



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE POSTGRADO

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON VITAMINAS C Y E EN EL ÚLTIMO MES DE GESTACIÓN EN OVEJAS MELLICERAS SOBRE EL PESO AL NACIMIENTO DE LAS CRÍAS Y LA CALIDAD DEL CALOSTRO, EN UN MODELO NATURAL DE SUBNUTRICIÓN

Trabajo formativo equivalente para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias

JAVIER ALEJANDRO MUÑOZ FLORES

PROFESOR GUÍA: VICTOR HUGO PARRAGUEZ GAMBOA
PROFESOR CO-GUÍA: FRANCISCO SALES ZLATAR

SANTIAGO – CHILE
2023

ÍNDICE DE CAPÍTULOS

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
HIPÓTESIS	10
OBJETIVOS	10
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Ubicación del estudio	11
Materiales	11
Material biológico	11
Metodología	11
Tratamientos y diseño experimental	11
Manejo del experimento	11
Variables evaluadas	12
Análisis estadístico	13
RESULTADOS	14
Peso de las ovejas	14
Peso de los corderos	14
Producción de calostro	15
Composición del calostro	16
Correlación de variables	19
DISCUSIÓN	21
Peso de las ovejas	21
Peso de los corderos	21
Calostro	22
CONCLUSIONES	25
BIBLIOGRAFÍA	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Pesos promedio de las ovejas a partir del día 15 postparto.....	13
Figura N°2: Pesos promedio de los corderos, desde su nacimiento hasta los 90 días postparto.....	14
Figura N°3: Producción de calostro por ubre medida cada 12 horas, desde el parto hasta las 48 horas postparto.....	14
Figura N°4: Porcentaje de grasa contenida en el calostro desde el parto hasta las 48 horas postparto.....	15
Figura N°5: Contenido de sólidos no grasos en calostro desde el parto hasta las 48 horas postparto.....	16
Figura N°6: Densidad del calostro durante las primeras 48 horas postparto.....	16
Figura N°7: Porcentaje de proteína en calostro, desde el parto hasta las 48 horas postparto.....	17
Figura N°8: Contenido de lactosa en calostro, desde el parto hasta las 48 horas postparto.....	18

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1: Asociación entre peso de los corderos y peso materno en los grupos control y tratamiento.....	18
Cuadro N°2: Asociación entre variables de composición de calostro para el grupo control.....	19
Cuadro N°3: Asociación entre variables de composición de calostro para el grupo tratamiento.....	19

RESUMEN

Las condiciones climáticas extremas a las que están sometidas las praderas de los sistemas extensivos de producción ovina, en la región de Magallanes y la Antártica Chilena, afectan la disponibilidad de alimento para los animales tanto en calidad como en cantidad, provocando que exista una restricción de nutrientes de al menos el 30%. Esta falta de nutrientes, en ovejas en gestación, tiene como consecuencia una restricción en el crecimiento intrauterino del feto (IUGR) que, junto con una condición mellicera, puede generar problemas graves durante este período, producto de una deficiente entrega de oxígeno y nutrientes al feto, ocasionando insuficiencia placentaria e hipoxia fetal, lo que trae consigo un estado de estrés oxidativo. El resultado para las crías sometidas a este ambiente se traduce en un bajo peso al nacimiento, en comparación a corderos gestados en óptimas condiciones, comprometiendo el crecimiento y desarrollo del cordero a lo largo de su vida. Por otro lado, una restricción nutricional de la madre durante el último tercio de la gestación provoca una disminución en la producción de calostro y en la calidad de este. Se ha demostrado que la suplementación con vitaminas antioxidantes en ovejas con hipoxia crónica previene el estrés oxidativo. En base a esto, el presente estudio buscó demostrar que mediante la suplementación de vitaminas antioxidantes C y E, es posible obtener mejores valores en cuanto a peso al nacimiento y calidad del calostro, en ovejas con gestación mellicera sometidas a un sistema natural de subnutrición y susceptibles a estrés oxidativo. Para esto se utilizaron 20 ovejas de raza Corriedale con gestación de mellizo, donde la mitad conformó el grupo control y la otra el tratamiento. A este último se le administró diariamente vía oral 500 mg de vitamina C y 350 UI de vitamina E por animal durante el último mes de gestación. Ocurrido el parto, se iniciaron las mediciones del peso de los corderos, donde se mantuvo seguimiento hasta el destete y de la producción de calostro, las que se realizaron solo durante las primeras 48 horas posparto, evaluando también la calidad de este. En cuanto al peso de los corderos, los resultados no reflejaron diferencias significativas ($p \geq 0,05$), para ninguno de los momentos de medición ni para la totalidad del periodo. Esto sugiere que el tiempo de administración de las vitaminas no fue el suficiente para que los valores del tratamiento presentaran un aumento estadísticamente significativo. En el caso de la producción de calostro, tampoco se observaron diferencias significativas entre los grupos ($p \geq 0,05$), para ninguno de los momentos de medición ni para la totalidad del periodo. Sin embargo, al evaluar la composición de este, se observó que el componente grasa disminuyó considerablemente en el grupo tratamiento, presentando diferencias significativas con el grupo control ($p \leq 0,05$) en tres de los cinco momentos de medición. Este efecto, no reportado previamente, se podría explicar mediante dos vías. Una posibilidad es que la función reductora de las vitaminas interrumpió el proceso de síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria, disminuyendo así el porcentaje de grasa en el calostro. La otra alternativa es que los antioxidantes pudieron haber modificado la actividad de la microfauna ruminal, en desmedro de aquella que sintetiza ácido acético y butírico, que son la fuente para la síntesis de la grasa calostrual. Aparte de la variable anterior, los demás componentes del calostro no presentaron diferencias significativas en ninguno de los momentos de medición ni en el periodo total ($p \geq 0,05$).

Palabras clave: subnutrición ovina, gestación mellicera, hipoxia fetal, calostro, vitaminas antioxidantes

ABSTRACT

The extreme climatic conditions to which the pastures of extensive sheep production systems in the Magallanes and the Antártica Chilena region are exposed affect food availability for the animals, both in quality and quantity, causing a nutrient restriction of at least 30%. This lack of nutrients in pregnant ewes has, therefore, intrauterine growth restriction of the fetus (IUGR) that, together with a twinning condition, could generate serious problems during this period due to a deficient delivery of oxygen and nutrients to the fetus, causing placental insufficiency and fetal hypoxia, which leads to a state of oxidative stress. The consequence for the lambs gestated under this environment is a low birth weight compared to lambs gestated in optimal conditions, compromising the growth and development of the lamb throughout its life. On the other hand, maternal nutritional restriction during the last third of gestation causes a decrease in colostrum production and quality. It has been shown that supplementation with antioxidant vitamins in pregnant ewes under chronic hypoxia, prevents oxidative stress. Based on this, the present study aimed to demonstrate that maternal supplementation with antioxidant vitamins C and E, allows to obtain better values in terms of birth weight and colostrum quality in twin bearing ewes kept under a natural system of undernutrition and susceptible to oxidative stress. For this purpose, twenty twin bearing Corriedale ewes were used, where half of them were the control group and the other half the treatment group. This last group received daily oral administration of 500 mg of vitamin C and 350 IU of vitamin E per animal during the last month of gestation. After parturition, weight of the lambs was registered, which was followed up until weaning. Furthermore, colostrum production was evaluated during the first 48 hours after parturition; the quality of the colostrum was also assessed. Regarding the lamb's weight, the results did not show significant differences ($p \geq 0.05$), neither for any of the measurement times or for the whole period. This suggests that the period of vitamins administration was not long enough to generate a statistically significant increase. In the case of colostrum production, there were also no significant differences between groups ($p \geq 0.05$), neither for any of the measurement times or for the whole period. However, when evaluate the composition of colostrum, it was observed that the fat component decreased significantly in the treated group, compared with the control group ($p \leq 0.05$) in three of the five measuring times. This effect, not previously reported, could be explained by two pathways. One possibility is that the reducing function of the vitamins interrupted the process of fatty acid synthesis in the mammary gland, thus decreasing the percentage of fat in the colostrum. The other alternative is that the antioxidants could modificate the activity of the rumen microfauna, to the detriment of the one that synthesizes acetic and butyric acid, which are the source for the synthesis of colostrum fat. Apart from the previous variable, the other components of colostrum did not show significant differences at any of the times of measurement or in the total period ($p \geq 0.05$).

Keywords: ovine undernutrition, twinning gestation, fetal hypoxia, colostrum, antioxidant vitamins

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Censo Agropecuario y Forestal realizado el año 2007, Chile posee alrededor de cuatro millones de cabezas de ganado ovino, destacando la región de Magallanes y la Antártica Chilena como la principal, concentrando un 56% del total (INE, 2007). La zona de producción ovina de esta región se caracteriza por tener condiciones ambientales extremas, además de una alta tasa de evapotranspiración, producto de los fuertes vientos presentes durante todo el año (Covacevich y Ruz, 1996). Esto tiene como consecuencia una baja disponibilidad de alimento para el rebaño en la pradera (SAG, 2020), generando una deficiencia nutricional.

La duración promedio de la gestación ovina es de 147 días (Gootwine *et al.*, 2007). En los primeros 3 meses el crecimiento fetal es lento (45-60 días previos al parto), por ende, la madre no tiene grandes cambios en sus requerimientos nutricionales. Sin embargo, el último tercio de la gestación es una época clave, ya que en este período el feto alcanza su mayor desarrollo y la ubre desarrolla el tejido responsable de la producción de leche. El 80% del peso que presenta un cordero al nacer lo adquiere en este período y en el caso de la ubre, el 90% del tejido productor de leche se produce en esta etapa de la gestación (Fundación Chile, 2008).

La mayor producción de calostro en la oveja ocurre durante las primeras 24 horas después del parto. Este, comparado con la leche, es más rico en energía, proteínas, sólidos totales, grasa, calcio, fósforo, potasio, magnesio, fierro y algunas vitaminas liposolubles como la A y la E (Martínez, 2013). Cabe mencionar, que el mayor desarrollo de la glándula mamaria ocurre durante el último mes de gestación, siendo además, en la última semana antes del parto, donde se genera un marcado aumento en el tamaño de esta (Mellor y Murray, 1985; Mellor *et al.*, 1987) y, junto con este crecimiento, se produce una síntesis masiva de calostro al inicio de lactogénesis II (Hartmann *et al.*, 1973). Además, el calostro proporciona las inmunoglobulinas necesarias para proteger al feto de infecciones (Mellor y Murray, 1986). Por otro lado, el consumo de una cantidad de calostro adecuada es crucial para cumplir con la alta demanda de energía de los recién nacidos para apoyar su termorregulación (Kessler *et al.*, 2019).

El crecimiento de la glándula y la diferenciación de las células mamarias están fuertemente influenciados por la nutrición de la madre durante la última etapa del embarazo (Banchero *et al.*, 2015). Una baja nutrición en el parto puede disminuir la producción de leche y calostro (Dwyer y Morgan, 2006; Mellor y Murray, 1985; Mellor *et al.*, 1987), reducir el volumen del calostro secretado después del parto (McCance y Alexander, 1959), además de retrasar el inicio de la lactogénesis (Banchero *et al.*, 2015). Por lo tanto, para garantizar de mejor manera una cantidad y calidad de calostro, acorde a los requerimientos del recién nacido, es necesario proporcionar una correcta nutrición a la madre, principalmente durante el último mes de gestación.

La subnutrición materna es uno de los factores que puede causar restricción en el crecimiento intrauterino o IUGR, la que se caracteriza porque el feto no alcanza el tamaño adecuado según su potencial de crecimiento predeterminado (Brett *et al.*, 2014). Esto tiene un mayor impacto en fetos provenientes de gestaciones múltiples, afectando en gran

medida el peso al nacimiento y su crecimiento (Crempien, 2001; Rumball *et al.*, 2008; Sharma *et al.*, 2012; Van der Linden *et al.*, 2013). Además, se ha demostrado que la producción de calostro en ovejas bajo subnutrición es menor cualitativa y cuantitativamente, en comparación con ovejas bien alimentadas (Mellor y Murray, 1985; Mellor *et al.*, 1987; Banchemo *et al.*, 2004b; Banchemo *et al.*, 2015), quedando por debajo de las necesidades nutricionales de calostro metabólicas del cordero (Martínez, 2013).

El incremento de ovejas melliceras dentro del rebaño es considerado una buena estrategia para mejorar la productividad en los sistemas ovinos (Parraguez *et al.*, 2020). No obstante, es importante señalar que existirán nuevas restricciones que limitarán los recursos por feto, teniendo como consecuencia un menor peso al nacimiento con relación a crías de gestación única (Gootwine, 2005). Las gestaciones de mellizos también están relacionadas a menudo con una IUGR, debido a insuficiencia placentaria, la cual causa disminución en la perfusión feto-placentaria, afectando y restringiendo, simultáneamente, el suministro de nutrientes y oxígeno hacia el feto (Gootwine *et al.*, 2007; Igwebuiké, 2010; Morrison, 2008).

La hipoxia fetal aumenta la probabilidad de provocar estrés oxidativo (Herrera *et al.*, 2014) mediante la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), como consecuencia de una reducción incompleta del oxígeno. Estas ROS son radicales libres que para estabilizarse adquieren un electrón desde ácidos nucleicos, lípidos, proteínas o cualquier molécula cercana, causando una reacción en cadena que puede terminar en daño y disfunción celular (Agarwal *et al.*, 2005). Como consecuencia, al haber una cantidad de ROS que supere la capacidad de protección antioxidante se producirá estrés oxidativo, lo que tendrá como resultado una fuerte e irreversible modificación de los componentes celulares (Garrel *et al.*, 2010). Para contrarrestar los efectos tóxicos de las ROS, una alternativa es la suplementación con antioxidantes. Existen tres mecanismos mediante los que actúan los antioxidantes (Córdova-Izquierdo *et al.*, 2009). Las vitaminas C y E actúan como antioxidantes no enzimáticos, previniendo la acumulación de ROS, atrapándolas y reduciéndolas a productos finales estables, evitando el daño oxidativo (Saraswat *et al.*, 2014). Estudios ovinos indican que una transferencia muy activa de vitaminas C y E de la madre hacia el feto, tiene efectos beneficiosos sobre el estado antioxidante y el desarrollo corporal del feto, principalmente en gestaciones múltiples (González-Bulnes *et al.*, 2020; Sales *et al.*, 2018), por lo que, la suplementación con vitaminas C y E durante la gestación, previene el estrés oxidativo, mejorando los resultados de la preñez (Parraguez *et al.*, 2011).

Es importante mencionar que, a diferencia de estudios previos donde se demostró la efectividad de una suplementación materna de vitaminas antioxidantes C y E durante toda la gestación en prevenir un estado de estrés oxidativo y sus consecuencias en el crecimiento prenatal, en el presente estudio se propuso una suplementación materna de vitaminas sólo durante el último mes de gestación, período que comprende el mayor crecimiento del feto, además de un gran desarrollo de la glándula mamaria y el inicio de la síntesis de calostro. Cabe destacar que no existen estudios previos que relacionen la producción de calostro con el estrés oxidativo.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, se propuso que la administración de vitaminas antioxidantes durante el último mes de gestación genera una mejora en el peso al nacimiento de los corderos y en la calidad del calostro, contrarrestando los efectos

negativos provocados por la subnutrición materna y la gestación mellicera, y previniendo así un estado de estrés oxidativo y sus consecuencias.

HIPÓTESIS

Una suplementación con vitaminas C y E durante el último mes de gestación, contrarresta los efectos negativos que provoca la subnutrición de ovejas melliceras (hipoxia fetal y estrés oxidativo), mejorando el peso al nacimiento de los corderos y la calidad del calostro.

OBJETIVOS

Objetivo general

Estudiar los efectos de la administración de vitaminas C y E durante el último mes de gestación, sobre el peso al nacimiento de los corderos y la calidad del calostro en madres con condición mellicera, en un sistema de subnutrición ovina.

Objetivos específicos

- 1.** Cuantificar y evaluar los efectos de la administración de vitaminas C y E sobre el peso de los corderos al nacimiento.
- 2.** Realizar un seguimiento del peso de los corderos desde el momento del parto hasta el destete.
- 3.** Analizar los efectos de la administración de vitaminas C y E sobre la calidad del calostro durante los dos días posteriores al parto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se llevó a cabo en las dependencias del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación (CRI) Kampenaike, en la región de Magallanes y la Antártica Chilena, Chile (Lat 52° 36'; Lon 70° 56').

Materiales

Material biológico

Los animales considerados para este estudio fueron hembras ovinas de raza Corriedale de 3 a 5 años. Durante la etapa reproductiva normal, se seleccionaron desde el rebaño comercial un grupo de ovejas con pesos (~45-50 kg) y condición corporal similares (2,5-3 en la escala de 1 a 5; Jefferies, 1961) y se mantuvieron en un potrero común con un régimen de pastoreo sobre pradera natural (*Festuca gracillima-Chilliotrichium diffusum*), la que se caracterizó por tener un bajo aporte de proteínas y energía (~4-6% PC y 2,1 Mcal/kgMS), siendo representativo de las condiciones de pastoreo en la Patagonia (Lira, 2012). La carga animal fue de aproximadamente 0,45 ovejas por hectárea y la disponibilidad de MS fue alrededor de 500 kg por hectárea.

Metodología

Tratamientos y diseño experimental

Se seleccionó del rebaño una cantidad aleatoria inicial de 120 hembras ovinas para este estudio, desde donde se obtuvieron suficientes ovejas melliceras para formar dos grupos completamente al azar (n=10 c/u). Uno fue suplementado con vitaminas y el otro no recibió vitaminas, siendo este último el control. De acuerdo con esto se contó con los siguientes tratamientos o grupos experimentales: ovejas control con gestación mellicera alimentadas con pradera natural (grupo control); ovejas con gestación mellicera alimentadas con pradera natural, tratadas con vitaminas C y E (grupo tratamiento). El número de animales por grupo fue estimado estadísticamente de acuerdo con la variabilidad en la producción de calostro al parto (Banchero *et al.*, 2004a), componente que tiende a una mayor dispersión de datos que el peso.

Manejo del experimento

En la mitad de la temporada reproductiva, se sincronizaron los estros y estimuló la superovulación, mediante la administración de una dosis intramuscular de un análogo de prostaglandina F2 α (PGF2 α) (125 μ g cloprostenol, Estrumate®: ICI, Macclesfield, U.K.), para primero inducir la luteólisis de los posibles cuerpos lúteos presentes en ese momento, seguido por la inserción de un dispositivo intravaginal con 0,3 g de progesterona (Eazi-breed™ CIDR® G, Pfizer Animal Health; New Zealand), el cual se mantuvo durante 11

días, para simular el período diestral. Luego de la remoción del dispositivo con progesterona (día 0), cada oveja recibió una inyección intramuscular con 400 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) (Novormon 5000, Syntex, Argentina) para inducir la ovulación múltiple (Saevre *et al.*, 2010).

Las hembras ovinas se encastaron mediante inseminación artificial, utilizando semen proveniente de un carnero de fertilidad probada de la raza Corriedale. El período de inseminación fue de dos días. Sesenta días después de las inseminaciones, los animales fueron ecografiados para determinar su tipo de gestación (única o múltiple), con el objetivo de seleccionar solo ovejas con gestación mellicera.

A los 117 días de gestación, se comenzaron a administrar vitaminas C y E al grupo correspondiente. Se administró diariamente una dosis oral de 500mg (10 mg/kg) de vitamina C y 350 UI (7 UI/kg) de vitamina E. Cabe destacar que los requerimientos diarios de vitamina E corresponden a 5,3 UI/kg (NRC, 2007). Estas dosificaciones han demostrado aumentar la concentración de vitaminas en la sangre de los animales (Sales *et al.*, 2019), previniendo el estrés oxidativo en gestaciones ovinas de mellizos (Parraguez *et al.*, 2020). A los animales del grupo control, no se les administraron vitaminas antioxidantes ni excipientes. Los tratamientos duraron hasta el momento del parto. La administración de las vitaminas se realizó siempre entre las 16 y 17 horas, en una manga cercana al potrero donde se mantuvieron las ovejas.

Siguiendo el manejo rutinario de los rebaños, una semana antes de iniciar los tratamientos, se esquilan las ovejas preñadas y se les aplicó una vacuna clostridial.

Variables evaluadas

Durante el paso por la manga, se controlaron las ovejas para estimar la proximidad al parto, según el estado de la ubre y la inflamación de la vulva. Las ovejas cercanas a parir en las próximas 24 horas se mantuvieron bajo vigilancia frecuente en el mismo potrero.

Inmediatamente después del parto (dentro de la primera hora; tiempo 0) la madre y los corderos fueron trasladados a un galpón techado con corrales individuales, donde permanecían hasta el tercer día posterior al parto, recibiendo agua y alimento simulando las condiciones naturales del campo. Cada cordero fue pesado, sexado e individualizado mediante un crotal numerado colocado en una de sus orejas (derecha en hembras e izquierda en machos).

Se midió el rendimiento total de calostro en un recipiente graduado cada 12 horas, durante 48 horas, tomando la primera muestra inmediatamente después del parto, por medio de ordeña manual de una sola ubre por oveja, luego de administrar 5 UI de oxitocina a cada una, de acuerdo con Banchemo *et al.* (2004a). Se tomó una muestra de calostro (20 mL) para análisis de composición nutricional en los tiempos 0, 12, 24, 36 y 48 horas, a la que se le agregó un conservante ajustado al volumen de la muestra (50 uL de dicromato de potasio al 10%) y se almacenó a 4°C para su posterior análisis mediante un analizador de

componentes lácteos Milkoscan®. Entre cada ordeña, la ubre utilizada para la toma de muestras fue tapada con cinta adhesiva, para evitar la alteración del rendimiento mediante la succión de las crías. Luego de medir el calostro producido en cada ordeña, se suministró a los corderos a través de una mamadera.

Los datos de peso corporal obtenidos anteriormente al tiempo 0, se completaron con un pesaje de los corderos cada 15 días durante el primer mes y luego cada 30 días hasta el destete a los 90 días. Estas mediciones se realizaron en todas las crías (n=20 por grupo).

Análisis estadístico

Los análisis para peso, tanto de las madres como de los corderos, se llevaron a cabo tomando en consideración solo aquellos mellizos que llegaron vivos al último pesaje, ya que el peso de los corderos que perdieron su mellizo y quedaron solos con la madre, aumentó considerablemente, lo que hubiera generado un error en las pruebas estadísticas.

Los datos obtenidos para las variables estudiadas (peso, composición y rendimiento del calostro) se analizaron a través del software estadístico Infostat, realizando comparaciones mediante pruebas paramétricas (prueba t para muestras independientes) y no paramétricas (KruskalWallis), además de un análisis de varianza para la evaluación de datos a lo largo del tiempo. Esto con el objetivo de obtener mejores resultados debido a un “n” por tratamiento reducido, previa verificación de los supuestos de normalidad (Shapiro-wilks) y homocedasticidad (prueba F). El modelo de este estudio fue un diseño completamente aleatorizado, donde las variables repetidas en el tiempo se analizaron a través de un modelo de parcela dividida (parcela principal para el tratamiento, y la subparcela para el momento de medición). Las comparaciones realizadas consideraron dos factores cruzados: la suplementación de las vitaminas antioxidantes (con o sin vitaminas) y el tiempo. Además, se realizó un análisis de correlación (r-Pearson) entre las variables: Rendimiento de calostro/Composición de calostro, Peso del cordero/Peso de la madre, Contenido de grasa/Contenido de proteína, Contenido de grasa/densidad, Contenido de grasa/Contenido de sólidos no grasos, Contenido de grasa/Contenido de lactosa, Contenido de proteína/densidad, Contenido de proteína/Contenido de sólidos no grasos, Contenido de proteína/Contenido de lactosa, densidad/Contenido de sólidos no grasos, densidad/Contenido de lactosa, y Contenido de sólidos no grasos/Contenido de lactosa. Se consideró un nivel de significancia menor o igual a 0,05. Los resultados fueron expresados como medias \pm error estándar de la media.

RESULTADOS

Peso de las ovejas

El peso de las ovejas a partir del día 15 posterior al parto se presenta en la Figura N°1. En el primer período se observó un incremento de peso en todas las ovejas, sin embargo, en el grupo tratamiento, en el cual se obtuvieron pesos promedio menores al grupo control durante la primera medición al día 15 postparto, superó a este último hacia el día 30 después del parto, momento de la segunda medición. El peso siguió un incremento general hasta el último pesaje, observando una diferencia promedio de hasta 3,4 kg más en el grupo tratamiento hacia el día 60 postparto. A pesar de obtener diferencias numéricas observables entre los grupos, resultando favorecido el grupo tratado de acuerdo con los análisis, estas no fueron estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$).

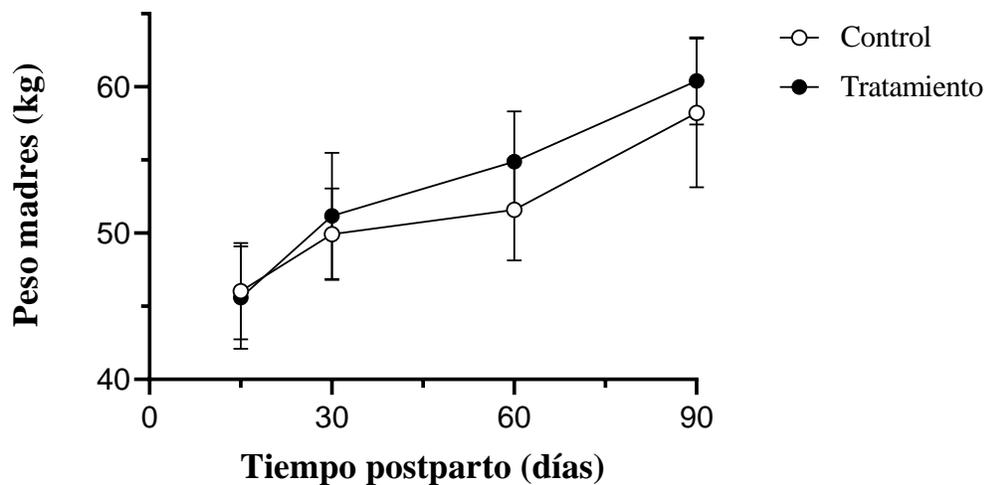


Figura N°1: Pesos promedio de las ovejas a partir del día 15 postparto.

Peso de los corderos

El peso promedio al nacimiento de los corderos fue de $4,55 \pm 0,88$ kg en el grupo control y $4,18 \pm 0,85$ kg en el grupo tratamiento ($p \geq 0,05$). En la Figura N°2 se puede observar la evolución del peso de los corderos desde su nacimiento hasta el destete a los 90 días. Durante los primeros 15 días posteriores al parto, ambos grupos mantuvieron pesos promedio muy similares, teniendo una diferencia numérica promedio menor a 0,1 kilogramos. Luego, las curvas denotan un crecimiento más acelerado y visualmente se comienzan a diferenciar cada vez más, teniendo valores más altos la curva del grupo tratamiento, llegando a los 90 días postparto con un peso promedio 1,6 kg superior que el peso promedio del grupo control. Aun así, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$).

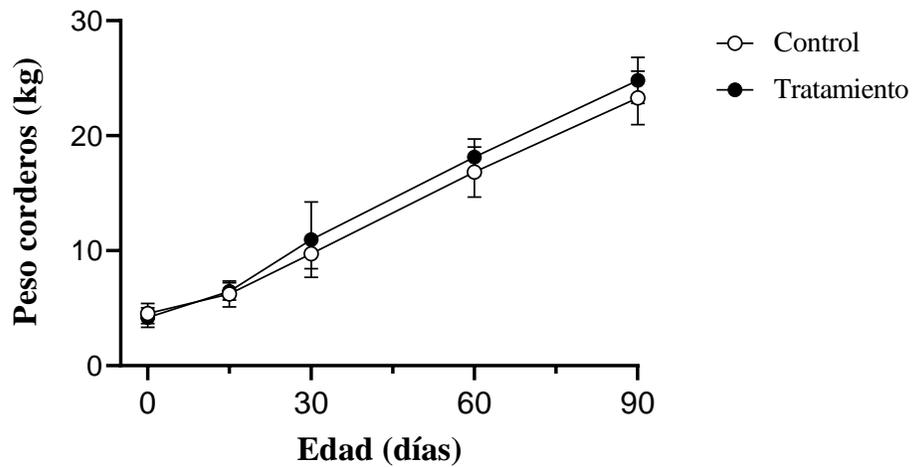


Figura N°2: Pesos promedio de los corderos, desde su nacimiento hasta los 90 días postparto.

Producción de calostro

La producción de calostro de las ovejas se puede observar en la Figura N°3. Ambos grupos mostraron un aumento en el rendimiento de la ordeña (mL) a medida que avanzaba el tiempo. La comparación entre el tratamiento y el control para cada momento de medición no mostró diferencias significativas ($p \geq 0,05$).

En cuanto a la producción acumulada de calostro en la totalidad del periodo, el grupo control registró un promedio de $1119,64 \pm 469,86$ mL, mientras que grupo tratamiento tuvo un promedio de $1157,27 \pm 387,69$ mL. De acuerdo con las pruebas de comparación paramétricas y no paramétricas realizadas, tampoco se encontraron diferencias significativas entre estos datos ($p \geq 0,05$).

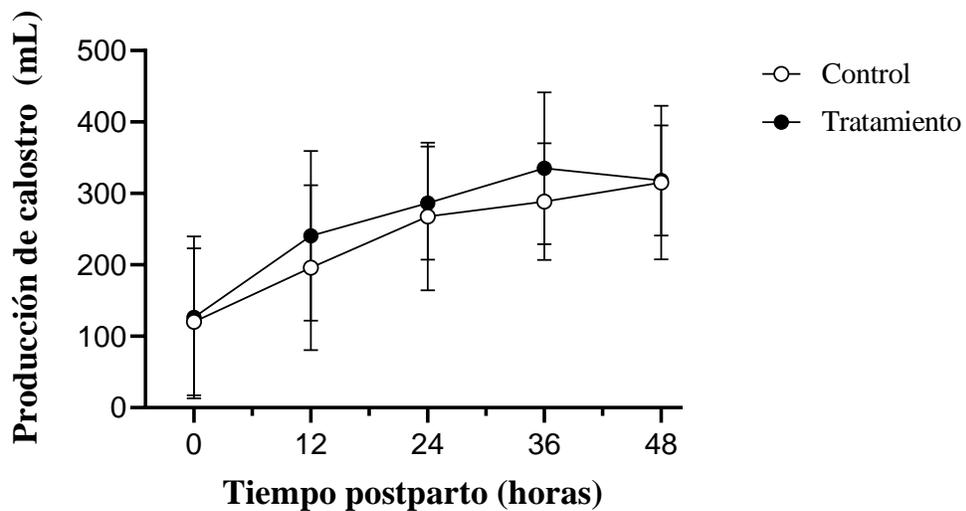


Figura N°3: Producción de calostro por ubre medida cada 12 horas, desde el parto hasta las 48 horas postparto.

Composición del calostro

Contenido de Grasa

Los valores promedio de cada grupo para todo el período fueron de $6,52 \pm 1,9\%$ para el control y de $3,98 \pm 1,7\%$ para el tratamiento, siendo la diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$). En la Figura N°4 se puede observar el porcentaje de grasa del calostro producido por las madres de ambos grupos, durante las primeras 48 horas postparto. Desde la primera medición al tiempo 0, el grupo control mostró un contenido de grasa superior, el que se hizo estadísticamente significativo a las 12, 24 y 36 horas postparto ($p < 0,05$). Finalmente, en la última medición, a las 48 horas postparto, no se obtuvieron diferencias significativas ($p \geq 0,05$).

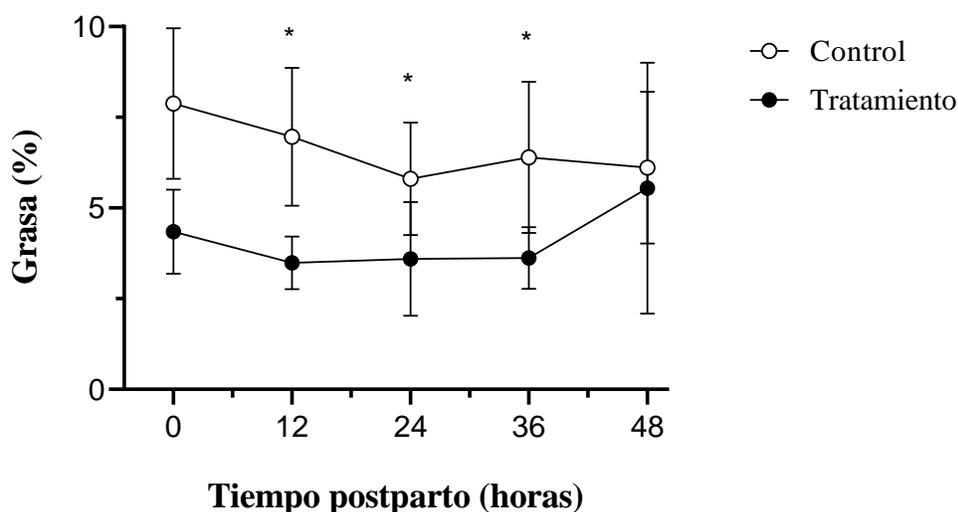


Figura N°4: Porcentaje de grasa contenida en el calostro desde el parto hasta las 48 horas postparto. Asterisco (*) indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre grupos en el tiempo registrado ($p < 0,05$).

Contenido de Sólidos no Grasos

Los valores promedio de cada grupo para todo el período fueron de $11,86 \pm 2,6\%$ para el control y de $11,09 \pm 3,7\%$ para el tratamiento ($p \geq 0,05$). La Figura N°5 muestra el contenido de sólidos no grasos en el calostro. Se puede observar que durante las primeras 12 horas posterior al parto el porcentaje de sólidos no grasos disminuyó, pasando de un $15,4 \pm 2,7\%$ y $16,9 \pm 1,7\%$ promedio, a un $11,7 \pm 2,3\%$ y $9,9 \pm 3,8\%$ promedio para el grupo control y el grupo tratamiento, respectivamente. Los valores promedio más altos, en los tiempos 12, 24 y 36, se observaron en el grupo control, mientras que en los tiempos 0 y 48 fue el grupo tratamiento el que se mantuvo más alto. Las diferencias en esta variable fueron solo numéricas, ya que los análisis no arrojaron diferencias estadísticamente significativas para ningún tiempo de medición ($p \geq 0,05$).

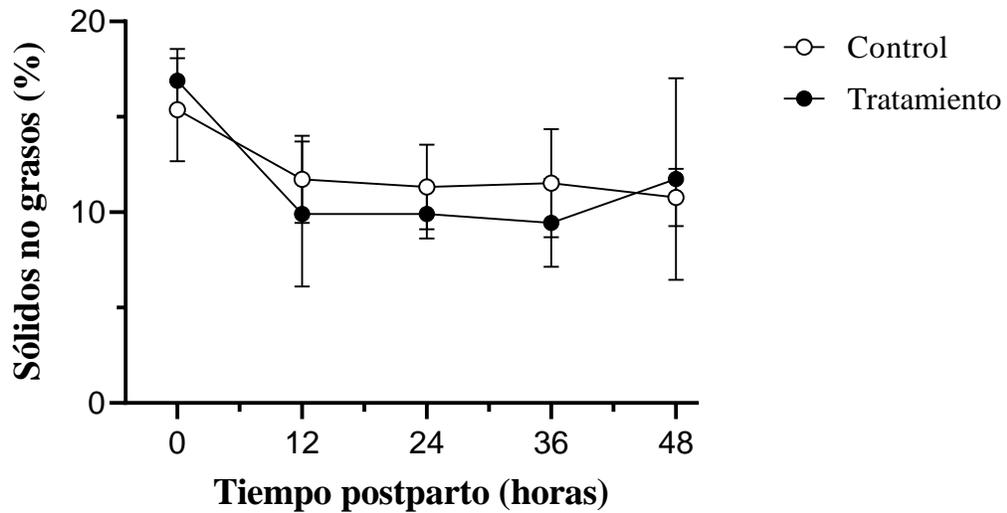


Figura N°5: Contenido de sólidos no grasos en calostro durante las primeras 48 horas postparto.

Densidad

Los valores promedio de cada grupo para todo el período fueron de $37,25 \pm 9,47 \text{ g/cm}^3$ para el control y de $35,62 \pm 13,28 \text{ g/cm}^3$ para el tratamiento ($p \geq 0,05$). La Figura N°6 presenta la densidad del calostro para ambos grupos, desde el parto hasta las 48 horas posteriores a este. Al igual que en la variable anterior, los dos grupos presentan una notable disminución durante las primeras 12 horas después del parto, siendo el grupo tratamiento el que resultó con una mayor densidad al inicio. Después de este periodo, los valores tienden más a la constante, especialmente en el grupo control, ya que, a diferencia de este, el tratamiento sigue manteniendo un leve decrecimiento hasta la última medición. Estas diferencias observables no resultaron ser estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$).

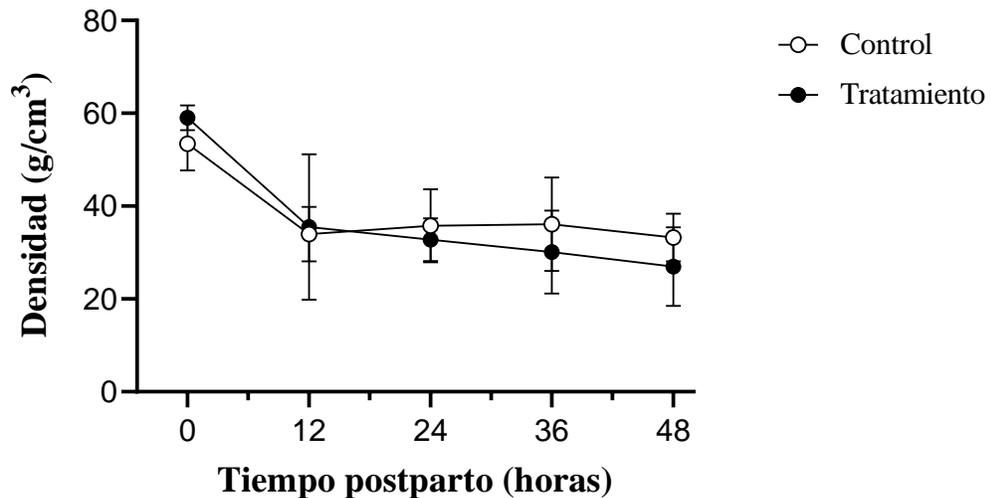


Figura N°6: Densidad del calostro durante las primeras 48 horas postparto.

Contenido de Proteína

Los valores promedio de cada grupo para todo el período fueron de $6,38 \pm 2,3\%$ para el control y de $6,18 \pm 2,9\%$ para el tratamiento ($p \geq 0,05$). En la Figura N°7 se puede observar el contenido de proteína en el calostro durante las primeras 48 horas luego del parto. A medida que avanza el tiempo, ambos grupos presentan un decrecimiento en el porcentaje de proteína. El grupo tratamiento se mantuvo sobre el grupo control durante las primeras dos mediciones, pero llegando a las 20 horas postparto se puede observar que los valores caen por debajo del control, manteniéndose así hasta la última medición. Los valores del control por su parte también disminuyen notablemente durante el primer periodo, pero luego de las 12 horas, la curva tiende a mantenerse constante. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre grupos para esta variable, en ningún momento de medición ($p \geq 0,05$).

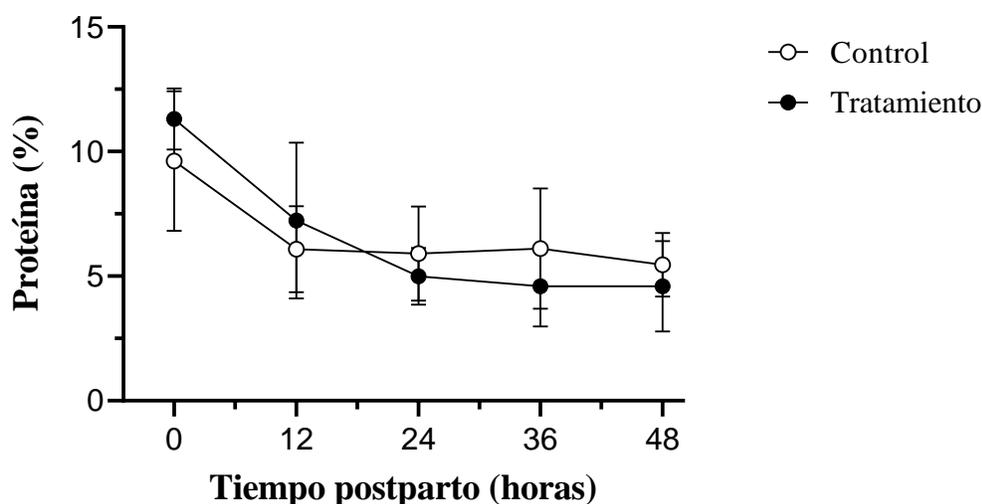


Figura N°7: Porcentaje de proteína en calostro, desde el parto hasta las 48 horas posteriores.

Contenido de Lactosa

Los valores promedio de cada grupo para todo el período fueron de $5,92 \pm 1,01$ g/% para el control y de $5,9 \pm 1,7$ g/% para el tratamiento. En la Figura N°8 se observa el contenido de lactosa presente en el calostro durante las primeras 48 horas posteriores al parto. Al tiempo 0, la diferencia promedio entre los grupos fue de $2,43$ g/% a favor del grupo tratamiento, lo que resultó estadísticamente significativo ($p < 0,05$). La curva del grupo control tendió a mantenerse constante durante todo el período, mientras que la curva del grupo tratamiento mostró un decrecimiento que lo posicionó por debajo de los valores promedio del grupo control después de las 24 horas postparto. A excepción del tiempo 0, no se presentaron diferencias significativas en los otros tiempos de medición ($p \geq 0,05$).

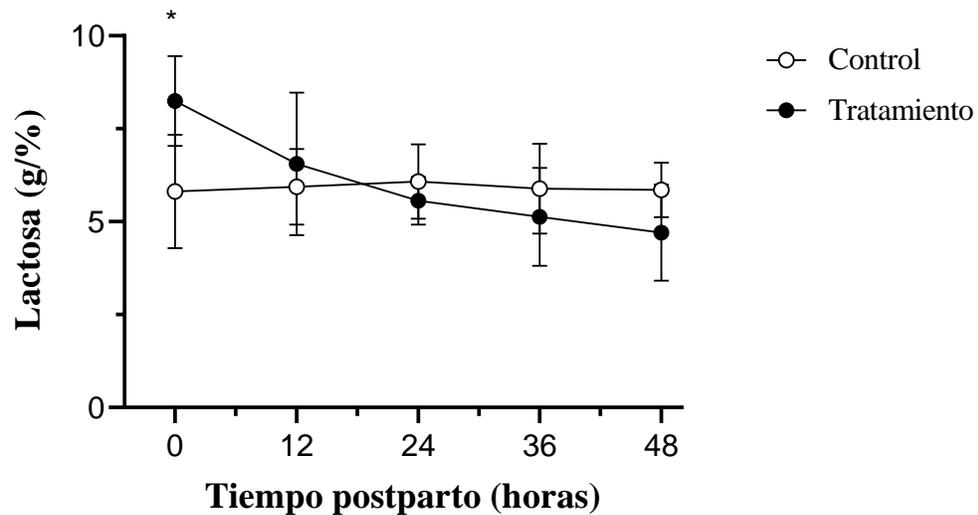


Figura N°8: Contenido de lactosa en calostro, desde el parto hasta las 48 horas posteriores. Asterisco (*) indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre grupos para el momento de medición ($p < 0,05$).

Correlación de variables

A continuación, el Cuadro N°1 muestra los resultados de los análisis de correlación entre las variables peso de los corderos y peso de las madres para control y tratamiento. Se utilizaron los valores de peso a partir de los 15 días postparto hasta los 90 días postparto. Tanto el grupo control como el grupo tratamiento presentaron correlación positiva entre las variables ($p < 0,05$). En ambos grupos hubo una asociación significativa y de carácter positivo (r-Pearson cercano a 1).

Cuadro N°1: Asociación entre peso de los corderos y peso materno en los grupos control y tratamiento. Un $p < 0,05$ indica que existe asociación entre las variables

Grupo	Coef. Correlación (r-Pearson)	p-valor
Control	0,72	<0,001
Tratamiento	0,84	<0,001

Los resultados del análisis de correlación para las variables en la composición de calostro de ambos grupos se presentan en los Cuadros N°2 para el control y N°3 para el tratamiento. El grupo control presentó correlaciones significativas para: grasa+densidad, grasa+proteína, sólidos no grasos+densidad, sólidos no grasos+proteína, sólidos no grasos+lactosa, densidad+proteína, densidad+lactosa y proteína+lactosa ($p < 0,05$).

Por otro lado, el grupo tratamiento presentó las asociaciones: grasa+sólidos no grasos, sólidos no grasos+densidad, sólidos no grasos+proteína, sólidos no grasos+lactosa,

densidad+proteína, densidad+lactosa, y proteína+lactosa ($p < 0,05$). El grado de significancia dado por los p-valor se clasificó en tres niveles, $[0,01 < p \leq 0,05]$: significativo, $[0,01 < p \leq 0,001]$: muy significativo y $[0,001 < p \leq 0,0001]$: fuertemente significativo.

Cuadro N°2: Asociación entre variables de composición de calostro para el grupo control. Sobre la diagonal se indican los p-valores y, bajo esta, los coeficientes de correlación de Pearson. Un $p < 0,05$ indica que existe asociación significativa entre las variables.

Variable	Grasa (%)	SNF (%Sol. No grasos)	Densidad (g/cm3)	Proteína (%)	Lactosa (g/%)
Grasa (%)	1	0,005	0,003	0,003	0,667
SNF (%Sol. No grasos)	0,49	1	<0,001	<0,001	0,001
Densidad (g/cm3)	0,51	0,95	1	<0,001	0,005
Proteína (%)	0,51	0,83	0,88	1	0,001
Lactosa (g/%)	0,08	0,56	0,5	0,54	1

Cuadro N°3: Asociación entre variables de composición de calostro para el grupo tratamiento. Sobre la diagonal se indican los p-valor y, bajo esta, los coeficientes de correlación de Pearson. Un $p < 0,05$ indica que existe asociación significativa entre las variables.

Variable	Grasa (%)	SNF (%Sol. No grasos)	Densidad (g/cm3)	Proteína (%)	Lactosa (g/%)
Grasa (%)	1	0,004	0,802	0,566	0,826
SNF (%Sol. No grasos)	0,53	1	<0,001	<0,001	<0,001
Densidad (g/cm3)	-0,05	0,75	1	<0,001	0,001
Proteína (%)	0,12	0,75	0,91	1	0,001
Lactosa (g/%)	-0,04	0,65	0,9	0,86	1

DISCUSIÓN

Peso de las ovejas

De acuerdo con los resultados obtenidos, la administración de vitaminas no tuvo efecto en el peso de las ovejas. Ambos grupos experimentales reflejaron una curva típica de este periodo para la variable. Posterior al parto, las ovejas mostraron pesos relativamente bajos, debido al cambio en el uso de los recursos nutritivos dentro de su cuerpo, teniendo como primer objetivo la producción de leche. Al pasar el tiempo, las ovejas fueron aumentando su peso de manera progresiva hasta alcanzar valores normales, ya que la producción de leche empieza a disminuir luego de alcanzado su máximo entre el primer y segundo mes postparto (García, 1993), lo que permite que la oveja disminuya la partición de nutrientes.

Peso de los corderos

Durante el experimento, hubo una importante pérdida de corderos producto de muertes a causa de las condiciones climáticas extremas. Como consecuencia, se redujo sustancialmente la cantidad de parejas de mellizos posibles de evaluar, lo que afectó la representatividad de los resultados. Es por ello, que la información presentada debe tomarse con cautela para su extrapolación.

La administración de vitaminas antioxidantes C y E a las ovejas gestantes, como la metodología indica, se realizó solo durante el último mes de gestación. Estos valores se encuentran por debajo del peso promedio esperado en la región de Magallanes para un cordero Corriedale recién nacido, el cual es cercano a los 5 kg (INIA, 2004). Pero se considera que las crías son mellizos, los valores de ambos grupos se encontrarían dentro de lo esperado según Gootwine (2005), quién afirma que el peso de un cordero mellizo, al comparar con una cría única, es de un 83%. Además, cabe destacar que el peso al nacimiento es uno de los factores más importantes para la vida postnatal y la capacidad de sobrevivencia del cordero, siendo los individuos que tengan un peso relativamente mayor al promedio, quienes tengan una mayor sobrevivencia (Crempien, 2001). Los resultados muestran que las diferencias promedio de peso entre los grupos control y tratamiento, a pesar de ir en aumento a medida que avanzaba el tiempo, no llegaron a ser estadísticamente diferentes durante el período de este estudio. Sin embargo, a los 90 días postparto, los corderos del grupo tratamiento mostraron un peso promedio 1,6 kg mayor al grupo control, y aunque las pruebas estadísticas realizadas en este estudio no resultaron en diferencias significativas para esta variable, podría ser que, realizando el mismo experimento con un n por grupo mayor al definido en este trabajo, los valores sí reflejen diferencias estadísticas.

La evidencia científica indica que la suplementación materna oral con vitaminas C y E a partir del primer mes de gestación, con las mismas dosis usadas en este estudio, se traduce en un incremento significativo de ambas vitaminas en el plasma sanguíneo de las ovejas, las que son transferidas al feto, logrando un aumento en la concentración de vitamina C presente en el plasma fetal del 37% en fetos mellizos (Sales *et al.*, 2019), así como también un aumento relativo de vitamina E. Sin embargo, esta debido a su naturaleza liposoluble,

resulta en una menor tasa de transferencia placentaria. Un estudio realizado por Bass II *et al.*, (2001) en bovinos de carne, donde se suplementó con vitamina E a los animales durante el último mes de gestación, demostró un aumento en la concentración sérica de vitamina E tanto en madres como terneros, sugiriendo un traspaso de esta vitamina vía consumo de calostro, lo que favorece el sistema inmune y el desarrollo de las crías. Cabe destacar también el uso de otros antioxidantes, como es en el trabajo de Flinn *et al.*, (2020) donde se suplementaron ovejas Merino con melatonina a partir del día 70-90 de gestación, resultando en un aumento en la sobrevivencia de los corderos a los 3 días postparto, manteniéndose este efecto hasta el destete.

En otros estudios, donde el período de administración de vitaminas fue distinto, iniciando 30 días antes del apareamiento (Parraguez *et al.*, 2011), y a los 30 días de gestación (Sales *et al.*, 2019), los resultados en cuanto al peso de los corderos al nacimiento demostraron diferencias estadísticamente significativas, favoreciendo a los grupos tratados con un incremento cercano al 20% (Parraguez *et al.*, 2011). Esto podría indicar que, si bien una administración de vitaminas antioxidantes aumenta el peso al nacimiento de los corderos al prevenir un estado de estrés oxidativo, el período utilizado en este estudio pudo no haber sido el óptimo para observar tales efectos. Sería interesante verificar si aumentando la cantidad de días de administración, sin llegar a los períodos ya estudiados, pudiera encontrarse la cantidad mínima de días de administración necesarios para que se logre obtener diferencias significativas de peso.

Por último, es bueno destacar la relación directamente proporcional que existe entre el peso materno y el peso de los corderos, lo que se ve reflejado en los análisis de correlación realizados (Cuadro N°1), donde los valores de “p” indican la presencia de este tipo de asociación. De esto se podría desprender también, junto con lo descrito por Rojas (2019), que el peso de la madre en gestación, dado en gran medida por el estado nutricional en el que se encuentre, influye sobre el peso de las crías al nacimiento y por ende en su vida postnatal (Sales *et al.*, 2019; González-Bulnes *et al.*, 2020).

Calostro

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, este es el primer estudio en evaluar la relación entre las vitaminas antioxidantes y la producción y composición del calostro en ovejas melliceras. Los resultados obtenidos acerca de la producción de calostro muestran que no hubo un efecto significativo del tratamiento sobre esta variable. Se puede observar que la curva del grupo tratado se mantiene por sobre el control durante todo el período de medición, lo que según los análisis sería producto del azar y no debido a la administración de vitaminas. Los requerimientos de calostro de un cordero, según Mellor y Murray (1986), están entre los 180–210 mL por kilogramo de peso vivo para las primeras 18 horas postparto. En el caso del grupo tratamiento, el peso promedio del cordero recién nacido fue de $4,18 \pm 0,85$ kg, mientras que en el grupo control alcanzó un valor promedio de $4,55 \pm 0,88$ kg, lo que da un requerimiento aproximado de 815,1 y 887,25 mL de calostro por cada cría, respectivamente. El valor promedio de producción de calostro acumulado hasta las 24 horas postparto fue de $653,47 \pm 311,17$ mL para el grupo tratamiento y de $584,1 \pm 322,17$ mL para

el grupo control, observando una diferencia, aunque no estadísticamente significativa, de más de 100 mL de calostro a favor del tratamiento. Por otro lado, ninguno de los grupos experimentales cumpliría con los requerimientos promedio de calostro necesarios para cada cordero, aunque dada la gran desviación estándar presente en cada grupo, la confiabilidad de los datos se ve disminuida.

En cuanto al contenido de grasa, se observa claramente que el grupo control obtuvo valores mayores a los del tratamiento, presentando diferencias significativas en tres de los cinco tiempos de medición, a las 12, 24 y 36 horas posteriores al parto. De acuerdo con la revisión bibliográfica, se encontró poca información con respecto a la relación entre vitaminas antioxidantes C y E, y grasa calostrada, específicamente en por qué la administración de estas vitaminas durante la gestación afecta negativamente el porcentaje de grasa, como ocurrió en este experimento. Diversos estudios indican que, generalmente, la administración de vitamina C, ya sea sola o de manera sinérgica con vitamina E, actúa de manera antioxidante disminuyendo el daño oxidativo (Cadenas, 1996; Parraguez *et al.*, 2011; Przybylska *et al.*, 2007; Saraswat *et al.*, 2014). Sin embargo, siguiendo con esto último, la propiedad antioxidante de estas vitaminas pudo haber afectado en cierto grado el proceso de fermentación de los hidratos de carbono de los alimentos que ocurre en el rumen, proceso necesario para originar acetato (Bauman *et al.*, 2011), siendo este la fuente principal de moléculas de carbono para la síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria (Moore y Christie, 1981). Otra razón posible para los resultados obtenidos podría ser que las vitaminas afectaron la eliminación hidrolítica del grupo fosfato presente en el diacilglicerol-3-fosfato (Angulo *et al.*, 2009), actuando como agente reductor e interrumpiendo la síntesis de ácidos grasos. Además, un dato interesante es que, en algunos casos, el ácido ascórbico puede actuar como pro-oxidante al regenerar el radical perferriilo al inicio de la peroxidación lipídica (Lindmark-Mansson y Akesson, 2000).

El porcentaje de sólidos no grasos presentes en el calostro no reflejó diferencias entre los grupos. Durante las primeras 12 horas postparto, los resultados indican una disminución considerable de su contenido. Esto coincide con los resultados de Banchemo *et al.* (2006) donde se observó un decrecimiento en el contenido de sólidos totales a 10 horas tras el parto, destacando que el contenido de grasa se mantuvo constante y, por ende, la disminución fue producto del contenido de sólidos no grasos. La curva de esta variable tiene una alta relación con la reducción en el contenido de proteínas (Banchemo *et al.*, 2004b; Banchemo *et al.*, 2006), particularmente en la concentración de inmunoglobulinas (Pattinson *et al.*, 1995).

La densidad del calostro tampoco difirió entre los grupos. Esta variable está inversamente relacionada con el rendimiento de calostro (Banchemo *et al.*, 2004b; Banchemo *et al.*, 2007; Banchemo *et al.*, 2015), relación que es posible observar al analizar los gráficos de ambas variables (Figura N°3 y N°6), donde el calostro destaca una mayor densidad cercano al tiempo 0 y un volumen menor que en horas posteriores, coincidiendo con lo descrito por McCance y Alexander (1959). El contenido de sólidos no grasos, así como también la cantidad de proteína, influyen directamente en la densidad del calostro, lo cual es respaldado por los análisis de correlación realizados.

El contenido de proteínas en el calostro tiene una especial importancia debido a que, dentro de esta variable se encuentran las inmunoglobulinas (IgG), responsables de ser la base de la inmunidad del cordero recién nacido (Martínez, 2013). Como se observa en la Figura N°7, no hubo diferencias significativas entre los grupos. Por otro lado, los niveles de proteína caen de manera considerable durante las primeras 12 a 15 horas postparto. Esto se debería principalmente a la disminución en el contenido de IgG (Banchero *et al.*, 2004b; Banchero *et al.*, 2006; Pattinson *et al.*, 1995). Lo anterior, tiene relación con lo descrito por Halliday (1971 y 1978), quién menciona que la mayor parte de las inmunoglobulinas son absorbidas por el cordero durante las primeras 15 horas de vida. Luego de eso el intestino del cordero se vuelve impermeable a las inmunoglobulinas, por lo que no se produce una mayor absorción posterior (Pattinson *et al.*, 1995). Como se menciona anteriormente, el porcentaje de proteínas está asociado directamente con el contenido de sólidos no grasos, observándose curvas similares en ambas variables (Figuras N°5 y N°7).

En cuanto al contenido de lactosa, se podría mencionar que las curvas se mantienen relativamente estables en comparación con las variables anteriores. Al tiempo 0, se obtuvieron diferencias significativas entre ambos grupos, favoreciendo al tratamiento. La razón de esto podría deberse a que la suplementación con vitaminas antioxidantes, al prevenir el daño oxidativo, favoreció los niveles de glucosa en la sangre de la oveja, molécula precursora de la síntesis de lactosa (Banchero *et al.*, 2006).

Es necesario destacar que, tanto el aumento en el número de crías (Kessler *et al.*, 2019) como un ambiente de subnutrición (Banchero *et al.*, 2015), pueden disminuir la síntesis de lactosa, lo que tendrá como consecuencia un calostro de mayor viscosidad, dificultando la alimentación del cordero (Banchero *et al.*, 2016). Esto debido a que la lactosa es osmóticamente activa (Leong *et al.*, 1990), lo que le permite atraer agua desde la sangre y por ende regular la viscosidad del calostro (Banchero *et al.*, 2007).

Finalmente, de acuerdo con los análisis (Cuadros N°2 y N°3), la cantidad de lactosa está asociada directamente a las variables densidad y proteína, observando mayor grado de asociación en el grupo tratamiento. Esto podría ser simplemente por la similitud que presentaron las curvas de estas variables en el grupo tratamiento, no así en el grupo control. De todas maneras, esto último no significa que las curvas por variable, entre ambos grupos, hayan presentado diferencias significativas, como ya fue mencionado anteriormente.

CONCLUSIONES

- 1.** La administración de vitaminas C y E durante solo el último mes de gestación, no contrarresta los efectos de la subnutrición en ovejas melliceras, por lo que no favorece un aumento en el peso al nacimiento corderos.
- 2.** La producción de calostro no se ve afectada por la administración de estas vitaminas antioxidantes, revelando valores normales para las condiciones del estudio.
- 3.** Algunas variables dentro de la composición del calostro se ven afectadas por la suplementación con vitaminas C y E, como el componente graso, el cual se vio disminuido.

BIBLIOGRAFÍA

- Agarwal, A., S. Gupta y R.K. Sharma. 2005. Role of oxidative stress in female reproduction. *Reproductive Biology and Endocrinology* 3:1-28.
- Angulo, J., L. Mahecha y M. Olivera. 2009. Síntesis, composición y modificación de la grasa de la leche bovina: un nutriente valioso para la salud humana. *Revista MVZ Córdoba* 14: 1956-1866.
- Banchemo, G.E., G. Quintans, G.B. Martin, D.R. Lindsay y J.T.B. Milton. 2004a. Nutrition and colostrum production in sheep. 1. Metabolic and hormonal responses to a high-energy supplement in the final stages of pregnancy. *Reproduction, Fertility and Development* 16:633-643.
- Banchemo, G.E., G. Quintans, G.B. Martin, J.T.B. Milton y D.R. Lindsay. 2004b. Nutrition and colostrum production in sheep. 2. Metabolic and hormonal responses to different energy sources in the final stages of pregnancy. *Reproduction, Fertility and Development* 16:645-653.
- Banchemo, G.E., R. Perez Clariget, R. Bencini, D.R. Lindsay, J.T. B. Milton y G.B. Martin. 2006. Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. *Reproduction Nutrition Development* 46:447-460.
- Banchemo, G.E., G. Quintans, A. Vasquez, F. Gigena, A. La Manna, D.R. Lindsay y J.T.B. Milton. 2007. Effect of supplementation of ewes with barley or maize during the last week of pregnancy on colostrum production. *Animal* 1:625-630.
- Banchemo, G.E., J.T.B. Milton, D.R. Lindsay, G.B. Martin y G. Quintans. 2015. Colostrum production in ewes: a review of regulation mechanisms and of energy supply. *Animal* 9:831-837.
- Bass II, RT., W. S. Swecker y D.E. Eversole. 2001. Effects of oral vitamin E supplementation during late gestation in beef cattle that calved in late winter and late summer. *American Journal of Veterinary Research* 62:921-927.
- Bauman, D.E., M.A. McGuire y K.J. Harvatine. 2011. Mammary gland, milk biosynthesis and secretion. In: Fuqway, J.W., P.F. Fox y P.L.H. McSweeney (eds.). *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd Edition. Londres, Reino Unido: Elsevier 4170p.
- Brett, K.E., Z.M. Ferraro, J. Yockell-Lelievre, A. Gruslin, y K.B. Adamo. 2014. Maternal-fetal nutrient transport in pregnancy pathologies: The role of the placenta. *International Journal of Molecular Sciences* 15:16153-16185.
- Cadenas, S. 1996. Efecto de las vitaminas C y E sobre el daño oxidativo a lípidos, proteínas y ADN, la razón GSH/GSSG y la composición en ácidos grasos en el cobaya, la rata ODS y la orina humana. Tesis Doctoral. Madrid, España: Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid. 333p.

Córdova-Izquierdo, A., C.G. Ruiz, C.A. Córdova, M.S. Córdova, J.E. Guerra, B.E. Rodríguez y K. Arancibia. 2009. Estrés oxidativo y antioxidantes en la conservación espermática. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* 3:1-38.

Covacevich, C.N., y E. Ruz. 1996. Praderas en la zona austral: XII Región (Magallanes). p. 640-655. *In: Ruiz, N.I. (ed.) Praderas para Chile. 2da Edición. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Santiago, Chile.*

Crempien, C. 2001. Control de la mortalidad neonatal de corderos. p 51-67. *In: González, M. (ed.) Curso avances en producción ovina. INIA, Santiago, Chile.*

Dwyer, C.M. y C.A. Morgan. 2006. Maintenance of body temperature in the neonatal lamb: effects of breed, birth weight, and litter size. *Journal of Animal Science* 84:1093-1101.

Flinn, T., J.R. Gunn, K.L. Kind, A.M. Swinbourne, A.C. Weaver, J.M. Kelly, S. K. Walker, K.L. Gatford, W.H. Van Wettere y D.O. Kleemann. 2020. Short communication: maternal melatonin implants improve twin Merino lamb survival. Oxford University Press, Reino Unido 20p.

Fundación Chile. 2008. Manual de producción ovina, dirigido a profesionales y técnicos. Fundación Chile, INDAP.

García, G. 1993. Gestación y lactancia en ovejas de la zona central. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Chile. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/78-gestacion_lactancia_chile.pdf (Consultado en junio de 2022).

Garrel, C., P. A. Fowler y K. H. Al-Gubory. 2010. Developmental changes in antioxidant enzymatic defences against oxidative stress in sheep placentomes. *Journal of Endocrinology* 205:107-116.

González-Bulnes, A., V.H. Parraguez, F. Berlinguer, A. Barbero, C. García-Contreras, J. López-Tello, J.L. Pesantez-Pacheco y P. Martínez-Ros. 2020. The impact of prenatal environment on postnatal life and performance: Future perspectives for prevention and treatment. *Theriogenology* 150:15-19.

Gootwine, E. 2005. Variability in the rate of decline in birth weight as litter size increases in sheep. *Animal Science* 81:393-398.

Gootwine, E., T.E. Spencer y F.W. Bazer. 2007. Litter-size-dependent intrauterine growth restriction in sheep. *Animal* 1:547-564.

Halliday, R. 1971. Total serum protein and immunoglobulin concentrations in Scottish Blackface and Merino lambs at birth and during the first two days of suckling. *Journal of Agricultural Science* 77:463-466.

- Halliday, R. 1978. Immunoglobulin concentrations in Scottish Blackface lambs on a hill farm. *Research in Veterinary Science* 24:264-266.
- Hartmann, P.E., P. Trevethan y J.N. Shelton. 1973. Progesterone and oestrogen and the initiation of lactation in ewes. *Journal of Endocrinology* 59:49-259.
- Herrera, E.A., B. Krause, G. Ebensperger, R.V. Reyes, P. Casanello, M. Parra-Cordero y A. J. Llanos. 2014. The placental pursuit for an adequate oxidant balance between the mother and the fetus. *Frontiers in Pharmacology* 5:1-10.
- Igwebuike, U.M. 2010. Impact of maternal nutrition on ovine foetoplacental development: A review of the role of insulin-like growth factors. *Animal Reproduction Science* 121:189-196.
- INE. 2007. Existencia de ganado en las explotaciones agropecuarias y forestales por especie, región, provincia y comuna. Instituto Nacional de Estadísticas, Chile. Disponible en: <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios> (Consultado en septiembre de 2020).
- INIA. 2004. Razas ovinas y caprinas en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Remehue, Osorno, Chile 127: 88p.
- Jefferies, B. 1961. Body condition scoring and its use un management. *Tasmanian Journal of Agriculture* 32:19-21.
- Kessler, E.C., R.M. Bruckmaier y J.J. Gross. 2019. Immunoglobulin G content and colostrum composition of different goat and sheep breeds in Switzerland and Germany. *Journal Dairy Science* 102:1-8.
- Leong, W.S., N. Naravatnam, M.J. Stankiewicz, A.V. Wallace, S. Ward y N. Kuhn. 1990. Subcellular compartmentation in the synthesis of the milk sugars and alpha-2, 3-sialyllactose. *Protoplasm* 159:144-156.
- Lindmark-Mansson, H., y B. Akesson. 2000. Antioxidative factors in milk. *British Journal of Nutrition* 84:103-110.
- Lira, R. 2012. Suplementación estratégica. Bases para la producción ovina en Magallanes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Kampenaike. Punta Arenas, Chile 244:92-103.
- Martínez, M.E. 2013. Importancia del calostro en la alimentación del cordero. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Informativo N°112. Chile.
- McCance, I., y G. Alexander. 1959. The onset of lactation in the merino ewe and its modification by nutritional factors. *Australian Journal of Agricultural Research* 10:699-719.

Mellor, D. J., y L. Murray. 1985. Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on colostrum production in scottish blackface ewes with twin lambs. *Veterinary Science* 39:230-234.

Mellor, D.J., y L. Murray. 1986. Making the most of colostrum at lambing. *Veterinary Record* 118:351-353.

Mellor, D.J., D.J. Flint, R.G. Vernon y I.A. Forsyth. 1987. Relationships between plasma hormone concentrations, udder development and the production of early mammary secretions in twin-bearing ewes on different planes of nutrition. *Quarterly Journal of Experimental Physiology* 72:345-356.

Moore, J.H. y W.W. Christie. 1981. Lipid metabolism in the mammary gland of ruminant animals. In: Christie, W.W. (ed.). *Lipid metabolism in ruminant animals*. Oxford, Reino Unido: Pergamon Press Ltd. 460p.

Morrison, J.L. 2008. Sheep models of intrauterine growth restriction: fetal adaptations and consequences. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* 35:730-743.

NRC. National Research Council. 2007. Nutrients requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. p 362. National Academy of Sciences. Washington DC. USA.

Parraguez, V.H., M. Atlagich, O. Araneda, C. García, A. Muñoz, M. De los Reyes y B. Urquieta. 2011. Effects of antioxidant vitamins on newborn and placental traits in gestations at high altitude: Comparative study in high and low altitude native sheep. *Reproduction, Fertility and Development* 23:285-296.

Parraguez, V.H., F. Sales, O.A. Peralta, E. Narbona, R. Lira, M. De los Reyes y A. González-Bulnes. 2020. Supplementation of underfed twin-bearing ewes with herbal vitamins C and E: Impacts on birth weight, postnatal growth, and pre-weaning survival of the lambs. *Animals* 10:652.

Pattinson, S.E., D.A.R. Davies y A.C. Winter. 1995. Changes in the secretion rate and production of colostrum by ewes over the first 24 h *post partum*. *Animal Science* 61:63-68.

Przybylska, J., E. Albera y M. Kankofer. 2007. Antioxidants in bovine colostrum. *Reproduction in Domestic Animals* 42:402-409.

Rojas, C. 2019. Restricción del crecimiento intrauterino en ovejas: Roles de la subnutrición y la condición mellicera. Memoria Médica Veterinaria. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. 40p.

Rumball, C.W.H., J.E. Harding, M.H. Oliver y F.H. Bloomfield. 2008. Effects of twin pregnancy and periconceptual undernutrition on maternal metabolism, fetal growth and glucose-insulin axis function in ovine pregnancy. *Journal of Physiology* 586.5:1399-1411.

Saevre, C., J. Caton, J. Luther, A. Meyer, D. Dhuyvetter, R. Musser, J. Kirsch, M. Kapphahn, D. Redmer, C. Schauer. 2010. Effects of rumen-protected arginine supplementation on ewe serum amino acid concentration, circulating progesterone, and ovarian blood flow. Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science 61:7-10.

SAG. Cartilla actividades RRNN, Región de Magallanes y sus recursos naturales. Chile. Disponible en http://www.sag.cl/sites/default/files/CARTILLA_ACTIVIDADES_RRNN.pdf (Consultado en septiembre de 2020).

Sales, F., O.A. Peralta, E. Narbona, S. McCoard, A. González-Bulnes y V.H. Parraguez. 2018. Maternal melatonin implants improve fetal oxygen supply and body weight at term in sheep pregnancies. *Journal of Animal Science* 97:839-845.

Sales, F., O.A. Peralta, E. Narbona, S. McCoard, R. Lira, M. De Los Reyes, A. González-Bulnes, y V.H. Parraguez. 2019. Maternal supplementation with antioxidant vitamins in sheep results in increased transfer to the fetus and improvement of fetal antioxidant status and development. *Antioxidants* 8:59.

Saraswat, S., S.D. Kharche y S.K. Jindal. 2014. Impact of reactive oxygen species on spermatozoa: A balancing act between beneficial and detrimental effects. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 4:247-255.

Sharma, R.K., H.T. Blair, C.M.C. Jenkinson, P.R. Kenyon, J.F. Cockrem y T.J. Parkinson. 2012. Uterine environment as a regulator of birth weight and body dimensions of newborn lambs. *Journal of Animal Science* 90:1338-1348.

Van der Linden, D.S., Q. Sciascia, F. Sales, y S.A. McCoard. 2013. Placental nutrient transport is affected by pregnancy rank in sheep. *Journal of Animal Science* 91:644-653.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Este estudio se realizó gracias a la cooperación del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Kampenaike, quienes aportaron su campo experimental, los animales y personal de colaboración; del Laboratorio Veterquímica, que aportó las vitaminas C y E; de la Estación Experimental Las Cardas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, donde se realizó la evaluación de la calidad del calostro; además de aportes pecuniarios del profesor guía y el tesista.