta en la destrucción de la microvasculatura del corión, provocando hemorragia, inflamación y cojera (Plaizer *et al.*, 2008; Tadich, 2010). Sin embargo, Gozho *et al.*, (2007) demostraron que SARA inducido por granos, aumenta los LPS en el rumen, pero no a nivel de sangre periférica, lo que no coincide con esta teoría.

2.5.9. Diarrea

Ireland-Perry y Staling (1993) concluyeron que las vacas que consumen dietas con poca fibra, de las que se esperaba que causaran una baja en el pH ruminal, tenían heces que parecían ser más líquidas, pero que en realidad tenían un contenido mayor de MS. La consistencia de las heces está determinada por el movimiento de agua en el tracto digestivo que ocurre cuando el contenido digestivo es hipertónico en comparación al plasma sanguíneo, tal como ocurre durante SARA. Esta enfermedad se asocia a una extensa fermentación a nivel del intestino posterior, lo cual suele reflejarse en heces espumosas y diarrea (Plaizer *et al.*, 2008).

2.5.10. Reducción del sistema inmune

Estudios recientes han indicado que acidosis metabólica de larga duración también puede ocasionar una reducción en la secreción de glucosa dependiente de insulina, un aumento en la secreción de cortisol, y una disminución de la velocidad de migración de los neutrófilos y de la actividad fagocítica. La inmunosupresión y el metabolismo subóptimo pueden ser las principales complicaciones en los casos de acidosis de larga duración y pueden explicar la baja de producción en rebaños que sufren de SARA y la predisposición a ciertas enfermedades, tales como metritis, enfermedades respiratorias y mastitis entre otras, siendo esta última responsable del aumento en el RCS (Enemark, 2009).

2.6. Diagnóstico

El diagnóstico de SARA se realiza a nivel poblacional e implica la evaluación de la ingesta de alimento y las características de la dieta que predisponen a los animales a bajo pH ruminal, los registros de producción y sólidos de leche del rebaño, así como las mediciones

de pH ruminal de algunos animales. Esto último es habitualmente una importante herramienta utilizada para confirmar el diagnóstico de SARA en un rebaño, y es en realidad la única herramienta diferencial para el diagnóstico de SARA disponible ya que, tal como se mencionó anteriormente, los síntomas son inespecíficos. Sin embargo, esta medición implica una serie de dificultades tales como la variabilidad del valor del pH según la técnica utilizadas para obtener las muestras del LR, la alta variación diurna que presenta el pH ruminal, y la dificultad para obtener una muestra del rumen de una gran cantidad de vacas, entre otras (Plaizier *et al.*, 2008).

Hay que tener en cuenta que la técnica seleccionada para obtener la muestra de LR, afectará el pH de ésta. Entre las técnicas utilizadas habitualmente se encuentran: Rumenocentesis en las zonas caudo-ventral o paralumbar, sonda oro-ruminal y laparotomía (Duffield *et al.*, 2004; Wittwer, 2010).

Se considera que la sonda oro-ruminal es el método menos invasivo, pero varias investigaciones han demostrado que el valor diagnóstico de la determinación del pH del LR obtenido, puede ser cuestionable debido a que presenta una serie de inconvenientes que alteran el pH del LR, dentro de los que se destaca la contaminación por saliva - la cual puede alterar el pH desde 0,6 a 1,7 puntos -, la localización de la sonda en el rumen desde donde se aspira la muestra del LR, y el tiempo del muestreo en relación a la alimentación. Adicionalmente, por un tema de manejo, utilizar este método en número importante de animales resulta impracticable (Enemark 2009; Wittwer, 2010). Por otro lado, las muestras obtenidas por rumenocentesis no se contaminan con saliva y, por lo mismo, el pH obtenido de estas es considerado más representativo que el de las muestras obtenidas utilizando una sonda oro-ruminal. Sin embargo, los problemas de salud derivados de rumenocentesis, tales como abscesos, peritonitis y otras infecciones en el sitio de la punción, la disminución en la producción de leche que genera, y el hecho de que se puede necesitar preparación quirúrgica del sitio de la céntesis y anestesia local, hacen de este, un método problemático (Duffield *et al.*, 2004; Plaizier *et al.*, 2006; Wittwer, 2010).

Duffield *et al.*, (2004) observaron que el pH del LR obtenido a través de una sonda oro-ruminal y obtenido del saco ventral por canulación fueron en promedio 0,35 y 0,33 unidades de pH más altas que el pH de las muestras de LR obtenidos por rumenocentesis.

Estos autores propusieron que el límite para el pH ruminal que indica SARA debe ser 5,5, 5,8 y 5,9 cuando las muestras de LR son obtenidas por rumenocétesis, por una cánula ruminal desde el saco ventral y por una sonda oro-ruminal, respectivamente. Plaizer (2004), citado por Plaizer *et al.*, (2008) utilizó un umbral de pH de 6 cuando las muestras de LR son recolectadas por medio de una sonda oral cuatro horas después de la alimentación, dado que con un pH ruminal menor a 6 se reduce el crecimiento de bacterias celulolíticas.

Debido a la contaminación con saliva y a la variación diurna del pH ruminal, el monitoreo del pH del rumen por muestreo *in situ* es menos preciso que la monitorización continua de pH ruminal, sin embargo, este método es poco práctico a nivel de campo. Por este mismo hecho, si no se estandariza la colección del fluido ruminal en relación con el tiempo de la alimentación, se reducirá la exactitud del diagnóstico de SARA. Se sugiere que las muestras del fluido ruminal se obtengan cinco a ocho horas después de la alimentación, ya que comúnmente esto coincide con bajo pH del rumen. Por lo tanto, el diagnóstico de SARA requiere una estandarización tanto para la técnica por la cual se obtiene la muestra del LR, como para el tiempo de recolección del fluido ruminal, y también el umbral de SARA que refleje el tiempo de muestreo (Plaizer *et al.*, 2008).

No obstante, es importante tener en cuenta que se ha demostrado que vacas con una depresión similar de pH ruminal difieren en su respuesta, lo que indica que existen variaciones individuales importantes en la susceptibilidad a SARA, por lo tanto, se considera que una sola evaluación del pH ruminal no es adecuada para diagnosticar ni caracterizar esta enfermedad (Plaizer *et al.*, 2008; Penner y Beauchemin, 2010).

Debido a esto, varios prefieren utilizar otros indicadores indirectos para el diagnóstico de SARA, como es la inversión de la relación grasa: proteína. Un valor promedio menor a uno en la relación grasa: proteína suele considerarse como indicativa de riesgo de SARA en el rebaño (Muralithas *et al.*, 2011).

2.7. Prevención

Aún cuando se dispone de recomendaciones para la formulación de dietas que previenen SARA, incluso si estas se aplican adecuadamente, puede ocurrir SARA por distintos factores. Por ejemplo, puede haber errores al realizar la mezcla de la dieta, diferencias entre lo asumido y la cantidad real de contenido de MS de los forrajes, un exceso en el tiempo

del mezclado de la dieta en el carro forrajero. Esto último resulta en el corte de partículas gruesas de alimento que terminan en dietas con un contenido de peNDF menor a lo esperado. Al contrario, si falta tiempo en el mezclado de la dieta se promueve la selección a favor de partículas cortas en contra de las partículas largas. Por lo tanto, es esencial para los productores tener un tratamiento confiable para la acidosis e implementar una estrategia eficaz de prevención, con el fin de reducir las pérdidas de producción relacionadas con esta enfermedad (Plaizier *et al.*, 2008).

La prevención de SARA incluye el establecimiento de pautas de alimentación y de manejo que buscan minimizar la carga de acidosis ruminal. El monitoreo regular a grupos de vacas puede facilitar el reconocimiento temprano de la condición y, por ende, limitar las pérdidas económicas (Enemark, 2009).

Algunas de las estrategias de manejo que se recomiendan para prevenir esta enfermedad son (Stone, 2004; Krause y Oetzel, 2006; Plaizier *et al.*, 2006):

- Formular raciones que contengan un adecuado contenido de MS, fibra neutro detergente y peNDF.
- No generar cambios drásticos en la composición de la dieta y acondicionar el rumen en vacas cercanas al secado y vacas frescas.
- Comprobar regularmente la composición de la dieta y MS del forraje. Evaluar y controlar las fuentes de error (realizar muestreo de silos y comederos, verificar peso adecuado de alimento, controlar el tiempo de mezclado, etc.).
- Incluir forrajes con una alta capacidad amortiguadora (fuentes de CH no estructurales de fermentación más lentas) y aumentar el contenido dietario de tampones inorgánicos.
- Se recomienda el uso de una ración total mezclada (RTM) con alimentos voluminosos fibrosos, en lugar de la alimentación por componente y alimentar al menos dos veces al día.
- Realizar un estricto control y observación de los animales (producción, grasa láctea, prevalencia laminitis, consistencia heces).
- Separar el rebaño en diferentes grupos de alimentación.

- Prevenir la selección por contenido adecuado de fibras largas y tener espacios adecuados para comederos.

Dado que la presencia de SARA se encuentra estrechamente vinculada a las condiciones de alimentación, la corrección de las raciones y/o el manejo de la alimentación son fundamentales para resolver este problema (Stone, 2004). La prevención de SARA se reduce a la necesidad de permitir una adaptación adecuada de la mucosa ruminal y la microflora ruminal en el periodo del periparto, así como mantener el pH ruminal dentro de los rangos fisiológicos a pesar de la ingesta elevada de energía en el período post-parto. (Enemark, 2009). Una herramienta cada día más utilizada para evaluar la capacidad amortiguadora endógena de una dieta es el fraccionador de “Penn State”. Este básicamente permite medir la distribución del largo de las partículas de la RTM y, con ello, el posible riesgo de SARA (Krause y Oetzel, 2006).

Para prevenir los distintos tipos de acidosis, en conjunto con buenas prácticas de manejos como las mencionadas, suelen utilizarse variados aditivos alimentarios, los cuales incluyen antibióticos con efectos sistémicos o ruminales, probióticos y tampones y/o alcalinizantes dietarios diseñados para neutralizar las condiciones acidóticas en el rumen, dentro de los cuales el uso de NaHCO_3 se ha convertido en un procedimiento estándar en muchas partes del mundo (Paton, 2005).

2.7.1. Probióticos

Los probióticos básicamente son microorganismos vivos, como cultivos de bacterias y levaduras, que son agregados a la ración. Sus mecanismos de acción no están completamente comprendidos, sin embargo, se piensa que la presencia de bacterias productoras de lactato ayudaría a la adaptación de la microflora ruminal ante la presencia de ácido láctico, mientras que la presencia de bacterias utilizadoras de lactato, prevenirían la acumulación de lactato (Beauchemin *et al.*, 2003). Por otra parte, la respuesta productiva de las vacas lecheras ante el suministro de levaduras usualmente se relaciona con la estimulación de bacterias ruminales celulolíticas y/o utilizadoras de lactato, con un aumento en la digestión de la fibra y en el flujo de proteína microbiana desde el rumen dada la elevación del pH ruminal usualmente observado con el uso de levaduras (Beauchemin *et al.*, 2003; Noro y Sepúlveda, 2010).

En el caso específico de *Saccharomyces cerevisiae*, esta estimularía la utilización del lactato por *Megasphaera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*, lo cual reduciría la concentración del ácido láctico, aumentando el pH ruminal y favoreciendo el crecimiento de bacterias celulolíticas, la digestión de la fibra y la producción de AGV. Se ha visto que la suplementación con esta levadura, tanto *in vitro* como *in vivo*, frecuentemente resulta en un aumento en el número de bacterias anaeróbicas totales, de ciertas bacterias celulolíticas (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*) y de algunos hongos en particular, (*Neocallimastix frontalis*). *S. cerevisiae* vivas también podrían competir por glucosa con *Streptococcus bovis*, reduciendo su disponibilidad y la consecuente disminución de ácido láctico, limitando así la producción de lactato y regulando el pH ruminal (Calsamiglia *et al.*, 2012). *Aspergillus oryzae* también estimula el crecimiento de las bacterias utilizadoras de lactato, probablemente a través del mismo mecanismo de acción descrito para *S. cerevisiae*. Resultando complejo evaluar el impacto de cada uno de estos mecanismos en el equilibrio global del ácido láctico (Calsamiglia *et al.*, 2012).

Sin embargo, investigaciones documentadas muestran efectos variados ante la adición de ciertos probióticos. Por ejemplo, Nocek y Kautz (2006) demostraron que tres organismos diferentes (*Enterococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae*) administrados en 10^5 ufc/mL, reducen la acidez ruminal diurna y mejoran la digestión del ensilaje de maíz. Por otro lado, Beauchemin *et al.*, (2003) no encontraron efectos significativos sobre la digestión, parámetros sanguíneos, ni en la reducción de la presencia de SARA, al utilizar *Enterococcus faecium* y *Saccharomyces cerevisiae* en animales en *feedlot*.

2.7.2 Antibióticos

Se ha propuesto la utilización de antibióticos para la prevención de SARA, con el fin de controlar la producción de lactato principalmente por parte de *Streptococcus bovis* y *Lactobacillus spp.* Antibióticos como la virginiamicina, permitirían mejorar la degradabilidad de la fibra y regular el pH ruminal, disminuyendo así el riesgo de acidosis e incluso tienden a aumentar la producción lechera (Enemark, 2009; Espíndola, 2010).

Por otro lado, los ionóforos tales como monensina y lasalocid, son un tipo de antibiótico cuyo mecanismo de acción tiene que ver con la modificación del transporte de iones a

través de la pared celular de bacterias gram-positivas reduciendo su número. Esto permite cambiar los patrones de fermentación del rumen ya que, al reducir estas bacterias, disminuiría la producción de ácido acético y butírico y promovería el crecimiento de bacterias gram-negativas. Como consecuencia, aumenta la producción de ácido propiónico. Dichos antibióticos han demostrado aumentar la concentración de ácido propiónico y disminuir la concentración de ácido butírico y acético, sin alterar la concentración total de AGV (Novilla, 2012). A través de este mecanismo, se optimizan el metabolismo energético y nitrogenado, reduciendo el riesgo de timpanismo y acidosis láctica (Hutjens, 2007). Sin embargo, no parecen tener un efecto sobre vacas con SARA, es decir, cuando la reducción del pH ruminal es producto de un aumento de los AGV y no del lactato propiamente tal (Stone, 2004). En varios estudios realizados, no se ha logrado demostrar algún efecto de la suplementación de monensina a vacas con SARA sobre el pH ruminal. Por ejemplo Osborne *et al.*, (2004) demostraron que al administrar monensina a una mezcla de alimentos para vacas con SARA, inducida por granos, no se alteraron las características del pH ruminal, ni afectó la ingesta de MS, la producción ni la composición de la leche. Por otro lado Mutsvangwa *et al.*, (2002) tampoco evidenciaron un efecto sobre el pH ruminal al administrar monensina a vacas con SARA, por lo que el uso de estos compuestos para este fin parece ser incierto.

2.7.3 Tampones y Alcalinizantes

Los tampones y alcalinizantes dietarios no pueden eliminar las causas de SARA, pero sí pueden ayudar a manejar el problema. El tampón ideal debe ser soluble en agua y tener un valor de pKa próximo al pH fisiológico óptimo del LR. Mejorarían la fermentación ruminal al disminuir la duración de los periodos de pH ruminal menores a 6. El NaHCO_3 (pKa = 6,25) cumple con estos requisitos y, por ende, tal como se mencionó es el tampón más frecuentemente utilizado; mientras que los otros compuestos recomendados tales como sesquicarbonato de sodio, óxido de magnesio, carbonato de calcio, carbonato de potasio y bentonita de sodio, sólo tienen un efecto amortiguador limitado o nulo, aunque poseen un efecto alcalinizante o neutralizante (Krause y Oetzel, 2006; Enemark 2009; Espíndola, 2010).

Las soluciones amortiguadoras, particularmente NaHCO_3 , se han añadido a dietas para ganado lechero en un intento de disminuir la incidencia de SARA, y su uso ha sido estudiado extensivamente, pero los resultados de su efectividad no han sido consistentes. (Stone, 2004; Krause, 2008)

Un estudio muestra que la adición de 150 gramos diarios de NaHCO_3 a la ración de vacas en lactancia, produjo un efecto positivo en la producción de leche, el consumo de alimento y el porcentaje de grasa de la leche (Downer y Cummings, 1985). Sin embargo, Hu y Murphy (2005), resumieron 27 estudios publicados entre 1980 y 1999, donde se puede apreciar que, si bien una de las respuestas más comunes ante la suplementación de NaHCO_3 es un aumento en el pH ruminal, algunos estudios informan ausencia de respuestas al utilizar dietas que no estaban basadas en ensilaje de maíz y en otros incluso se han observado respuestas negativas (Paton, 2005; Rauch *et al.*, 2012).

La explicación de la variabilidad de respuestas de los distintos tampones y/o alcalinizantes, puede tener relación con que ellos actúan a diferentes niveles. Por ejemplo, algunos estudios señalan que el NaHCO_3 tampona a nivel del rumen y/o mejora el balance ácido-base, al incrementar la diferencia catión-anión dietario. En otros se sugiere que los efectos del carbonato de calcio y magnesio ocurren a nivel del abomaso, y en el intestino delgado y grueso (Rauch *et al.*, 2012). Además, cabe destacar que la respuesta a los tampones dependerá del tipo de forraje con el que se alimenta a los animales y su estructura física, pudiendo incluso algunos inactivarse con la acidez de los ensilajes. Otra desventaja a mencionar de estos tampones son que el tamaño de la partícula es muy pequeño, lo que dificulta el mezclado y la homogenización de la ración, particularmente en raciones con ingredientes de menor MS. De esta manera el consumo es inconsistente y las partículas se acumulan en el fondo del comedero (Krause y Oetzel, 2006). Otra importante desventaja es su baja palatabilidad, lo cual fue reportado por Keunen *et al.*, (2003) quienes demostraron que el NaHCO_3 , no fue seleccionado cuando se les dio como opción a vacas con SARA inducida, a pesar de que, en teoría, las vacas lecheras alteran su selección de dieta con el fin de atenuar la condición de SARA. A diferencia de otros estudios cuyos hallazgos sugieren que la incorporación de NaHCO_3 en un suplemento altamente palatable de libre disposición podría aumentar la ingesta de NaHCO_3 durante un episodio de SARA (Phy and Provenza 1998 a través de Krause, 2008)

Pese a esto, es ampliamente aceptado que el uso de tampones y/o alcalinizantes en sistemas de alimentación con altos niveles de concentrados y bajos niveles de fibra efectiva, resulta positivo para contrarrestar los efectos negativos de este tipo de dietas en la salud del rumen.

Frente a estos problemas, se han propuesto otros reguladores de pH más complejos y que permitirían minimizar los inconvenientes de los productos tradicionales. El producto Alka-lac+[®] (AGQ Nutrición, Madrid, España), es una mezcla de antiácidos y tampones activos con cinéticas variables, altamente palatable gracias a que los principios activos vienen cubiertos con una capa de melaza, permitiendo así su administración *ad libitum*, sin otorgar un sabor desagradable y/o con agresividad química. El uso de este tampón antiácido, neutraliza el exceso de AGV y aumenta el pH ruminal rápidamente, estabilizando al rumen en rangos adecuados para la mayor producción de energía, ayudando así a combatir el estrés por calor y previniendo a su vez las diversas consecuencias de acidosis mencionadas anteriormente (AGQ Nutrición, 2009).

El uso diario de Alka-lac+[®], en conjunto con adecuadas prácticas de alimentación, ayudaría a mantener un rumen eficiente, contribuyendo así a mejorar la salud y producción del rebaño. Sin embargo, aparte de los fundamentos teóricos y evidencias empíricas, no hay estudios disponibles que permitan evidenciar las ventajas del uso de este producto en Chile.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Hipótesis

Alka-lac+[®] reducirá las manifestaciones de acidosis ruminal en las vacas; esto se verá evidenciado por una mayor producción y contenido graso de la leche, en una mejora en el recuento de células somáticas y en un aumento en la consistencia de las heces.

3.2. Objetivo General

Evaluar el efecto de la suplementación con Alka-lac+[®] en la ración de vacas lecheras de alta producción sobre su rendimiento productivo.

3.3. Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto de Alka-lac+[®] sobre la producción de leche.
2. Evaluar la composición de la leche (grasa, proteína y relación grasa: proteína) en vacas tratadas y controles.
3. Determinar el contenido de células somáticas en leche de vacas tratadas y controles.
4. Comparar la consistencia de heces en vacas tratadas y controles.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Predio, animales y manejos

El estudio se llevó a cabo en una lechería comercial ubicada en la comuna de El Monte, provincia de Talagante, Región Metropolitana. El predio contaba con 400 vacas en ordeña de raza Holstein Friesian, que se mantenían en un sistema productivo en confinamiento permanente, con cubículos techados y cama de arena. Se realizaban dos ordeñas diarias y la producción lechera estandarizada era de 12.660 litros por lactancia. En cuanto al manejo alimentario, las raciones estaban formuladas de acuerdo a los estándares de “National Research Council” (NRC, 2001). Las vacas en lactancia recibían una ración única que se entregaba con un carro mezclador tres veces al día y constaba de insumos voluminosos como heno de alfalfa, ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz, suplementado con ingredientes concentrados como maíz grano húmedo, harinilla de trigo, harina de soya, poroto soya y orujo de cebada. Se agregaban aditivos como vitaminas A, D y E, sal, carbonato de calcio, mezcla de minerales, grasa protegida y un probiótico compuesto de tres cepas de *Enterococcus faecium*. Además se incluían 150 gr/vaca/día de NaHCO₃ como agente amortiguador.

La ración teórica contenía 15,8% de proteína cruda, 1,60 MCal ENI /Kg, 17,5% de fibra detergente ácida, 30,9% de fibra detergente neutra y 42,6% de CH no fibrosos.

4.2. Diseño experimental

4.2.1. Población en estudio y manejo alimentario

El ensayo tuvo una duración de dos meses y se inició con 130 vacas multíparas. De estas, se hicieron dos grupos de 65 vacas cada uno asignadas aleatoriamente, homogéneos en número de lactancia, producción y días en leche. Ambos grupos fueron ubicados en corrales adyacentes, fueron sometidos a los mismos manejos durante el tiempo que se realizaron las determinaciones y tuvieron libre acceso a agua fresca. Las vacas de uno de los grupos recibieron la ración estándar, incluyendo los 150 gr/vaca/día de NaHCO₃, mientras que el otro grupo recibió la misma ración estándar, pero el NaHCO₃ fue reemplazado por 150 gr/vaca/día de Alka-lac+[®], un tampón alcalinizante melazado (Alka-

lac+[®], AGQ Nutrición, Madrid España). Tanto el NaHCO₃ como el Alka-lac+[®], se entregaron como parte de la ración total mezclada.

4.2.2. Control tamaño de partículas

Semanalmente se evaluó el tamaño de partículas de las raciones totales mezcladas de cada uno de los grupos que se administraron durante el periodo de duración del ensayo. Esto se realizó utilizando un fraccionador de “Penn State”, basado en la pauta escrita por Heinrichs y Kononoff (2002).

4.3. Recolección de la información

Las variables evaluadas fueron producción de leche, grasa y proteína de la leche, relación grasa: proteína, puntaje del recuento de células somáticas (PRCS) y consistencia de las heces.

4.3.1. Muestras de leche

Durante los dos meses, se registró la producción de leche diaria para cada vaca del ensayo y, adicionalmente, cada 15 días se tomaron muestras de leche individuales. El procedimiento de la toma, identificación, conservación y transporte de las muestras fue realizado por personal de la Cooperativa Agrícola y Lechera Santiago (CAL) de acuerdo a las consideraciones de “National Mastitis Council” (NMC, 2004). Las muestras fueron enviadas al laboratorio del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) ubicado en el Centro regional de Investigación Carillanca para la determinación de proteína, grasa y RCS.

4.3.2. Consistencia de las heces

Cada 14 días se realizó una observación y evaluación de la consistencia de las heces a una muestra de 15 vacas de cada grupo, a través de una escala de consistencia desarrollada para la puntuación visual. Esta evaluación fue realizada siempre por la misma persona. La escala de consistencia de heces se basó en la pauta propuesta por Ireland-Perry y Stallings (1993) y consistió en una escala visual de cuatro grados con posiciones decimales intermedias.

Los grados de consistencia de las heces, consideraron: Características de la excreta, consistencia, aspecto visual y forma en que la deposición queda impactada en el suelo. En la tabla 3, se muestra la descripción de las cuatro categorías principales de consistencia de

las heces y, en la figura 1, ejemplos de imágenes de heces con cada una de dichas categorías.

TABLA 3. Escala de consistencia de heces.

Categoría	Concepto
Grado 1	Heces de consistencia muy líquida, que salpican profusamente al impacto, se extienden rápidamente y no generan ningún tipo de forma ni volumen.
Grado 2	Heces de escasa consistencia, pastosa o blanda. Tienden a amontonarse con forma expandida (deposición aplanada) y salpican moderadamente al impactar el suelo y asentarse.
Grado 3	Heces de apariencia blanda (papilla espesa; pastosa). Firme, pero no dura. Se mantiene amontonada pero se expande levemente al impacto y al ajuste. Suavemente redondeada, con una leve depresión en el centro.
Grado 4	Heces de apariencia seca, dura, cuya forma original no se deforma ni salpica al impacto.



Figura.1: Imágenes de heces con distintos grados de consistencia. I) Grado 1; II) Grado 2; III) Grado 3; IV) Grado 4.

4.4. Análisis de la información

4.4.1. Producción de leche, sólidos totales y recuento de células somáticas

La información fue analizada a través de análisis de varianza para medidas repetidas utilizando el procedimiento “Mixed” del programa estadístico SAS versión 9.2 (2003). El modelo incluía los efectos principales de tratamiento (control y tratado), número de la lactancia (2, ≥ 3), periodo de muestreo (7), número de días en lactancia (incluido como covariable), y la interacción entre tratamiento y periodo de muestreo. Para la producción de leche se utilizó el promedio de los siete días más cercanos al día de muestreo de leche. Adicionalmente, en un segundo modelo se incluyó el efecto de la producción de leche al inicio del ensayo, categorizada en dos grupos: Alta producción (≥ 42 litros) y baja producción (< 42 litros), y la interacción entre grupo de producción, tratamiento y periodo de muestreo.

Los datos de porcentaje de las variables grasa y proteína de la leche, fueron transformados al arco-seno de la raíz cuadrada, de acuerdo a la fórmula propuesta por Bliss (1938). El RCS, fue transformado a puntaje lineal (puntaje de recuento de células somáticas) utilizando la fórmula $\text{Log}_2(\text{RCS}/100)+3$, según el método de Dabdoub y Shook (1984).

4.4.2. Consistencia de heces

La evaluación de la consistencia de heces, que es una variable discreta, se hizo a través de la prueba de Kruskal-Wallis, utilizando el procedimiento “Npar1way” del programa estadístico SAS (2003).

En ambos análisis, las diferencias significativas se consideraron con un valor $p < 0,05$ y las tendencias $0,05 < p < 0,1$.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información de cinco vacas del grupo suplementado con Alka-lac[®] y tres vacas del grupo suplementado con NaHCO₃ no fue incluida en los análisis ya que estas vacas se secaron prematuramente por enfermedad, o porque presentaron mastitis crónica.

5.1. Producción de leche

En ambos grupos se observó un descenso progresivo similar en la producción de leche desde aproximadamente 40,7 lt/vaca/día al inicio del ensayo, hasta aproximadamente 33,5 lt/vaca/día en la octava semana (Figura 2).

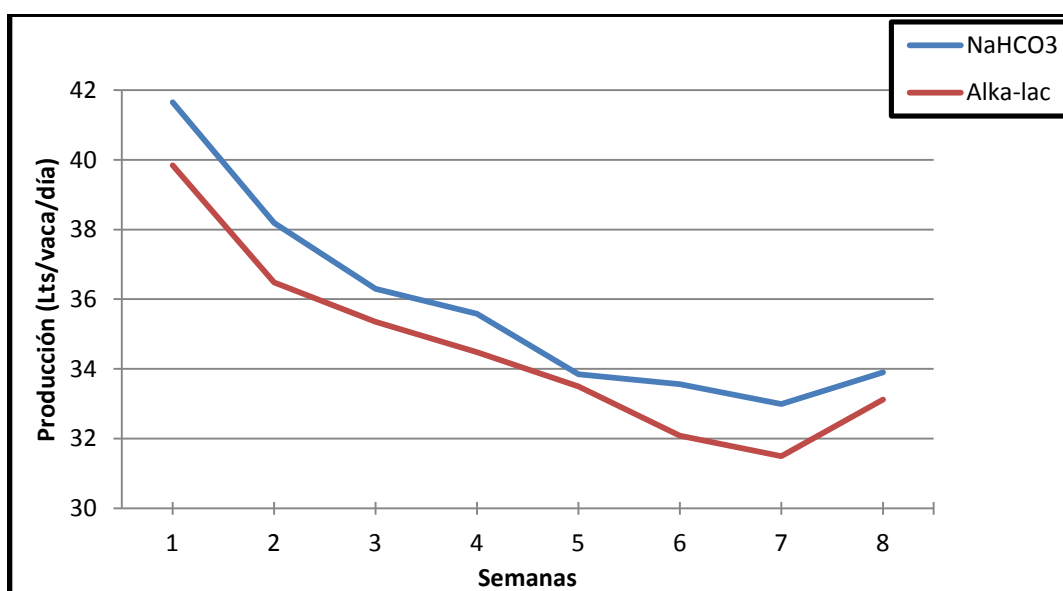


Figura 2. Promedios de mínimos cuadrados de producción de leche diaria para vacas en que se incluyó Alka-lac[®] en la ración y vacas controles cuya ración contenía NaHCO₃.

La producción de leche del grupo suplementado con Alka-lac[®] no fue significativamente diferente a la producción del grupo suplementado con NaHCO₃, en ninguno de los ocho controles semanales.

El mismo comportamiento se observó al categorizar los grupos en alta y baja producción al inicio del ensayo (Figura 3), y tampoco se encontraron diferencias significativas - en ninguno de estos dos niveles - entre el grupo suplementado con NaHCO₃ y el grupo suplementado con Alka-lac[®].

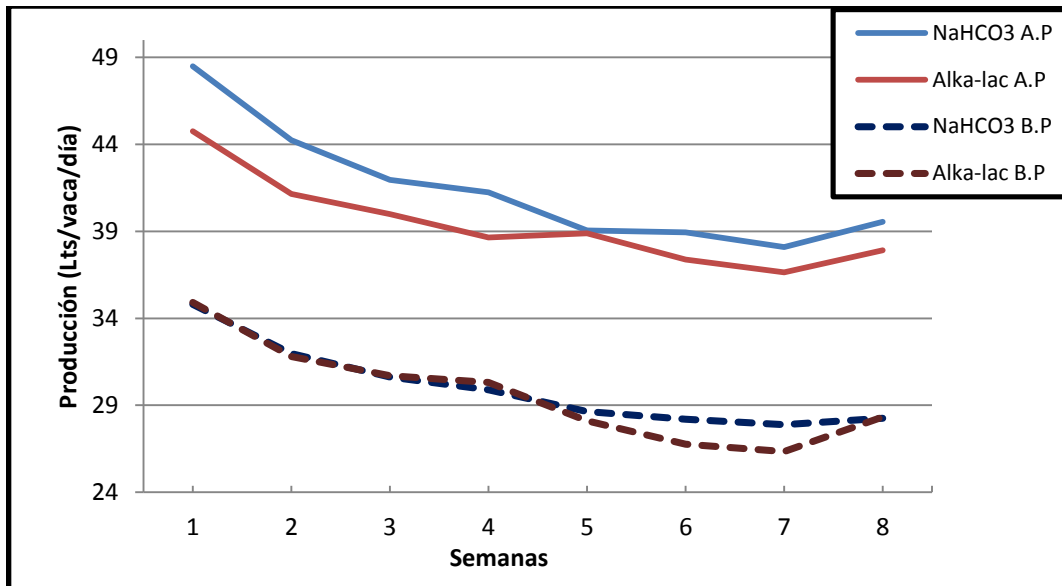


Figura 3. Promedios de mínimos cuadrados de producción de leche diaria para vacas de alta producción y para vacas de baja producción al inicio del ensayo, en que se incluyó Alka-lac[®] en la ración y vacas controles cuya ración contenía NaHCO₃. NaHCO₃ A.P: Vacas de alta producción suplementadas con NaHCO₃; Alka-lac A.P: Vacas de alta producción suplementadas con Alka-lac[®]; NaHCO₃ B.P: Vacas de baja producción suplementadas con NaHCO₃; Alka-lac B.P: Vacas de baja producción suplementadas con Alka-lac[®].

El descenso en la producción fue causado, en gran parte, por una decisión administrativa del predio ocurrida en el periodo del inicio del ensayo en que, por razones económicas, se decidió bajar el número de ordeñas diarias de tres a dos. Esto fue posteriormente, acompañado de una disminución en el aporte de alimento a las vacas. Este descenso también puede ser atribuido al avance en días en leche (DEL) que mostraban las vacas en la medida que transcurría el ensayo (Brody *et al.*, 1992). Es así que el promedio de DEL al inicio del ensayo era de 160 días y al final era de 205 días. Según datos históricos de las curvas de leche del propio predio, el descenso en producción en ese periodo es de 5,1 litros para vacas de segundo parto y de 7,3 litros para vacas de tercera lactancia y superiores. De las 122 vacas incluidas en el ensayo 68,85% eran de segunda a tercera lactancia y 31,15%

de cuarta o más lactancias, lo que explica en gran parte el descenso en la producción observado durante el ensayo.

5.2. Sólidos Totales en leche

5.2.1. Proteína de la leche

En ambos grupos se observó un aumento del contenido de proteína en la leche, en la medida que el ensayo avanzaba. Al inicio del ensayo el grupo suplementado con NaHCO_3 promediaba 3,19% de proteína cruda, y el grupo suplementado con Alka-lac+[®] 3,22%. Al finalizar el ensayo, ambos grupos terminaron con valores similares que entre ellos promediaron 3,26% de proteína cruda (Figura 4).

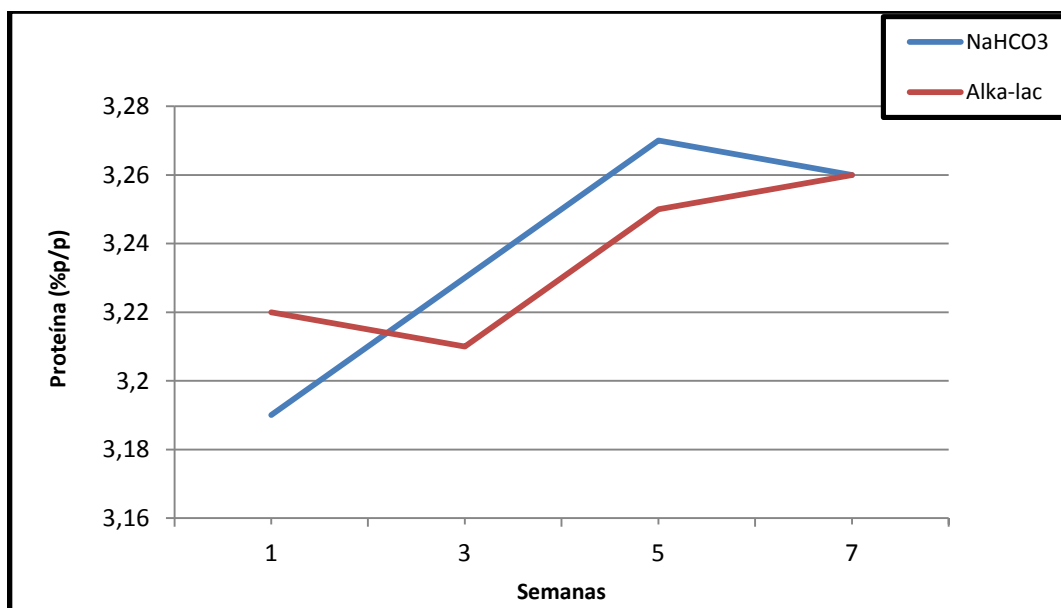


Figura 4. Promedios de mínimos cuadrados de proteína de la leche para vacas en que se incluyó Alka-lac+[®] en la ración y vacas controles cuya ración contenía NaHCO_3 .

No se encontraron diferencias significativas en ninguno de los controles realizados entre el grupo de vacas suplementadas con Alka-lac+[®] y el grupo de vacas suplementadas con NaHCO_3 .

Al discriminar los grupos por la categoría de producción, se observó que los valores de proteína en las dos categorías (y en los dos grupos), también aumentaron a través de los

controles realizados, sin embargo, este fue menos pronunciado que el aumento observado en los grupos sin la categorización por producción. También se observó que las vacas de baja producción, presentaron valores más elevados que las vacas de alta producción, promediando 3,4% y 3,1% de proteína cruda respectivamente (Figura 5).

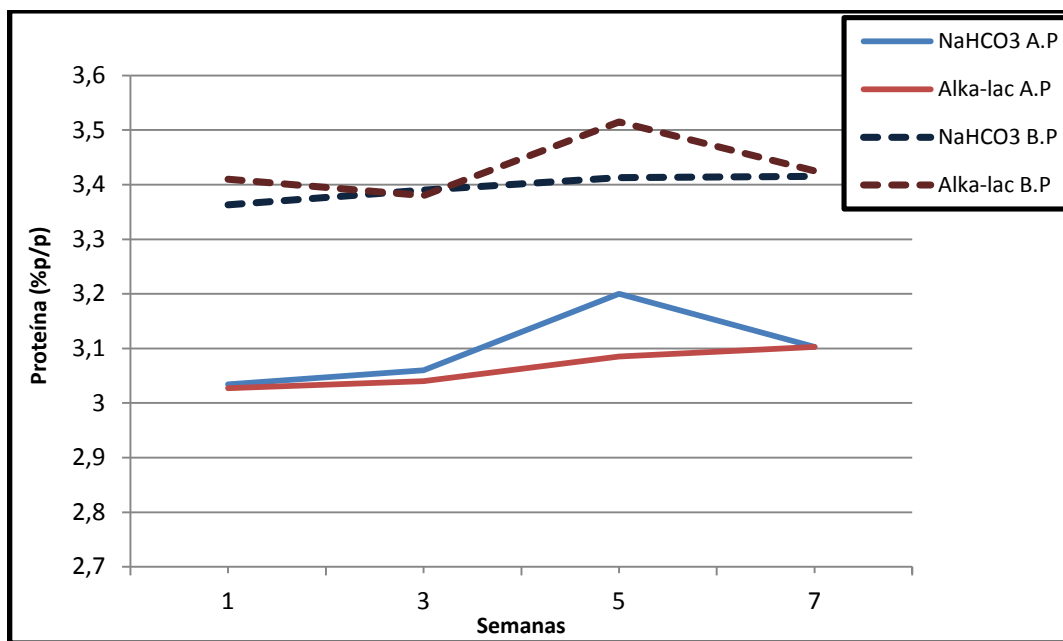


Figura 5. Promedios de mínimos cuadrados de proteína de la leche para vacas de alta producción y para vacas de baja producción al inicio del ensayo, en que se incluyó Alka-lac[®] en la ración y vacas controles cuya ración contenía NaHCO₃. NaHCO₃ A.P: Vacas de alta producción suplementadas con NaHCO₃; Alka-lac A.P: Vacas de alta producción suplementadas con Alka-lac[®]; NaHCO₃ B.P: Vacas de baja producción suplementadas con NaHCO₃; Alka-lac B.P: Vacas de baja producción suplementadas con Alka-lac[®].

La diferencia presentada entre las categoría de producción fue altamente significativa ($p < 0,0001$), pero no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los grupos en ninguna de las dos categorías.

5.2.2. Grasa de la leche

El grupo suplementado con Alka-lac[®] presentó un aumento al comparar su valor al inicio del ensayo (3,1%) con su valor al final del ensayo (3,4%), sin embargo, el comportamiento a lo largo del desarrollo del ensayo no siguió una tendencia clara. Por el otro lado, el grupo

suplementado con NaHCO_3 se mantuvo más o menos constante, presentando valores, cercanos a 3,2% durante todo el desarrollo del ensayo (Figura 6).

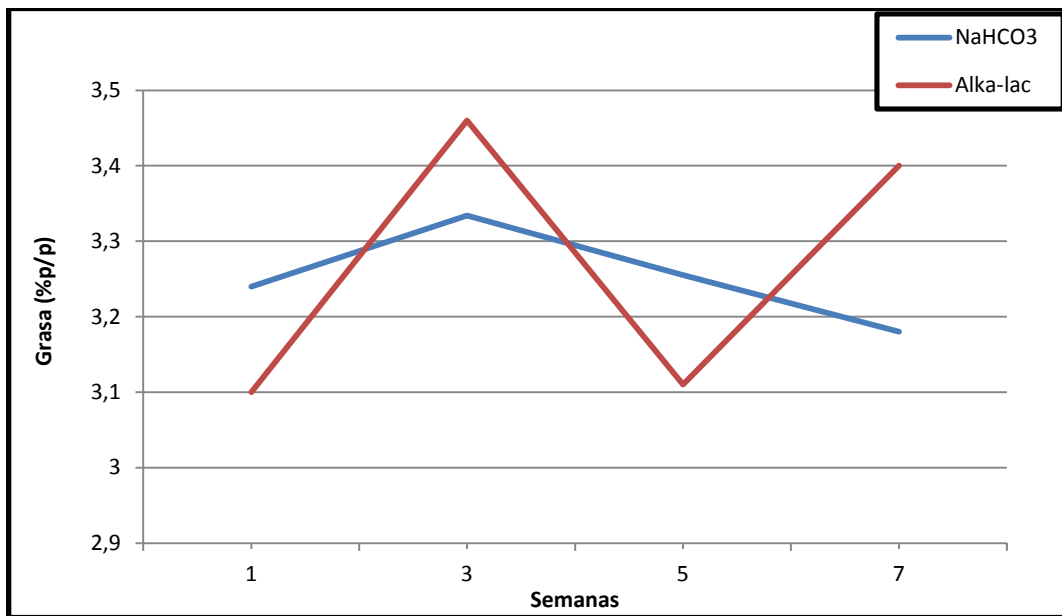


Figura 6. Promedios de mínimos cuadrados de grasa de la leche para vacas en que se incluyó Alka-lac+[®] en la ración y vacas controles cuya ración contenía NaHCO_3 .

No se observaron diferencias significativas en ninguno de los controles realizados durante el ensayo. Cabe destacar que el comportamiento observado de los valores de la grasa láctea de las vacas del grupo suplementado con Alka-lac+[®], se encuentran dentro de los márgenes normales de las variaciones diarias que se presentan en las curvas de porcentaje de grasa¹.

Al categorizar por producción de leche, en ambos niveles se observa un comportamiento similar en el porcentaje de grasa láctea, al que tuvieron los grupos sin categorizar (Figura 7).

¹ Thomas Jenkins (2014). Clemson University. Comunicación personal.

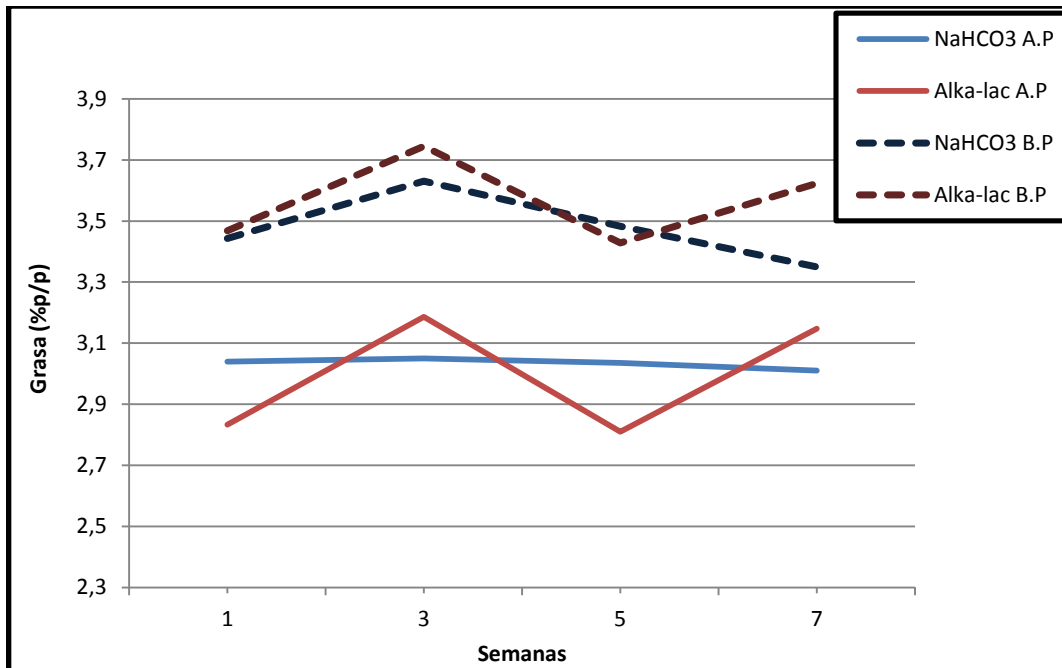


Figura 7. Promedios de mínimos cuadrados de grasa de la leche para vacas de alta producción y para vacas de baja producción al inicio del ensayo, en que se incluyó Alka-lac[®] en la ración y vacas controles cuya ración contenía NaHCO₃. NaHCO₃ A.P: Vacas de alta producción suplementadas con NaHCO₃; Alka-lac A.P: Vacas de alta producción suplementadas con Alka-lac[®]; NaHCO₃ B.P: Vacas de baja producción suplementadas con NaHCO₃; Alka-lac B.P: Vacas de baja producción suplementadas con Alka-lac[®].

Los valores de materia grasa en la categoría de alta producción son significativamente menores a los del grupo de baja producción ($p < 0,0001$), mientras que, entre los dos grupos de ambas categorías, no se encontraron diferencias significativas.

El alza visualizada a través del tiempo, tanto en la proteína como en la grasa de la leche, podrían ser explicada por un efecto de dilución causado por la disminución de la producción lechera mencionada en el punto anterior. Las gráficas del contenido de proteína de la leche, muestran una relación inversa con la gráfica de la producción lechera diaria, lo cual coincide con el comportamiento habitual de la forma de la curva de la producción de leche y su contenido durante la lactancia descrito en la literatura. Sin embargo, esta forma estándar de las curvas de grasa y proteína no se ha presentado en todos los estudios realizados, presentando algunos, una forma decreciente continua (Silvestre *et al.*, 2009).

La literatura muestra que existe discrepancia sobre los efectos que SARA tiene en el porcentaje de grasa y proteína de la leche. Tal como se mencionó anteriormente, Stone (1999) observó que SARA reducía tanto la producción de grasa como la producción de proteína de la leche en 0,3% y 0,12%, respectivamente. Sin embargo, otros estudios señalaron que, en SARA inducida experimentalmente, se reducía el porcentaje de grasa láctea pero aumentaba el porcentaje de proteína láctea (Plaizer *et al.*, 2008). Incluso, en otros ensayos no se observaron cambios en el contenido de grasa de la leche (Gozho *et al.*, 2007). Se ha sugerido que la respuesta inconsistente en la grasa de la leche en SARA inducida experimentalmente, puede estar relacionada a la duración de los episodios de SARA, ya que ante episodios cortos, es improbable que se produzca un efecto en el contenido de la grasa de la leche. Adicionalmente, la severidad de la depresión observada podría ser afectada por el contenido de la grasa de la leche de las vacas previo a la inducción de SARA (Gozho *et al.*, 2007; Plaizer *et al.*, 2008) y existen otros factores que podrían estar afectando el riesgo de depresión de grasa láctea tales como la presencia de levaduras y hongos en el alimento, características físicas y químicas del alimento, manejos inadecuados (relacionados por ejemplo con densidad animal, características del comedero, tiempo de mezcla del alimento), ácidos grasos insaturados en la ración, número ordinal de parto, estado de lactancia en las vacas, entre otros.²

5.2.3. Relación grasa: proteína

Ambos grupos presentaron valores similares, los cuales se mantuvieron más menos constantes a lo largo del desarrollo del ensayo, promediando entre ambos 1,01. Sin embargo, el grupo suplementado con NaHCO₃ tendió a disminuir levemente, mientras que el grupo suplementado con Alka-lac+[®] presentó valores inconsistentes (Figura 8).

² Thomas Jenkins (2014). Clemson University. Comunicación personal.

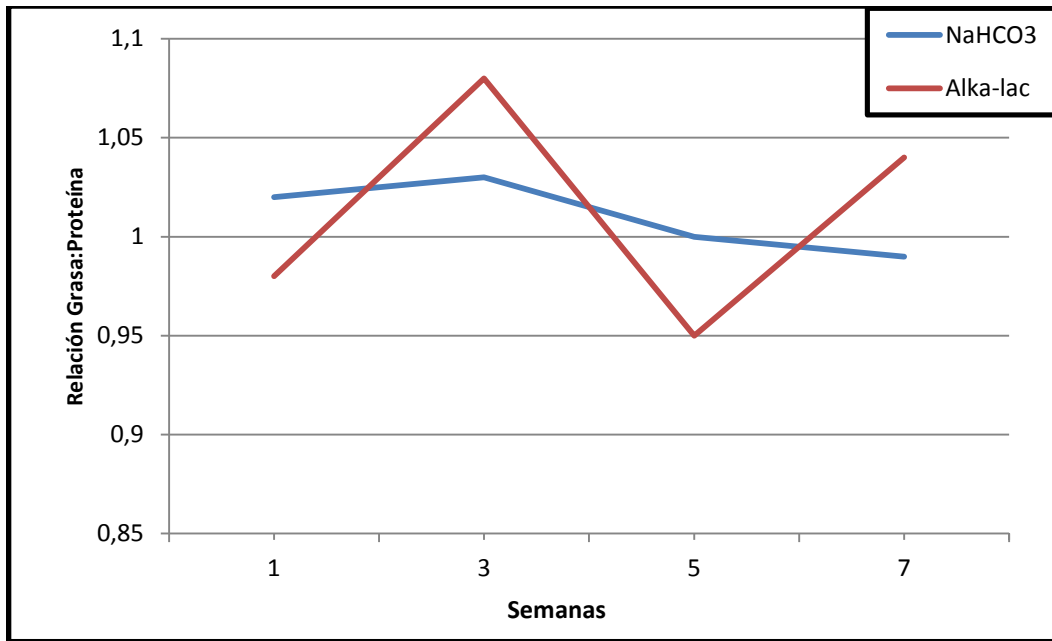


Figura 8. Promedios de mínimos cuadrados de relación grasa: proteína para vacas en que se incluyó Alka-lac[®] en la ración y vacas controles cuya ración contenía NaHCO₃.

No se presentaron diferencias significativas entre los dos grupos en ninguna de las evaluaciones realizadas en el ensayo.

Al discriminar los grupos por la categoría de producción, se observó que tanto la categoría de alta producción como la de baja producción siguieron el mismo comportamiento que los grupos sin categorizar. Los grupos de la categoría de alta producción presentaron valores más bajos que los grupos de la categoría de baja producción, promediando 0,99 y 1,04 respectivamente (Figura 9).

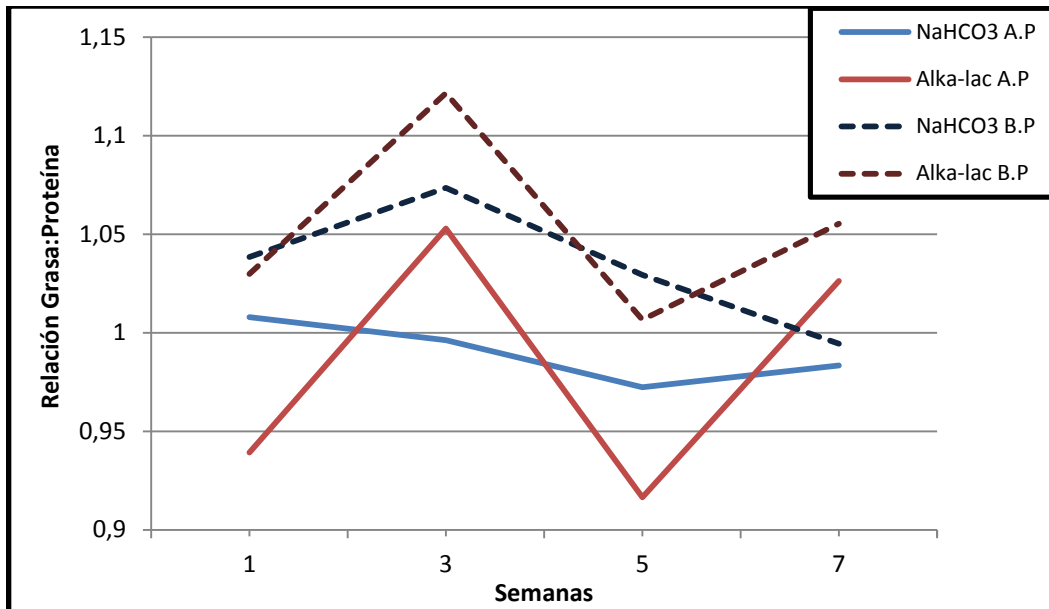


Figura 9. Promedios de mínimos cuadrados de relación grasa: proteína de la leche para vacas de alta producción y para vacas de baja producción al inicio del ensayo, en que se incluyó Alka-lac[®] en la ración y vacas controles cuya ración contenía NaHCO₃. NaHCO₃ A.P: Vacas de alta producción suplementadas con NaHCO₃; Alka-lac A.P: Vacas de alta producción suplementadas con Alka-lac[®]; NaHCO₃ B.P: Vacas de baja producción suplementadas con NaHCO₃; Alka-lac B.P: Vacas de baja producción suplementadas con Alka-lac[®].

Tampoco se observaron diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las dos categorías, sin embargo, la diferencia presentada entre las categoría de alta y baja producción fue significativa ($p < 0,02$).

Tal como se mencionó, se considera que una relación grasa: proteína menor a uno en el rebaño es indicativo de riesgo de SARA (Muralitha *et al.*, 2011) por lo que, en este caso, la categoría de alta producción tenía un mayor riesgo. Sin embargo, las diferencias entre las dos categorías fueron mínimas, es decir, se infiere que ninguna de las dos categorías realmente presenta un riesgo importante.

A pesar de que este indicador es utilizado debido a que se estima que la inversión de la relación grasa: proteína refleja de mejor manera la depresión de la grasa de la leche que el

porcentaje de grasa de la leche por sí solo, algunos autores consideran que utilizarlo como diagnóstico de la depresión de la grasa láctea, específicamente de SARA, probablemente conduzca a un error diagnóstico ya que la síntesis de grasa láctea y la síntesis de la proteína de la leche son procesos fisiológicamente separados y, por lo demás, se desconoce el efecto de SARA sobre el porcentaje de proteína de la leche (Oetzel, 2007).

5.3. Recuento de células somáticas

En general los RCS de ambos grupos se mantuvieron relativamente estables, sin superar las 200.000 cel/mL, lo que podría indicar que, en este predio, se tiene implementada una buena rutina de ordeño y prácticas de manejo de ordeño adecuadas. Durante el transcurso del ensayo, ambos grupos presentaron un aumento en el RCS, promediando entre ambas al iniciar el ensayo, un valor de 97.000 cel/mL y, al finalizar 138.000 cel/mL (Figura 10).

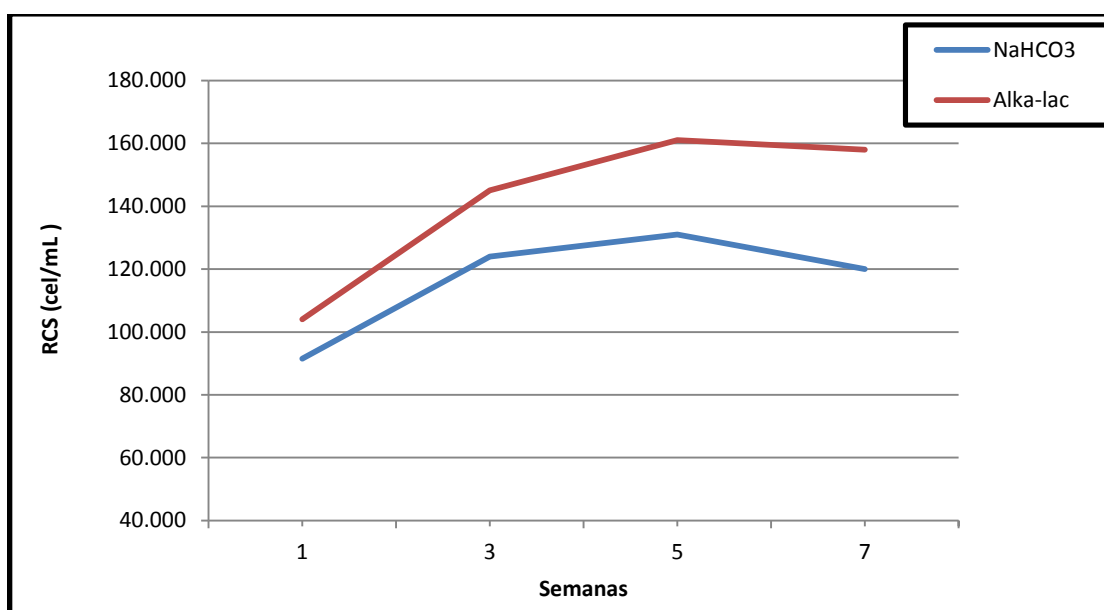


Figura 10. Promedios de mínimos cuadrados del recuento de células somáticas para vacas en que se incluyó Alka-lac[®] en la ración y vacas controles cuya ración contenía NaHCO₃.

Según el análisis de varianza, ninguna de las diferencias visualizadas en los cuatro controles, fue estadísticamente significativa.

Al separar los grupos por categorías de producción al inicio del ensayo, se observó una tendencia similar, salvo en el grupo de baja producción suplementado con NaHCO₃ donde

los valores del RCS disminuyeron levemente a partir de la tercera semana, pero sin presentar diferencias significativas con los otros grupos (Figura 11).

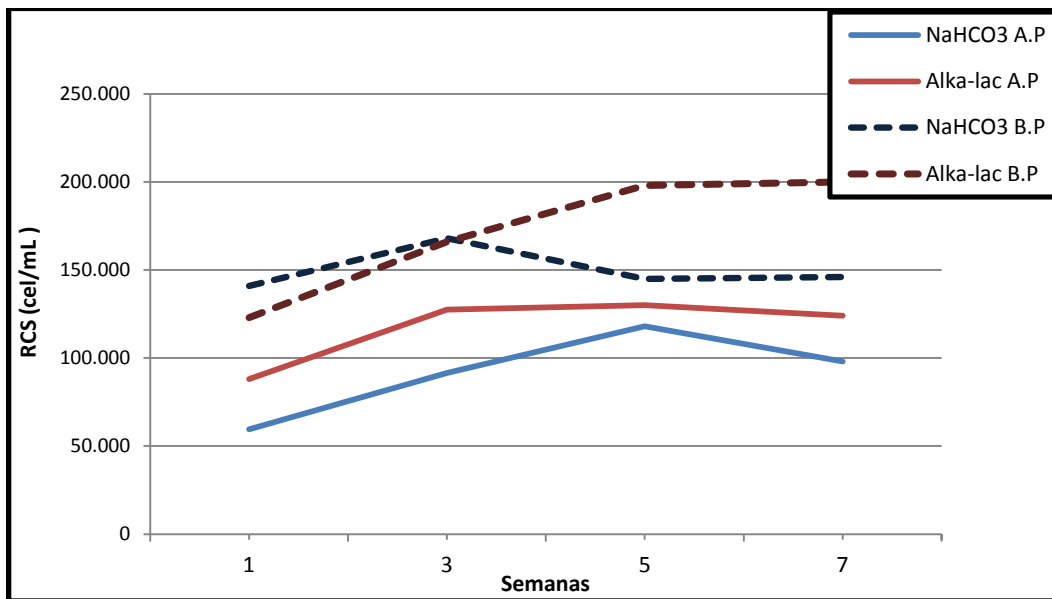


Figura 11. Promedios de mínimos cuadrados del recuento de células somáticas en leche para vacas de alta producción y para vacas de baja producción al inicio del ensayo, en que se incluyó Alka-lac[®] en la ración y vacas controles cuya ración contenía NaHCO₃. NaHCO₃ A.P: Vacas de alta producción suplementadas con NaHCO₃; Alka-lac A.P: Vacas de alta producción suplementadas con Alka-lac[®]; NaHCO₃ B.P: Vacas de baja producción suplementadas con NaHCO₃; Alka-lac B.P: Vacas de baja producción suplementadas con Alka-lac[®].

Se presentó un RCS más elevado en la categoría de baja producción que en la de alta producción, probablemente por el efecto de dilución mencionado anteriormente. Respecto al efecto del tratamiento, los valores de RCS no fueron significativamente diferentes entre ambos grupos experimentales en ninguno de los controles realizados; esto tanto dentro de la categoría de alta producción como la de baja producción. Por lo tanto, el RCS, no se relacionó significativamente con el tratamiento realizado.

En diversas publicaciones se sugiere que al aumentar la producción lechera en un ganado lechero sin infección intramamaria, el RCS se diluye, aun cuando el efecto de dilución no ha sido cuantificado (Hand *et al.*, 2012). En contraste, en un estudio realizado por Boland *et*

al., (2013) no se reportaron evidencias de un efecto de dilución en el RCS ante el aumento de la producción de leche. En este, se observó que el promedio de las pérdidas de la producción lechera aumentó significativamente en asociación con el aumento del RCS y con el incremento de determinadas paridades en el ganado irlandés, lo cual coincide con los resultados de otros autores. Sus hallazgos también sugieren que vacas con un mayor rendimiento lechero exhiben mayores pérdidas de leche con el aumento del RCS, en comparación con las vacas de menor rendimiento (Hand *et al.*, 2012; Boland *et al.*, 2013).

En un estudio realizado en la Zona Central y Sur de Chile por Pedraza *et al.*, (2000) se demostró que tanto el volumen como la composición de la leche son afectados negativamente, en diferentes magnitudes, según se incrementa el RCS. Estos resultados coinciden con lo reportado por la literatura extranjera, las cuales han determinado correlaciones negativas y significativas entre sólidos totales y RCS. Adicionalmente, se ha demostrado que con un bajo RCS, la disminución del contenido graso de la leche es menor y que, por otra parte, usualmente el contenido proteico de la leche no es afectado por RCS menores a 10^6 cel mL¹ aproximadamente (Pedraza *et al.*, 2000; Lindmark *et al.*, 2006).

5.4. Consistencia de las heces

La consistencia de las heces en ambos grupos se mantuvo relativamente constante a lo largo del ensayo. En general las heces del grupo suplementado con Alka-lac+[®] se observaron más consistentes que las del grupo suplementado con NaHCO₃. Las medianas del puntaje del grupo suplementado con Alka-lac+[®] promediaron 2,7 y las del grupo suplementado con NaHCO₃, 2,4 (Figura 12).

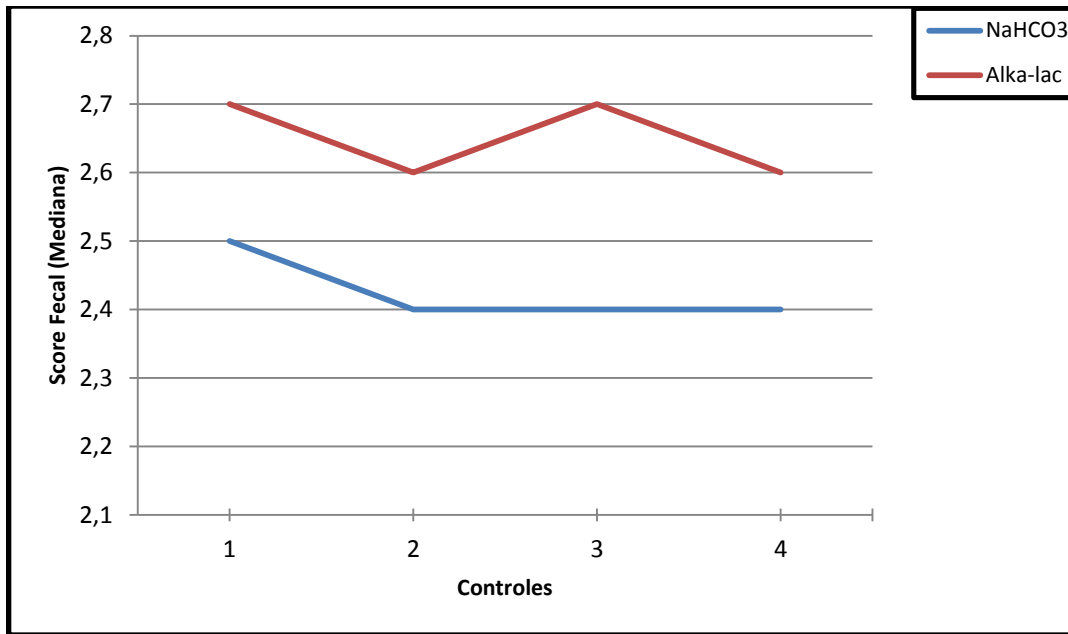


Figura 12. Medianas corregidas del puntaje de heces para vacas en que se incluyó Alka-lac[®] en la ración y en vacas control cuya ración contenía NaHCO₃.

Pese a las diferencias visualizadas, en el análisis no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los cuatro controles realizados. Si bien la calificación de consistencia de las heces no es una medición objetiva, esta herramienta contribuye a la comprensión del problema existente.

Tomando en cuenta el hecho de que las bondades de los tampones se manifiestan más claramente en rebaños de alta producción y, por lo tanto, de alto riesgo de SARA, la intención original fue probar este producto en este tipo de rebaños. Sin embargo, los cambios en el manejo por decisiones administrativas de la lechería y, por ende, en la producción del rebaño, hicieron que este ensayo se llevara a cabo en un rebaño de producción moderada, es decir, con bajo riesgo de acidosis y por un periodo menor de tiempo, ya que no se incluyó la información generada mientras las vacas se adaptaban a la nueva ración y manejos.

Idealmente el diagnóstico de SARA se realiza a nivel poblacional e implica la evaluación de la ingesta de alimento, y los registros de producción de leche del rebaño, así como las mediciones de pH ruminal de algunos animales, siendo este último la única herramienta diagnóstica diferencial disponible (Plaizer *et al.*, 2006). Sin embargo, se tomó la decisión

de no medir el pH ruminal de ninguna de las vacas, lo cual obedeció a la necesidad de interferir lo menos posible en el manejo de las vacas por tratarse de una lechería comercial y porque la técnica de muestreo de animales no canulados en rumen, no garantiza la toma de muestras adecuadas y representativas, generando un estrés evitable a las vacas usadas en el estudio.

Una condición de SARA mantenido en el tiempo puede provocar diversos signos inespecíficos en el rebaño, tales como disminución del consumo de MS, disminución en la producción de leche y grasa de la leche, diarrea, mayor incidencia de laminitis y abscesos, entre otros. Ante la imposibilidad de evaluar tantas variables a una muestra significativa de las vacas de cada grupo, se decidió evaluar la evolución de algunos de los parámetros que suelen tener alta correlación con los cuadros de acidosis, como es el caso del contenido de grasa en la leche, la producción de leche y la consistencia de las heces (Plaizer *et al.*, 2008; Zebeli *et al.*, 2010).

Para futuros ensayos, sería interesante evaluar el porcentaje de vacas rumiando y el consumo total individual en las diferentes dietas, mediante la diferencia entre lo entregado y lo rechazado expresado en kilos de MS ya que se ha demostrado que existe una disminución del consumo en animales afectados por SARA (Azizi *et al.*, 2009; DeVries *et al.*, 2009).

También podría haber sido útil determinar si existe una correlación entre peNDF obtenido a través del fraccionador de “Penn State” y el contenido de grasa de la leche. Caccamo *et al.*, (2014) evaluaron la asociación de las fracciones de partículas de TMR retenidas en el fraccionador de “Penn State” con las curvas de lactancia de producción, grasa y proteína de la leche. En este estudio, la distribución de tamaño de partículas de TMR fue asociado con un leve, pero significativo efecto en la producción de la proteína de la leche ($p < 0,05$), pero sólo se observaron efectos mínimos en la producción y grasa de la leche.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se puede indicar que, bajo las condiciones en las que se realizó el ensayo, es decir, con vacas de moderada producción y con una dieta con bajos niveles de concentrados y altos niveles de peNDF, en primavera y, en general, bajo buenos manejos, no se observan diferencias entre el tratamiento con Alkalac+[®] y el tratamiento con NaHCO₃. Sin embargo, en un estudio realizado en Colombia se

demostró que el uso continuado de Alka-lac+[®] en un grupo de vacas lecheras de alta producción, permitió aumentar el porcentaje de grasa a nivel del estanco de leche (Gago de Santos, 2010). Las diferencias de los resultados podrían ser explicado por distintos factores, tales como el diseño metodológico, el nivel de producción de los animales, los manejos realizados y el tipo de clima, entre otros. Por lo tanto, es posible que efectivamente se observen resultados en condiciones de alta producción y/o en situaciones de mayor estrés como verano, dietas con un alto nivel de CH rápidamente fermentables y menos fibra, manejo deficientes, entre otros. Sin embargo, se requieren estudios adicionales controlados para clarificar qué sucede realmente bajo estas condiciones específicas.

6. CONCLUSIONES

- No se presentaron diferencias en la producción de leche entre las vacas del grupo suplementado con Alka-lac+[®] y el grupo control suplementado con NaHCO₃.
- En el caso de la grasa láctea, a pesar de que se observaron comportamientos diferentes entre ambos grupos -donde el grupo suplementado con Alka-lac+[®] no tuvo una tendencia clara y el grupo control disminuyó a través del tiempo-, no se observaron diferencias significativas.
- El contenido de proteína en leche de ambos grupos fue similar y presentó una relación inversa con la producción lechera diaria.
- No se observaron diferencias entre los tratamientos evaluados sobre el PRCS en leche y, en general, los RCS no sobrepasaron las 200.000 cel/mL, indicando una buena implementación de rutina de ordeño y prácticas de manejo de ordeño adecuadas en el predio.
- Al categorizar los grupos por producción al inicio del ensayo en cada uno de los parámetros evaluados, el comportamiento de las curvas obtenidas en ambas categorías muestran un comportamiento similar al de las curvas sin categorizar, no encontrándose diferencias entre los grupos en ninguna de las dos categorías.
- A pesar de que se observó que las heces de las vacas tratadas con Alka-lac+[®] poseían una mejor consistencia que las heces de las vacas del grupo control, no se observaron diferencias significativas entre los dos tratamientos bajo las condiciones evaluadas.
- Se requiere estudios adicionales para evaluar la diferencia de dichos tratamientos bajo condiciones de mayor estrés productivo.

BIBLIOGRAFÍA

- **AGQ NUTRICIÓN.** 2009. Alka-lac+® [en línea].
<<http://www.agqsl.com/content/view/16/lang,es/>> [consulta : 11-01- 2013].
- **AZIZI, O.; KAUFMANN, O.; HASSELMANN, L.** 2009. Relationship between feeding behaviour and feed intake of dairy cows depending on their parity and milk yield. *Livest. Sci.* 122: 156–161.
- **BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M.** 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Ann. Rev. Nutr.* 23: 203–327.
- **BEAUCHEMIN, K.A.; YANG, W.Z.; MORGAVI, D.P.; GHORBANI, G.R.; KAUTZ, W.** 2003. Effects of bacterial direct-fed microbials and yeast on site and extent of digestion, blood chemistry, and subclinical rumen acidosis in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 81: 1628–1640.
- **BLISS, C.I.** 1938. The transformation of percentages for use in the analysis of variance. *Ohio J. Sci.* 38: 9-12.
- **BOLAND, F.; O'GRADY, L.; MORE, S.J.** 2013. Investigating a dilution effect between somatic cell count and milk yield and estimating milk production losses in Irish dairy cattle. *J.Dairy Sci.* 96:1477-1484.
- **BRODY, S.; RAGSDALE, A.C.; TURNER, C.W.** 1992. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. *J. Gen. Physiol.* 5:441–444.
- **CACCAMO, M.; FERGUSON, J.D.; VEERKAMP, R.F.; SCHADT, I.; PETRIGLIERI, R.; AZZARO, G.; POZZEBON, A.; LICITRA, G.** 2014. Association of total mixed ration particle fractions retained on the Penn State Particle Separator with milk, fat, and protein yield lactation curves at the cow level. *J. Dairy Sci.* 97: 2502–2511.
- **CALSAMIGLIA, S.; BLANCH, M.; FERRET, A.; MOYA, D.** 2012. Is subacute ruminal acidosis a pH related problem? Causes and tools for its control. *Anim. Feed Sci. Technol.* 172 : 42–50.
- **CONSORCIO LECHERO.** 2010. Estrategia de desarrollo competitivo del sector lácteo chileno 2010_2020. [en línea]. <<http://www.consorcirolechero.cl/chile/docs/Estrategia-Desarrollo-Sectorial-2010-2020.pdf>> [consulta : 09-01- 2013].
- **CONTRERAS, P.A.** 2010. Ambiente ruminal y microorganismos. **In:** Contreras, P.A.; Noro, M. *Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa.* 3ª ed. Consorcio lechero. Chile. pp. 13-24.
- **DABDOUB, S.M.; SHOOK, G. E.** 1984. Phenotypic relations among milk yield, somatic cell count and clinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 67:163–164.

- **DEVRIES, T. J.; BEAUCHEMIN, K. A.; DOHME, F.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.** 2009. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feeding, ruminating, and lying behavior. *J. Dairy Sci.* 92: 5067–5078.
- **DIRKSEN G., H.G. LIEBICH, W. MAYER.** 1985. Adaptive changes of the ruminal mucosa and their function and clinical significance. *Bovine Pr.* 20: 116–120.
- **DUFFIELD, T.; PLAIZIER, J.C.; BAGG, R.; VESSIE, G.; DICK, P.; WILSON, J.; ARAMINI, J.; MCBRIDE, B.W.** 2004. Comparison of techniques for measurement of rumen pH in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 59–66.
- **DOWNER, J.V.; CUMMINGS, K.R.** 1985. A ten year review of lactation study. *J. Dairy Sci.* 68: 191–201.
- **ENEMARK, J.** 2009. The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. *Vet. J.* 176: 32-43.
- **ESPÍNDOLA, M.S.** 2010. Alternativas que permiten modificar la fermentación ruminal en vacas lecheras. **In:** Contreras, P.A.; Noro, M. *Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa.* 3ª Ed. Consorcio lechero. Chile. pp. 119-126.
- **HAND, K. J.; GODKIN, A.; KELTON, D. F.** 2012. Milk production and somatic cell counts: A cow-level analysis. *J. Dairy Sci.* 95:1358–1362.
- **HUTJENS, M.F.** 2007. Feed Additives - the good, the bad, and the useless. *Adv. Dairy Technol.* 19: 87-101
- **GAGO DE SANTOS, A.** 2010. Efectos de Alka-lac sobre el % de grasa en el tanque de leche. Cundinamarca, Colombia. AGQ Nutrition. Madrid, España. 6pp.
- **GONZÁLEZ, L.A.; MANTECA, X.; CALSAMIGLIA, S.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.S.; FERRET, A.** 2012. Ruminal acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). *Anim. Feed Sci. Techn.* 172: 66–79.
- **GOZHO, G.N.; KRAUSE, D.O.; PLAIZIER, J.C.** 2007. Ruminal lipopolysaccharide concentration and inflammatory response during grain induced subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J Dairy Sci.* 90: 856–866.
- **HEINRICHS, J.; KONONOFF, P.** 2002. Evaluating particle size of forages and TMR using the new Penn State Forage Particle Separator. *Ag. Sci. PSU.* Pennsylvania, USA. 16 pp.
- **HU, W.; MURPHY, M.** 2005. Statistical evaluation of early- and mid-lactation dairy cow responses to dietary sodium bicarbonate addition. *Anim. Feed Sci. Tech.* 119: 43-54.

- **INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE).** 2011. Encuesta de ganado bovino. Chile [en línea]. <http://www.ine.cl/canales/menu/archivos/encuesta_ganado_bovino_2011.pdf> [consulta : 09-01- 2013].
- **IRELAND-PERRY, R.L.; STALLINGS, C.C.** 1993. Fecal consistency as related to the dietary composition in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76: 1074-1082.
- **KEUNEN, J.E.; PLAIZIER, J.C.; KYRAZAKIS, L.; DUFFIELD, T.F.; WIDOWSKI, T.M.; LINDINGER, M.I.; MCBRIDE, B.W.** 2003. Short communication: Effects of a subacute ruminal acidosis on free-choice intake of sodium bicarbonate in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86: 954–957.
- **KLEEN, J.L.; CANNIZZO, C.** 2012. Incidence, prevalence and impact of SARA in dairy herds. *Anim. Feed Sci. Tech.* 172: 4-8.
- **KLEEN, J.L.; HOOIJER, G.A.; REHAGE, J.; NOORDHUIZEN, J.P.** 2003. Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *J. Vet. Med. A Physiol. Pathol. Clin. Med.* 50:406-414.
- **KRAUSE, K.M.; OETZEL, G.R.** 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 126:215-236.
- **KRAUSE, K.M.** 2008. To Buffer or Not? Supplemental Bicarb and Ruminal Acidosis. **In:** 23rd Annu SWNMC. Univ Arizona. USA. .
- **LINDMARK-MANSSON, H.; BRANNING, C.; ALDEN, G.; PAULSSON, M.** 2006. Relationship between somatic cell count, individual leukocyte populations and milk components in bovine udder quarter milk. *Int. Dairy J.* 16: 717–727.
- **MURALITHAS, M.; SHAKTHEVALE, A.; PUSHPAKUMARA, P.G.A.** 2011. Herd-based diagnosis of subacute ruminal acidosis (SARA) and disease investigation of the lameness at New Zealand dairy farm in Sri Lanka. **In:** 16th International Symposium & 8th Conference on Lameness in Ruminants. Rotorua, New Zealand.
- **MUTSVANGWA, T.; WALTON, J.P.; PLAIZIER, J.C.; DUFFIELD, T.F.; BAGG, R.; DICK, P.; VESSIE, G.; MCBRIDE, B.W.** 2002. Effects of a Monensin Controlled-Release Capsule or Premix on Attenuation of Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 85: 3454-3461.
- **NATIONAL MASTITIS COUNCIL (NMC).** 2004. Microbiological Procedures for the Diagnosis of Bovine Udder Infection and Determination of Milk Quality. 4th ed. Verona, WI. 47 pp.
- **NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC).** 2001. Nutrient requirements of dairy cattle: 7th revised edition. National Academy Press. Washington DC, USA. 408 pp.
- **NOCEK, J.E.; KAUTZ, W.P.** 2006. Direct-fed microbial supplementation on ruminal digestion, health and performance of pre-and postpartum dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89: 260–266.

- **NORO, M.; SEPÚLVEDA, P.** 2010. Acidosis y Alcalosis ruminal. **In:** Contreras, P.A.; Noro, M. Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. 3ª ed. Consorcio lechero. Chile. pp. 81-93.
- **NOVILLA, M.N.** 2012. Chapter 97 – Ionophores. **In:** GUPTA, R.C. Veterinary Toxicology. 2nd ed. Academic Press. Boston, USA. pp. 1281-1299.
- **OETZEL, G.R.** 2007. Subacute Ruminant Acidosis in Dairy Herds: Physiology, Pathophysiology, Milk Fat Responses, and Nutritional Management. **In:** 40th Annual Conference. Preconvention Seminar 7A: Dairy Herd Problem Investigation Strategies: Lameness, Cow Comfort, and Ruminant Acidosis. AABP. Vancouver, Canada. pp: 89-119.
- **OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA)- MINISTERIO DE AGRICULTURA (MINAGRI).** 2011. Leche: Producción, recepción, precios y comercio exterior. Chile. [en línea]. <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servicios-informacion/Lacteos/informe_lacteo_0811.pdf> [consulta : 09-01-2013].
- **O'GRADY, L.; DOHERTY, M.L.; MULLIGAN, F.J.** 2008. Subacute ruminal acidosis (SARA) in grazing Irish dairy cows. Vet. J. 176 : 44-49.
- **OSBORNE, J.K.; MUTSVANGWA, T.; ALZAHAL, O.; DUFFIELD, T.F.; BAGG, R.; DICK, P.; VESSIE, G.; MCBRIDE, B.W.** 2004. Effects of Monensin on Ruminant Forage Degradability and Total Tract Diet Digestibility in Lactating Dairy Cows During Grain-Induced Subacute Ruminant Acidosis. J. Dairy Sci. 87: 1840-1847.
- **PATON, L.J.** 2005. Effects of sodium bicarbonate on reducing acidosis in cattle. Thesis M.S., Animal Sci. FLFS. Univ. BC. Vancouver, Canada. 63 pp.
- **PEDRAZA, C.; MANSILLA, A.; FAJARDO, P.; AGUERO, H.** 2000. Cambios en la producción y composición láctea por efecto del incremento de células somáticas en leche de vacas. Agric. Téc. Chile. 60: 251-258.
- **PENNER, G.B.; BEAUCHEMIN, K.A.** 2010. Variation in the susceptibility to ruminant acidosis: challenge or opportunity? **In:** WCDS. Advances in dairy techn. 22: 173-187.
- **PLAIZIER, K.; GOZHO, G.; KRAUSE, D.** 2006. Rumen acidosis in dairy cattle. **In:** 27th West. Nutr. Conf. Manitoba, Canada. Dept. Animal Sci. Univ. Manitoba. pp: 105-120.
- **PLAIZIER, J.C.; KRAUSE, D.O.; GOZHO, G.N.; MCBRIDE, B.W.** 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. Vet. J. 176: 21-31.

- **PULIDO, R.** 2010. Dinámica del nitrógeno amoniacal y pH ruminales en vacas a pastoreo. **In:** Contreras, P.A.; Noro, M. Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. 3ª ed. Consorcio Lechero. Chile. pp. 61-68.
- **RAUCH, R.E.; ROBINSON, P.H.; ERASMUS, L.J.** 2012. Effects of sodium bicarbonate and calcium magnesium carbonate supplementation on performance of high producing dairy cows. *Anim. Feed Sci. Tech.* 177: 180-193.
- **RUSSELL, J.B.; RYCHLIK, J.L.** 2001. Factors that alter rumen microbial ecology. *Sci.* 292:1119-1122.
- **SILVESTRE, A.M.; MARTINS, A.M.; SANTOS, V.A.; GINIA, M.M.; COLAC, J.A.** 2009. Lactation curves for milk, fat and protein in dairy cows: A full approach. *Livest. Sci.* 122: 308–313.
- **STONE, W.C.** 1999. The effect of subclinical acidosis on milk components. **In:** Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf. Cornell Univ. Ithaca, NY. pp: 40-46.
- **STONE, W.C.** 2004. Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 87:E13-E26.
- **TADICH, N.** 2010. Alteraciones Podales Derivadas De Trastornos Fermentativos. **In:** Contreras, P.A.; Noro, M. Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. 3ª ed. Consorcio lechero. Chile. pp. 94-101.
- **VAN SAUN, R.J.** 2007. Metabolic and Nutritional Diseases of the Puerperal Period. **In:** Youngquist, R.S.; Threlfall, W.R. Current Therapy in Large Animal Theriogenology. 2ª ed. Elsevier. Saint Louis, U.S.A. Pp. 355-378.
- **WITTWER, F.** 2010. Análisis del líquido ruminal como ayuda diagnóstica en alteraciones en el rumen. **In:** Contreras, P.A.; Noro, M. Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. 3ª ed. Consorcio lechero. Chile. pp. 102-110.
- **ZEBELI, Q.; MANSMANN, D.; STEINGASS, H.; AMETAJ, B.** 2010. Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch: A key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. *Livest. Sci.* 127: 1–10.