



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ANÁLISIS DE PARÁMETROS SANGUÍNEOS Y FACTORES MATERNOS
QUE INFLUYEN SOBRE LA CALIDAD DE CALOSTRO BOVINO

Autora

Michelle Estefanía Reyes Pinos

Año

2015



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ANÁLISIS DE PARÁMETROS SANGUÍNEOS Y FACTORES MATERNOS
QUE INFLUYEN SOBRE LA CALIDAD DE CALOSTRO BOVINO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Médico Veterinario Zootecnista

Profesor guía

Ing. María José Amores

Autora

Michelle Estefanía Reyes Pinos

Año

2015

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Ing. María José Amores

C.I. 1711857134

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Michelle Estefanía Reyes Pinos

C.I. 1722045901

AGRADECIMIENTOS

A Dios por todas las bendiciones de mi vida. A mi familia Marcia, Diego y Dieguito y a mi novio Christian por ser pilares fundamentales en todos los aspectos de mi vida, por su amor, apoyo, paciencia y dedicación. A Sofía por ser una amiga incondicional y verdadera. A mi abuela Martita por su apoyo y cariño. A mis ángeles Luzmila, Filomena, Raúl y Vicente por cuidarme siempre. A mis gatos y a mi perro por cambiar mi manera de disfrutar la vida. A mis profesores, especialmente a la Ing. María José Amores, por sus enseñanzas y experiencias compartidas. A los técnicos del Programa de Ganadería del INIAP y al Ing. Roy Vera por su valiosa ayuda y conocimientos.

DEDICATORIA

A Dios por hacer su voluntad en mi vida y por guiarme para ser una Médico Veterinaria con vocación y amor por la vida, por permitirme conocer y estudiar sus más hermosas creaciones y por mostrarme cada día su perfección plasmada en cada animal.

RESUMEN

El calostro es la secreción acumulada en la glándula mamaria durante las últimas semanas de la gestación. El calostro, además de ser el primer alimento para el neonato, confiere inmunidad pasiva al recién nacido ya que presenta un alto contenido de inmunoglobulinas (Ig). El objetivo del presente estudio fue identificar los parámetros sanguíneos y los factores maternos que influyen sobre la calidad de calostro bovino. La investigación se llevó a cabo en de la Unidad de Apoyo a la Investigación del Programa de Ganadería de la Estación Experimental Santa Catalina, en el período de mayo de 2014 a octubre de 2014. Se recolectaron muestras sanguíneas (plasma - suero) de vacas (varias razas y edades) 15 días antes de la fecha probable de parto para su posterior análisis en el laboratorio. Después del parto, se recolectaron muestras de calostro que fueron analizadas mediante el empleo de un hidrómetro (calostrómetro) para estimar la concentración de Ig por mililitro en base a la gravedad específica. La concentración de Ig calostrales fue variable entre los animales, con un promedio de 97 mg/ml (D.E.= 28 mg/ml) y un rango de 30 mg/ml a 160 mg/ml. En total, el 92.31% de las muestras de calostro contenían más de 50 mg/ml de Ig, lo cual se considera como calostro de alta calidad. Dentro del modelo de regresión múltiple, la gravedad específica del calostro fue influenciada por los niveles sanguíneos de colesterol ($p<0.05$), hemoglobina ($p<0.05$), glóbulos rojos ($p<0.05$), fósforo ($p<0.10$), globulinas ($p<0.10$), plaquetas ($p<0.10$) y nitrógeno ureico sanguíneo ($p<0.20$). Al aplicar un análisis de varianza (ADEVA) se encontró que los factores maternos como el número de parto y la edad de la vaca al parto no influyeron sobre la concentración de Ig en el calostro bovino. Los resultados de este estudio indican que la gravedad específica calostrales puede estar influenciada por muchos factores y que el proceso de calostrogénesis se caracteriza por la transferencia de componentes desde el torrente sanguíneo materno hacia la glándula mamaria.

ABSTRACT

Colostrum is the secretion accumulated in the mammary gland during the last weeks of pregnancy. Colostrum, besides being the first food for the neonate, confers passive immunity because it contains high levels of immunoglobulins (Ig). The aim of this study was to identify blood parameters and maternal factors that influence the quality of colostrum. The research was carried out at Livestock Program of Santa Catalina Experimental Station, in dairy farm of Unit for Research Support, from May 2014 to December 2014. Blood samples (plasma and serum) of cows (various breeds and ages) were collected from a tail vein 15 days before expected calving (n=39). Blood samples were immediately sent to the laboratory for analysis. After parturition, colostrum samples (n=39) were analyzed by using a hydrometer (colostrometer) to estimate the amount of Ig per milliliter based on the specific gravity. The concentration of colostrum Ig varied among animals, with a mean of 97 mg/ml (SD = 28 mg/ml) and a range of 30 mg/ml to 160 mg/ml. In total, 92.31% of samples contained >50 mg/ml of Ig, which is considered as colostrum of high quality. The specific gravity of colostrum was influenced by cow's blood levels of cholesterol ($p<0.05$), hemoglobin ($p<0.05$), red blood cells ($p<0.05$), phosphorus ($p<0.10$), globulins ($p<0.10$), platelets ($p<0.10$) and blood urea nitrogen ($p<0.20$) according to the multiple regression model. By applying an analysis of variance (ANOVA), it was found that maternal factors such as parity and cow's age at calving did not influence on the amount of immunoglobulins in bovine colostrum. The results of this study indicate that colostrum specific gravity can be influenced by many factors and that colostrumogenesis process is characterized by the transfer of components from the mother's bloodstream to the mammary gland.

ÍNDICE

Introducción	1
1. Capítulo I: Objetivos	4
1.1. Objetivos.....	4
1.1.1. Objetivo general	4
1.1.2. Objetivos específicos	4
1.2. Hipótesis.....	4
2. Capítulo II: Marco Teórico	5
2.1. Importancia del calostro.....	5
2.2. Origen de los componentes de la leche y el calostro	6
2.2.1. Proteínas de la leche.....	8
2.2.2. Lactosa.....	8
2.2.3. Grasa láctea	8
2.2.4. Minerales.....	9
2.2.5. Vitaminas	9
2.3. Mecanismos de secreción de los componentes del calostro y leche bovina	9
2.4. Mecanismo para la transcitosis de inmunoglobulinas	11
2.5. Período de calostrogénesis en los bovinos.....	14
2.6. Regulación endócrina de la calostrogénesis	16
2.7. Componentes del calostro.....	17
2.8. Proteínas del calostro.....	20
2.8.1. Proteínas de alta abundancia.....	21
2.8.2. Proteínas de baja abundancia.....	21
2.8.3. Inmunoglobulinas del calostro	21
2.9. Variabilidad calostrual	24
2.10. Factores que se relacionan con la calidad de calostro	26

2.10.1. Diferencias entre hatos	26
2.10.2. Número de parto y edad de la vaca	26
2.10.3. Raza de la madre	27
2.10.4. Cantidad de calostro producida.....	29
2.10.5. Período de seco	29
2.10.6. Época de parto	31
2.10.7. Nutrición durante la gestación.....	31
2.10.8. Inmunizaciones	32
2.10.9. Glándula mamaria	33
2.10.10. Estado de salud de la madre.....	33
2.10.11. Inmunoglobulinas de la leche	34
2.10.12. Sexo de la cría	34
2.10.13. Material genético materno.....	34
2.11. Calostro, leche de transición y leche	35
2.12. Métodos para determinar la concentración de Ig	36
2.12.1. Inmunodifusión radial	36
2.12.2. Inmunoensayo turbidimétrico (TIA)	37
2.12.3. Hidrómetro	37
2.12.4. Refractómetro.....	38
3. Capítulo III: Materiales y Métodos	39
3.1. Materiales.....	39
3.1.1. Material experimental	39
3.1.2. Material de laboratorio.....	39
3.1.3. Material de campo.....	39
3.2. Metodología	39
3.2.1. Características del sitio experimental.....	39
3.2.1.1. Ubicación.....	39
3.2.1.2. Características climáticas.....	40
3.2.2. Factores en estudio.....	40
3.2.3. Unidad experimental	41
3.2.4. Marco de muestreo	41

3.2.5. Variables y métodos de evaluación.....	42
3.2.5.1. Valores hematológicos.....	42
3.2.5.2. Valores bioquímicos.....	43
3.2.5.3. Niveles de minerales en sangre.....	44
3.2.5.4. Factores maternos.....	45
3.3. Manejo específico de la investigación.....	45
3.3.1. Características y manejo de los animales en estudio.....	45
3.3.2. Obtención de las muestras sanguíneas.....	48
3.3.3. Obtención y análisis de las muestras de calostro.....	49
3.3.4. Análisis estadístico.....	51
3.3.4.1. Análisis de regresión lineal múltiple.....	51
3.3.4.1.1. Evaluación del modelo de regresión múltiple.....	53
3.3.4.1.2. Ecuación del modelo de regresión lineal múltiple.....	58
3.3.4.2. Análisis de la varianza.....	58
3.3.4.2.1. Número de parto.....	58
3.3.4.2.2. Edad al parto en meses.....	59
4. Capítulo IV: Resultados y Discusiones.....	60
4.1. Concentraciones de inmunoglobulinas en el calostro.....	60
4.2. Variables sanguíneas.....	65
4.2.1. Hematocrito, concentración de hemoglobina y recuento de glóbulos rojos.....	66
4.2.2. Índices eritrocitarios.....	67
4.2.3. Leucograma.....	68
4.2.4. Recuentos de plaquetas.....	69
4.2.5. Enzimas hepáticas.....	70
4.2.6. Bilirrubinas.....	71
4.2.7. Proteínas plasmáticas.....	72
4.2.8. Colesterol sérico.....	73
4.2.9. Glucosa sanguínea.....	73
4.2.10. Creatina-cinasa plasmática.....	74
4.2.11. Minerales séricos.....	75

4.2.12. Nitrógeno ureico sanguíneo (BUN) y creatinina	76
4.3. Análisis de regresión lineal múltiple	77
4.3.1. Modelo final de regresión lineal múltiple	77
4.3.2. Ecuación del modelo final de regresión lineal múltiple	78
4.3.3. Coeficientes de la regresión múltiple.....	79
4.3.3.1. Nitrógeno ureico sanguíneo	79
4.3.3.2. Fósforo sérico.....	81
4.3.3.3. Colesterol en sangre	82
4.3.3.4. Globulinas	85
4.3.3.5. Eritrocitos y hemoglobina	87
4.3.3.6. Plaquetas	89
4.4. Análisis de la varianza (ADEVA) para los factores maternos en estudio.....	90
4.4.1. Número de parto	90
4.4.2. Edad al parto en meses	92
4.4.3. Análisis comparativos adicionales.....	93
5. Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones	94
5.1. Conclusiones	94
5.2. Recomendaciones	96
6. Capítulo VI: Glosario de términos.....	98
7. Referencias.....	101
8. Anexos	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Origen de los componentes principales de la leche.	7
Figura 2. Modelo de los diversos mecanismos de secreción de los componentes del calostro y leche bovina.	10
Figura 3. Modelo del complejo FcRn en la membrana del endosoma de las células mamarias.	12
Figura 4. Modelo y pesos moleculares de los posibles componentes de unión del FcRn.	14
Figura 5. Representación esquemática de las principales proteínas implicadas en el sistema de defensa del huésped en la leche y calostro.....	20
Figura 6. Estructura de la molécula de inmunoglobulina G.	22
Figura 7. Cambios relativos (%) en la concentración de IgG1, grasa, caseína, proteína total, lactosa y volumen producido durante los primeros ordeños después del parto.	36
Figura 8. Diagrama cuantil- cuantil (qq-plot) de los residuos del modelo de regresión múltiple obtenido del análisis con el software estadístico R.	56
Figura 9. Histograma de los residuos del modelo de regresión múltiple obtenido del análisis con el software estadístico R.	56
Figura 10. Gráfica de la densidad de los residuos del modelo de regresión múltiple obtenida del análisis con el software estadístico R.	57
Figura 11. Gráfico de dispersión de Residuos versus valores Predichos del modelo de regresión múltiple obtenido del análisis con el software estadístico R.	57

Figura 12. Gráfica de distribución de la concentración de Ig (mg/ml) en las muestras de calostro de los animales en estudio.....	60
Figura 13. Calidad de las muestras de calostro del estudio (n=39).....	63
Figura 14. Evaluación de los eritrocitos de los animales en estudio.	66
Figura 15. Índices eritrocitarios de los animales en estudio.	67
Figura 16. Leucograma de los animales en estudio.	68
Figura 17. Recuento de plaquetas de los animales en estudio.	69
Figura 18. Enzimas hepáticas de los animales en estudio.....	70
Figura 19. Bilirrubinas de los animales en estudio.	71
Figura 20. Proteínas plasmáticas de los animales en estudio.....	72
Figura 21. Colesterol sérico de los animales en estudio.	73
Figura 22. Glucosa de los animales en estudio.....	73
Figura 23. Creatina-cinasa de los animales en estudio.....	74
Figura 24. Minerales séricos de los animales en estudio.	75
Figura 25. Nitrógeno ureico sanguíneo y creatinina de los animales en estudio.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores reportados de la composición química del calostro bovino. ..	18
Tabla 2. Concentraciones de Ig en el calostro bovino reportadas en varios estudios realizados en bovinos.	25
Tabla 3. Efecto del período de seco (PS) en la concentración de Ig en el calostro bovino.	30
Tabla 4. Ubicación geográfica y características de la zona en estudio.	40
Tabla 5. Características climáticas de la zona en estudio.	40
Tabla 6. Criterios de inclusión y exclusión de los animales en estudio.	41
Tabla 7. Hematología.	42
Tabla 8. Bioquímica sérica.	44
Tabla 9. Minerales sanguíneos.	45
Tabla 10. Características de los animales en estudio.	46
Tabla 11. Características de los potreros maternidad.	48
Tabla 12. Resumen del modelo final de regresión múltiple.	53
Tabla 13. Número de parto.	59
Tabla 14. Edad al parto en meses.	59
Tabla 15. Variabilidad de Ig en las muestras de calostro (n=39).	60
Tabla 16. Resumen de resultados de las variables sanguíneas de las hembras bovinas en estudio (n=39).	65
Tabla 17. Modelo final de regresión múltiple: coeficientes.	78

Tabla 18. Valores de Ig calostrales de los grupos de vacas de acuerdo al número de parto.	90
Tabla 19. ADEVA para la variable “Número de parto”	90
Tabla 20. Valores de Ig calostrales de los grupos de vacas de acuerdo a la edad al momento del parto.	92
Tabla 21. ADEVA para la variable “Edad al parto en meses”	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Libro de campo: Toma de muestras sanguíneas	125
Anexo 2. Libro de campo: Toma de muestras de calostro.	126
Anexo 3. Libro de campo: Análisis de las muestras de calostro.....	127
Anexo 4. Resultados de hematología de los animales en estudio (n=39).	128
Anexo 5. Resultados de bioquímica sanguínea de los animales en estudio (n=39).	129
Anexo 6. Valores de Ig calostrales de los grupos de vacas de acuerdo a la raza o cruzamiento racial.	130
Anexo 7. Valores de Ig calostrales de los grupos de vacas de acuerdo a la duración del período de seco.	130
Anexo 8. Valores de Ig calostrales de los grupos de vacas de acuerdo a la época de parto.	130
Anexo 9. Relación entre la gravedad específica del calostro y la concentración de Ig.	131
Anexo 10. Calendario de inmunizaciones del hato bovino de la Unidad de Apoyo a la Investigación del Programa de Ganadería de la EESC.....	132
Anexo 11. Sujeción del animal para la toma de las muestras de sangre.	133
Anexo 12. Desinfección de la zona de flebotomía.....	133
Anexo 13. Extracción de las muestras de sangre.	134
Anexo 14. Extracción de las muestras de sangre para análisis de bioquímica sanguínea.	135

Anexo 15. Extracción de las muestras de sangre para análisis de hematología.....	135
Anexo 16. Medición de la temperatura de las muestras de calostro bovino...	136
Anexo 17. Uso del hidrómetro (calostrómetro) para la determinación de la concentración de Ig (mg/ml) de las muestras de calostro bovino.....	136
Anexo 18. Uso del hidrómetro (calostrómetro) para la determinación de la concentración de Ig (mg/ml) de las muestras de calostro bovino.....	137

INTRODUCCIÓN

Es indudable que la crianza de terneras constituye uno de los pilares fundamentales para que una explotación bovina tenga éxito, ya que las terneras son tanto genética como económicamente una inversión para el futuro de cualquier granja lechera. Uno de los factores más importantes para que los terneros puedan expresar su potencial genético es su correcta alimentación (Indra, Daina, y Je, 2012, p. 256).

En principio, el encalostrado aparenta ser una actividad sencilla, se tiende a pensar equivocadamente que todos los calostros son iguales y que todos los terneros encalostran de la misma manera. Sin embargo, la realidad es diferente y compromete a los Médicos Veterinarios y productores a profundizar en éste tema (Aguirre et al., 2011, p. 11).

La estructura sindesmocorial de la placenta de los rumiantes impide el paso transplacentario de Ig durante la gestación, consecuentemente los rumiantes recién nacidos son agammaglobulinémicos (Reece, 2010, p. 198). Por lo tanto, la transferencia pasiva de inmunidad a través del calostro desde la madre, es la clave para la supervivencia del recién nacido (Gómez-Lucía, Del Mar Blanco, y Doménech, 2007, p. 158).

El calostro es la primera alimentación irremplazable para el ternero, contiene altas cantidades de células (leucocitos), nutrientes (carbohidratos, especialmente lactosa; ácidos grasos y lípidos; aminoácidos y proteínas; minerales; vitaminas), sustancias bioactivas (hormonas, factores de crecimiento y citoquinas), por lo tanto también presenta actividades antivirales, antibacterianas y antiinflamatorias (Baldi, Cheli, Pinotti, y Pecorini, 2008, p. 7 y Hammon, Steinhoff-Wagner, Flor, Schonhusen, y Metges, 2012, p. 686). El calostro promueve la salud y el crecimiento, influencia sobre el estado inmune y contribuye al desarrollo del sistema gastrointestinal y otros órganos, metabolismo y sistemas endócrinos del neonato (Blum, 2003, pp. 123-124 y Quezada-Tristán et al., 2014, pp. 1-2).

Por lo tanto, un deficiente encalostramiento representa un riesgo para el recién nacido, que se traduce en animales con menor crecimiento, menor vitalidad y menor probabilidad de supervivencia. Un mal encalostrado es la causa directa del 11% de las muertes en terneros antes del destete, y una inadecuada adquisición de inmunidad pasiva tiene que ver con el 40% de los que mueren antes del citado período (Aguirre et al., 2011, p. 20). Todo esto se traduce en pérdidas para la explotación (Faber, Faber, McCauley, y Ax, 2005, pp. 422-424).

El calostro de alta calidad es aquel que presenta una concentración de Ig ≥ 50 g/l; tiene una alta concentración de Ig contra enfermedades específicas a las que los terneros van a estar expuestos en la granja; es un alimento nutritivo (contiene niveles adecuados de grasa, proteínas, vitaminas y minerales que promuevan el estado de salud del ternero); tiene una concentración baja de contaminantes bacterianos (recuento de bacterias totales $< 1000,000$ cfu/ml y recuento de coliformes $< 10,000$ cfu/ml) y es libre de patógenos que pueden ser transmitidos por vía calostrada (Maunsell, 2014, pp. 114-115).

La calidad del calostro puede ser influenciada y variar de acuerdo al hato en estudio, el número de parto y la edad de la vaca (Fleming, 2014, pp. 39-47 y Morril et al., 2012, pp. 3999-4004), la raza de la vaca (Maunsell, 2014, p. 116), la cantidad de calostro producida (Kehoe, Heinrichs, Moody, Jones, y Long, 2011, pp. 177-179), la longitud del período de seco (Rastani et al., 2005, p. 2595), la época de parto (Gulliksen, Lie, Sølverød, y Østerås, 2008, p. 709), la nutrición durante la gestación (Swanson et al., 2008, p. 2415), el calendario de inmunizaciones (Maunsell, 2014, p. 119), las características de la glándula mamaria (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, pp. 112-114), el conteo de células somáticas pre y post-parto (Kehoe, Jayarao, y Heinrichs, 2007, p. 4112) y por el material genético materno (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 113). Adicionalmente se ha observado traslocación de moléculas bioactivas, como las Ig, y nutrientes desde el torrente sanguíneo materno hacia la glándula mamaria durante el periodo de calostrogénesis (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, pp. 103-115; Boden y Andrews, 2015, p. 109 y Hernández-Castellano, Almeida, Castro, y Argüello, 2014, pp. 64-71).

Por lo que en el presente estudio se pretende establecer e identificar la relación existente entre algunos factores maternos (número de parto y edad) con la concentración de Ig presentes en el calostro. Adicionalmente la investigación busca determinar la asociación entre los parámetros sanguíneos de la vaca y la concentración de Ig en el calostro, estimada en base a la gravedad específica.

1. CAPÍTULO I: OBJETIVOS

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Identificar los parámetros sanguíneos y factores maternos que se asocian con la calidad de calostro bovino.

1.1.2. Objetivos específicos

- Analizar e identificar la relación de los parámetros hematológicos maternos (glóbulos rojos, hemoglobina, plaquetas, leucocitos) con la calidad de calostro bovino.
- Analizar e identificar la relación de los parámetros bioquímicos sanguíneos maternos (GGT, bilirrubinas, albúmina, globulinas, creatinina, nitrógeno ureico, creatina cinasa, glucosa, colesterol, calcio, fósforo y magnesio) con la calidad de calostro bovino.
- Analizar la relación de factores maternos (número de parto y edad) con la calidad de calostro bovino.

1.2. Hipótesis

H₀: Los parámetros sanguíneos (hematología, bioquímica, minerales) y factores maternos no se relacionan con la calidad de calostro bovino.

H₁: Los parámetros sanguíneos (hematología, bioquímica, minerales) y factores maternos se relacionan con la calidad de calostro bovino.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia del calostro

Estudios demuestran que en los últimos años la mortalidad de neonatos ha incrementado considerablemente, a pesar del progreso sustancial en los sistemas de crianza de terneras (Antkowiak, Pytlewski, Jakubowski, y Skrzypek, 2010, p. 137). Las principales patologías y causas de mortalidad de los terneros durante las primeras semanas de vida son las septicemias, enteritis y neumonías. La tasa de mortalidad en terneras, antes del destete, es elevada y oscila entre el 7 y el 11%. Una tercera parte mueren en las tres primeras semanas de vida y las causas principales son de tipo digestivo (diarrea) y respiratorio, siendo la insuficiente transferencia de inmunidad pasiva uno de los principales factores predisponentes (Aguirre et al., 2011, pp. 4-6).

Se denomina fallo en la transferencia de inmunidad pasiva (FTP) cuando un ternero no recibe una cantidad adecuada de IgG del calostro. El FTP no es una enfermedad como tal, sin embargo predispone al ternero a un incremento en la morbilidad, una disminución en la tasa de crecimiento y una menor producción de leche a lo largo de su vida productiva. El FTP es uno de los factores principales que contribuyen a la mortalidad antes del destete, asociándose al 39 - 50% de las muertes pre-destete. El FTP es el resultado del consumo de una cantidad insuficiente de IgG, y el consumo de IgG está a su vez relacionado con la calidad y cantidad del calostro y el tiempo transcurrido entre el parto y la alimentación con calostro (Doepel y Bartier, 2014, p. 137). Se considera que la transferencia de inmunidad pasiva es adecuada cuando el ternero presenta como mínimo 10 mg/ml de IgG séricas (inmunodifusión radial) o 5,2 g/dl de proteínas totales séricas (refractómetro) (Doepel y Bartier, 2014, p. 138 y Singh, Chandra, Huozha, y Kushwaha, 2011, p. 83).

Alrededor del 60% del calostro en las explotaciones bovinas lecheras es inadecuado y por ende un gran número de terneros están en riesgo de sufrir FTP y/o de contraer infecciones bacterianas (Morril et al., 2012, p. 3997). Se estima

que el 35% de los terneros en las explotaciones lecheras sufren FTP (Weaver, Tyler, VanMetre, Hostetler, y Barrington, 2000, p. 569).

Los anticuerpos del calostro proveen a los terneros de inmunidad humoral durante las primeras 4 a 6 semanas de vida, hasta que su sistema inmune activo se desarrolle por completo. Se ha demostrado que el calostro además de ser un factor esencial dentro de la inmunidad del ternero en las primeras semanas de vida, juega un papel importante en el desarrollo y funcionamiento del tracto gastrointestinal y de otros órganos y tejidos (Antkowiak et al., 2010, pp. 137-138).

La absorción de Ig ocurre en el intestino delgado de los terneros debido a éste presenta la capacidad de absorberlas de forma pasiva (pinocitosis) hasta las 24-36 horas de vida (Aguirre et al., 2011, p. 22). Idealmente los terneros deben ser alimentados dentro de las dos horas después del nacimiento, la primera toma de calostro no debe administrarse más allá de las seis horas (Doepel y Bartier, 2014, p. 141). La absorción del calostro en el tracto gastrointestinal de los neonatos, es favorecida por la baja actividad proteolítica y la presencia de inhibidores de la tripsina presentes en el calostro (Hernández-Castellano et al., 2014, p. 65). Transcurrido éste período de tiempo, las células especializadas del intestino son reemplazadas por el epitelio intestinal normal y termina el proceso de absorción (Aguirre et al., 2011, p. 22).

2.2. Origen de los componentes de la leche y el calostro

En la Figura 1 se puede apreciar que la totalidad o la mayor parte de los principales componentes de la leche, se sintetiza en la glándula mamaria a partir de diversos precursores que se absorben selectivamente de la sangre. Así mismo, la glándula ejerce un filtrado selectivo sobre ciertas proteínas, minerales y vitaminas que no son elaboradas en éste lugar, sino que pasan directamente de la sangre a las secreciones mamarias (McDonald, Edwards, Greenhalgh, y Morgan, 2006, p. 350).

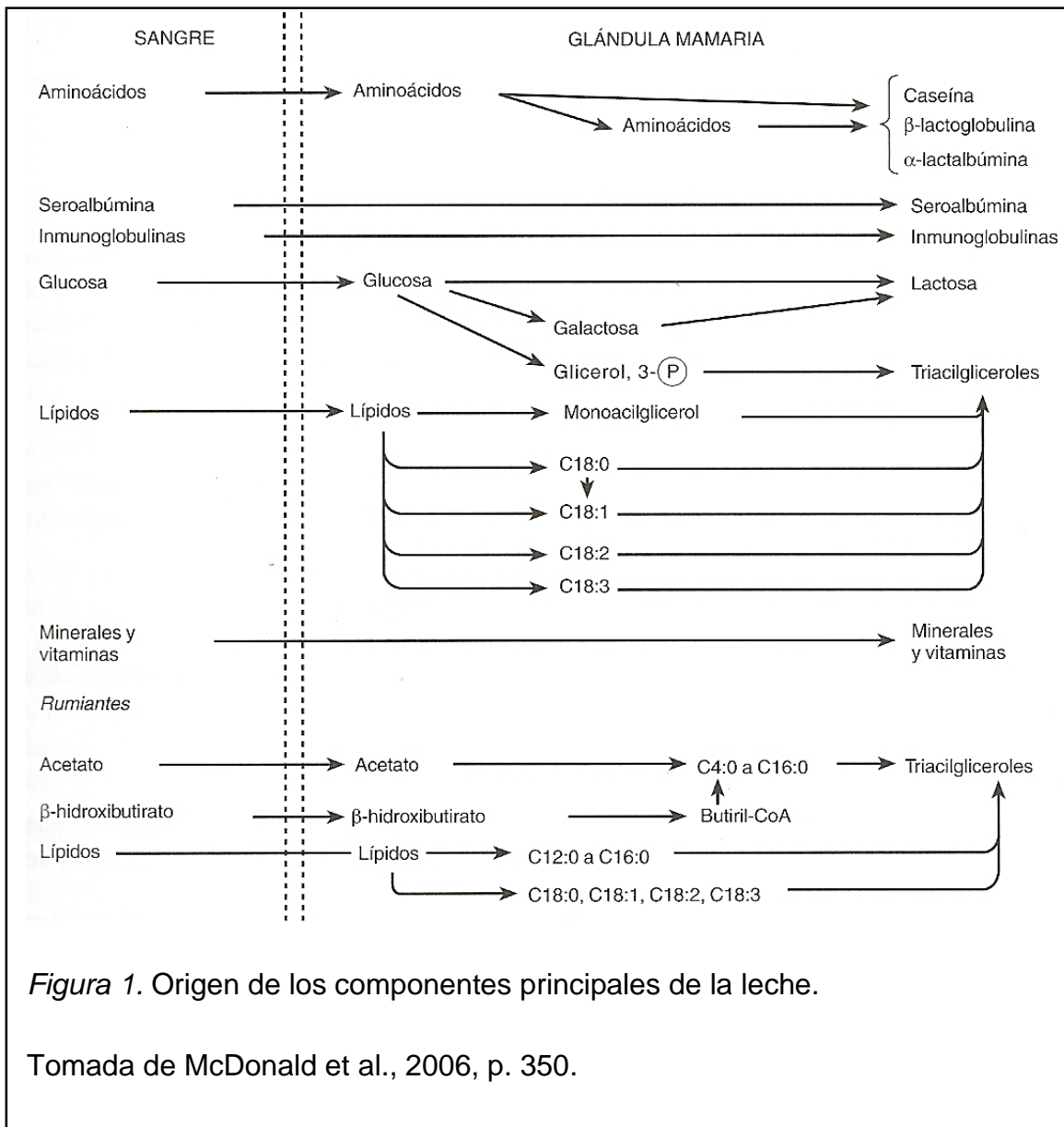


Figura 1. Origen de los componentes principales de la leche.

Tomada de McDonald et al., 2006, p. 350.

2.2.1. Proteínas de la leche

Alrededor del 95% del nitrógeno de las secreciones mamarias forma parte de la proteína; el 5% restante se encuentra en sustancias como la urea, creatina, glucosamina y amoníaco, que se transfieren desde la sangre a la leche. Las proteínas dominantes de la leche son las caseínas (α_{s1} , α_{s2} , β , κ , γ), seguidas por la β -lactoglobulina. También existen cantidades de α -lactalbúmina, seroalbúmina, inmunoglobulinas, pseudoglobulina, euglobulina, todas las cuales se absorben directamente del torrente sanguíneo de la vaca. Los aminoácidos se absorben por la glándula mamaria en cantidades adecuadas para la síntesis de proteínas (Gasque, 2008, p. 423 y McDonald et al., 2006, pp. 350-351).

2.2.2. Lactosa

La lactosa es considerada el único carbohidrato presente en la leche, tomando en cuenta que existen mínimas cantidades de trazas de glucosa, oligosacáridos neutros y ácidos, y galactosa. La molécula de lactosa se produce por la unión de una molécula de glucosa y otra de galactosa, en presencia de una enzima dependiente de la α -lactalbúmina. La galactosa procede casi totalmente de la glucosa y prácticamente toda la glucosa procede de la sangre (Gasque, 2008, p. 423 y McDonald et al., 2006, pp. 350-351).

2.2.3. Grasa láctea

La grasa láctea es una mezcla de triacilgliceroles que contienen una amplia variedad de ácidos grasos (AG) saturados e insaturados, los cuales tienen dos orígenes. La composición de la grasa láctea varía en función del origen de los AG: ácidos grasos de cadena larga de origen alimentario o movilizados desde el tejido adiposo, o AG de cadena corta y media sintetizados in situ a partir de acetato y betahidroxibutirato. El primer origen lo constituyen los quilomicrones y lipoproteínas de muy baja densidad de la sangre. El segundo, la síntesis a partir de acetato por la ruta del malonil-CoA del citosol. De la totalidad de ácidos grasos de la leche, aproximadamente la mitad procede de lípidos de la sangre y el resto

de la síntesis de novo (Martínez, Hernández, Pérez, Castro, y Pardo, 2010, p. 1 y McDonald et al., 2006, pp. 351-352).

2.2.4. Minerales

Los elementos inorgánicos de la leche se clasifican en dos grupos. El primero incluye a los elementos mayoritarios como el calcio, fósforo, sodio, magnesio y cloro. El segundo grupo, corresponde a los elementos traza (metales, metaloides, halógenos). Todos los componentes inorgánicos de la leche se absorben directamente de la sangre por la glándula mamaria, que es muy selectiva (McDonald et al., 2006, p. 352).

2.2.5. Vitaminas

Las vitaminas presentes en la leche no se sintetizan en la glándula mamaria, de modo que las existentes proceden de la sangre (McDonald et al., 2006, p. 353)

2.3. Mecanismos de secreción de los componentes del calostro y leche bovina

Los componentes del calostro son secretados a través de varios mecanismos, algunas proteínas son producidas directamente por la glándula mamaria y otras son transferidas desde el torrente sanguíneo materno (Hernández-Castellano et al., 2014, pp. 64-66).

Los diferentes mecanismos para la secreción de los componentes hacia el lumen de la glándula mamaria se ilustran en la Figura 2.

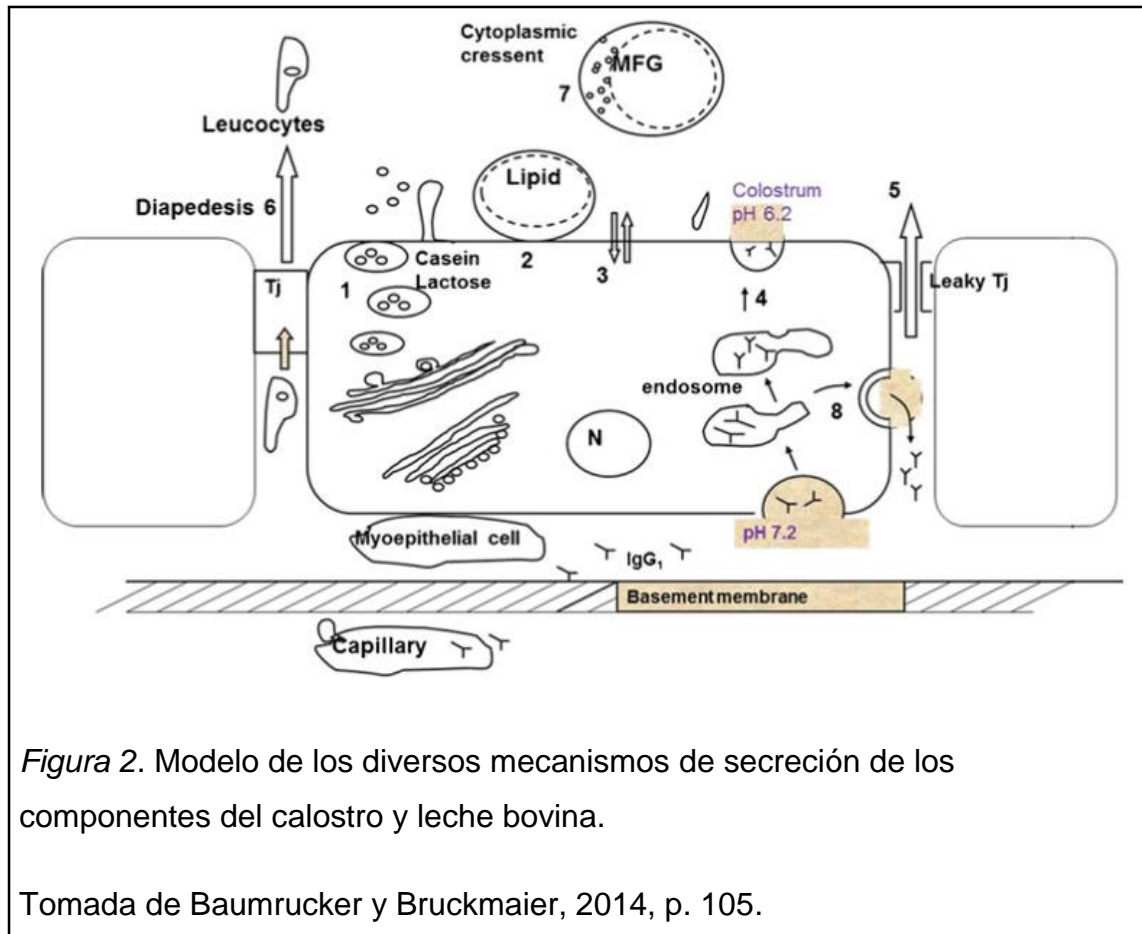


Figura 2. Modelo de los diversos mecanismos de secreción de los componentes del calostro y leche bovina.

Tomada de Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 105.

Los mecanismos 1, 2 y 3 ocurren para la secreción de leche durante la lactancia. El mecanismo 1 es el encargado de secretar las proteínas y lactosa, grasa láctea, y agua, respectivamente. El mecanismo 4 ilustra la transcitosis que es predominante durante la formación del calostro y se encarga de las concentraciones de IgG1 y otros componentes como los factores endócrinos (prolactina). Los mecanismos 5 y 6 representan las rutas extracelulares (mecanismo paracelular) entre las células epiteliales mediante uniones estrechas y son los encargados de la aparición de células sanguíneas (neutrófilos, macrófagos, linfocitos) en las secreciones mamarias vía diapedéesis. Los componentes de las células epiteliales mamarias (enzimas, ribosomas, etc.) aparecen en las secreciones en medialunas citoplasmáticas (mecanismo 7) en donde los componentes de la células son aleatoriamente incluidos durante la formación del glóbulo graso con la membrana plasmática apical. Se conoce que existen variaciones entre especies en la aparición de medialunas citoplasmáticas (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, pp. 104-106).

El mecanismo 8 ilustra el sistema de transporte celular que no contribuye a los componentes del calostro o la leche, pero se encarga de reciclar proteínas sistémicas y por lo tanto de protegerlas de la rápida renovación extracelular (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 106). La IgG y la albumina presentan una vida media sistémica larga (~3 semanas) que ha sido atribuida al receptor Fc del neonato (FcRn) (Andersen et al., 2012, p. 1 y Tzaban et al., 2009, p. 673).

2.4. Mecanismo para la transcitosis de inmunoglobulinas

La transcitosis es el proceso de transferencia celular mediante el cual las Ig llegan a la glándula mamaria (Baumrucker y Bruckmaier, 2014). El FcRn conduce la transcitosis de Ig y cumple además varias funciones en múltiples tipos celulares a lo largo de la vida de los mamíferos (Baker et al., 2009, pp. 223-232; Kuo et al., 2010, p. 781 y Vidarsson et al., 2015, pp. 3573-3576).

El proceso de transcitosis fue planteado por primera vez por Brambell y Hemmings (1949) para el movimiento de Ig hacia el saco vitelino. Posteriormente, fue identificado mediante técnicas desarrolladas por George Emil Palade con el uso de microscopía electrónica y fue finalmente Nicolae Simionescu quien denominó a éste proceso como “transcitosis” (Simionescu citado en Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 104).

El complejo receptor propuesto para mover las IgG1 hacia el lumen de secreción de la glándula mamaria durante la calostrogénesis es el **FcRn**, el cual está compuesto por una cadena pesada α (fragmento **Fc** de la IgG, **Receptor, Transportador, alfa; FcGRT**) y una cadena ligera β : **β 2 Microglobulina (β 2M)** (Figura 3). El FcRn fue identificado inicialmente en el intestino de roedores, en donde cumple la función de transportar las IgG ingeridas desde el lumen del intestino hacia la circulación sistémica. A pesar de que el mRNA del FcRn está presente en el intestino de los terneros, aparentemente el FcRn no participa en la absorción de IgG1. Al suministrar IgG1 e IgG2, cantidades iguales de ambas Ig aparecen en la circulación sistémica probablemente por la permeabilidad intestinal, ya que el FcRn no transporta IgG2. El FcRn se encarga de reciclar la IgG1 del lumen intestinal, de este modo prolonga el período de protección

intestinal (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, pp. 106-108). La unidad funcional transportadora del FcRn es un dímero del FcGRT que se une con una IgG1 con estabilidad de la membrana conferida por la β 2M (Figura 3) (Ghetie y Ward, 2000, pp. 744-747).

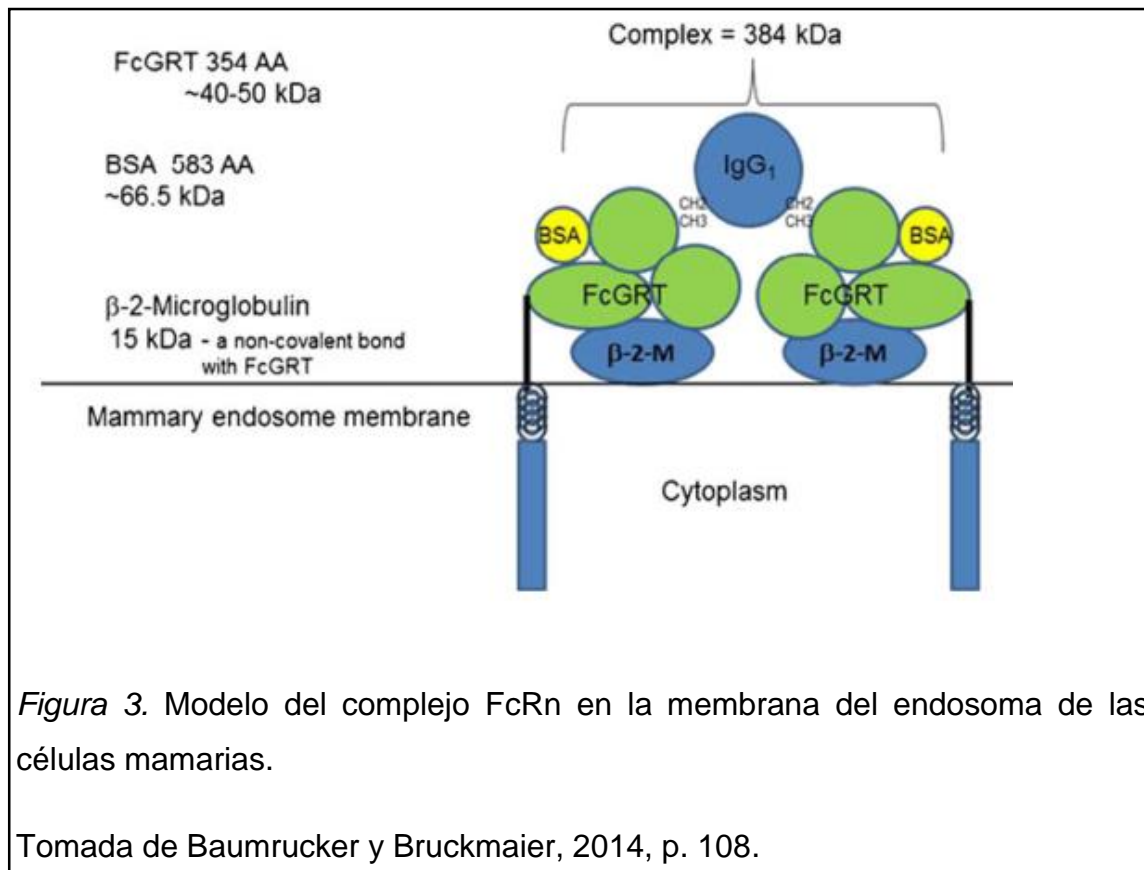


Figura 3. Modelo del complejo FcRn en la membrana del endosoma de las células mamarias.

Tomada de Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 108.

La unión de la IgG1 al FcRn es estrictamente pH dependiente, dicha unión ocurre a un pH menor 6.5, pero no a un pH neutro o superior (Roopenian y Akilesh, 2007, pp. 715-721). Si el FcRn interviene en la transcitosis de la IgG1 en la glándula mamaria, su unión y liberación no se asemeja a la del intestino. La transcitosis en el intestino de los roedores se produce en la membrana epitelial intestinal luminal con un pH bajo resultante de la secreción de ácido en el estómago. Después de la internalización y la transcitosis del endosoma hacia el lado basal del enterocito, un pH neutro provoca la liberación en el espacio extracelular, y el receptor FcRn se recicla (Rojas y Apodaca, 2002, p. 946). En la glándula mamaria bovina, la transferencia de IgG1 es invertida (basal a apical) con un pH más neutro en el espacio extracelular, el cual no proporciona la unión

de la IgG1 al receptor FcGRT. Sin embargo, se ha demostrado que la transferencia de IgG1 se produce en la placenta con la absorción de la IgG1 en fase fluida y la subsiguiente acidificación en el endosoma (Simister, 2003, p. 3367). Actualmente se conoce que la absorción de fase fluida de FcRn es el mecanismo de absorción de muchos tejidos que proporciona una larga vida media de IgG1 y albúmina (Chaudhury et al., 2003, p. 315). La confirmación in vivo de éste suceso se realizó con ratones deficientes de FcRn que exhibían hipogammaglobulinemia, hipoalbuminemia y disminución de la vida media en suero de dichas proteínas (Roopenian et al., 2003, pp. 716-718). Por lo tanto, al tomar en cuenta que el pH de la sangre de los bovinos (7.35 – 7.50) (Reece, 2013, p. 219) y del espacio extracelular es fisiológico y no favorece la unión de la IgG al FcRn, se cree que la IgG1 es captada a través de endocitosis en fase fluida (similar a la placenta y otros tejidos), y que la unión específica de la IgG1 con el FcGRT ocurre en el endosoma después de que éste se acidifica. El pH del calostro es de 6.04 +/- 0.33, consecuentemente ésta acidez no permite la liberación de la IgG1 del FcRn. Por lo que se ha planteado que el FcRn es secretado conjuntamente con la Ig y la albúmina. Además, la acidez proveniente del “complejo de transcitosis” probablemente es la fuente causante del bajo pH presente en el calostro. Estudios recientes indican que las tres proteínas (FcRn, IgG1 y albúmina) parecen estar localizadas juntas en un complejo de alto peso molecular, lo que sugiere que la glándula mamaria bovina secreta la IgG1 como un compuesto o complejo (Figura 4) (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, pp. 107-109)

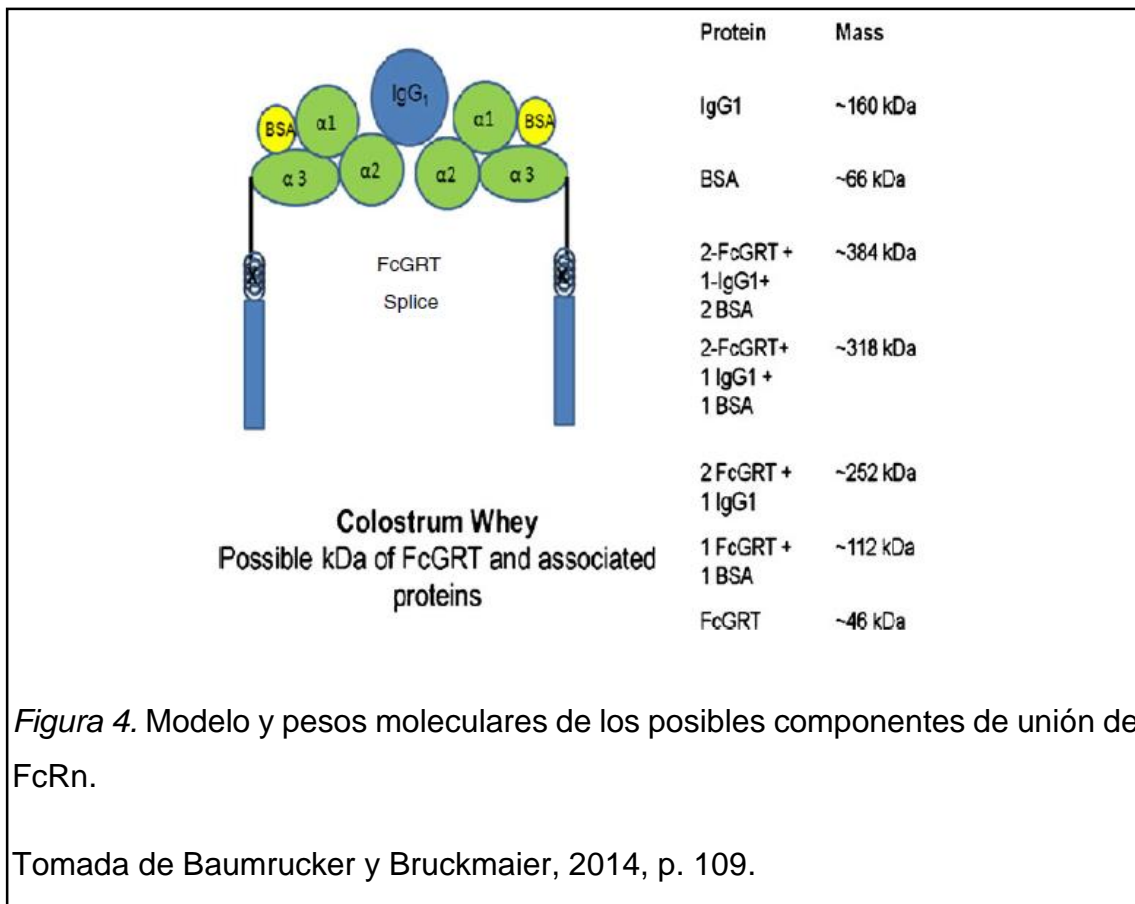


Figura 4. Modelo y pesos moleculares de los posibles componentes de unión del FcRn.

Tomada de Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 109.

Se ha demostrado que existe una distribución homogénea de receptores FcRn en las células epiteliales mamarias de los rumiantes durante la calostrogénesis, y una redistribución hacia la membrana plasmática apical después del parto (Mayer et al., 2005, pp. 109-111 y Sayed-Ahmed, Kassab, Abd-Elmaksoud, Elnasharty, y El-Kirdasy, 2010, pp. 387-390).

Se ha sugerido que en los bovinos, la presencia de IgG1 después del parto se debe a la síntesis local por parte de células epiteliales de la glándula mamaria (Zhang et al., 2009, pp. 244-245). Cabe mencionar que esto no desplaza el mecanismo de transcitosis, pero puede explicar las pequeñas concentraciones de Ig en las secreciones mamarias durante la Lactogénesis II (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 104).

2.5. Período de calostrogénesis en los bovinos

La calostrogénesis es la transferencia preparto de componentes, especialmente Ig, desde la circulación materna hacia las secreciones mamarias, durante un

período de tiempo finito y discreto (Barrington, McFadden, Huyler, y Besser, 2001, p. 96 y Hernández-Castellano et al., 2014, p. 65).

La calostrogénesis representa un estado funcional único de la glándula mamaria. Mientras que el mecanismo básico de transferencia específica de Ig hacia el calostro ha sido descrito, los detalles y el control de dicho mecanismo no han sido elucidados completamente. Aparentemente algunas hormonas que controlan la lactogénesis también ejercen efecto sobre la formación del calostro. A pesar de que existe evidencia convincente que los estrógenos, la progesterona y la prolactina influyen la formación de calostro, el mecanismo molecular, mediante el cual dicha influencia es ejercida, aún es desconocido (Barrington et al., 2001, p. 96).

La glándula mamaria de los mamíferos adultos es uno de los pocos tejidos que tienen la capacidad de atravesar una serie sucesiva de cambios que están controlados por el sistema endócrino. Las alteraciones que ocurren durante la gestación, la lactación y la involución del tejido mamario se denominan como Lactogénesis I (crecimiento, diferenciación, calostrogénesis), Lactogénesis II (lactación, producción de leche), e involución (regresión al estado no lactante). Durante la Lactogénesis I, los cambios endócrinos, inducidos por la gestación, estimulan la proliferación de las células epiteliales mamarias que a su vez participarán en la producción de leche (Lactogénesis II). En la gestación, ya sea antes o durante el período de calostrogénesis, las células se diferencian en los múltiples tipos celulares que comprenden la glándula mamaria funcional (endoteliales, fibroblastos, epiteliales, mioepiteliales, etc.). Además durante este tiempo, pero antes del parto, las células epiteliales mamarias llevan a cabo un proceso de secretar un fluido único llamado calostro (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, pp. 108-111).

El proceso de transferencia celular mediante el cual las Ig llegan a la glándula mamaria se denomina *transcitosis*, proceso que es predominante durante la formación del calostro y está conducido por el receptor FcRn (neonatal Fc receptor) (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 104). El proceso de

calostrogénesis determina que la concentración de IgG1 en el calostro sea de 5 a 10 veces mayor que en el suero materno (Tripathi y Vashishtha, 2006, p. 228).

El consenso general menciona que la calostrogénesis empieza 3 – 4 semanas antes del parto en las especies bovinas y que durante éste período se transfieren alrededor de 500 gramos semanales de IgG hacia glándula mamaria (Brandon, Watson, y Lascelles, 1971, pp. 616-621 y Franklin, Newman, Newman, y Meek, 2005, p. 766).

Sin embargo existen diferentes criterios. Algunos autores señalan que el período de formación de calostro inicia 14-15 días antes del parto (Gülay, 2005, p. 198 y Smith, 2010, p. 1118). Baumrucker y Bruckmaier (2014, p. 108) concluyen que el inicio de la calostrogénesis es desconocido, definiendo “calostrogénesis” como el momento en el cual la concentración de IgG es mayor en las secreciones en comparación con el suero sanguíneo.

Otros autores simplemente mencionan que varias semanas antes del parto ocurre una acumulación selectiva de Ig en el calostro desde la circulación materna (Korhonen, Marnila, y Gill, 2000, p. 75 y Vetter, Argüello, Baumrucker, y Bruckmaier, 2013, p. 5919) y alcanza su pico máximo 1 – 3 días antes del parto en la vaca (Sasaki, Davis, y Larson, 1976, p. 2046).

Estos tiempos variables pueden estar relacionados con diferentes concentraciones circulantes de esteroides y/o sensibilidad diferencial de los receptores en la glándula mamaria (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 109).

2.6. Regulación endócrina de la calostrogénesis

La transcitosis mamaria de IgG1 parece funcionar efectivamente durante las semanas preparto cuando es claramente inducida, por el estrógeno y la progesterona, producidas durante la preñez (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 111 y Guy, McFadden, Cockrell, y Besser, 1994b, pp. 3003-3006). Después del parto ocurre un descenso en la transferencia de IgG1 hacia el calostro en la glándula mamaria. Una explicación para esto son los cambios endócrino-inducidos que regulan el movimiento de endosomas (Kacskovics et al., 2006, p.

533) al reemplazar la actividad de transcitosis por la de reciclaje. Una hipótesis menciona que la calostrogénesis empieza alrededor de las 4 a 5 semanas preparto (Brandon et al., 1971, p. 615) cuando los niveles de 17β -estradiol (E2) están incrementados y los de la progesterona (P4) se mantienen o están ligeramente disminuidos. La inducción artificial de la lactancia establece claramente al E2 y P4 como componentes críticos en el inicio de la calostrogénesis. Otros estudios han mostrado que éste proceso es específico. Se ha evidenciado que la P4 bloquea la diferenciación en la lactogénesis II y que la disminución de P4 que se produce al final de la gestación contribuye a la terminación de la calostrogénesis y la supresión de la inhibición de la lactogénesis II (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 111). Se conoce que la prolactina induce la lactogénesis II y se ha reportado que inhibe la calostrogénesis así como el receptor para IgG1 (Barrington, Besser, Gay, Davis, y Reeves, 1999, p. 25). Igualmente, los corticoides parecen inhibir el apareamiento de IgG1 en el calostro (Brandon et al., 1971, p. 616).

2.7. Componentes del calostro

El calostro representa las secreciones acumuladas en la glándula mamaria durante las últimas semanas de la gestación (Aguirre et al., 2011, p. 48 y Tizard, 2009, p. 536). Es un fluido corporal complejo que es producido en la glándula mamaria de animales en estado de gestación (Hernández-Castellano et al., 2014, p. 65). También se define como una combinación de secreciones lácteas y componentes séricos sanguíneos (Murayama, 2012, p. 3). El calostro es el nutriente ideal para el ternero, aporta proteínas, grasa, aminoácidos esenciales y no esenciales, ácidos grasos, lactosa, vitaminas y minerales necesarios para el normal metabolismo y desarrollo del recién nacido; adicionalmente proporciona elementos de protección: Ig (anticuerpos o gamma-globulinas), gran cantidad de compuestos biológicos activos que incluyen hormonas, factores de crecimiento, insulina, lactoferrina, etc., y un gran número de células, principalmente leucocitos (23% linfocitos, 38% neutrófilos, 40% macrófagos) (Aguirre et al., 2011, pp. 48-50 y Georgiev, 2008, pp. 3-6). Algunos de los componentes bioactivos del calostro son: β -lactoglobulina, α -lactoglobulina,

lactoperoxidasa, lisozimas, lactoferrina e Ig (Fleming, 2014, pp. 9-13). Ciertas sustancias del calostro actúan como agentes antimicrobianos y antiinflamatorios (Hernández-Castellano et al., 2014, pp. 65-69), mientras que otros componentes (factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) y 2 (IGF-2), insulina) contralan el crecimiento y desarrollo del tracto gastrointestinal del neonato y a la vez contribuyen a la maduración de las funciones del organismo durante el primer día de vida del ternero (Georgiev, 2008, p. 10). El calostro tiene acción laxante gracias al elevado contenido en sales de magnesio que estimulan el tránsito intestinal, contribuyendo a la expulsión del meconio y al establecimiento de la motilidad intestinal. El pH del calostro es de 6.04 +/- 0.33 (Baumrucker, 2014, p. 7).

Tabla 1. Valores reportados de la composición química del calostro bovino.

Componente	Estudio			
	A			B
	Media	Mínimo	Máximo	Media
Grasa, %	6,70	2,0	26,5	6,7
Proteína, %	14,92	7,1	22,6	14,0
Lactosa, %	2,49	1,2	5,2	2,7
Sólidos totales, %	27,64	18,3	43,4	23,9
Cenizas, %	0,05	0,02	0,07	-
IgG, mg/ml	-	-	-	32,0
IgG1, mg/ml	34,96	11,8	74,2	-
IgG2, mg/ml	6,00	2,7	20,6	-
IgA, mg/ml	1,66	0,5	4,4	-
IgM, mg/ml	4,32	1,1	21,0	-
Lactoferrina, mg/ml	0,82	0,1	2,2	-
Retinol, µg/g	4,90	1,4	19,3	2,8
Tocoferol, µg/g	2,92	0,6	10,4	-
B-caroteno, µg/g	0,68	0,1	3,4	-

Vitamina E, µg/g de grasa	77,17	24,2	177,9	84,0
Tiamina, µg/ml	0,90	0,3	2,1	0,58
Riboflavina, µg/ml	4,55	2,4	9,2	4,83
Niacina, µg/ml	0,34	0,0	1,6	0,96
Vitamina B12, µg/ml	0,60	0,2	1,1	0,05
Ácido fólico, µg/ml	-	-	-	0,01
Piridoxal, µg/ml	0,15	0,1	0,3	-
Piridoxamina, µg/ml	0,21	0,1	0,5	-
Piridoxina, µg/ml	0,04	0,0	0,2	-
Ácido pantoténico, µg/ml	-	-	-	1,7
Ca, mg/kg	4.716,10	1.775,1	8.593,5	2.599,9
P, mg/kg	4.452,10	1.792,4	8.593,5	-
Mg, mg/kg	733,24	230,3	1.399,6	399,9
Na, mg/kg	1.058,93	329,7	2.967,8	699,9
K, mg/kg	2.845,89	983,2	5.511,4	1.399,9
Zn, mg/kg	38,10	11,2	83,6	11,6
Fe, mg/kg	5,33	1,7	17,5	1,9
Cu, mg/kg	0,34	0,13	0,64	0,6
S, mg/kg	2.595,67	889,4	4.143,7	-
Mn, mg/kg	0,10	0,0	0,36	0,2

Nota: A = estudio realizado por Kehoe et al., 2007; B = estudio realizado por Foley y Otterby, 1978; IgG = inmunoglobulina G; IgA = inmunoglobulina A; IgM = inmunoglobulina M; mg/ml = miligramos por mililitro; µg/ml = microgramos por mililitro; Ca = calcio; P = fósforo; Mg = magnesio; Na = sodio; K = potasio; Zn = zinc; Fe = hierro; Cu = cobre; S = azufre; Mn = manganeso; mg/kg = miligramos por kilogramo.

Adaptada de Kehoe et al., 2007, p. 411 y Foley y Otterby, 1978, p. 1038.

2.8. Proteínas del calostro

Además de las funciones nutritivas, las proteínas del calostro participan activamente en la protección del neonato contra diversos patógenos y otros desafíos ambientales después del nacimiento (Figura 5) (Hernández-Castellano et al., 2014, p. 65).

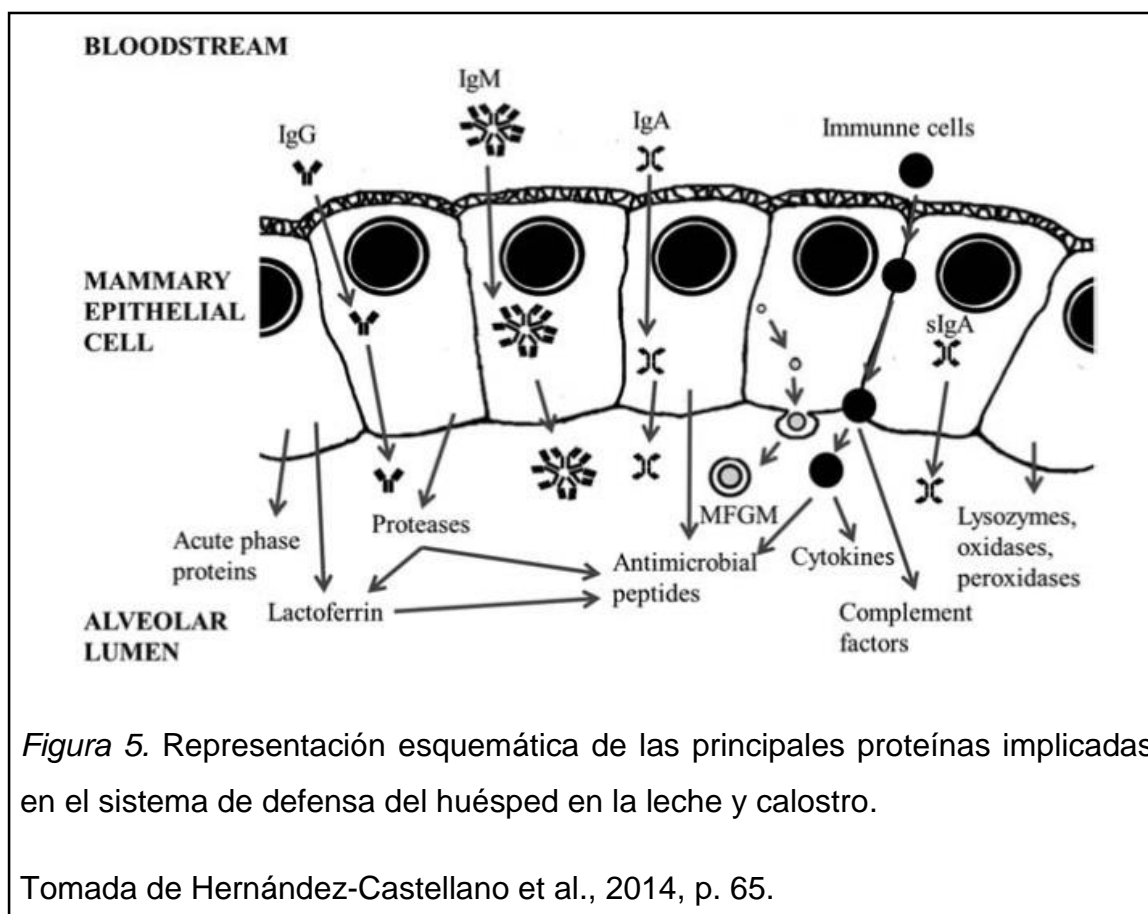


Figura 5. Representación esquemática de las principales proteínas implicadas en el sistema de defensa del huésped en la leche y calostro.

Tomada de Hernández-Castellano et al., 2014, p. 65.

El calostro de primer ordeño tiene un alto contenido proteico (15,41 – 15,68 %), del cual el 10,28 – 10,55 g/% son proteínas séricas, de éstas el 74,9 – 75,2 % son Ig, el 5,2 – 7,1 % son α -lactoglobulinas, el 15,2 – 17,5 % β -globulinas, y el 2,1 – 2,8 % albuminas séricas (Strekozov, Motova, y Fedorov, 2008, p. 259).

Las proteínas del calostro se pueden dividir en tres grupos principales de acuerdo a la fracción donde se encuentran: caseínas, proteínas del suero y proteínas de la membrana del glóbulo graso de leche (MFGM) (Hernández-Castellano et al., 2014, p. 66).

2.8.1. Proteínas de alta abundancia

Uno de los tres grupos de proteínas que se pueden encontrar en el calostro y la leche, se localizan en una compleja membrana, llamada membrana del glóbulo de grasa de leche (MFGM) que rodea las gotitas de triacilgliceroles. Existen 7 *proteínas de alta abundancia* dentro de la MFGM. Dos de estas proteínas relacionadas con la inmunidad son la mucina-1 (MUC-1) y la xantina deshidrogenasa/oxidasa (XDH/XO). Otro grupo de proteínas que se encuentran en el calostro son las proteínas del suero. Tomando a la leche bovina como referencia, el suero lácteo contiene más de 200 proteínas diferentes, de las cuales la beta lactoglobulina (β - lactoglobulina), alfa-lactoalbúmina (α -lactoalbúmina), albúmina del suero bovino (BSA), Ig y lactoferrina son los mayores constituyentes. Referente a las caseínas, existen cuatro tipos (α 1, α 2, β y κ), las cuales son responsables de funciones biológicas como transportadores de iones (calcio, fosfato, hierro, zinc, cobre), precursores peptídicos bioactivos e inmunomoduladores (Hernández-Castellano et al., 2014, pp. 66-67).

2.8.2. Proteínas de baja abundancia

También existen *proteínas de baja abundancia* como la plasmina, amiloide A sérico, fibrinógeno, inhibidor de la tripsina (TI), proteína de unión al lipopolisacárido (LBP), péptidos antimicrobianos (AMPs) como las defensinas y péptidos de catelicidina.

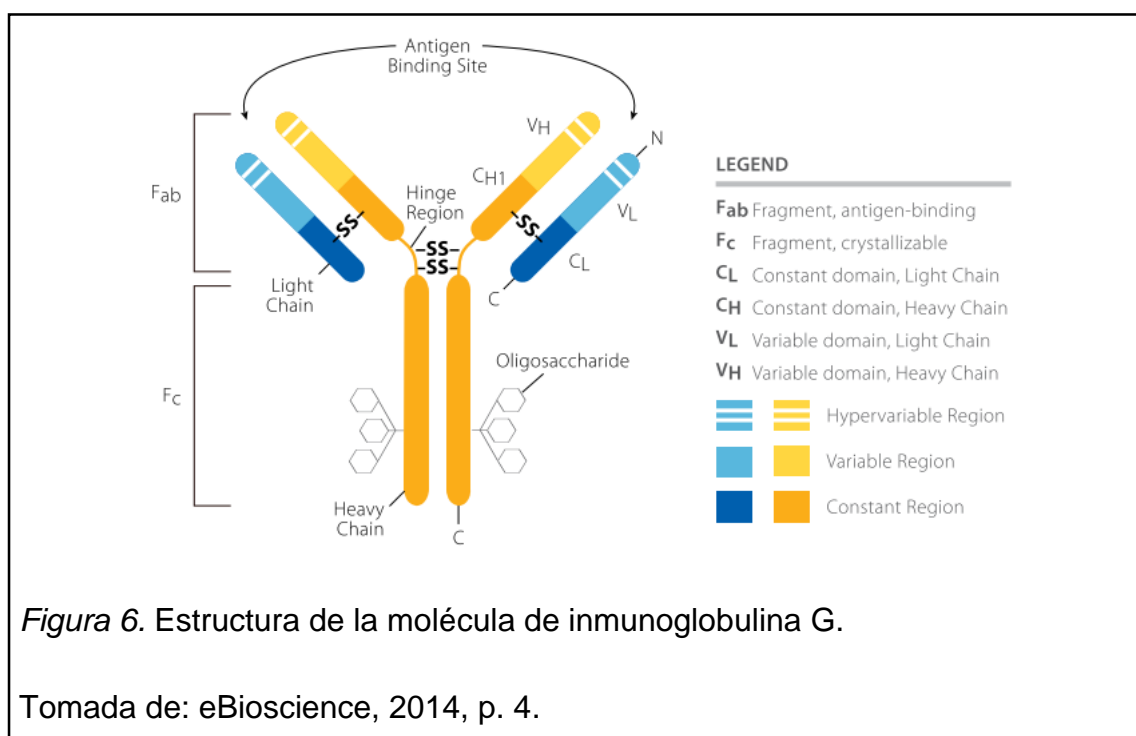
Todas las proteínas (no-Ig) descritas anteriormente desempeñan un papel fundamental en la activación y la atracción de las células inmunes. Además se ha observado la relación de diferentes proteínas presentes en las tres fracciones del calostro (caseínas, suero y MFGM) con la protección inmune del recién nacido (Hernández-Castellano et al., 2014, pp. 68-69).

2.8.3. Inmunoglobulinas del calostro

Los anticuerpos son moléculas de Ig que se sintetizan tras la exposición a un antígeno y que se pueden combinar de manera específica al mismo (Tizard,

2009, p. 535). Es decir, las Ig son las formas solubles de los Receptores de Linfocitos B (BCR) y son producidas tras la estimulación de un linfocito B y su posterior transformación en célula plasmática (Gómez-Lucía et al., 2011, p. 368).

En cuanto a su estructura, las Ig son glucoproteínas constituidas por cuatro cadenas polipeptídicas: dos cadenas pesadas idénticas o cadenas H (heavy) (peso molecular de 55-77 kDa) y dos cadenas ligeras idénticas o cadenas L (light) (peso molecular de 23-26 kDa). Cada una de estas cadenas presenta dos regiones diferenciadas: la región variable y la región constante. La primera región es el lugar donde se une al antígeno y es la encargada de la especificidad de la Ig. La segunda región es la encargada de las funciones biológicas de la Ig. En la región constante existen cinco isotipos de cadenas pesadas (μ , γ , α , δ , ϵ) que conformarán las diferentes clases de Ig (IgM, IgG, IgA, IgD e IgE), y dos tipos de cadenas ligeras (κ , λ). Las Ig también poseen regiones globulares de unos 110 aminoácidos en las cadenas pesadas y ligeras llamadas “dominios” y región de la bisagra que confiere flexibilidad a la Ig. Al tratar una Ig con proteasas, se diferencian dos fragmentos: Fab (antigen binding fragmente) y Fc (cristalizable fragment), responsables de la especificidad y de las funciones efectores de la Ig, respectivamente (Figura 6) (Gómez-Lucía et al., 2011, pp. 348-350).



Las Ig de las secreciones mamarias se originan de diversas fuentes y representan el historial de exposición a antígenos y la respuesta del sistema inmune de la madre. Las Ig presentes en el calostro o la leche, son las mismas que se encuentran en la sangre o en las secreciones mucosas (Hurley y Theil, 2011, p. 443).

El suero sanguíneo y las secreciones lácteas de los bovinos contienen tres clases principales de Ig: inmunoglobulina G (IgG), inmunoglobulina M (IgM) e inmunoglobulina A (IgA). La IgG es la que se encuentra en mayor concentración en el calostro y sangre (Aguirre et al., 2011, p. 22). En el suero sanguíneo, las dos subclases de IgG están aproximadamente en las mismas concentraciones (IgG1: 11.2 mg/ml, IgG2: 9.2 mg/ml), mientras que la IgM y la IgA están en concentraciones cercanas a 3.0 mg/ml y 0.4 mg/ml, respectivamente (Korhonen et al., 2000, p. 76). Las concentraciones de Ig en el calostro bovino son: 2400-8000 mg/dl de IgG, 300-1300 mg/dl de IgM y 100-700 mg/dl de IgA (Tizard, 2009, p. 139). La Ig predominantes en el calostro es la IgG, principalmente la IgG1 y en menor medida la IgG2, que representan entre el 70 y el 85% del contenido total de anticuerpos (Aguirre et al., 2011, p. 49 y Stelwagen, Carpenter, Haigh, Hodgkinson, y Wheeler, 2009, p. 5). La IgG1 constituye alrededor del 80% de la concentración total de IgG calostrales (Indra et al., 2012, p. 256). Dentro de las Ig del calostro, la IgM constituye el 7-14%, la IgA el 6-10% y la IgE se encuentra en menor proporción (Aguirre et al., 2011, p. 50).

En el calostro las Ig constituyen alrededor del 70 al 80% del contenido total de proteína (Korhonen et al., 2000, p. 76). Incluso se ha reportado que la IgG1 está concentrada de 5 a 10 veces más que en el suero sanguíneo, conformando más del 90% del total de la proteína del calostro (Barrington et al., 2001, p. 95).

El estudio de Brandon et al. (1971, p. 613) terminó con el debate acerca del origen de las Ig en las secreciones de la glándula mamaria, al identificar un descenso en las concentraciones de IgG1 en sangre cerca del parto y al mismo tiempo un incremento de las IgG1 secretadas por la glándula mamaria. Posteriormente (Larson, Heary, y Devery, 1980, pp. 665-669) demostró una transferencia directa de *IgG1 sistémica marcada* hacia las secreciones mamarias

durante el periodo preparto. Por lo que en la actualidad se conoce que las Ig son transferidas desde el torrente sanguíneo materno hacia la glándula mamaria de la vaca durante el periodo de calostrogénesis (Hernández-Castellano et al., 2014, pp. 64-67).

La IgG es la Ig de menor tamaño, puede salir de la circulación sanguínea y llegar a otros sitios del organismo para identificar y ayudar a destruir los patógenos invasores. La IgM es una proteína de mayor tamaño, funciona como primera línea de defensa, permanece en la sangre y protege al animal de invasiones bacterianas. La IgA se une a la superficie de las mucosas y las protege, evitando que los patógenos se adhieran al epitelio y causen alguna enfermedad (Aguirre et al., 2011, p. 22)

La función de las Ig en la leche y calostro bovino es proteger a la glándula mamaria y al ternero al ser una defensa inmunológica contra diversos patógenos. La IgG es la Ig de menor tamaño. Las demás Ig presentes en el calostro tienen otros orígenes. Las IgM se originan en las células plasmáticas en menor cantidad que las IgG, y son más eficiente en la fijación del complemento (Korhonen et al., 2000, pp. 75-76). Parte de la IgA es sintetizada por las células plasmáticas que migran a la glándula mamaria (Hernández-Castellano et al., 2014, p. 65). Las IgA juegan un rol importante dentro del sistema inmune innato al prevenir que los microorganismos y proteínas extrañas penetren las superficies mucosas. Además las IgA neutralizan a microorganismos infecciosos y toxinas (Zhao et al., 2010, pp. 484-487).

2.9. Variabilidad calostrual

Los expertos recomiendan analizar la calidad del calostro de todas las vacas ya que existe una gran variación entre individuos, incluso dentro de una misma granja (Maunsell, 2014, p. 115). Los factores que afectan la calostrogénesis son: la especie animal, la raza, la edad, la nutrición, el tamaño de la camada, la longitud del período de seco y el estado de salud de la madre (Hernández-Castellano et al., 2014, pp. 65-66).

A lo largo del tiempo se han publicado diversos estudios sobre el calostro, en los cuales se han reportado concentraciones de Ig muy variables. En la Tabla 2 se resumen los resultados de dichas investigaciones:

Tabla 2. Concentraciones de Ig en el calostro bovino reportadas en varios estudios realizados en bovinos.

Estudio	N° Muestras	Ig analizada	Unidad	Media	D.E.	Rango	Técnica	% <50
Norman, Hohenboken, y Kelley (1981)	187	G1	mg/ml	114,6	NR	NR	IRS	NR
Pritchett et al. (1991)	919	G1	mg/ml	48,2	21,9	NR	IRM	NR
Shearer, Mohammed, Brenneman, y Tran (1992)	2045	T	NR	NR	NR	NR	NR	93,3
Quigley, Martin, Dowlen, Wallis, y Lamar (1994)	88	T	g/l	69,9	2,1	29,7 – 120,5	IR	NR
Gulliksen et al. (2008)	1250	G	g/l	51,7		4 – 235	IRS	57,8
Wiking y Pedersen (2009)	15	T	mg/ml	69,9	NR	NR	IR	33,3
Baumrucker et al. (2010)	214	G1	mg/ml	37,5	30,2	9 – 166	ELISA	NR
Bielmann et al. (2010)	288	T	g/l	94,4		22,4 – 196,9	IR	7,7
Kehoe et al. (2011)	507	G	mg/ml	96,1	38,4	11 – 221	IR	10
Rivero, Valderrama, Haines, y Alomar (2012)	157	G	g/l	93,3	37,9	1,7 – 185,4	IR	NR
Morril et al. (2012)	827	G	mg/ml	68,8	32,8	<1 - 200	IR	30
Indra et al. (2012)	34	T	mg/ml	15,1	1,42	2,52 – 34,88	T	NR
Quigley, Lago, Chapman, Erickson, y Polo (2013)	183	G	g/l	73,4	26,2	7,1 – 159	IR	15,85
Quigley et al. (2013)	183	G	g/l	67,5	25	6,9 – 139,9	T	26,78

Nota: Ig = inmunoglobulina; T = Ig totales; G = inmunoglobulina G; G1 = inmunoglobulina G1; mg/ml = miligramos por mililitro; g/l = gramos por litro; IR = Inmunodifusión radial; IRS = Inmunodifusión radial simple; IRM = Inmunodifusión radial modificada; T = método turbidimétrico; % <50 = porcentaje de muestras con una concentración de Ig menor a 50 mg/ml; NR = no se reporta.

2.10. Factores que se relacionan con la calidad de calostro

2.10.1. Diferencias entre hatos

Las diferencias entre hatos se han denominado por algunos autores como “cluster effects”. De acuerdo al estudio de Gulliksen et al. (2008, p. 707) el “cluster effect” del 13,7% implica que los factores de manejo que varían entre granjas (alimentación, ambiente, alojamiento, etc.) son de importancia cuando se trata de variación de la calidad de calostro.

Se han reportado relaciones inversas entre diferentes hatos bovinos. Por ejemplo, la Universidad de Guelph analizó sus dos hatos bovinos, en el hato para investigaciones se encontró mayores concentraciones de IgG en el calostro que en la leche, mientras que en el hato comercial se encontraron menores niveles de IgG en el calostro al compararlo con la leche. Cabe destacar que los dos hatos estaban conformados por vacas de raza Holstein por lo que se atribuyó dicha variabilidad a influencias ambientales (Fleming, 2014).

Fleming (2014, p. 44) sugiere que la diferente exposición a patógenos durante el periodo de periparto, puede aportar a la variabilidad de IgG basándose en el estudio de Olde Riekerink, Barkema, Kelton, y Scholl (2008, p. 1366) que demostró que el tipo de alojamiento (sistema de estabulación libre o free-stall, sistema de estabulación plaza fija o tie-stall) se asocia con la incidencia de patógenos causantes de mastitis.

2.10.2. Número de parto y edad de la vaca

Se ha reportado que la concentración de IgG en el calostro se ve afectada por el número de parto (Fleming, 2014, p. 704 y Gulliksen et al., 2008, p. 707). Adicionalmente, el número de lactancia afecta el contenido de grasa, las fracciones nitrogenadas del calostro (Quigley et al., 1994, p. 294) y la masa total de IgG. Por consiguiente, en la investigación realizada por Kehoe et al. (2011, p. 176) se determinó que la concentración media de IgG (mg/ml) en el calostro varió significativamente entre lactancias, siendo de 83.5, 92.9, 107.4 y 113.3, para la primera, segunda, tercera y cuarta lactancia.

Se ha descrito que el calostro de hembras de primer parto tiene una concentración menor de Ig que el producido por vacas con mayor número de parto (Elizondo, 2007, p. 276 y Muller y Ellinger, 1981, p. 1727). Además, las vacas de primer parto presentan menor cantidad de calostro y menor masa total de Ig (Morril et al., 2012, p. 4000). La concentración de IgG calostrales tiende a ser menor en la primera o segunda lactación, en comparación con vacas de tercera lactación o superior. Estos hallazgos sugieren que una vaca adulta ha tenido mayor tiempo de desarrollar su inmunidad y también mayor contacto con enfermedades (Smith, 2010, p. 1148). Como consecuencia el contenido de anticuerpos aumenta conforme incrementa el historial lactacional y la edad de la hembra, es decir, la calidad del calostro incrementa con el número de parto, por lo que las vacas más viejas tienen generalmente el calostro de mejor calidad (Morril et al., 2012, p. 4000).

Se ha reportado un aumento en la concentración de IgG en el calostro de vacas de tercer parto, y un aumento aún mayor las vacas de cuarto parto o superior, en comparación con las vacas de segundo parto. Las hembras de segundo parto presentan concentraciones más bajas de IgG, sin embargo no se ha encontrado una explicación para la variabilidad de la calidad de calostro entre las vacas de segundo parto y vacas con otros números de parto (Fleming, 2014, p. 704 y Gulliksen et al., 2008, p. 707).

En contraste, en el estudio realizado por Indra et al. (2012, pp. 257-258) se encontró que la concentración de Ig en el calostro no varió significativamente entre cuatro grupos de vacas formados en base a la edad de acuerdo al número de lactancia (1 - 4 lactancias).

2.10.3. Raza de la madre

La raza tiene efecto sobre la concentración de Ig en el calostro de vacas, sin embargo los estudios realizados han publicado resultados diversos y con tendencias variables:

- Las razas lecheras transportan cantidades mayores de IgG1 hacia el calostro que las razas cárnicas, sin embargo las concentraciones de IgG1 en el calostro de las razas lecheras son menores (Guy et al., 1994b, pp. 3004-3006).
- La concentración de Ig en el calostro se correlaciona negativamente con el volumen de calostro en razas bovinas lecheras, por lo que razas lecheras de alto rendimiento presentan concentraciones menores de Ig (Smith, 2010, p. 1149).
- La concentración de Ig para la raza Holstein y Jersey es de 6% y 8-9%, respectivamente (Manelli, 2014, pp. 43-44).
- Por lo general las vacas Holstein presentan menores concentraciones de IgG en comparación con otras razas (Maunsell, 2014, p. 116).
- En el estudio realizado por Morin, Constable, Maunsell, y McCoy (2001, p. 939) el calostro de las vacas Brown Swiss y Ayrshire presentó menor gravedad específica que el calostro de vacas Jersey y Holstein.
- En la investigación llevada a cabo por Morrill et al. (2012, p. 4000) no se encontró diferencias significativas en la concentración de IgG del calostro de vacas Holstein (74 g/l) y Jersey (66 g/l), al analizar muestras de calostro de granjas de Estados Unidos.
- Al comparar el calostro de vacas Holstein, Jersey, Guernsey, Brown Swiss y Ayrshire, no se encontraron diferencias significativas en la concentración de IgG calostrales, sin embargo las vacas Jersey presentaron numéricamente el mayor contenido de IgG (67 g/L) que las Holstein (41 g/l) (Muller y Ellinger, 1981, pp. 1728-1730).
- Al comparar la concentración de IgG1 en el calostro de cinco razas: LF (Limousin x Friesian), L (Limousin), C (Charolais) y SLF (Simmental x (Limousin x Friesian)), no se reportaron diferencias significativas. Sin embargo, se encontró diferencias significativas en el estatus de Ig del ternero entre razas, variabilidad que fue atribuida al volumen de calostro producido y a la masa de Ig consumida por el recién nacido (Murphy, Drennan, Mara, y Earley, 2005, p. 205).

2.10.4. Cantidad de calostro producida

Es común escuchar que cuando una vaca produce grandes volúmenes de calostro éste será de baja calidad. Sin embargo, múltiples investigaciones han mencionado que no existe una relación predecible entre el volumen del calostro producido al primer ordeño y la concentración de IgG calostrales, cuando el primer ordeño es completo e inmediatamente después del parto (Baumrucker et al., 2010, pp. 3033-3036). Cuando existe un retraso entre el parto y el primer ordeño, el comienzo de la producción de leche diluye al calostro y conduce a una disminución en la concentración de IgG y un incremento en el volumen (Maunsell, 2014, p. 117).

En contraste, ciertos autores mencionan que volumen del calostro se correlaciona negativamente con la concentración de IgG debido posiblemente a un efecto de dilución (Fleming, 2014, p. 120). Las vacas que producen mayores cantidades de calostro presentan bajas concentraciones de IgG en comparación con aquellas vacas que producen menores cantidades de calostro en el primer ordeño (Kehoe et al., 2011, p. 176).

El estudio realizado por Pritchett et al. (1991, pp. 2337-2340) reportó que el peso del primer calostro (kg) se relaciona significativa y negativamente con la concentración de IgG1. Es así que los ordeños de con pesos menores a 8,5 kg presentaron mayores cantidades de IgG1, en contraste a ordeños con pesos mayores. El autor concluye que el peso del calostro al primer ordeño es el discriminador más relevante al momento de clasificar al calostro de baja (<50 g/L) y alta (≥ 50 g/L) concentración de IgG.

2.10.5. Período de seco

Las vacas requieren de al menos 3 a 4 semanas de secado para producir calostro de buena calidad (Maunsell, 2014, p. 118). La influencia del período de seco reportada en varios estudios refleja tendencias variables y resultados diferentes (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto del período de seco (PS) en la concentración de Ig en el calostro bovino.

Tratamiento	Efecto en la concentración de Ig del calostro	Estudio
Omisión PS	Reducción	Rémond, Rouel, Pinson, y Jabet, 1997. Verweij, Koets, y Eisenberg, 2014.
Omisión PS	Ningún cambio	Zbinden et al., 2013.
Ordeño unilateral preparto	Reducción	Guy, McFadden, Cockrell, y Besser, 1994a.
Ordeño 1 día preparto vs ordeño 4 horas post-parto	Ningún cambio	Gross et al., 2014.
Reducción PS	Ningún cambio	Mansfeld, Sauter-Louis y Martin, 2012; citado por Baumrucker y Bruckmaier, 2014.
30 días vs 60 días	Ningún cambio	Annen et al., 2004. Gülay, 2005.
40 días vs 60 días	Ningún cambio	Shoshani et al., 2014. Grusenmeyer, Ryan, y Overton, 2005.
34 días vs 55 días	Ningún cambio	Watters et al., 2008.
PS mayor a 60 días	Ningún cambio	Indra et al., 2012.
PS no planificado (5 días) vs 30 días	Reducción	Rastani et al., 2005.
30 días vs 60 días	Reducción proteína	Amini, Rahmani, y Ghorbani, 2005.

Nota: recopilación de información de varios estudios.

2.10.6. Época de parto

Los efectos del estrés calórico sobre la calidad del calostro no han sido documentados con regularidad. Algunos estudios mencionan que el estrés calórico medio a moderado no ejerce efecto sobre el volumen o la calidad del calostro, mientras que otros autores aseguran que la calidad calostrual es menor durante el verano (Maunsell, 2014, p. 118). El estudio de Nardone, Lacetera, Bernabucci, y Ronchi (1997, p. 840) reportó que las vacas sometidas a estrés calórico durante las 3 semanas antes del parto, presentaron menores concentraciones de IgG calostrales en comparación con las vacas sin estrés calórico.

Por el contrario, la investigación realizada en Noruega por Gulliksen et al. (2008, pp. 709-710) reportó que las vacas que paren en los meses de invierno tienen concentraciones significativamente menores de IgG que las vacas que paren en otras estaciones del año. Estas diferencias se atribuyeron a las variaciones marcadas en el clima entre las diferentes estaciones, lo que conlleva diferencias en la ocurrencia de enfermedades, régimen alimenticio, y temperatura interna, lo que puede influenciar la producción de IgG.

2.10.7. Nutrición durante la gestación

Se ha relacionado la nutrición materna durante el último tercio de la gestación con el desarrollo de la glándula mamaria, la composición y volumen de calostro (Hernández-Castellano et al., 2014, p. 66). La dieta de la vaca en el periparto puede influenciar sobre la producción de IgG en la leche y en el calostro (Fleming, 2014, p. 44).

Vacas de leche que reciben una alimentación balanceada producen mayor cantidad de calostro que aquellas subalimentadas, como consecuencia, el manejo nutricional puede variar la concentración final de algunos componentes calostrales inmunológicos (Hernández-Castellano et al., 2014, p. 68).

El estudio realizado por Santos, DePeters, Jardon, y Huber (2001, p. 213) evaluó el impacto de la proteína de la dieta sobre el calostro, al comparar los efectos de

dos niveles de proteína cruda administrados durante el final de la gestación. La dieta con alto contenido proteico (14.7% Proteína Cruda, *PC*; 40% Proteína No Degradable en Rumen, *PNDR*) no influyó sobre la concentración de IgG o el volumen del calostro en comparación con las vacas que recibieron la dieta con bajo contenido proteico (12.7% *PC*; 36% *PNDR*).

La suplementación con selenio y cromo ha sido asociada a la salud de la ubre y a funciones inmunes, respectivamente (Ceballos-Marquez et al., 2010, p. 4602). En el estudio realizado por Awadeh, Kincaid, y Johnson (1998, p. 1204) se reportaron mayores concentraciones de IgG en el calostro de vacas suplementadas durante el final de la gestación con selenio. Por el contrario, en el estudio ejecutado por Swanson et al. (2008, p. 2415) no se observó cambios en los niveles de IgG en el calostro de ovejas suplementadas con selenio al final de la gestación. Así mismo, en la investigación realizada por Moeini, Kiani, Mikaeili, y Shabankareh (2011, p. 529) no se encontraron diferencias significativas en la concentración de Ig calostrales al inyectar cinco cantidades diferentes (0 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml) de un suplemento de selenio y vitamina E, a vacas en estado de gestación.

2.10.8. Inmunizaciones

Las inmunizaciones y la incidencia de enfermedades pueden contribuir a la variación de IgG entre las vacas (Fleming, 2014, pp. 45-46).

Las vacunaciones 3-6 semanas antes del parto resultan en un incremento de la cantidad de anticuerpos calostrales contra antígenos específicos. Las vacunas que se ha demostrado que cumplen con éste criterio son las que previenen la diarrea de los terneros, específicamente *E.coli*, rotavirus y coronavirus. También existe evidencia que las vacunas contra *Salmonella typhimurium* pueden elevar la concentración de anticuerpos calostrales, sin embargo no se ha investigado si esto protege a los terneros de las enfermedades (Maunsell, 2014, p. 119).

Algunos estudios sugieren que los anticuerpos específicos en respuesta a las vacunas aplicadas antes del parto son menores si la vacunación o revacunación es muy cercana (menor a 3 semanas) al parto (Maunsell, 2014, p. 119).

2.10.9. Glándula mamaria

La masa de IgG transferida hacia el calostro no parece estar relacionada con el tamaño de la glándula mamaria (Baumrucker et al., 2010, p. 3037). Así mismo se ha demostrado que no existe relación entre la masa de IgG1 del calostro y la masa de tejido del parénquima mamario bovino (tejido secretor) (Baumrucker, 2014, p. 7).

El estudio realizado por Baumrucker y Bruckmaier (2014, pp. 112-113) reportó diferentes concentraciones de IgG1 entre los cuartos de una misma glándula mamaria de hembras bovinas, por otro lado, el estudio de Gomes et al. (2011, p. 56) no encontró diferencias significativas en las concentraciones de Ig entre cuartos.

2.10.10. Estado de salud de la madre

La ocurrencia de mastitis subclínica durante el período de seco se asocia con la disminución del volumen del calostro, sin embargo no afecta la concentración de IgG en el mismo. Por otro lado, la calidad del calostro se puede ver seriamente comprometida durante los cuadros de mastitis clínica (Maunsell, 2014, p. 117).

Las vacas con un conteo de células somáticas (CSS) >50,000 células/ml, después del parto, son más propensas a producir calostro con un contenido de IgG <30 g/L, en comparación con las vacas con menores CSS. Cabe destacar que no se encontró relación entre el CSS en la lactación previa y la producción de IgG calostrual subsecuente (Gulliksen et al., 2008, p. 710). Asimismo, en el estudio llevado a cabo por (Kehoe et al., 2007, p. 4113) se encontró que las vacas de explotaciones con CSS <200,000 en el mes anterior a la recolección de las muestras produjeron calostro de alta calidad nutritiva.

Por otro lado, la investigación realizada por Maunsell (citado en Gulliksen et al., 2008, p. 710) concluyó que el CSS no tiene efecto sobre el contenido de IgG en el calostro.

Se ha reportado que vacas con retención de placenta presentan concentraciones menores de Ig en el calostro, al compararlas con vacas sin retención placentaria (Lona y Romero, 2001, p. 389).

2.10.11. Inmunoglobulinas de la leche

Las concentraciones de IgG en el calostro y la leche presentan una correlación negativa y significativa. Altas concentraciones calostrales de IgG están asociadas con bajas concentraciones de IgG en la leche, y viceversa (Fleming, 2014, p. 43). En parte esto se puede explicar por la cantidad de energía materna gastada antes del parto (Barrington et al., 2001, p. 102). Si una cantidad limitada de energía es usada para transferir reducidas concentraciones de IgG hacia el calostro, grandes cantidades de energía quedan disponibles para transferir altos niveles de moléculas de IgG hacia la leche después del parto (Fleming, 2014, p. 43).

2.10.12. Sexo de la cría

Se ha reportado que las vacas que paren crías hembras producen mayor cantidad de calostro y mayor concentración de grasa en el calostro, sin embargo no existen evidencias de que el sexo de la cría influya sobre la concentración de Ig en el calostro o la fracción proteica del mismo (Angulo et al., 2015, p. 769).

2.10.13. Material genético materno

Se ha demostrado que a nivel genético, un polimorfismo de un solo nucleótido (Single Nucleotide Polymorphism) (Martin, Szymanowska, Zwierzchowski, y Leroux, 2002, p. 433) o modificaciones epigenéticas (Rijnkels et al., 2010, pp. 3-5) que pueden conducir una expresión variable de genes para varios componentes bioactivos de la leche, sin embargo, no existen estudios realizados en el calostro.

2.11. Calostro, leche de transición y leche

Existen cambios considerables en las propiedades físicas y químicas de las secreciones de la glándula mamaria bovina durante el primer día post-parto hasta el período de lactación temprana (Figura 7) (Tsioulpas, Grandison, y Lewis, 2007, p. 5014).

El pH de la secreción mamaria durante los primeros días post-parto es bajo, el cual incrementa continuamente durante los días posteriores. Un pH <6,5 en leche indica la presencia de calostro. El diámetro de la micela de caseína es constante durante la lactancia, exceptuando durante el período el día 1 y 2 post-parto. El contenido de grasa no muestra ninguna tendencia durante el período de lactancia. El contenido de proteína total es extremadamente alto en el día 1 post-parto, el cual se reduce drásticamente en los días siguientes. El contenido de lactosa es bajo al inicio de la lactancia e incrementa continuamente en los días posteriores. Las concentraciones totales de calcio, fósforo, magnesio y sodio son más altas durante el período de calostro (primer día post-parto hasta 5 día de lactancia) al compararlo con el período post-calostro (6 día de lactancia hasta 30 día de lactancia) y el período de lactación temprana (>90 días de lactancia) (Tsioulpas et al., 2007, pp. 5013-5016).

Las concentraciones calostrales bajas de IgG pueden incrementar el riesgo de infección de la glándula mamaria durante la preñez. Al contrario, concentraciones altas de IgG cinco días después del parto, pueden proteger a la vaca de afecciones post-parto (Fleming, 2014, p. 43).

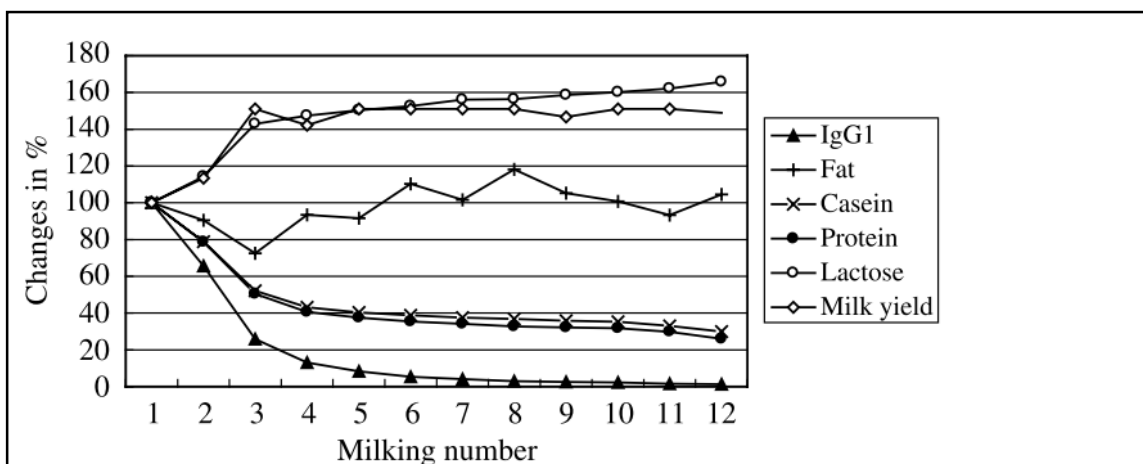


Figura 7. Cambios relativos (%) en la concentración de IgG1, grasa, caseína, proteína total, lactosa y volumen producido durante los primeros ordeños después del parto.

Tomada de Madsen, Rasmussen, Nielsen, Wiking, y Larsen, 2004, p. 266.

2.12. Métodos para determinar la concentración de Ig

2.12.1. Inmunodifusión radial

La prueba de elección para determinar el contenido de IgG en el calostro es la inmunodifusión radial (Bielmann et al., 2010, p. 3713; Gapper, Copestake, Otter, y Indyk, 2007, pp. 98-100 y Rivero et al., 2012, p. 1410).

En ésta técnica el antígeno difunde radialmente desde un pocillo en el agar que lleva incorporado el anticuerpo específico a una dilución conveniente. En un gel, que contiene el antisuero específico, se practican varios pocillos, en los que se depositan diluciones conocidas de antígeno y el antígeno problema de la muestra. Para determinar la concentración de la solución antigénica problema debe compararse la medida del área del anillo de precipitación circundante con una curva estándar, obtenida al medir los diámetros de los anillos de las concentraciones conocidas de los controles (Gómez-Lucía et al., 2007, pp. 335-336). Es decir, la anti-IgG bovina (extraída del suero de otra especie animal: ratón, cabra, caballo, etc.) se mezcla con el agar para formar un gel, posteriormente se hacen pocillos y se coloca la muestra de calostro en ellos.

Durante las próximas horas (~24 horas), el calostro se difundirá a través del agar. La IgG bovina del calostro interactúa con la anti-IgG bovina y se formará un precipitado que aparece como un círculo de color blanco alrededor del pocillo (Quigley, 2008, p. 2). Existen varias metodologías que emplean calostro entero, suero del calostro o calostro sin grasa (Fleenor y Stott, 1981, pp. 740-742).

2.12.2. Inmunoensayo turbidimétrico (TIA)

Este método se fundamenta de manera similar a la RID, es decir, en la interacción entre la IgG bovina y la anti-IgG bovina, pero en un medio líquido (Quigley, 2008, p. 2). La reacción entre la IgG presente en el calostro y la anti-IgG bovina (extraída del suero de otra especie animal: conejo, etc.) forma un complejo inmune soluble que se precipita de la solución en función de polietilenglicol (PEG), el cual cambia la turbiedad de la solución de prueba. Como resultado, la turbiedad de la solución de prueba es directamente proporcional al contenido de IgG en el calostro bovino (Jin et al., 2012, p. 133).

2.12.3. Hidrómetro

El estudio realizado por Fleenor y Stott (1980, pp. 740-746) determinó la existencia de una relación lineal entre la gravedad específica del calostro y la concentración de Ig en el mismo. La densidad relativa (gravedad específica) de un material se define como la razón de su densidad a la densidad de algún material estándar, como el agua a una temperatura especificada (McGraw-Hill Interamericana de España, 2014, p. 1).

Fleenor y Stott (1980, pp. 745-746) reportaron que la gravedad específica y los sólidos totales del calostro están significativamente correlacionados. Y que debido a que la proteína representa el 64% de los sólidos totales y de ésta fracción proteica el 47% son gammaglobulinas, la gravedad específica del calostro se relaciona además con la proteína total y gammaglobulinas calostrales ($p < 0.01$). Cabe destacar que aproximadamente el 85% de las Ig del calostro son IgG (Butler, 1969, p. 1901 y Jin et al., 2012, p. 133). Asimismo, estudios posteriores reportan que la gravedad específica del calostro está fuertemente

correlacionada con la concentración de proteína en el mismo (Quigley et al., 1994, p. 264 y Morin et al., 2001, p. 937) y que varía con la temperatura del calostro (Mechor, Gröhn, McDowell, y Van Saun, 1992, p. 3131).

A partir de éstas relaciones encontradas entre los componentes del calostro, Fleenor y Stott (1980, pp. 740-746) desarrollaron un hidrómetro comercial (calostrómetro) que se considera un método práctico y de bajo costo para estimar la concentración de Ig a partir de la gravedad específica del calostro bovino (Anexo 9).

2.12.4. Refractómetro

El refractómetro mide la concentración de sólidos totales presentes en el calostro (Quigley, 2015, pp. 1-2), por lo que es un método para estimar la concentración de IgG en el calostro bovino (Quigley et al., 2013, p. 1148 y Chigerwe y Hagey, 2014, p. 1). Existen dos tipos de refractómetros (digital y óptico) (Rivero et al., 2012, p. 1410). El instrumento mide el índice de refracción de una solución al determinar el grado de desviación (refracción) de la luz cuando ésta pasa a través de un líquido (Bielmann et al., 2010, pp. 3714-3717).

3. CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Material experimental

- Muestras de plasma sanguíneo de las hembras bovinas pre-parto.
- Muestras de suero sanguíneo de las hembras bovinas pre-parto.
- Muestras de calostro bovino de las hembras post-parto.

3.1.2. Material de laboratorio

Probetas, hidrómetro (calostrómetro), recipientes de plástico, estufa, termómetro digital, papel toalla, refrigeradora, bolsas plásticas herméticas para congelar calostro.

3.1.3. Material de campo

Libro de campo, esferográficos, marcadores permanentes, fundas plásticas, cinta adhesiva, cooler, gel refrigerante de transporte, gradilla, papel periódico, algodón, alcohol antiséptico, guantes de examinación de látex, jeringuillas de 10 ml, overol, botas de caucho, cámara fotográfica.

Sistema de toma de muestras sanguíneas al vacío (Vacutainer®): tubos para muestras sanguíneas sin anticoagulante (tapa roja), tubos para muestras sanguíneas con ácido etildiaminotetraacético (EDTA) (tapa lila), agujas de 21G x 1", capuchón.

3.2. Metodología

3.2.1. Características del sitio experimental

3.2.1.1. Ubicación

El presente estudio se realizó en la Unidad de Apoyo a la Investigación del Programa de Ganadería de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en el cantón Mejía, parroquia de Cutuglagua.

Tabla 4. Ubicación geográfica y características de la zona en estudio.

Provincia	Cantón	Parroquia	Altitud	Latitud	Longitud
Pichincha	Mejía	Cutuglagua	3058 m	0°22'0" S	78°33'0" W

Adaptada de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2014.

3.2.1.2. Características climáticas

Tabla 5. Características climáticas de la zona en estudio.

Temperatura media mensual	11,7 °C
Precipitación media anual	1487,8 mm
Humedad relativa media anual	81 %

Adaptada de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2014.

3.2.2. Factores en estudio

FE1: Valores de hematología: Hemoglobina, Recuento de eritrocitos, Recuento de plaquetas, Neutrófilos, Linfocitos, Monocitos, Eosinófilos, Basófilos.

FE2: Valores de bioquímica sanguínea: Gama-glutamyltransferasa (GGT), Creatina cinasa (CK), Glucosa, Nitrógeno ureico en sangre (BUN), Creatinina, Bilirrubina (directa, indirecta, total), Proteínas totales, Albúmina, Globulinas, Colesterol.

FE3: Valores de minerales en sangre: Calcio, Fósforo, Magnesio.

FE4: Factores maternos: Número de parto, edad de la vaca al parto.

3.2.3. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por un bovino hembra en estado de gestación que cumplía con los criterios de inclusión y de exclusión.

3.2.4. Marco de muestreo

De una población total de aproximadamente 200 bovinos pertenecientes al hato de la Unidad de Apoyo a la Investigación del Programa de Ganadería de la EESC del INIAP, se seleccionaron a los individuos que cumplían con los criterios de inclusión que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Criterios de inclusión y exclusión de los animales en estudio.

Criterios de inclusión
Hembra bovina en estado de gestación
Fecha probable de parto dentro del período comprendido entre el 1 de mayo de 2014 al 31 de octubre de 2014
Libre de Brucelosis y Tuberculosis
Condición corporal entre 3.0 – 3.5 en una escala de 1-5
Calendario de inmunizaciones y desparasitaciones al día de acuerdo al manejo sanitario del predio
Valores de hematocrito, hemoglobina, recuento de glóbulos rojos e índices eritrocitarios (Hemoglobina celular media, Volumen corpuscular medio, Concentración media de hemoglobina celular) dentro del intervalo de referencia para la especie bovina
Leucograma sin alteraciones sugerentes a inflamación o infección

Criterios de exclusión
Parto inducido o cesárea
Aborto en cualquier etapa de la gestación en curso

El número total de animales que cumplieron con mencionados criterios de selección fueron 39 vacas.

3.2.5. Variables y métodos de evaluación

3.2.5.1. Valores hematológicos

Para la determinación de los valores de hematología de la hembra bovina gestante se procedió a extraer una muestra de sangre (5 ml) 15 días antes de la fecha probable de parto, mediante venopunción de la vena caudal con un sistema de toma de muestras al vacío (Vacutainer) y un tubo con EDTA (tubo tapa lila). Posteriormente se envió la muestra sanguínea al laboratorio de diagnóstico veterinario para la determinación de los parámetros sanguíneos descritos en la Tabla 7.

Tabla 7. Hematología.

Parámetro	Unidades	Intervalo de referencia	Técnica
Hematocrito (HCT)	%	24 - 45	Microhematocrito
Hemoglobina	g/dl	8 - 13	Método fotocolorimétrico
Recuento de eritrocitos	$\times 10^6/\mu\text{L}$	5,0 – 10,0	Recuento en cámara
Recuento de plaquetas	$\times 10^4/\mu\text{L}$	11 - 80	Tinción Wright
Recuento de leucocitos	$\times 10^3/\mu\text{L}$	4,0 – 12,0	Recuento en cámara
Diferencial			
Neutrófilos	%	15 - 40	

Linfocitos	%	45 - 75	Recuento en cámara
Monocitos	%	1 - 5	
Eosinófilos	%	2 - 10	
Basófilos	%	0 - 1	
Bandas	%	0 - 1	
Índices hemáticos			
Hemoglobina celular media (HCM)	Pg	11 - 17	Cálculo con fórmula
Volumen corpuscular medio (VCM)	fL	40 - 60	
Concentración media de hemoglobina celular (CHCM)	%	30 - 36	

Nota: % = porcentaje; g/dL = gramos por decilitro; μ L = microlitro; fL = femtolitro; Pg = pentagramo.

Tomada de Laboratorio de Diagnóstico Veterinario Vetelab, 2014.

3.2.5.2. Valores bioquímicos

Para la determinación de los valores de bioquímica sérica de la hembra bovina gestante, se procedió a extraer una muestra de sangre (9 ml) 15 días antes de la fecha probable de parto, mediante venopunción de la vena caudal con un sistema de toma de muestras al vacío (Vacutainer) y un tubo sin anticoagulante (tubo tapa roja). Posteriormente se envió la muestra sanguínea al laboratorio de diagnóstico veterinario para la determinación de los parámetros sanguíneos descritos en las Tabla 8.

Tabla 8. Bioquímica sérica.

Bioquímica sérica			
Parámetro	Unidades	Intervalo de referencia	Técnica
Gamma glutamil transpeptidasa (GGT)	U/l	4,9 – 25,7	Método colorimétrico
Bilirrubina directa	mg/dl	0,00 – 0,03	Fotométrica
Bilirrubina indirecta	mg/dl	0,04 – 0,44	Cálculo
Bilirrubina total	mg/dl	0,01 – 0,05	Fotométrica
Proteínas totales	g/dl	6,2 – 8,2	Colorimétrica
Albúmina	g/dl	2,8 – 3,9	Colorimétrica
Creatinina	g/dl	0,6 – 1,8	Fotométrica colorimétrica
Nitrógeno ureico	mg/dl	15 – 25	Enzimático colorimétrico
Glucosa	mg/dl	45 – 75	GOD-POD
Colesterol	mg/dl	62,1 – 192,5	CHOD-POD
Creatina cinasa (CK)	U/l	34,0 – 165,6	Colorimétrica
Globulinas	g/dl	2,9 – 4,9	Cálculo

Nota: mg/dl = miligramos por decilitro; IU/l = unidades internacionales por litro; g/dl = gramos por decilitro;

Tomada de Laboratorio de Diagnóstico Veterinario Vetelab, 2014.

3.2.5.3. Niveles de minerales en sangre

Para la determinación de los valores de minerales sanguíneos de la hembra bovina gestante se utilizó la misma muestra de sangre correspondiente a la bioquímica sanguínea y se realizó el mismo procedimiento descrito en el numeral 3.2.5.2 (Tabla 9).

Tabla 9. Minerales sanguíneos.

Componente	Unidades	Intervalo de referencia	Técnica
Calcio	mg/dl	8,4 – 11,0	Fotométrico colorimétrico
Magnesio	mg/dl	1,7 – 3,0	Fotométrico
Fósforo	mg/dl	4,3 – 7,8	Fotométrico UV

Nota: mg/dl = miligramos por decilitro.

Tomada de Laboratorio de Diagnóstico Veterinario Vetelab, 2014.

3.2.5.4. Factores maternos

Durante la etapa de levantamiento de información y durante el desarrollo de la investigación, se obtuvieron los datos necesarios de cada vaca en base a los registros productivos - reproductivos que se manejan en la Unidad de Apoyo a la Investigación del Programa de Ganadería de la EESC y los registros del libro de campo, para determinar:

- Datos generales del animal
 - Número de parto
 - Edad en meses a la ocurrencia del parto
 - Raza o cruzamiento racial
 - Duración del período de seco en días
 - Mes de ocurrencia del parto

3.3. Manejo específico de la investigación

3.3.1. Características y manejo de los animales en estudio

El grupo de animales en estudio estaba constituido por vacas de diferentes razas y edades (Tabla 10). El manejo sanitario y nutricional fue homogéneo para todo el grupo de animales. Durante el período de seco la alimentación estaba

constituida por forraje verde y henolaje (8,8 – 10,1 kg de materia seca/vaca/día), sales minerales formulada para vacas secas (0,08 – 0,10 kg/vaca/día) con una composición de calcio 12%, fósforo 6%, sodio 21%, magnesio 0.3% y azufre 2%, y agua a voluntad.

El programa de sanitario para todas las vacas incluyó desparasitaciones periódicas (cada tres meses) contra parásitos gastrointestinales y hepáticos, así como un calendario de inmunizaciones contra Fiebre Aftosa, Brucelosis, Rinotraqueitis Infecciosa Bovina (IBR), Diarrea Viral Bovina (BVD), Leptospirosis, Vibriosis y bacterina triple toxoide (*Clostridium chauvoei*, *Clostridium septicum* y *Pasteurella multocida*) (Anexo 10).

Para facilitar la atención al parto se disponía de “potreros maternidad” en los cuales mensualmente se manejaba a grupos de ~ocho vacas transferidas del seco un mes antes de la FPP. La información recolectada al momento del parto incluyó la fecha y hora del parto, sexo y peso de la cría, y observaciones (Anexo 2). Después de obtener la muestra de calostro, se aplicó a cada vaca una dosis de productos bioestimulantes y reconstituyentes.

Tabla 10. Características de los animales en estudio.

N° Arete	Fecha probable de parto	Fecha de parto	Raza/Cruzamiento racial	N° parto	Período de seco (días)
1371	03/05/2014	02/08/2014	100% HF	5	56
1378	06/08/2014	19/07/2014	50% HF - 50% BS	7	75
1385	13/07/2014	24/06/2014	62,5% HF - 25% J - 12,5% BS	6	81
1391	20/06/2014	09/05/2014	75% HF - 25% BS	5	63
1393	08/05/2014	15/05/2014	50% J - 25% HF - 25% BS	5	94
1397	28/05/2014	26/05/2014	50% HF - 50% BS	7	52
1419	09/05/2014	15/05/2014	75% HF - 25% BS	5	64
1426	17/07/2014	24/07/2014	100% BS	3	139
1428	12/05/2014	17/05/2014	100% HF	5	120
1451	04/10/2014	08/10/2014	100% HF	4	86
1454	03/06/2014	10/06/2014	100% HF	3	102

1458	05/08/2014	29/07/2014	100% HF	2	70
1462	21/07/2014	29/07/2014	100% HF	2	85
1463	14/10/2014	14/10/2014	100% HF	3	193
1465	07/05/2014	14/05/2014	50% HF - 50% BS	3	93
1472	06/06/2014	09/06/2014	100% HF	2	203
1475	25/08/2014	22/08/2014	50% SR - HF 25% - BS 25%	2	52
1480	19/09/2014	17/09/2014	100% HF	3	156
1481	30/06/2014	04/07/2014	50% HF - 50% BS	3	81
1483	04/05/2014	09/05/2014	100% HF	2	112
1484	09/07/2014	08/07/2014	100% HF	3	85
1487	07/05/2014	12/05/2014	100% HF	2	115
1488	19/08/2014	17/08/2014	100%HF	2	125
1489	05/10/2014	08/10/2014	100% HF	3	163
1491	05/09/2014	04/09/2014	50% HF - 50% SR	3	188
1493	13/07/2014	17/07/2014	100% HF	3	157
1502	14/10/2014	14/10/2014	25% HF - 75% BS	3	92
1503	15/06/2014	19/06/2014	50% HF - 50% BS	4	409
1509	29/05/2014	26/05/2014	100% HF	2	52
1514	11/10/2014	05/10/2014	100% HF	2	219
1518	03/05/2014	07/05/2014	100% BS	1	-
1519	17/08/2014	19/08/2014	50% SR - HF 25% - BS 25%	2	91
2189	07/05/2014	16/05/2014	50% HF - 50% BS	1	-
2203	18/05/2014	20/05/2014	100% HF	1	-
2209	17/10/2014	14/10/2014	50% J - 25% HF - 25% BS	1	-
8304	24/08/2014	20/08/2014	87,5% HF - 12,5% BS	1	-
8308	26/08/2014	19/08/2014	62,5% HF - 25% J - 12,5% BS	1	-
8313	23/09/2014	19/09/2014	81,25% HF - 12,5% J - 6,25% BS	1	-
8314	16/10/2014	08/10/2014	100% HF	1	-

Nota: HF = Holstein Friesian; BS = Brown Swiss; J = Jersey; SR = Sueco Rojo.
Tomada de Programa de Ganadería de la EESC, 2014.

Tabla 11. Características de los potreros maternidad.

N° Potrero	Área (ha)	Rendimiento (kg MV/ha)	Rendimiento (kg MS/ha)	Composición botánica (%)					
				A	B	C	D	E	F
8	1,53	14097,78	3242,49	60	20	10	8	1	1
11	1,45	12310,00	2708,20	66	16	11	4	1	2
17	1,12	10986,67	2746,67	52	20	6	20	2	0

Nota: A = Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*); B = Ryegrass annual (*Lolium multiflorum*) y Rye grass perenne (*Lolium perenne*); C = Trébol rojo (*Trifolium pratense*) y Trébol blanco (*Trifolium repens*); D = Llantén (*Plantago major*); E = Malezas; Kg = kilogramos; MV = Materia Verde; MS = Materia Seca; Ha = Hectárea.

Tomada de Programa de Ganadería de la EESC, 2014.

3.3.2. Obtención de las muestras sanguíneas

Las muestras sanguíneas se obtuvieron 15 días antes de la fecha probable de parto dado que el calostro comienza a generarse alrededor de las tres o seis semanas antes de parto, pero es en las dos últimas semanas cuando aumenta de forma notable la concentración de anticuerpos y de otras sustancias en el calostro (Aguirre et al., 2011, p. 13; Maunsell, 2014, p. 115 y Smith, 2010, p. 1143). Posteriormente las muestras fueron llevadas al laboratorio de diagnóstico veterinario VeteLab (miembro de la Red de Laboratorios Autorizados de Agrocalidad) ubicado en Machachi – Mejía - Pichincha para su respectivo análisis.

El procedimiento para la extracción de la muestra de sangre fue el siguiente:

- Se mantuvo al animal en reposo y con la menor excitación posible (Smith, 2010, p. 149).
- Se desinfectó la zona de flebotomía (Cebrián, Ramos, Meseguer, y Ferrer, 2005, p. 25).

- Se realizó la vena caudal mediante oclusión digital en sentido proximal y se atravesó la piel con una aguja de 21G x 1", procurando penetrar en la vena con un ángulo de 30° (Smith, 2010, p. 149).
- Para la obtención de plasma sanguíneo se empleó un sistema de extracción de sangre al vacío (Vacutainer®) con un tubo con anticoagulante (EDTA), llenándolo completamente para garantizar la apropiada correlación entre sangre y anticoagulante (Smith, 2010, p. 149). Para homogeneizar la muestra sanguínea se agitó el tubo con suavidad al menos 10 veces (Ochoa y Bouda, 2007, p. 87).
- Para la obtención del suero sanguíneo se empleó un sistema de extracción de sangre al vacío (Vacutainer®) con un tubo sin anticoagulante y se lo llenó más de las $\frac{3}{4}$ partes (Ochoa y Bouda, 2007, p. 87).
- Se retiró la aguja y con un algodón se presionó el punto de punción para evitar la formación de hematomas (Cebrián et al., 2005, p. 25).
- Se rotuló los tubos de las muestras sanguíneas con la identificación de cada vaca.
- Se dejó reposar las muestras en una gradilla durante 15 minutos a temperatura ambiente, posteriormente fueron colocadas dentro de una nevera portátil con gel refrigerante y llevadas al laboratorio de diagnóstico veterinario. El tiempo promedio entre la extracción de la muestra sanguínea y la llegada de la misma al laboratorio fue de 3.24.
- Finalmente se registraron los datos de cada muestreo en el libro de campo en el Anexo 1.

3.3.3. Obtención y análisis de las muestras de calostro

Se recolectó una muestra de calostro generalmente de primer ordeño mediante ordeño manual y en ciertas ocasiones mediante ordeño mecánico. El 84% de las muestras de calostro fueron recolectadas dentro de las primeras ocho horas después del parto y el restante 16% en un tiempo máximo de 14 horas después del parto. Se extrajo una muestra de calostro de cada cuarto de la ubre para después homogeneizarlo, dado que se han reportado diferencias en las

concentraciones de Ig entre cuartos de una misma glándula mamaria (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, pp. 112-113).

Posteriormente se estimó la concentración de Ig en el calostro mediante el uso de un hidrómetro comercial (Calostrómetro®). Esto debido a que el calostrómetro fue desarrollado tomando como base la existencia de una relación lineal entre la gravedad específica del calostro y la concentración de Ig en el mismo. Además la gravedad específica y los sólidos totales del calostro están significativamente correlacionados. Dado que la proteína representa el 64% de los sólidos totales y de ésta fracción proteica el 47% son gammaglobulinas, la gravedad específica del calostro se relaciona también con la proteína total y gammaglobulinas calostrales ($p < 0.01$) (Fleenor y Stott, 1980, pp. 742-746).

Además el calostrómetro provee una estimación confiable de las Ig debido a que sus resultados se correlacionan significativamente con la inmunodifusión radial (RID) que es el método de elección o la prueba *gold standard* para la determinación del contenido de IgG del calostro (Bielmann et al., 2010, p. 3713; Quigley, 2015, p. 1 y Rivero et al., 2012, p. 1410). Los coeficientes de correlación entre los dos métodos son: 0,67 (Kehoe et al., 2011, p. 179); 0,60 (Bartier, 2013, p. 29); 0,77 (Bartier, Windeyer, y Doepel, 2015, p. 1878). Además el calostrómetro es adecuado para ser usado en las explotaciones bovinas debido a que es un método práctico, económico (Fleenor y Stott, 1980, p. 973) y permite valorar la calidad calostrual rápidamente (Bielmann et al., 2010, p. 3720).

Para minimizar posibles errores al momento de analizar el calostro, se manejó una misma temperatura para todas las muestras de calostro, estandarizándola a 21°C como lo recomienda el manual de uso del Colostrometer® (BIOGENICS, 2014, p. 1), puesto que se ha demostrado que las lecturas del calostrómetro difieren en 0,8 mg/ml por cada grado centígrado en el cambio de la temperatura de la muestra de calostro (Mechor et al., 1992, p. 3131). Asimismo al utilizar muestras de calostro frías ($< 80^{\circ}\text{F}$ o 26.67°C) se sobreestima la concentración de Ig, por el contrario cuando las muestras están calientes se subestima la concentración real de Ig (Morrill, 2011, p. 3).

La muestra de calostro fue analizada con la siguiente metodología (BIOGENICS, 2014, p. 1):

- Se colocó 250 mililitros de calostro a 21°C en el cilindro medidor.
- Se sumergió el calostrómetro en el cilindro medidor permitiendo que el instrumento flote libremente.
- Finalmente se leyó la escala de Ig (mg/ml) y se registraron los datos en el Anexo 3 del libro de campo.

3.3.4. Análisis estadístico

3.3.4.1. Análisis de regresión lineal múltiple

Para determinar la relación y grado de asociación entre la variable dependiente *concentración de Ig en el calostro (mg/ml) estimada en base a la gravedad específica* y las *variables explicativas* (independientes, regresoras) (*valores de hematología, bioquímica y minerales sanguíneos*) se aplicó un modelo de regresión lineal múltiple; debido a que la investigación representa un caso en el que se valora la contribución de diferentes factores en la ocurrencia de un evento simple (Spiegel, 1991, p. 32). Además el análisis de regresión múltiple se aproxima más a situaciones de análisis real (Rodríguez, 2001, p. 3) puesto que los procesos fisiológicos son complejos y, en consecuencia, deben ser explicados en la medida de lo posible por la serie de variables que, directa o indirectamente, participan en su concreción.

Se introdujeron todas las variables sanguíneas al modelo de regresión múltiple inicial: GGT (U/l), Bilirrubina Directa (mg/dl), Bilirrubina Indirecta (mg/dl), Albúmina (g/dl), Creatinina (g/dl), Nitrógeno Ureico (mg/dl), Calcio (mg/dl), Magnesio (mg/dl), Fósforo (mg/dl), Glucosa (mg/dl), Colesterol (mg/dl), Creatina cinasa (CK) (U/l), Gobulinas (g/dl), Hemoglobina (g/dl), Recuento de Glóbulos Rojos ($\times 10^3/\text{ul}$), Recuento de Plaquetas ($\times 10^4/\text{mm}^3$), valores absolutos del diferencial de leucocitos: Neutrófilos, Linfocitos, Monocitos, Eosinófilos y Basófilos.

Para eliminar la multicolinealidad entre las variables regresoras, se aplicó un método de selección de las variables explicativas “regresión paso a paso (stepwise regression)”, mediante la función `stepAIC` del paquete MASS dentro de R. La función `stepAIC` realiza la selección del modelo paso a paso en base al AIC (Criterio de Información de Akaike) (Kabacoff, 2014, p. 1). El método de “regresión paso a paso” es una combinación de los métodos de selección de variables de “eliminación progresiva” e “introducción progresiva” (Rojo, 2007, p. 24). El objetivo de éste método es buscar de entre todas las posibles variables explicativas aquellas que más y mejor expliquen a la variable dependiente sin que ninguna de ellas sea combinación lineal de las restantes. Este procedimiento implica que: (1) en cada paso solo se introduce aquella variable que cumple unos criterios de entrada; (2) una vez introducida, en cada paso se valora si alguna de las variables cumplen criterios de salida; y (3), en cada paso se valora la bondad de ajuste de los datos al modelo de regresión lineal y se calculan los parámetros del modelo verificado en dicho paso. El proceso se inicia sin ninguna variable independiente en la ecuación de regresión y el proceso concluye cuando no queda ninguna variable fuera de la ecuación que satisfaga el criterio de selección (garantiza que las variables seleccionadas son significativas) y/o el criterio de eliminación (garantiza que una variable seleccionada no es redundante) (Rodríguez, 2001, p. 5).

En todas las fórmulas de la regresión lineal múltiple dentro de “R” se ingresó el “-1” para no tomar en cuenta al intercepto para ajustar el modelo, es decir, se obligó al modelo a pasar por cero, siguiendo la lógica de que si se tiene 0 (cero) en todos los valores sanguíneos, significa que no existe una vaca o el animal correspondiente, por tanto, el origen debería ser cero.

Al eliminar la multicolinealidad el modelo redujo las variables explicativas a siete: nitrógeno ureico sanguíneo, colesterol, hemoglobina, recuento de glóbulos rojos, fósforo, globulinas y recuento de plaquetas.

3.3.4.1.1. Evaluación del modelo de regresión múltiple

Para evaluar el modelo de regresión múltiple, se analizó la bondad de ajuste y la validez estadística del mismo, al determinar el *coeficiente de determinación ajustado* R^2 , el *estadístico F*, la normalidad y los residuos del modelo (Petrie y Watson, 2007, pp. 151-152). En la Tabla 12 se muestra el resumen del modelo final de regresión múltiple.

Tabla 12. Resumen del modelo final de regresión múltiple

Modelo	R^2	R^2 ajustado	Error est.	p-valor
Final	0.9534	0.9432	24.1	<2.2e-16

Nota: R^2 = Coeficiente de Correlación Múltiple; R^2 ajustado = Coeficiente de Determinación Ajustado; Error est = Error Estándar Residual.

3.3.4.1.1.1. Coeficiente de determinación ajustado R^2

Para evaluar qué tan bien el modelo de regresión se ajusta a los datos, se determinó la proporción de la variabilidad total que se explica por la relación de Y (Ig en el calostro) sobre los valores de X_1, X_2, X_3, \dots (variables sanguíneas) (Petrie y Watson, 2013, p. 133). El valor de R^2 ajustado muestra que el 94,32% de la variación de la concentración de Ig en el calostro, estimada en base a la gravedad específica, puede ser explicada por la relación lineal con las variables sanguíneas maternas *Nitrógeno ureico, Fósforo, Colesterol, Globulinas, Hemoglobina, Recuento de glóbulos rojos y Recuento plaquetar*.

3.3.4.1.1.2. Error estándar residual

El error estándar residual (s) indica la exactitud con la que se puede predecir la concentración de Ig en el calostro (mg/ml), estimada en base a la gravedad específica, al conocer las variables regresoras (variables sanguíneas). Para la interpretación se debe multiplicar a s por 2 (Pardoe, 2012, p. 257):

$$2s = 2(24,1)$$

Es decir, al predecir la concentración de Ig en el calostro (mg/ml), estimada en base a la gravedad específica, con variables sanguíneas conocidas, se tendrá una exactitud de $\pm 48,2$ mg/ml.

3.3.4.1.1.3. Estadístico F

Para evaluar si existe relación lineal significativa entre la variable dependiente Y y el conjunto de variables independientes sanguíneas (X_1, X_2, X_3, \dots), se planteó la hipótesis nula de que todos los parámetros de las variables X son realmente y de manera conjunta iguales a cero, es decir, que el modelo tomado como un conjunto no tiene la habilidad de explicar el comportamiento de Y :

$$H_0: X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = X_5 = X_6 = X_7 = 0$$

Lo que es equivalente a:

$$H_0: R^2 = 0$$

Por lo tanto, ya que el *p-valor* del estadístico F es usado para evaluar la significancia de las variables X (independientes) tomadas como grupo (Kahane, 2008, pp. 64-65), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa de que el conjunto de las variables X no es igual a cero, dado que la significancia de F (*o-valor* menor a $2.2e-16$) muestra la probabilidad de que H_0 sea verdadera. En otras palabras, el modelo en conjunto explica bastante bien el comportamiento de la variable Y .

3.3.4.1.1.4. Evaluación de los residuos del modelo de regresión múltiple

El enfoque más eficaz para comprobar los supuestos del modelo de regresión múltiple es analizar los residuos (Petrie y Watson, 2013, pp. 133-137). Adicionalmente el análisis de los residuales permite no solo profundizar en la relación que se produce entre las variables, sino también, ponderar la bondad de ajuste de la regresión obtenida (Rodríguez, 2001, p. 9). El análisis de los residuos consiste en determinar la normalidad y homogeneidad de las varianzas (Crawley, 2007, p. 389) y en realizar representaciones gráficas (Rodríguez, 2001, p. 9). Cabe mencionar que un residuo se define como la “diferencia entre un valor

observado de Y y su valor predicho para un valor dado de X " (Petrie y Watson, 2013, pp. 133-137).

3.3.4.1.1.4.1. Normalidad de los residuos

Para evaluar la normalidad de los residuos, se comprobó si los datos del vector provienen de una distribución normal (Crawley, 2007, pp. 282-283) al plantear las siguientes hipótesis:

H_0 : La población en estudio está distribuida normalmente.

H_1 : La población en estudio no está distribuida normalmente.

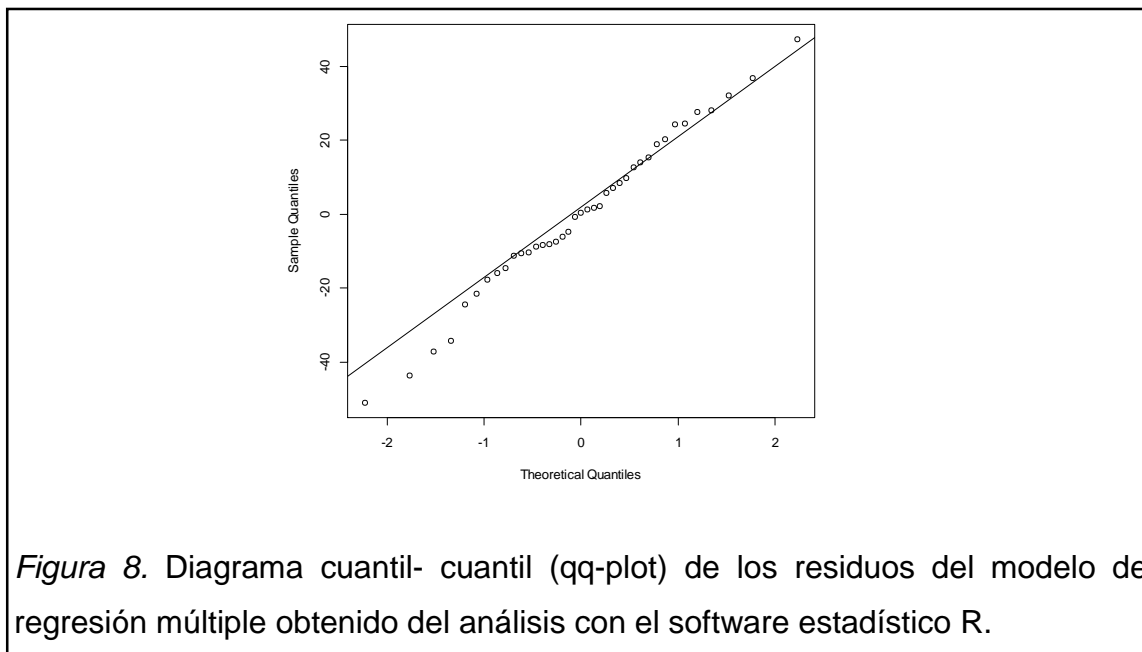
Posteriormente se realizó un Test de Normalidad Shapiro–Wilk y se obtuvieron los resultados:

$$W = 0,9895$$

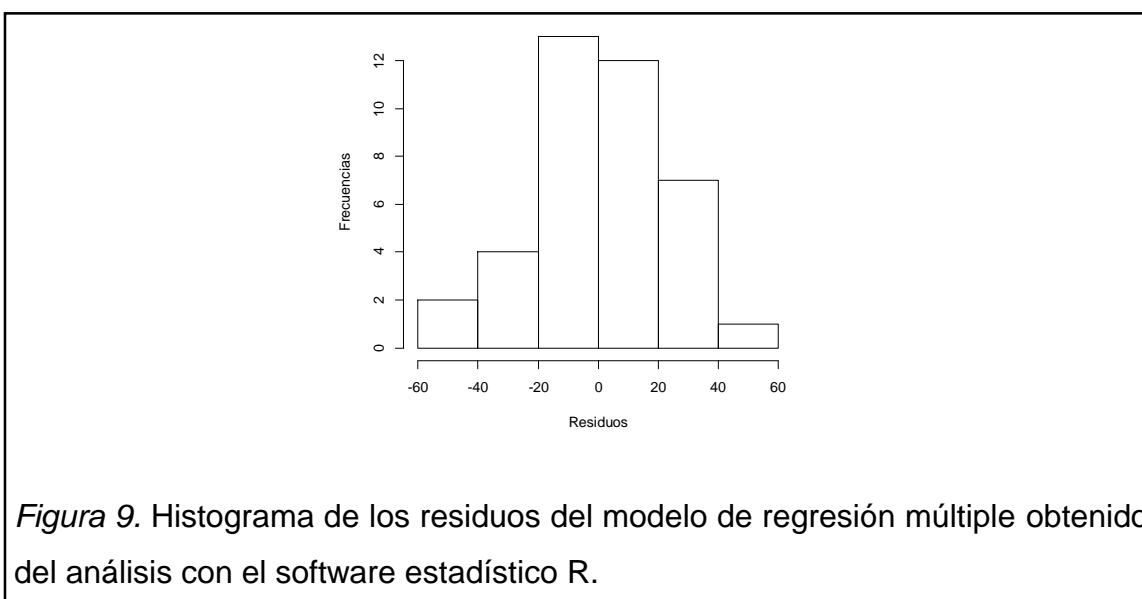
$$p \text{ valor} = 0,9706$$

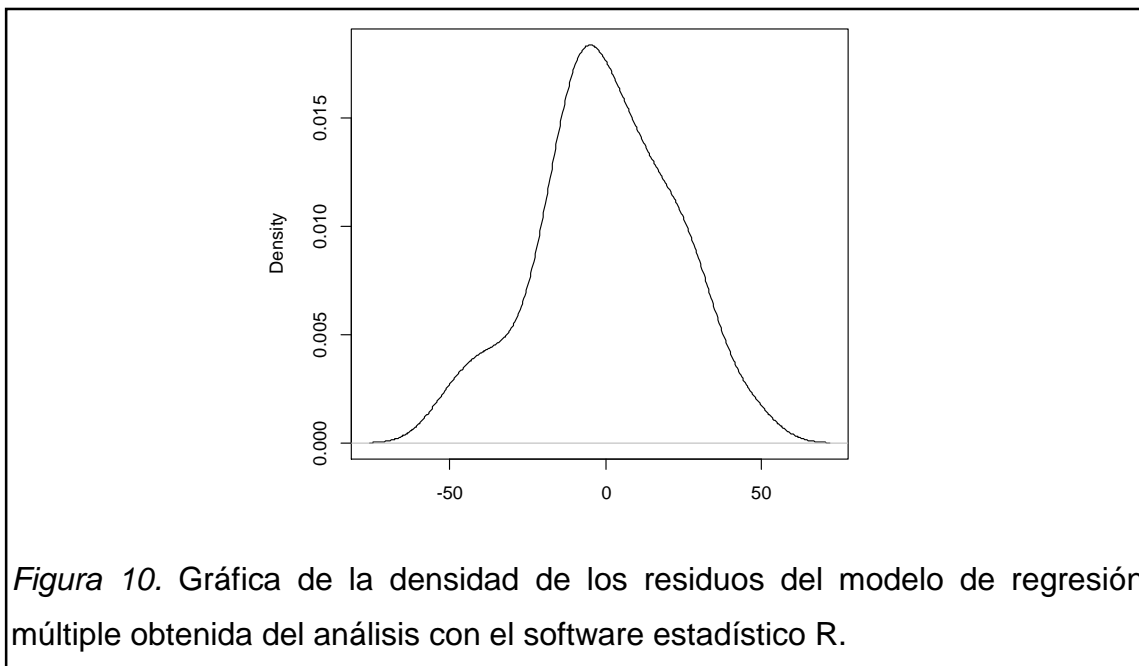
Debido a que el p -valor no es menor a alfa (0,05), se acepta la hipótesis nula (H_0), por lo tanto se concluye que los datos siguen una distribución normal.

En la Figura 8, se aprecia el gráfico cuantil-cuantil (qq-plot) en el cual los residuos fueron tomados como datos, para representar los cuantiles observados (sampled quantiles) respecto a los cuantiles de la distribución normal (theoretical quantiles) (Crawley, 2007, pp. 401-402). El gráfico cuantil-cuantil permite observar cómo se distribuyen los residuos en relación a la distribución normal (que sería la que cabría esperar de los mismos) (Rodríguez, 2001, p. 9). En la Figura 8 se puede apreciar que los cuantiles observados se encuentran cerca o sobre la línea de la normalidad (Crawley, 2007, pp. 401-402), es decir, ambas distribuciones son similares ya que los puntos se sitúan sobre la diagonal del gráfico, por lo que se concluye que la distribución de los residuos es normal.



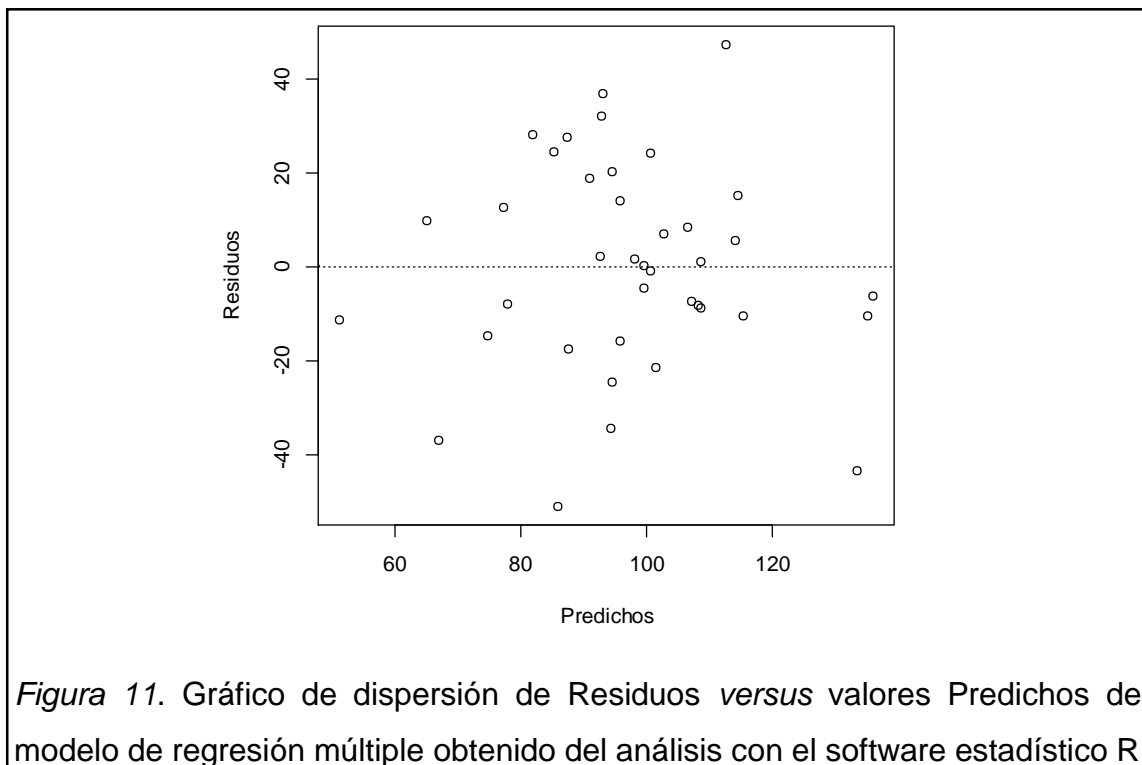
Adicionalmente, en el histograma de los residuos (Figura 9) y en la gráfica de la densidad (Figura 10) se puede apreciar que los residuos presentaron una distribución normal o distribución de Gauss.





3.3.4.1.1.4.2. Homogeneidad de las varianzas

Para evaluar la homogeneidad de las varianzas, se realizó un gráfico de Residuos (*eje y*) en función de los Predichos (*eje x*) (Figura 11), en el cual se observa una nube de puntos sin patrón alguno, por lo que se comprueba que las varianzas son homogéneas (Crawley, 2007, pp. 401-402).



3.3.4.1.2. Ecuación del modelo de regresión lineal múltiple

Finalmente se construyó la ecuación de la regresión lineal múltiple en base a los estimadores de las siete variables que arrojó el programa estadístico R en el modelo final. Los estimadores o coeficientes de regresión B indican el número de unidades que aumentará la variable dependiente por cada unidad que aumente la variable independiente (Rodríguez, 2001, p. 10).

3.3.4.2. Análisis de la varianza

Debido a que varios estudios han investigado y reportado la influencia de los factores maternos sobre la concentración de Ig calostrales (*Ver Marco Teórico*), se seleccionaron a los siguientes: número de parto y edad de la vaca.

Posteriormente se clasificó a las hembras en grupos y se aplicó un análisis de varianza (ADEVA) de un factor con desigual repetición, para analizar y describir las diferencias entre grupos en base al factor materno en estudio (Ortega, 2008, p. 71). En el caso de que el p-valor para el factor analizado en el ADEVA era significativo, se estableció cuál grupo de medias difiere al efectuar una prueba de Tukey al 5% (Petrie y Watson, 2013, p. 106).

3.3.4.2.1. Número de parto

Se decidió determinar la influencia del número de parto sobre la *concentración de Ig en el calostro (mg/ml)* debido a que varios estudios realizados en vacas han reportado dichas tendencias (*Ver Marco Teórico*).

En base a los siguientes criterios se estableció conformar cuatro grupos de acuerdo al número de parto de cada vaca (Tabla 13):

- ❖ Agrupar a las vacas de primer parto ya que se ha reportado que presentan una concentración menor de Ig en el calostro, al contrastarlas con vacas con mayor número de parto (Morris et al., 2012, pp. 3999-4004). Además se ha observado que la concentración de IgG calostrales tiende a ser menor en la primera o segunda lactación, en comparación con vacas de tercera lactación o superior (Smith, 2010, p. 1143).

- ❖ Agrupar a las vacas de segundo parto porque existen evidencias que su calostro es de menor calidad y presenta menores concentraciones de Ig y de IgG, en comparación con vacas de primer y más partos (Gulliksen et al., 2008, p. 709).
- ❖ Agrupar a las vacas de tercer parto, y al mismo tiempo agrupar a la vacas de cuarto, quinto, sexto y séptimo parto; ya que (Fleming, 2014, pp. 98-100) observó un aumento en la concentración de IgG en el calostro de vacas de tercer parto, y un aumento aún mayor las vacas de cuarto parto o superior.

Tabla 13. Número de parto.

Grupo	Descripción
A	Vacas de primer parto
B	Vacas de segundo parto
C	Vacas de tercer parto
D	Vacas de cuarto, quinto, sexto y séptimo parto

3.3.4.2.2. Edad al parto en meses

Se decidió determinar la influencia de la edad de la vaca al momento del parto sobre la *concentración de Ig en el calostro (mg/ml)* debido a que se espera que una vaca adulta ha desarrollado mayor inmunidad ya que ha tenido mayor tiempo de vida y también mayor contacto con enfermedades, como consecuencia el contenido de anticuerpos aumenta conforme incrementa la edad de la hembra (Smith, 2010, p. 1143). Los grupos establecidos se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Edad al parto en meses.

Grupo	Descripción
A	24 – 48 meses de edad
B	49 – 72 meses de edad
C	73 – 132 meses de edad

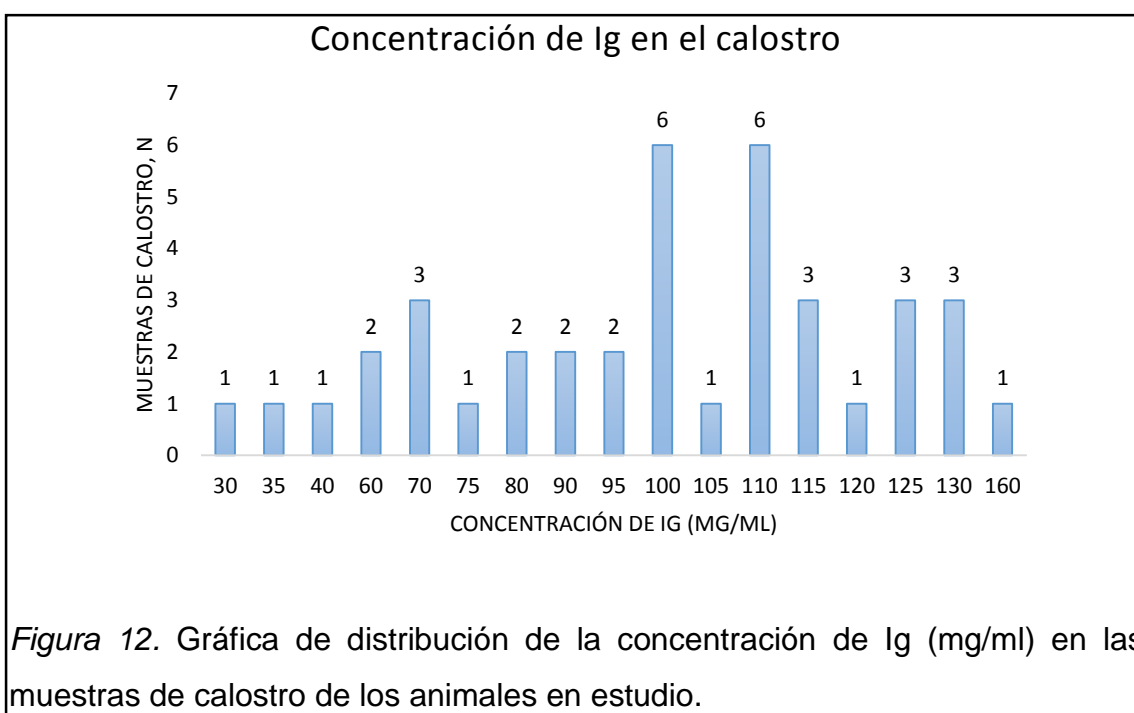
4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Concentraciones de inmunoglobulinas en el calostro

La concentración media de Ig de las muestras de calostro del presente estudio fue de 97,31 mg/ml (D.E: 28,05 mg/ml) con un rango de 30 mg/ml a 160 mg/ml (Tabla 15).

Tabla 15. Variabilidad de Ig en las muestras de calostro (n=39).

Variable	Unidad	Media	Desviación Estándar	Varianza (n-1)	Mínimo	Máximo
Ig	mg/ml	97,31	28,05	786,64	30,00	160,00



La dispersa distribución de la concentración de Ig (mg/ml) en las muestras de calostro de los animales en estudio (Figura 12) demuestra la amplia variabilidad que existe entre vacas de una misma explotación bovina (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 114; Morin, Nelson, y Reid, 2010, p. 424 y Pritchett et al., 1991, pp. 2337-2338). Esto se debe a que el proceso de calostrógenesis se desarrolla de manera individual en cada vaca (Baumrucker et al., 2010, pp. 3033-

3037; Baumrucker y Bruckmaier, 2014, pp. 103-114 y Herr, Bostedt, y Failing, 2011, pp. 377-384). Por lo que Baumrucker et al. (2010, pp. 3034-3037) y Kehoe et al., (2007, pp. 4108-4115) mencionan que el inicio de la calostrogénesis es un factor de gran importancia dentro de la variabilidad calostrual entre animales, porque diferentes animales pueden iniciar éste proceso en diferentes momentos antes del parto; tomando en cuenta que el proceso de calostrogénesis es lento, los animales con un comienzo temprano acumularán mayores concentraciones y masa de Ig. Éstos tiempos variables para el inicio de la calostrogénesis pueden estar relacionados con diferentes concentraciones sanguíneas de esteroides circulantes y/o sensibilidad diferencial de los receptores en la glándula mamaria (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 109). La composición del calostro está regulada por hormonas como el estradiol y la progesterona, durante el proceso de calostrogénesis. Éste juego hormonal posiblemente define la transferencia pre-parto de componentes, especialmente de inmunoglobulinas, desde el torrente sanguíneo materno hacia las secreciones mamarias durante un periodo de tiempo determinado, el cual cesa inmediatamente después de producido el parto (Hernández-Castellano et al., 2014, p. 65).

Tomando en cuenta que las Ig del calostro son transferidas desde el torrente sanguíneo de la madre, se ha mencionado que puede existir una reducción y por lo tanto una transferencia pre-parto de IgG animal-dependiente (Herr et al., 2011, p. 380). Es decir, la variabilidad calostrual puede ser el resultado de diferentes tasas de transferencia de Ig sumadas a los tiempos variables para el desarrollo de la calostrogénesis entre las vacas del estudio (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 114).

Los tiempos variables en el inicio de la calostrogénesis han sido demostrados a través de varios estudios y criterios, ya que se ha encontrado diferentes momentos de inicio de la transferencia de Ig desde la sangre hacia la glándula mamaria: ocho semanas antes del parto (Herr et al., 2011, p. 378); cuatro semanas antes del parto (Bezerra et al., 2014, p. 85 y Franklin et al., 2005, p. 767); cinco semanas a.p (Detilleux, Kehrli, Stabel, Freeman, y Kelley, 1995, p. 260); 14-15 días antes del parto (Gülay, 2005, p. 198 y Smith, 2010, p. 1143).

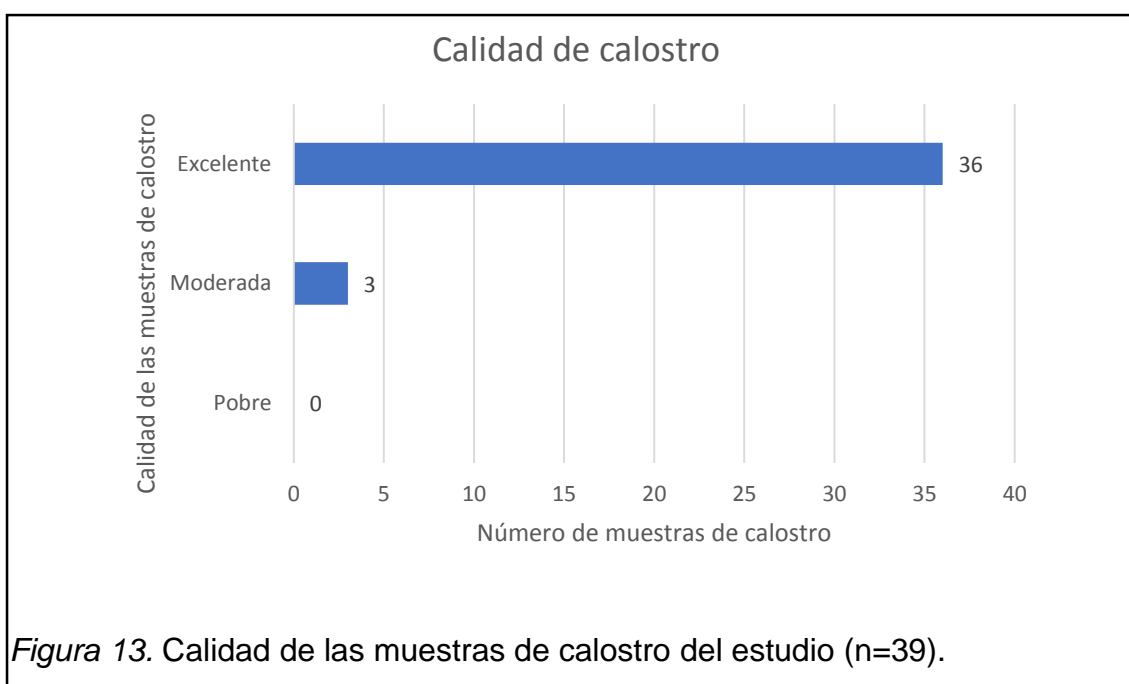
Incluso Baumrucker y Bruckmaier (2014, p. 109) mencionan que el momento del inicio de la calostrogénesis es desconocido.

Además, diferencias en el material genético de la madre (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 113; Detilleux et al., 1995, pp. 263-265 y Herr et al., 2011, p. 382) pudieron haber contribuido a la variabilidad de las muestras de calostro. Se ha mencionado que a nivel genético, un polimorfismo de un solo nucleótido (SNP, Single Nucleotide Polymorphism) (Martin et al., 2002, p. 433) o modificaciones epigenéticas (Rijnkels et al., 2010, pp. 3-5) pueden conducir una expresión variable de genes para varios componentes bioactivos de la leche, lo que sugiere que también podría existir una expresión variable de genes de Ig debida a características genéticas propias de cada vaca (Fleming, 2014, p. 43). Ésta hipótesis se sustenta con los resultados del estudio de Herr et al. (2011, pp. 379-384) en el cual se determinó que la concentración final de IgG en el calostro de vacas viene dada por: a) la concentración total de Ig sanguíneas ocho semanas antes del parto (a.p.) y b) el porcentaje de transferencia de dichas Ig hacia el calostro desde las 8 semanas a.p. hasta un día a.p (porcentaje de reducción de Ig sanguíneas). Adicionalmente Herr et al. (2011, pp. 379-384) encontraron que las vacas con mayores niveles de Ig en sangre a las 8 semanas a.p presentaron también altos porcentajes de reducción de Ig sanguíneas; concluyendo que no existe una explicación evidente para que éstas vacas tengan mayores concentraciones de Ig en sangre y en el calostro, por lo que los autores plantean una posible relación genética con el estado inmune individual de cada animal. Cabe destacar que Baumrucker (2014, p. 23) menciona que el FcGRT puede sufrir variaciones genómicas ya que se ha reportado 34, >200 y ~86 SNP para el FcGRT del bovino, humano y ratón, respectivamente.

Ya que se ha reportado que la alimentación durante el periodo de seco y las vacunaciones de la vaca (Maunsell, 2014, pp. 117-119) pueden influir sobre la calidad de calostro, se manejó al grupo de animales en estudio de manera homogénea, para minimizar en lo posible dichas influencias, por lo que se puede suponer que éstos factores no ejercieron ningún efecto sobre las concentraciones de Ig. Adicionalmente se ha mencionado que el goteo de

calostro antes del parto es un factor que puede afectar su calidad (Indra et al., 2012, p. 257), sin embargo estudios recientes mencionan que éste factor no es representativo (Baumrucker, 2014, p. 8), por lo que puede ser excluido como causa de la variabilidad calostrual.

Durante la investigación ninguna vaca presentó signos clínicos de enfermedad ni alteraciones visibles. No se presentó ningún aborto, por lo que se lo puede excluir como causa de una baja calidad calostrual (Straub y Matthaeus, 1978, p. 274). Además, la condición corporal de todas las vacas al parto fue de 3,50 – 3,75, lo que se considera ideal (Al Ibrahim et al., 2010, p. 5318 y Cermakova et al., 2014, p. 5628), de ésta manera se evitó que la condición corporal influya sobre las concentraciones de Ig del calostro.



En la Figura 13 se puede observar la calidad de las muestras de calostro de acuerdo a la clasificación propuesta por Fleenor y Stott (1980, p. 976). En total, el 92.31% de las muestras de calostro analizadas presentaron una concentración de Ig mayor a 50 mg/ml, lo que se considera como calidad satisfactoria de acuerdo a recomendaciones internacionales (Gulliksen et al., 2008, p. 704) o como calostro de alta calidad (Fleenor y Stott, 1980, p. 976).

El periodo transcurrido desde el parto hasta la recolección de las muestras de calostro, es un factor que contribuye a la obtención de calostro de alta calidad (Conneely et al., 2013, pp. 1828-1830 y Kehoe et al., 2011, p. 178), en el presente estudio el intervalo promedio fue de cuatro horas. El corto intervalo entre el parto y la recolección del calostro probablemente contribuyó a que el 92,31% de las muestras de calostro fueran de alta calidad (>50 mg/ml).

Debido a que se ha demostrado que las vacunas que previenen la diarrea de los terneros, específicamente *E.coli*, rotavirus y coronavirus, y adicionalmente las vacunas contra *Salmonella typhimurium* aplicadas tres a seis semanas antes del parto resultan en un incremento de la cantidad de anticuerpos calostrales (Maunsell, 2014, p. 119), se puede sugerir que el calendario de inmunizaciones manejado en el presente estudio no afectó la variabilidad calostrual ya que fue homogéneo para todo el grupo (Anexo 10).

Además se ha asociado al calostro de alta calidad (>50 mg/ml) con el mejoramiento de la salud del ternero. (Weaver et al., 2000, pp. 569-570) menciona que para prevenir la falla en la transferencia pasiva (FTP) en terneros, es necesario alimentarlos con 4 litros de calostro con más de 50 mg/ml de IgG, inmediatamente después del nacimiento, con el objetivo de alcanzar un total de 150.000 - 200.000 mg de IgG en la sangre de los neonatos. En el presente estudio 3 vacas produjeron calostro con una concentración de Ig menor a 50 mg/ml, lo que sugiere que el 7,69% de los terneros necesitaban consumir más de 4 litros de calostro para prevenir FTP; ya que la capacidad abomasal es de solamente 2 litros (Anderson citado en Fleming, 2014, p. 42), volúmenes mayores pueden ser dañinos para la salud del neonato, lo que sustenta la importancia de seleccionar calostro de alta calidad. En estos casos se procedió a alimentar al ternero con calostro de otras vacas que se almacenaba en congelamiento.

Los resultados del presente estudio (Tabla 14, Figura 13) concuerdan con el estudio de Biemann et al. (2010, p. 3715), en el cual se reportó una concentración media de Ig de 94,4 mg/ml al analizar 288 muestras de calostro bovino pertenecientes a tres diferentes granjas de Canadá y un rango de 22,4 –

196,9 mg/ml, además el 92,3% de dichas muestras analizadas presentaron niveles superiores a 50 mg/ml de Ig. Sin embargo, la variabilidad de los métodos de laboratorio representa un obstáculo al momento de realizar verdaderas comparaciones entre las concentraciones de Ig de las muestras de calostro del presente estudio con otras investigaciones, ya que las diferencias observadas pueden ser atribuidas a los métodos empleados en cada investigación.

4.2. Variables sanguíneas

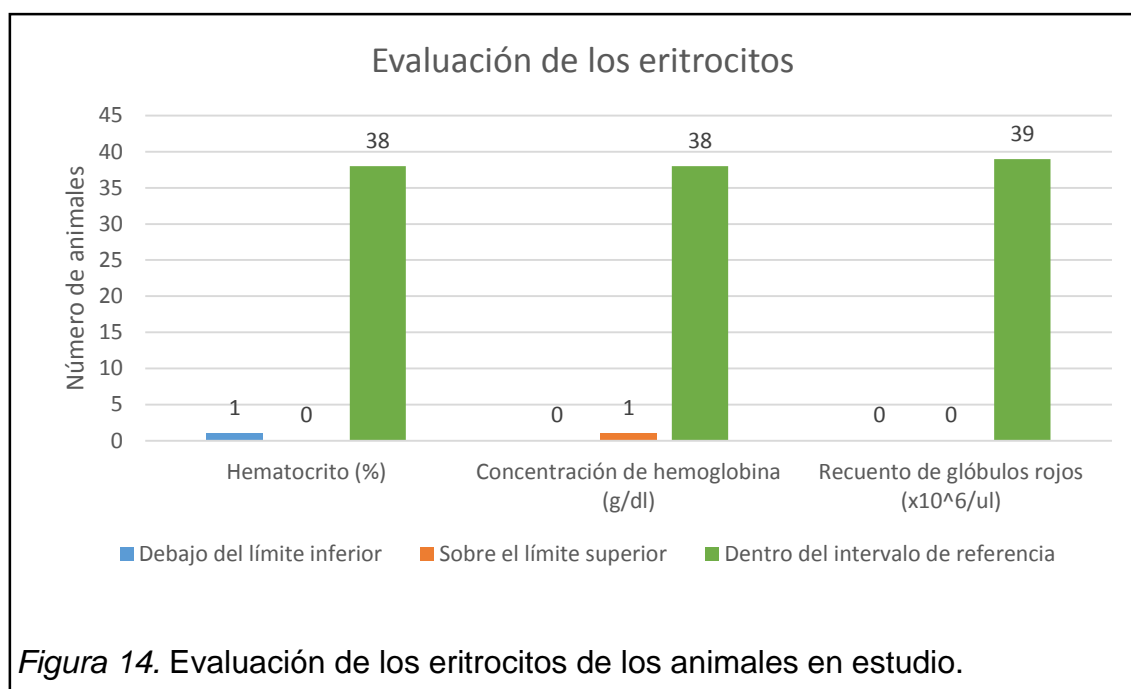
Los resultados de las variables sanguíneas de los animales en estudio, determinados quince días antes de la fecha probable de parto, se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Resumen de resultados de las variables sanguíneas de las hembras bovinas en estudio (n=39).

Variable	Unidad	Media	Desv. Est.	Var (n-1)	Min	Max
Hematocrito	%	33,33	4,23	17,90	11,50	38,10
Hemoglobina	g/dl	10,81	0,88	0,77	8,94	13,39
Leucocitos	U/ul	8,63	1,38	1,91	6,90	12,70
Eritrocitos	U/ul	7,78	0,54	0,29	6,30	8,70
Plaquetas	U/mm ³	35,06	8,12	65,99	3,30	49,00
Neutrófilos	%	56,33	7,03	49,44	40,00	69,00
Linfocitos	%	36,79	6,41	41,06	21,00	49,00
Monocitos	%	1,85	0,78	0,61	1,00	4,00
Eosinófilos	%	5,03	4,11	16,92	1,00	20,00
Basófilos	%	0	0	0	0	0
HCM	pg	13,91	0,59	0,35	12,90	15,90
VCM	fl	43,75	0,28	0,08	42,60	44,50
CCMH	%	31,93	1,44	2,08	29,50	36,20
GGT	U/l	13,04	7,59	57,58	1,42	26,68
Bilirrubina total	mg/dl	0,24	0,10	0,01	0,13	0,62
Bilirrubina directa	mg/dl	0,09	0,07	0,00	0,01	0,26
Bilirrubina indirecta	mg/dl	0,14	0,07	0,01	0,05	0,37
Proteínas totales	g/dl	6,93	0,72	0,52	5,36	8,34
Albúmina	g/dl	3,32	0,38	0,14	2,50	4,11

Globulinas	g/dl	3,61	0,64	0,41	2,66	4,87
Creatina	g/dl	1,38	0,73	0,53	0,06	3,63
Nitrógeno ureico	mg/dl	16,99	3,97	15,78	9,51	29,61
Glucosa	mg/dl	47,85	8,19	67,15	21,60	64,50
Colesterol	mg/dl	107,51	21,50	462,18	70,10	151,00
Creatin cinasa	U/l	120,19	176,28	31075,14	17,20	1109,20
Calcio	mg/dl	8,55	0,69	0,47	7,51	10,32
Magnesio	mg/dl	2,22	0,52	0,27	1,48	3,86
Fósforo	mg/dl	7,62	3,91	15,32	3,82	20,86

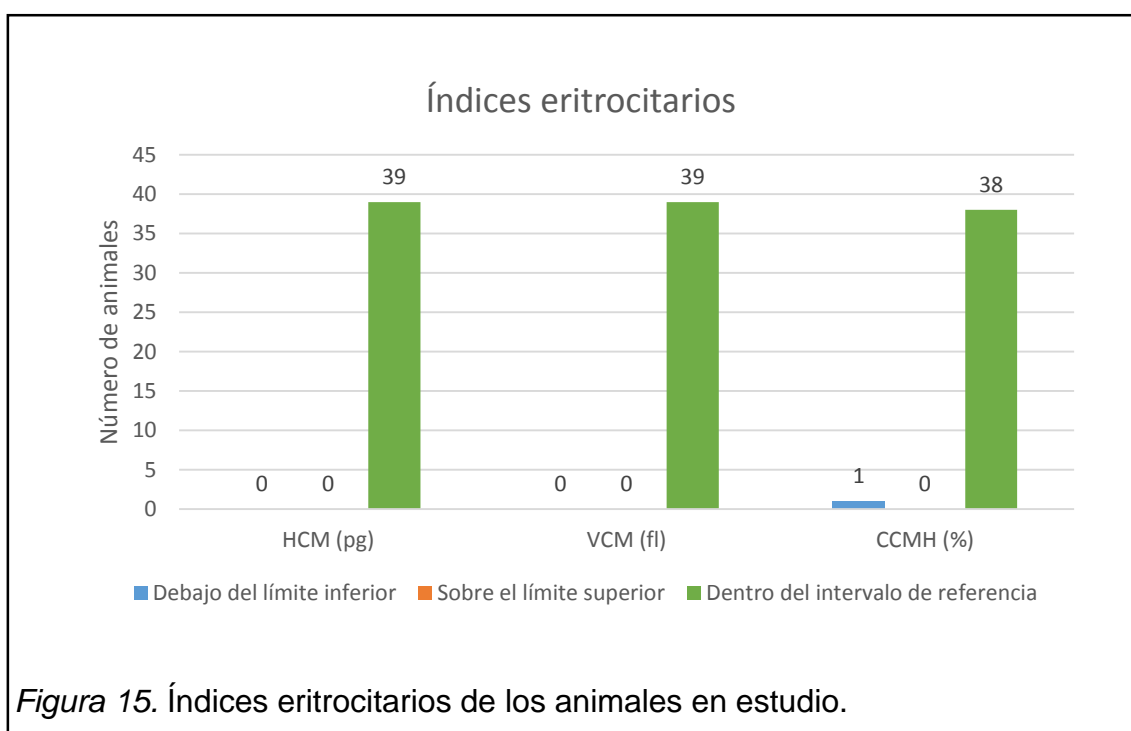
4.2.1. Hematocrito, concentración de hemoglobina y recuento de glóbulos rojos



En la Figura 14 se puede observar que el 2,56% de los animales (una vaca) en estudio presentó niveles bajos de hematocrito, lo cual podría sugerir anemia, dado que la indicación de laboratorio más precisa de anemia es la caída del hematocrito por debajo de los niveles normales (Smith, 2010, p. 400). Los mecanismos fisiopatológicos por los que se desarrolla la anemia son pérdida de sangre, aumento de la destrucción de eritrocitos (hemólisis) y producción inadecuada de los mismos (Smith, 2010, p. 400). Sin embargo, el animal no presentaba signos clínicos asociados a pérdida de sangre o hallazgos

laboratoriales relacionados con hemólisis, por lo que no se identificó una anemia como tal. Adicionalmente se puede apreciar que la concentración de hemoglobina y el recuento de eritrocitos de las 39 vacas se encuentran dentro del intervalo de referencia.

4.2.2. Índices eritrocitarios



En la Figura 15 se puede observar que el 100% de los animales en estudio presentó valores de HCM (pg) dentro del intervalo de referencia, es decir, aparentemente la cantidad de hemoglobina en la sangre por eritrocito es adecuada (Smith, 2010, p. 402). Así mismo, el 100% de las vacas presentó valores de VCM (fl) dentro del intervalo de referencia, por lo que se puede decir que el tamaño medio de los eritrocitos no muestra ninguna alteración (Smith, 2010, p. 400).

Para la variable CCMH (%), el 2,56% de los animales (una vaca) presentó un valor por debajo del intervalo de referencia que posiblemente se debe a una falsa reducción debido al centrifugado de la sangre (Smith, 2010, p. 401). El restante 97,44% (38 vacas) presentó una CCMH dentro del intervalo de referencia.

4.2.3. Leucograma

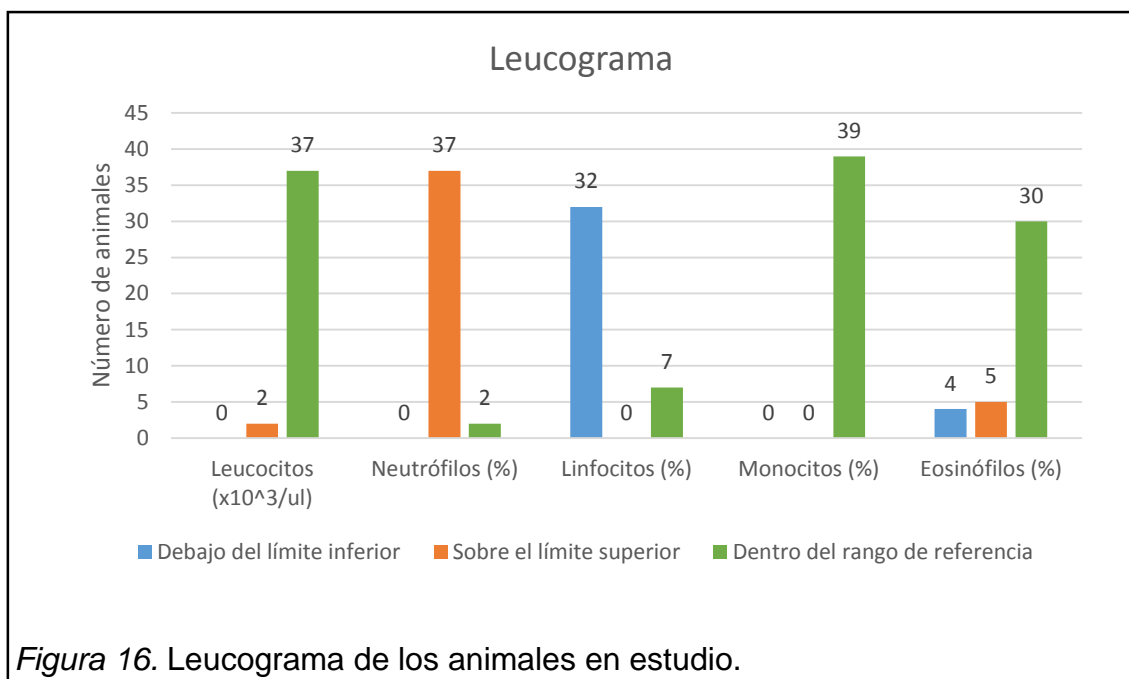


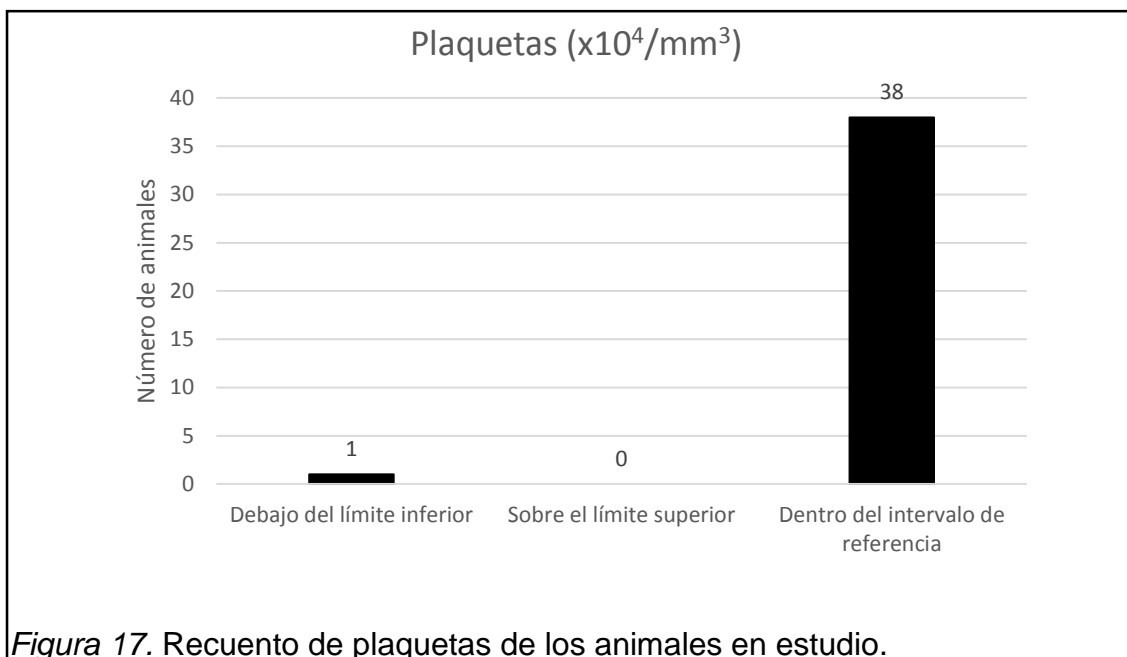
Figura 16. Leucograma de los animales en estudio.

En la Figura 16 se puede apreciar que para la variable *recuento total de leucocitos* el 5,13% de los animales (dos vacas) presentó leucocitosis, la cual se produce debido a un aumento en el número de cualquier tipo de leucocito, generalmente de los neutrófilos (Latimer, Mahaffey, y Prasse, 2005, p. 70), es decir, mencionados animales presentaron leucocitosis por neutrofilia. El restante 94,87% (37 vacas) de los individuos presentaron valores de leucocitos dentro del intervalo de referencia.

En el diferencial de leucocitos, de las 38 vacas (97,43%) que presentaron neutrofilia, 32 vacas mostraron al mismo tiempo linfopenia, adicionalmente cuatro de las mismas vacas mostraron eosinopenia. Estos hallazgos concuerdan con un leucograma de estrés inducido por la liberación de corticosteroides endógenos, ya que en bovinos el leucograma de estrés se caracteriza por neutrofilia, linfopenia y eosinopenia (Latimer, 2012, pp. 64-76).

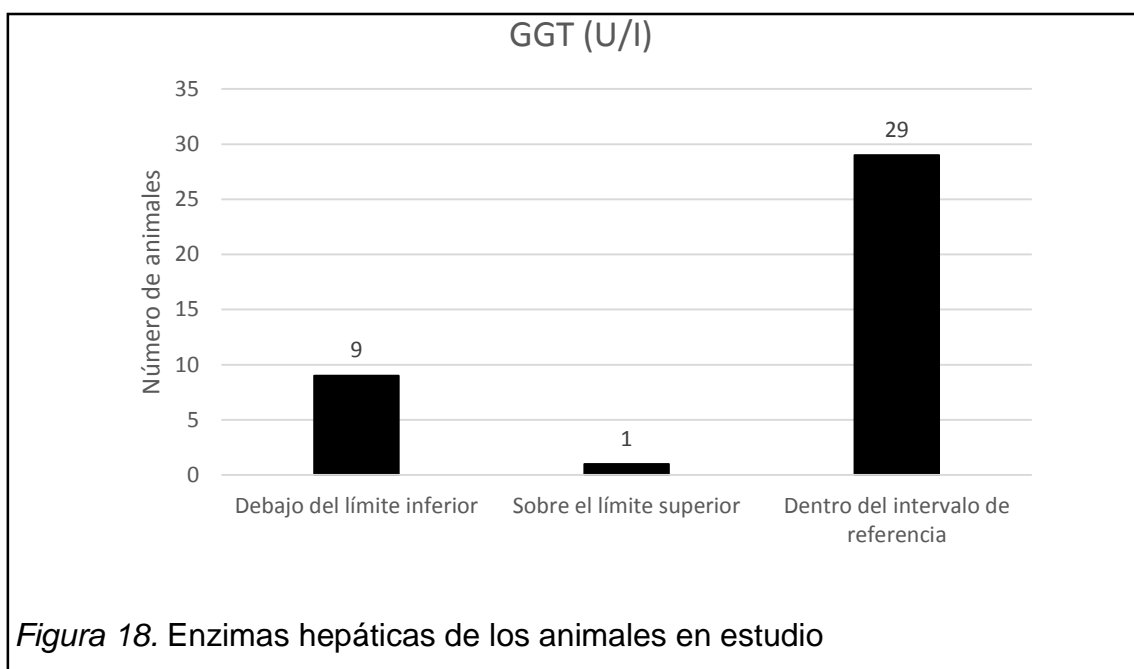
El 12,82% de los animales (cinco vacas) presentó eosinofilia que puede asociarse a parasitación o a hipersensibilidad (Latimer, 2012, pp. 74-75).

4.2.4. Recuentos de plaquetas



En la Figura 17 se puede apreciar que el 97,43% de los animales (38 vacas) presentó un recuento de plaquetas dentro del intervalo de referencia. Solamente una vaca (2,56%) presentó trombocitopenia que posiblemente puede ser una pseudo-trombocitopenia debido a que no se contabilizaron todas las plaquetas de la muestra sanguínea (Stockham y Scott, 2013, p. 394). En bovinos se asocia también la trombocitopenia con tóxicos fúngicos en el alimento o con infecciones víricas como la diarrea viral bovina (Latimer, 2012, p. 120).

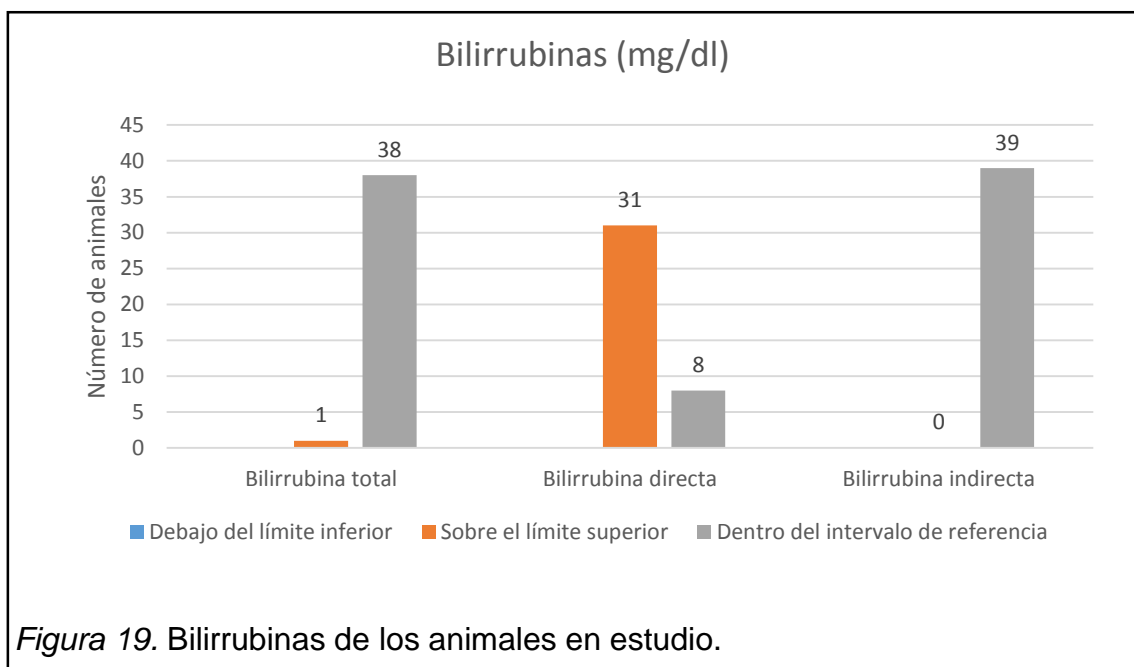
4.2.5. Enzimas hepáticas



En la Figura 18 se puede observar que el 74,35% de los animales (29 vacas) presentó niveles de GGT dentro del intervalo de referencia. La actividad plasmática aumentada de la enzima GGT en el 2,56% de los animales (una vaca) es sugerente a colestasis u otras alteraciones biliares (Noro, Wagemann, Arnés, y Wittwer, 2013, p. 3475 y Stockham y Scott, 2013, pp. 1148-1150) que estaban presentes en el momento de la obtención de las muestras sanguíneas.

Cabe destacar que los resultados de las enzimas hepáticas por debajo del intervalo de referencia no tienen importancia diagnóstica (Stockham y Scott, 2013, p. 1124).

4.2.6. Bilirrubinas

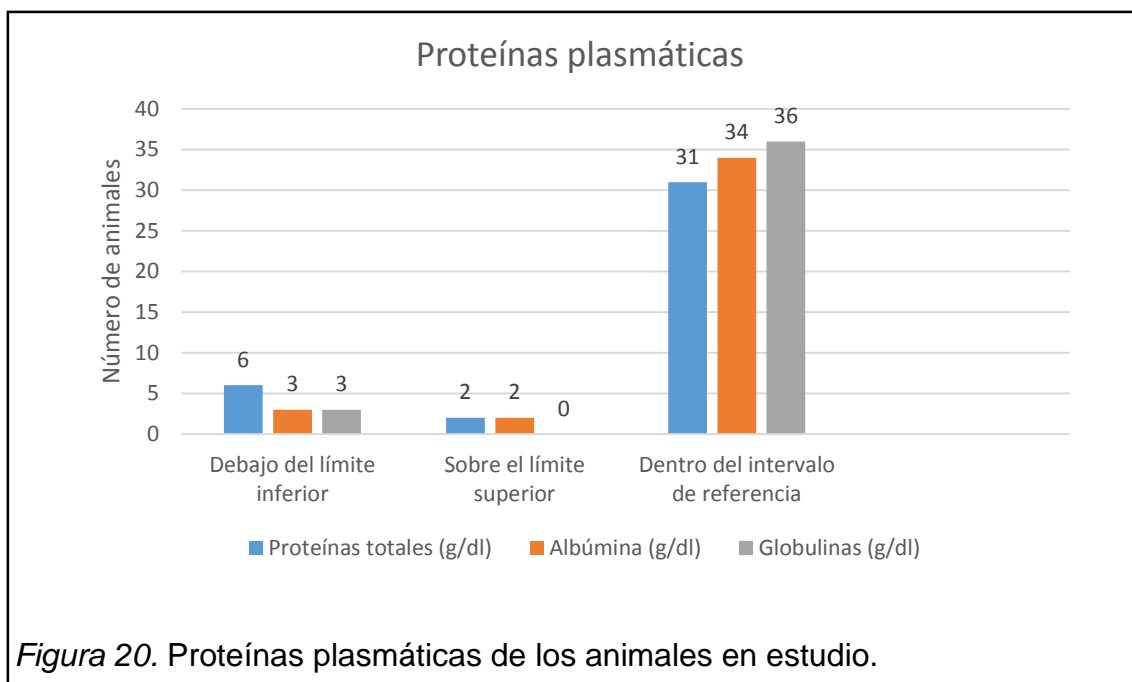


En la Figura 19 se puede observar que el 2,56% de los animales (una vaca) presentó niveles de bilirrubinas totales en sangre por encima del intervalo de referencia. Existen tres procesos patológicos que pueden generar el incremento de la producción de la concentración sérica de bilirrubinas: incremento en la producción de bilirrubinas (debido a una destrucción acelerada de eritrocitos), disminución en la conjugación de bilirrubina por parte de los hepatocitos y disminución de la excreción de bilirrubina (colestasis) (Smith, 2010, pp. 392-393).

El 79,48% de los animales (31 vacas) presentó niveles elevados de bilirrubina directa. Las causas frecuentes para el aumento de las concentración de bilirrubina directa en grandes especies son la insuficiencia hepática, colelitiasis, colangiohepatitis y como causa infrecuente la anemia hemolítica (Smith, 2010, p. 392).

El 100% de los animales presentó valores de bilirrubina indirecta dentro del intervalo de referencia.

4.2.7. Proteínas plasmáticas

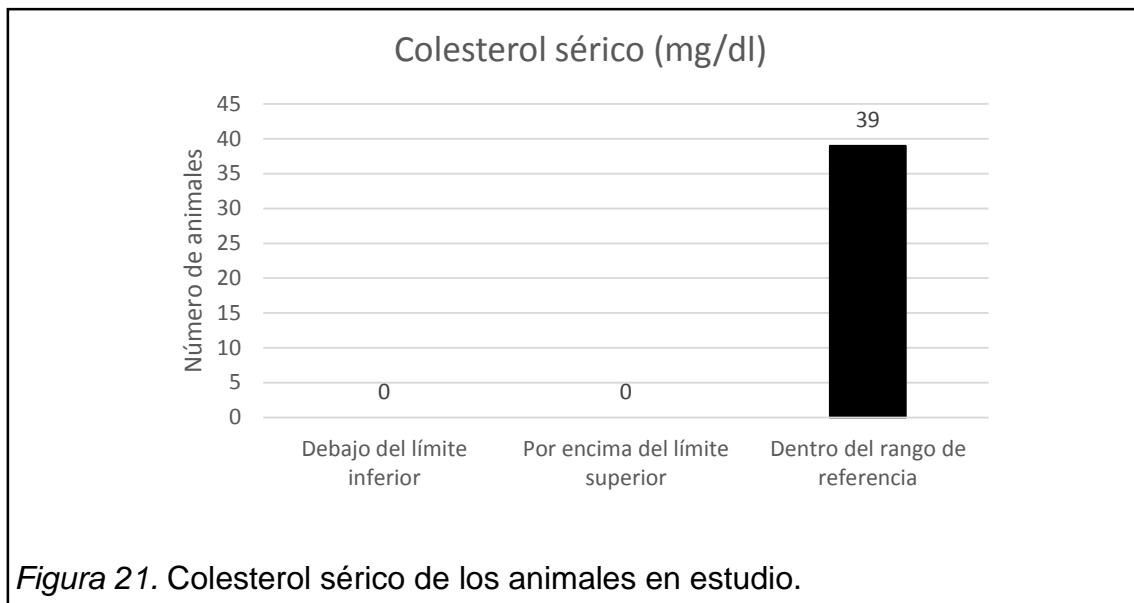


En la Figura 20 se puede observar que el 5,13% de los animales (dos vacas) presentó hiperproteïnemia, sin embargo éste aumento es muy leve. El 15,38% de los animales presentó (seis vacas) hipoproteinemia por hipoalbuminemia y/o hipoglobulinemia.

El 7,69% de los animales (tres vacas) presentó hipoalbuminemia lo que se puede asociar con el estado de gestación de los animales (Latimer et al., 2005, p. 208). El 5,13% de los animales presentó hiperalbuminemia posiblemente por un incremento relativo de la concentración de albúmina secundario a deshidratación, ya que un incremento absoluto de ésta proteína es raro (Latimer et al., 2005, p. 205).

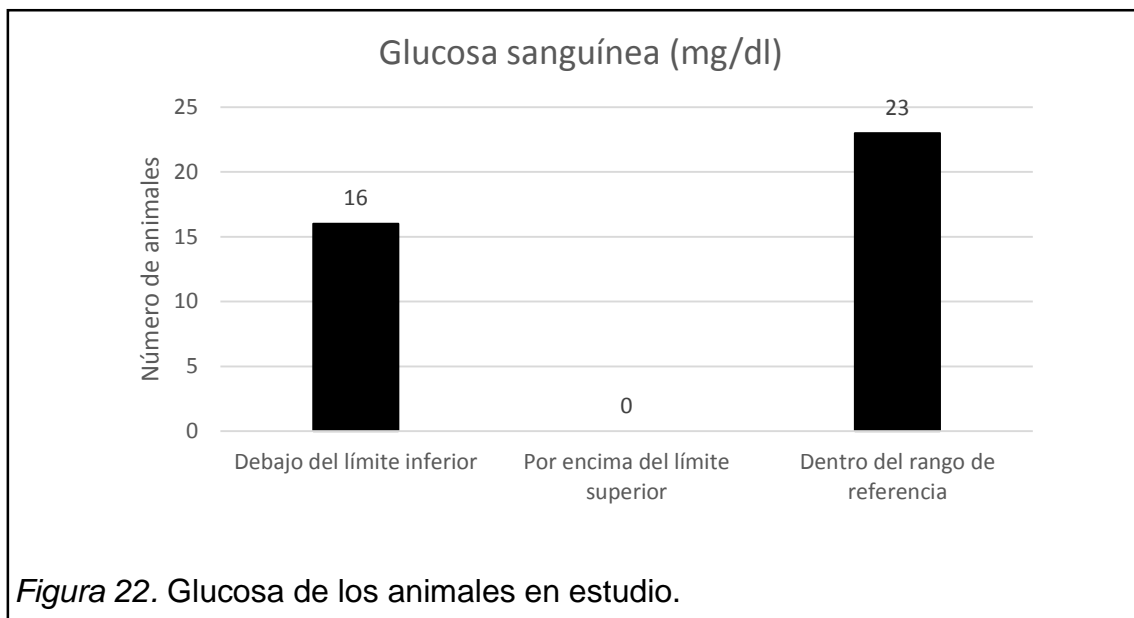
El 7,69% de los animales (tres vacas) presentó hipoglobulinemia lo cual se relaciona con la traslocación y transferencia de inmunoglobulinas hacia la glándula mamaria para la formación del calostro (Herr et al., 2011, p. 384).

4.2.8. Colesterol sérico



En la Figura 21 se puede apreciar que el 100% de los animales (39 vacas) presentó valores de colesterol sérico dentro del rango de referencia para bovinos.

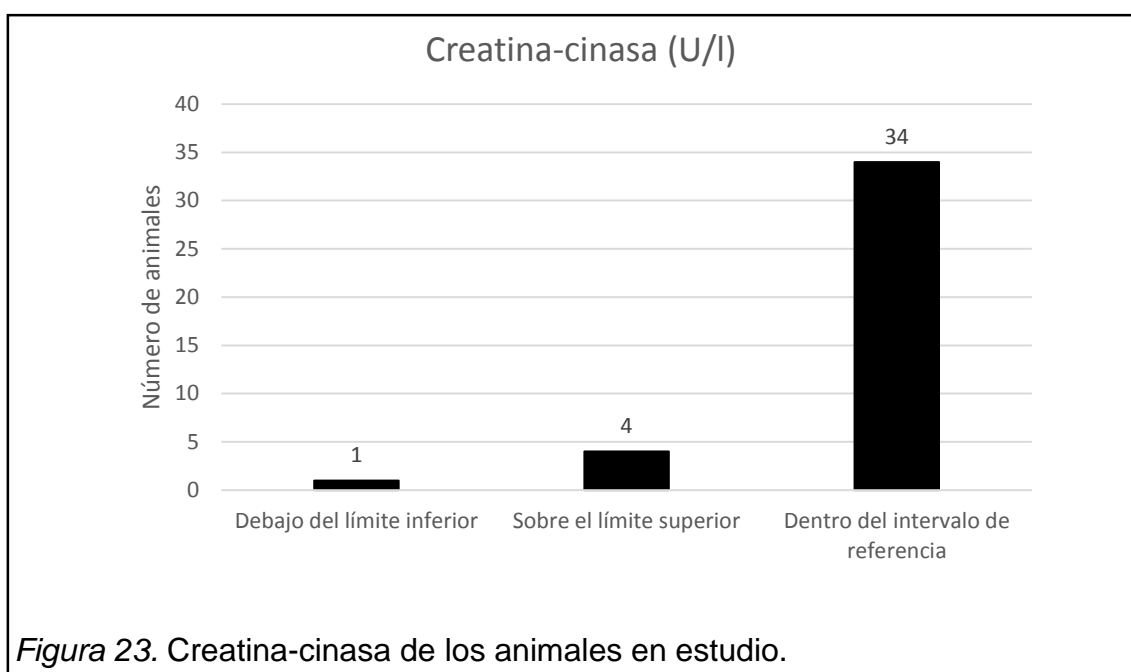
4.2.9. Glucosa sanguínea



En la Figura 22 se puede apreciar que el 41,02% de los animales (16 vacas) presentó hipoglucemia, probablemente por el contacto de la fase fluida de la

sangre con los elementos celulares, ya que las células pueden metabolizar ciertos componentes químicos del suero sanguíneo, siendo la glucosa el ejemplo más notable. Si se permite el contacto de la glucosa con elementos celulares, la glucosa es metabolizada aproximadamente a una tasa del 10% por hora (Thrall, Weiser, Allison, y Campbell, 2012, p. 36).

4.2.10. Creatina-cinasa plasmática



En la Figura 23 se puede observar que el 10,25% de los animales (cuatro vacas) presentó niveles altos de la enzima creatina-cinasa (CK) sugerentes a lesión muscular, dado que la CK es una de las enzimas clínicas más órgano-específicas, de modo que la mayoría de la actividad de la CK medida en suero es de origen muscular (Latimer et al., 2005, pp. 319-320). Sin embargo, otra causa probable para la elevación de ésta enzima puede ser un acontecimiento no relacionado con enfermedad muscular como la punción traumática de una vena, ya que se ha evidenciado que el tejido conectivo perivenoso o el músculo liberan la enzima (Latimer et al., 2005, p. 326).

4.2.11. Minerales séricos

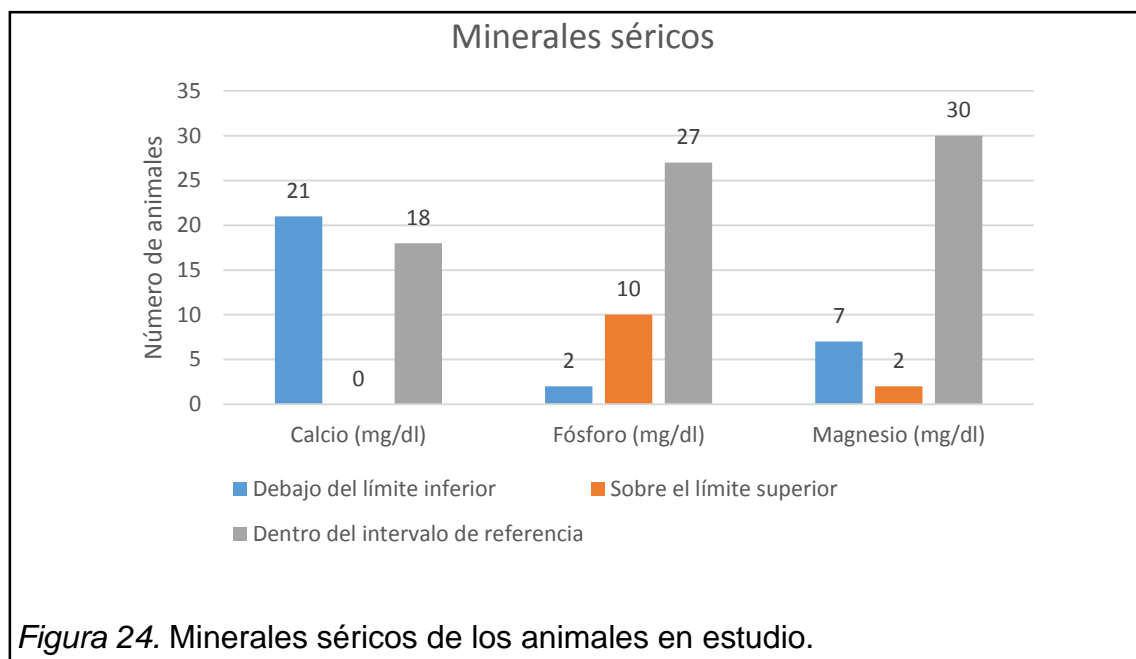


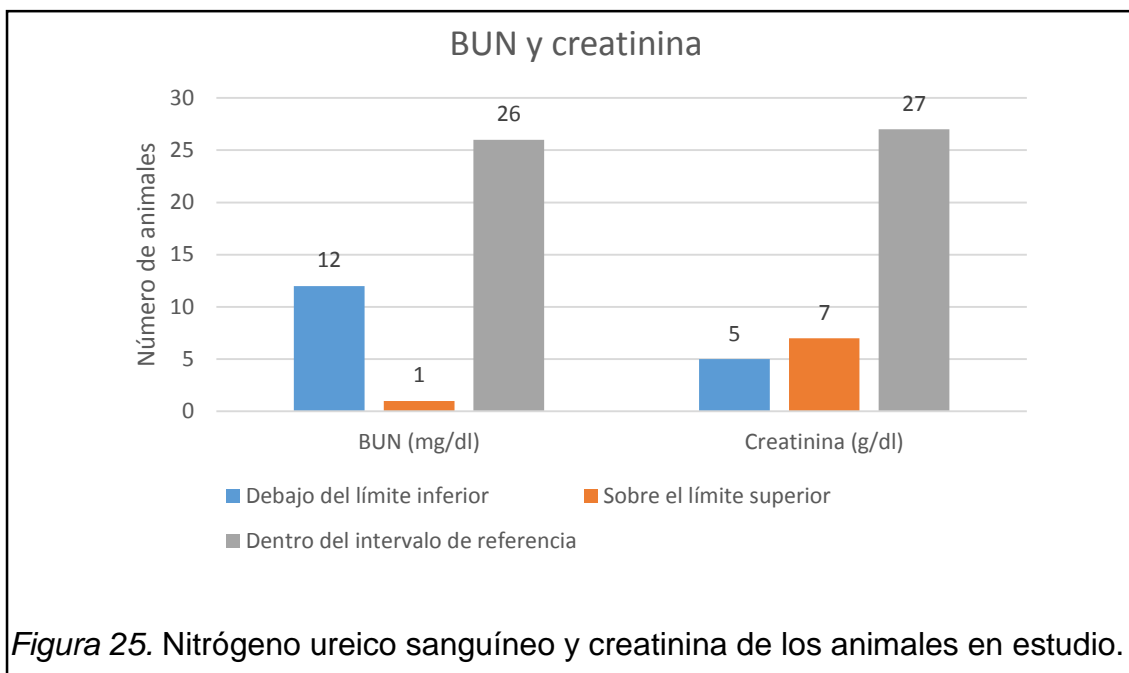
Figura 24. Minerales séricos de los animales en estudio.

En la Figura 24 se puede observar que el 53,85% de los animales presentó niveles séricos de calcio por debajo del límite inferior del intervalo de referencia, esto debido a que se han reportado valores bajos de calcio sanguíneo en vacas al final de la gestación (Salgado et al., 2014) causados por el fallo en los mecanismos normales de homeostasis del calcio (Smith, 2010, p. 385).

El 5,13% de los animales presentó hipofosfatemia. La hipofosfatemia es una anomalía de laboratorio poco frecuente, cuya causa es a menudo indeterminada (Latimer et al., 2005, p. 342). Sin embargo se ha reportado valores de fósforo bajos cerca del parto (Salgado et al., 2014). Por el contrario, el 23,08% de los animales presentó hiperfosfatemia que posiblemente representa un falso aumento debido a un retraso en la separación del suero de los eritrocitos después de la toma de la muestra (Thrall et al., 2012, p. 391).

El 17,95% de los animales presentó hipomagnesemia, lo que se relaciona con la presencia de hipomagnesemia asintomática en el ganado adulto (Latimer et al., 2005).

4.2.12. Nitrógeno ureico sanguíneo (BUN) y creatinina



En la Figura 25 se puede observar que el 61,54% de los animales presentó niveles de BUN bajos asociados a un consumo bajo de proteína tomando en cuenta que el BUN se ve influido directamente por factores dietéticos (Smith, 2010, p. 395). Por el contrario, el 2,56% de los animales presentó niveles altos de BUN. Los niveles de BUN reflejan el metabolismo corporal y el nivel de alimento consumido (Nozad et al., 2012).

El 17,95% de los animales presentó concentraciones aumentadas de creatinina en sangre sugerente a enfermedad renal, dado que la creatinina es un indicador más sensible que la BUN de enfermedad renal en vacas (Latimer et al., 2005, p. 312).

En el ganado bovino se puede observar incrementos desproporcionados séricos de creatinina comparados con BUN debido al incremento de cromógenos no creatinina que causan un falso incremento de la creatinina pero no afectan el BUN en sangre (Thrall et al., 2012, p. 330).

4.3. Análisis de regresión lineal múltiple

4.3.1. Modelo final de regresión lineal múltiple

Al eliminar la multicolinealidad entre las variables regresoras mediante el método de selección de variables explicativas “regresión paso a paso (stepwise regression)”, mediante la función stepAIC del paquete MASS dentro de R (Ver Metodología), se obtuvo el modelo final de regresión lineal múltiple (Tabla 17). Adicionalmente el modelo fue evaluado al analizar la bondad de ajuste y la validez estadística del mismo al determinar el coeficiente de determinación ajustado R^2 , el estadístico F, la normalidad, los residuos del modelo y la homogeneidad de las varianzas (Ver Metodología). Se determinó que éste modelo se ajusta altamente al comportamiento de las variables de la población en estudio debido a que el 94,32% de la variación de la concentración de Ig en el calostro, estimada en base a la gravedad específica, puede ser explicada por la relación lineal con las variables sanguíneas maternas *Nitrógeno ureico*, *Fósforo*, *Colesterol*, *Globulinas*, *Hemoglobina*, *Recuento de glóbulos rojos* y *Recuento plaquetar*. Así mismo se realizaron modelos adicionales incluyendo a otras variables explicativas, lo que resultó en coeficientes de determinación ajustados menores y residuos estadísticamente no satisfactorios. Además se decidió seleccionar a un modelo lineal por la aplicabilidad, ya que ésta investigación busca que todas las personas inmersas en la medicina veterinaria y en la producción bovina puedan beneficiarse con los resultados obtenidos. Finalmente el modelo de regresión queda sustentado, fundamentado y respaldado por las relaciones y asociaciones lineales que se han encontrado entre los componentes sanguíneos maternos y la composición del calostro, tal y como se muestra en las discusiones.

Tabla 17. Modelo final de regresión múltiple: coeficientes.

Variables				Significancia
Parámetros sanguíneos maternos	Estimador	Error estándar	Valor T	Pr (> t)
Nitrógeno ureico (mg/ml)	1,445e+00	1,081e+00	1,337	0,1908
Fósforo (mg/ml)	-1,947e+00	1,147e+00	-1,697	0,0993
Colesterol (mg/dl)	4,502e-01	1,869e-01	2,409	0,0219*
Globulinas (g/dl)	-1,239e+01	6,569e+00	-1,886	0,0684
Hemoglobina (g/dl)	-2,009e+01	8,910e+00	-2,255	0,0311*
Recuento de eritrocitos (x10 ⁶ /ul)	3,419e-05	1,311e-05	2,608	0,0137*
Recuento de plaquetas (x10 ⁴ /mm ³)	1,000e-04	5,131e-05	1,949	0,0601
Códigos de significancia: <0,05 *; >0,05 NS.				

4.3.2. Ecuación del modelo final de regresión lineal múltiple

Concentración de inmunoglobulinas del calostro (mg/ml) = 1,445 A – 1,947 B + 0,4502 C – 12,39 D – 20,09 E + 0,00003419 F + 0,0001 G

Leyenda

A = BUN (mg/ml)
 B = P (mg/ml)
 C = CHOL (mg/ml)
 D = GLOB (g/dl)
 E = Hb (g/dl)
 F = ERI (x10⁶/ul)
 G = PLA (x10⁴/mm³)

4.3.3. Coeficientes de la regresión múltiple

El coeficiente de regresión múltiple o estimador indica el cambio esperado estimado en la variable dependiente (concentración de inmunoglobulinas del calostro) asociado a un cambio de una unidad en la variable regresora (variables sanguíneas), tomando a todas las variables dentro de un modelo compuesto (Chatterjee y Simonoff, 2013, pp. 9-10).

Para la interpretación de los coeficientes del modelo de regresión múltiple se debe tomar en cuenta dos aspectos importantes: (1) la correlación entre dos variables no implica causalidad sino una asociación entre las variables y (2) los coeficientes de regresión múltiple no deben ser tomados marginalmente, al contrario, se debe interpretar al modelo en conjunto (Chatterjee y Simonoff, 2013, pp. 9-10), por lo que la concentración de Ig del calostro, de acuerdo al modelo de regresión lineal múltiple del presente estudio, viene dada por la suma del efecto de todas las variables explicativas (Tabla 17).

4.3.3.1. Nitrógeno ureico sanguíneo

El modelo de regresión lineal múltiple muestra que la concentración de nitrógeno ureico sanguíneo (BUN) o urea sanguínea materna se relaciona con la gravedad específica del calostro (lecturas del hidrómetro) al aportar explicación al modelo estadístico con un grado de confiabilidad del 80% (p -valor $>0,05$) y con un estimador de 1,445, es decir, por cada unidad de BUN (mg/ml) que incrementa en sangre, las lecturas de hidrómetro aumentan en 1,445 mg/ml. De acuerdo a éstos resultados, mayores concentraciones de BUN en sangre se asocian con mayores lecturas del hidrómetro.

Esta relación posiblemente se debe a que la urea es un constituyente normal de las secreciones de la glándula mamaria ya que forma parte del nitrógeno no proteico. Es decir, la proteína presente en las secreciones de la glándula mamaria está compuesta por dos fracciones proteicas principales: proteína verdadera (TP) y nitrógeno no proteico (NPN). En la leche, la proteína verdadera representa el 95% del nitrógeno de la leche y está conformada por caseínas

(80%) y proteínas del suero (20%) (Phadungath, 2005, p. 203). El restante 5% es la fracción de NNP, conformado por la urea en leche (MUN) (30-35%), creatinina/ácido úrico (25%), aminoácidos (15%) y amoniaco (10-30%) (Roy, Brahma, Ghosh, Pankaj, y Mandal, 2011, p. 3). Otros autores mencionan que la urea de la leche (MUN) representa el 50% (DePeters y Cant, 1992, p. 2058), 35% (Kuzdzal-Savoie, Manson y Moore citado en DePeters y Ferguson, 1992, p. 3197), 48% (Wolfschoon-Pombo y Klostermeyer citado en DePeters y Ferguson, 1992, p. 2058), 20-75% (Kaufmann citado en DePeters y Ferguson, 1992, p. 3197).

La urea es una molécula pequeña que puede difundirse fácilmente a través de las membranas celulares (Roy et al., 2011, pp. 3-5) entre compartimentos corporales con líquidos (Galvis, Correa, Barrientos, y Muñoz, 2011, p. 6195). Por lo tanto, la MUN es el resultado de la difusión del contenido de urea del suero sanguíneo a través de las células secretoras de la glándula mamaria, constituyendo una fracción variable del nitrógeno total de la leche (Peña, 2002, p. 1). La urea se difunde hacia la glándula mamaria con una tasa proporcional a la concentración de BUN, incluso el MUN se utiliza como un excelente predictor de la urea sanguínea y urinaria (Kohn, Dinneen, y Russek-Cohen, 2005, p. 879; Roy et al., 2011, pp. 2-4 y Solano et al., 2011, p. 200). Por lo que las concentraciones de urea en el plasma sanguíneo, suero sanguíneo y en la leche están altamente relacionados (Ishler, 2008, pp. 1-3). Varias investigaciones han reportado una correlación significativa entre el BUN y el MUN: 0,91 (Broderick y Clayton, 1997, p. 2967); 0,82 (Baset, Huque, Sarker, Hossain, y Islam, 2010, p. 105); 0,86 (Galvis et al., 2011, p. 6195).

Esto demuestra que a pesar de que el BUN y el MUN se encuentran en compartimentos corporales distintos, se correlacionan debido a que están vinculados directamente con el metabolismo del nitrógeno (Galvis et al., 2011, p. 6195).

Por lo tanto, se puede deducir que durante la calostrogénesis el BUN se difunde de la misma manera hacia la glándula mamaria, por lo que las vacas del presente estudio con mayores concentraciones de BUN presentan al mismo tiempo

mayores concentraciones de urea en el calostro, traduciéndose en un aumento en la fracción proteica y consecuentemente en la gravedad específica del mismo.

Por otra parte, éste resultado coincide con el de la investigación de Nozad et al. (2012, p. 58) en donde se encontró una correlación positiva entre los niveles de urea en sangre y el porcentaje de proteína en la leche.

4.3.3.2. Fósforo sérico

El modelo de regresión lineal múltiple muestra que la concentración de fósforo sérico materno se relaciona con la gravedad específica del calostro (lecturas del hidrómetro) al aportar explicación al modelo estadístico con un grado de confiabilidad del 90% (p -valor $>0,05$) y con un estimador de 1,947, es decir, por cada unidad de fósforo (mg/ml) que incremente en sangre, las lecturas de hidrómetro disminuyen en 1,947 mg/ml. De acuerdo a éstos resultados, se puede deducir que mayores concentraciones de fósforo en sangre se asocian con mayores lecturas del hidrómetro.

Los principales minerales de la leche, entre los que se incluye el fósforo, proceden de la sangre. Existen evidencias de que las células epiteliales mamarias pueden descargar minerales hacia la sangre además de liberarlas a la leche, lo cual parece sugerir algún tipo de mecanismo de transporte activo (Reece, 2010, pp. 847-848). En consecuencia, los componentes inorgánicos de la leche (minerales) se absorben directamente de la sangre por la glándula mamaria (McDonald et al., 2006, pp. 352-353). Además, el fósforo presente en la leche se distribuye en la fracción proteica (caseínas) y en la fracción inorgánica (elementos inorgánicos como minerales). Por lo que los fosfatos inorgánicos y el de la caseína proceden del fosfato inorgánico del plasma sanguíneo (McDonald et al., 2006, pp. 350-353).

La concentración de proteínas, como la caseína, es muy elevada en el calostro, especialmente durante el primer día después del parto en donde la cantidad de caseína, medida como porcentaje de su nivel en la leche normal, es del 210% (Cunningham, 2014, p. 443). Alrededor del 80-95% de las caseínas en la leche

se encuentra en forma de un sistema coloidal, conocido como micelas (Phadungath, 2005, p. 204), las cuales están formadas por un 92% de caseína y un 8% de sales (principalmente fosfato cálcico coloidal) (Ferrandini, Castillo, López, y Laencina, 2008, p. 6). En promedio, el 70% del calcio, 50% fosfato inorgánico, 30% de magnesio y 10% de citrato de la leche se localizan en las micelas de caseína (Bijl, van Valenberg, Huppertz, y van Hooijdonk, 2013, p. 5456). Cabe destacar que el diámetro de las micelas de caseína y la concentración de fósforo presentes en el calostro durante el primer día post-parto, son significativamente mayores a los valores del segundo día post-parto (Tsioulpas et al., 2007, p. 5014). Por lo que la formación del calostro conlleva movilización de fósforo hacia la glándula mamaria (Grünberg, 2008, p. 30).

Por todo lo anteriormente expuesto, se puede deducir que debido a que el fósforo forma parte de la estructura de las micelas de caseína y de la fracción de elementos inorgánicos del calostro, los niveles sanguíneos de éste ion pueden verse afectados por la movilización hacia la glándula mamaria. Consecuentemente se puede explicar la relación entre los niveles sanguíneos de fósforo y la gravedad específica del calostro, lo que se justifica debido a que: (1) la densidad del calostro varía de acuerdo al contenido de inmunoglobulinas y caseínas (Madsen et al., 2004, p. 268); (2) existe una correlación altamente significativa ($>0,90$) entre la concentración de IgG, proteína y caseína del calostro (Madsen et al., 2004, p. 268); y (3) las caseínas forman parte de la fracción proteica de las secreciones de la glándula mamaria bovina (Reece, 2010, p. 847).

4.3.3.3. Colesterol en sangre

El modelo de regresión lineal múltiple muestra que la concentración de colesterol sérico materno se relaciona con la gravedad específica del calostro (lecturas del hidrómetro) al aportar explicación al modelo estadístico con un grado de confiabilidad del 95% (p -valor $<0,05$) y con un estimador de 0,4502, es decir, por cada unidad de colesterol (mg/ml) que incremente en sangre, las lecturas de hidrómetro aumentan en 0,4502 mg/ml. De acuerdo a éstos resultados, se puede deducir que mayores concentraciones de colesterol sanguíneo se asocian con

mayores lecturas del hidrómetro. A continuación se analizará varias condiciones para explicar esta posible relación.

- **Relación del colesterol sanguíneo y el contenido de grasa de la leche**

Se ha comprobado que existe una correlación positiva y significativa entre el contenido de grasa de la leche y el colesterol en el suero sanguíneo de vacas. La proporción del colesterol total dentro de los lípidos totales de la leche de la vaca es del 69% (Faye, Bengoumi, Al-Masaud, y Konuspayeva, 2014, pp. 3-5). Adicionalmente el contenido de colesterol de la leche está significativamente relacionado con el porcentaje de grasa de la misma y la proteína total (Strzałkowska, Jóźwik, Bagnicka, Krzyżewski, y Horbańczuk, 2009, p. 204). También se ha reportado que la concentración de colesterol en la leche está correlacionada positivamente con los sólidos totales, grasa, proteína y contenido energético de la leche (Strzałkowska et al., 2010, p. 278). Adicionalmente, el contenido de grasa del calostro influencia sobre la gravedad específica del mismo, y por ende sobre las lecturas del calostrómetro (Quigley et al., 1994, p. 268).

- **Relación del colesterol sanguíneo y la síntesis de grasa de la leche**

Las moléculas de triglicéridos y colesterol son transportados en el suero sanguíneo a través de lipoproteínas, las cuales se clasifican de acuerdo a su movilidad electroforética o por su densidad relativa respecto al H₂O (Stockham y Scott, 2013, pp. 1324-1327) en: (1) quilomicrones: compuestos principalmente de triglicéridos de origen dietético; (2) lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL): compuestas de triglicéridos, colesterol y fosfolípidos en una proporción de 4:1:1; (3) lipoproteínas de baja densidad (LDL): ricas en proteínas con pequeñas cantidades de colesterol y triglicéridos; y (4) lipoproteínas de alta densidad (HDL): contienen colesterol, proteína y fosfolípidos con pequeñas cantidades de triglicéridos (Latimer, 2012, p. 185).

Además el colesterol sérico representa el colesterol total que incluye al colesterol y ésteres de colesterol, las cuales están dentro de las lipoproteínas (Stockham y

Scott, 2013, pp. 1324-1327). Por lo tanto, las concentraciones de colesterol sanguíneo se asocian con la concentración de lipoproteínas séricas. Adicionalmente, se ha reportado una correlación positiva y significativa entre los valores de colesterol y triglicéridos en sangre de vacas de leche (Nozad et al., 2012, p. 57). Por lo que se puede suponer que las vacas del presente estudio con mayores concentraciones de colesterol en sangre, presentaban también mayores concentraciones de lipoproteínas ricas en triglicéridos como la VLDL.

La grasa de la leche del ganado bovino se caracteriza por ser una mezcla de triglicéridos con una gran proporción de ácidos grasos de cadena corta (Reece, 2010, p. 846 y Cunningham, 2014, p. 446). Por lo que aproximadamente el 98% de los lípidos de la leche son triglicéridos contenidos en los glóbulos grasos. Los ácidos grasos (AG) empleados en la síntesis de triglicéridos lácteos proviene de tres fuentes: síntesis *de novo*, captación plasmática y desaturación *in situ*. De éstos AG, cerca del 60% son captados desde el torrente sanguíneo y el 40% restante son sintetizados *de novo* por la glándula mamaria (Chilliard, Ferlay, Mansbridge, y Doreau, 2000, pp. 182-184 y Martínez et al., 2010, pp. 12-15). Los AG preformados captados por la glándula mamaria provienen de los triglicéridos que se encuentran en los quilomicrones y en las lipoproteínas de baja densidad circulantes en el torrente sanguíneo (Reece, 2010, p. 846). Adicionalmente se ha comprobado que la cantidad de AG utilizados por la glándula mamaria procedentes de las lipoproteínas, está altamente correlacionada con la concentración plasmática (Martínez et al., 2010, p. 14). Por lo que más de la mitad de los ácidos grasos en la leche de la vaca proceden directamente de los lípidos de la sangre (McDonald et al., 2006, p. 352 y Reece, 2010, p. 847).

Por todas estas razones se puede inferir que las concentraciones de colesterol sanguíneo se relacionan con la cantidad de AG captados por la glándula mamaria para la síntesis de la grasa de la leche, lo que consecuentemente aumenta las lecturas del hidrómetro.

4.3.3.4. Globulinas

El modelo de regresión lineal múltiple muestra que la concentración de globulinas sanguíneas maternas se relaciona con la gravedad específica del calostro (lecturas del hidrómetro) al aportar explicación al modelo estadístico con un grado de confiabilidad del 90% (p -valor $>0,05$) y con un estimador de 12,39, es decir, por cada unidad de globulinas (g/dl) que incrementa en sangre, las lecturas de hidrómetro disminuyen en 12,39 mg/ml. De acuerdo a éstos resultados, se puede deducir que mayores concentraciones de globulinas en sangre se asocian con menores lecturas del hidrómetro.

El hidrómetro (calostrómetro) determina la gravedad específica del calostro. La gravedad específica del calostro está fuertemente correlacionada con la concentración de proteína del mismo (Fleener y Stott, 1980, pp. 973-977; Morin et al., 2001, pp. 937-943 y Quigley et al., 1994, pp. 264-269). La fracción proteica del calostro está constituida principalmente por Ig, representando del 50% (Álvarez, Pérez, Martín, Quincosa, y Sánchez, 2009, p. 140) al 80% del contenido proteico total del calostro; (Korhonen et al., 2000, p. 76); incluso se ha reportado que la IgG1 está concentrada de 5 a 10 veces más que en el suero sanguíneo, conformando más del 90% del total de la proteína del calostro (Barrington et al., 2001, p. 95). Por lo que la relación entre el contenido de Ig del calostro y la gravedad específica es significativa (Bar, Tiris, Miron, Bojita, y Mihai, 2010, p. 72).

Adicionalmente, se debe tomar en cuenta el origen y cinética de las Ig en la vaca durante el periodo de calostrogénesis. La transferencia de Ig desde la sangre hacia el calostro empieza alrededor de las cinco semanas pre-parto y es pronunciada durante las dos semanas antes del parto (Maunsell, 2014, p. 113 y Smith, 2010, p. 1143), por lo que los niveles sanguíneos medidos en el presente estudio coinciden con éste tiempo (15 días pre-parto).

El estudio de Brandon et al. (1971, pp. 613-623) identificó un descenso en las concentraciones de IgG1 en sangre cerca del parto y al mismo tiempo un incremento de las IgG1 secretadas por la glándula mamaria, concluyendo que

las Ig del calostro se derivan de la sangre de la madre. Por lo que se conoce que los componentes del calostro son secretados a través de varios mecanismos y que algunas proteínas, como las Ig, son transferidas desde el torrente sanguíneo materno hacia la ubre de la vaca durante el periodo de calostrogénesis (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, pp. 103-114; Boden y Andrews, 2015, p. 109 y Hernández-Castellano et al., 2014, pp. 64-70). Incluso se define a la calostrogénesis como el momento en el cual la concentración de IgG es mayor en las secreciones mamarias en comparación con el suero sanguíneo materno (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 68).

Por otra parte, las Ig presentes en el calostro son las mismas que se encuentran a nivel sanguíneo (Hurley y Theil, 2011, p. 448). Actualmente incluso se conoce que son transferidas desde el torrente sanguíneo de la madre hacia el calostro antes del parto mediante el proceso de transferencia celular denominado transcitosis, proceso que es predominante durante la formación del calostro y está conducido por el receptor FcRn (neonatal Fc receptor). Es así que se ha observado un flujo selectivo de IgG₁ desde la sangre hacia la ubre debido a que los tejidos de la glándula mamaria expresan altas cantidades de receptores para la IgG₁ durante el período de seco (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, pp. 106-107).

Es importante mencionar que las globulinas séricas son la suma de las α , β y γ -globulinas, siendo éstas últimas la mayor parte de las Ig (Latimer et al., 2005, p. 200 y Ochoa y Bouda, 2007, p. 229). El nivel de significancia de las globulinas se debe posiblemente a que en el presente estudio no se cuantificó específicamente a los isotipos IgG en sangre, por lo que descenso esperado en la concentración de IgG₁ en sangre, pudo estar parcialmente enmascarado. Sin embargo, la concentración de globulinas sanguíneas es un parámetro que ha sido analizado e incluido también en otros estudios para correlacionarlo con las Ig del calostro, ya que se ha asociado al transporte de IgG hacia el calostro con un decremento transitorio en las proteínas totales séricas, globulinas y concentraciones de IgG en sangre durante el periodo preparto, particularmente en vacas de leche (Morin et al., 2010, pp. 422-425).

La relación encontrada entre la concentración de globulinas en sangre y de Ig en el calostro, coincide con los resultados del estudio realizado por Herr et al. (2011, pp. 379-384), en el cual se confirmó indirectamente (al igual que en el presente estudio) que la reducción de las Ig sanguíneas (específicamente de la IgG) es inducida por la traslocación de éstas hacia el la ubre, lo que se traduce en una correlación significativa entre la reducción de IgG en sangre y el incremento de IgG en el calostro. Adicionalmente Herr et al. (2011, pp. 379-384) concluye que las vacas que mostraron el mayor descenso de los niveles de IgG en sangre (a partir de las ocho semanas pre-parto hasta un día antes del parto) fueron las vacas que presentaron altas concentraciones de IgG en el calostro.

Entonces, se puede inferir que los niveles maternos de globulinas sanguíneas encontrados en el presente estudio, reflejan la cinética de las Ig durante el período de calostrogénesis. Por lo tanto, días antes del parto, a mayores niveles de globulinas en sangre materna menor será la concentración de Ig del calostro; dicho en otras palabras, a menor traslocación y acumulación de Ig hacia el tejido de la glándula mamaria (evidenciadas por concentraciones mayores de globulinas en sangre), menor será la concentración de Ig en el calostro (evidenciada por la una baja gravedad específica). Consecuentemente, es de suponer que en la presente investigación, las vacas que no transfirieron ni almacenaron elevadas concentraciones de Ig en ubre para la síntesis del calostro, son aquellas que presentan los mayores niveles de globulinas en sangre, y viceversa.

4.3.3.5. Eritrocitos y hemoglobina

El modelo de regresión lineal múltiple muestra que el recuento de eritrocitos (RBC) ($p < 0,05$) y la concentración de hemoglobina ($p < 0,05$) se relacionan con las lecturas del hidrómetro. El aumento del recuento de eritrocitos en sangre se asocia con mayores lecturas del hidrómetro y el aumento de hemoglobina en sangre se asocia con menores lecturas del hidrómetro. De acuerdo al ajuste matemático: (1) por cada 1000000 de eritrocitos que incrementen en sangre, la lectura del hidrómetro aumenta 0,00003419 y (2) por cada unidad de hemoglobina (g/dl) que aumente en sangre, la lectura del hidrómetro disminuye

en 20,09. Debido a que estas dos variables están relacionadas fisiológicamente, se analizará el efecto sumado de ambas, en el cual el efecto negativo de la hemoglobina queda anulado por el efecto positivo de los glóbulos rojos. Es decir, el efecto total resultante de ambas variables sobre las lecturas del hidrómetro se resume a la asociación de los eritrocitos con la gravedad específica del calostro.

Los primeros estudios sobre el rol de los RBC en la captación de aminoácidos (AA) por la glándula mamaria sugirieron que los RBC están implicados en el transporte de AA desde el plasma hacia los tejidos (Baumrucker, 1985, pp. 2436-2451 y Hanigan, Calvert, DePeters, Reis, y Baldwin, 1991, pp. 2486-2489). El plasma es generalmente considerado como el compartimiento de la sangre del cual se extraen los aminoácidos (AA) por parte de la glándula mamaria para la síntesis de proteína. Sin embargo, se ha reportado que los RBC son un reservorio importante para algunos AA en la sangre, es decir, los RBC acumulan, en mayor o menor medida, AA presentes en la sangre (Pacheco-Rios, Treloar, Lee, Barry, y McNabb, 1999, pp. 63-65).

Otros autores mencionan que los RBC realizan mínimas contribuciones para la mayoría de AA, con excepción de pequeñas cantidades de leucina (Leu), metionina (Met) y treonina (Thr); en donde RBC representa el 14% del total de la captación de Met por la glándula mamaria y el 5% y 7% para Leu y Thr, respectivamente. Adicionalmente, se encontró AA como glutamina+ácido glutámico (Gln+Gluc), asparagina+ácido aspártico (Asn+Asp) y prolina (Pro) concentrados en los RBC conforme la sangre pasaba a través de la glándula mamaria (Mackle et al., 2000, pp. 1302-1308).

Por los hallazgos expuestos de estudios posteriores, es probable que debido a que los RBC participan en el transporte y reserva de AA para que los tejidos, como la glándula mamaria, los capten, se puede deducir que las vacas del presente estudio con mayores conteos de RBC se relacionan con una mejor captación de AA por parte de la ubre para la síntesis de proteínas, lo que aumentaría la gravedad específica del calostro.

4.3.3.6. Plaquetas

El modelo de regresión lineal múltiple muestra que el recuento de plaquetas en sangre materna se relaciona con la gravedad específica del calostro (lecturas del hidrómetro) al aportar explicación al modelo estadístico con un grado de confiabilidad del 90% (p -valor $>0,05$) y con un estimador de 0,0001, es decir, por cada 10000 plaquetas que incrementen en sangre, la lectura del hidrómetro aumenta en 0,001 mg/ml. De acuerdo a éstos resultados, se puede deducir que mayores recuentos de plaquetas en sangre se asocian con mayores lecturas del hidrómetro.

Las plaquetas activadas expresan CD40L, la cual es una glucoproteína almacenada en los gránulos plaquetarios que, tras la desgranulación plaquetaria, pasa a expresarse en la superficie de la plaqueta (López y Macaya, 2013, pp. 3-5). La CD40L desempeña un papel importante en la conmutación de clase de las inmunoglobulinas y en el aumento de las funciones de las células T CD8⁺ durante las infecciones virales. Éstos eventos pueden afectar directamente la diferenciación y proliferación de las células B, que en última instancia afecta la formación del centro germinal y la producción de anticuerpos o Ig (Li et al., 2012, pp. 1-8). Debido a que las plaquetas presentan funciones inmunológicas, la gravedad específica del calostro aumenta, posiblemente por un aumento en las Ig del mismo.

4.4. Análisis de la varianza (ADEVA) para los factores maternos en estudio

4.4.1. Número de parto

Tabla 18. Valores de Ig calostrales de los grupos de vacas de acuerdo al número de parto.

Identificación	Grupos			
	A	B	C	D
Número de parto	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to} , 5 ^{to} , 6 ^{to} , 7 ^{mo}
Número de vacas	8	10	11	10
Total Ig (mg/ml)	825	1060	985	925
Promedio Ig (mg/ml)	103,13	106,00	89,55	92,50

Tabla 19. ADEVA para la variable "Número de parto".

Fuente de Variabilidad	SC	g.l.	CM	F _c	Valor p	Valor crítico para F
Total	29892,31	38				
Grupos	1920,21	3	640,07	0,80	0,50	2,87
Error	27972,10	35	799,20			

Debido a que el p-valor es mayor a 0,05, se concluye que no existe significación estadística entre grupos, lo que permite aceptar la hipótesis nula de que no existe diferencia entre ellos. Es decir, el número de parto de la hembra bovina no influye sobre la concentración de Ig presentes en el calostro estimadas en base a la gravedad específica.

En el estudio realizado por Herr et al. (2011, pp. 379-384) se determinó que la concentración final de IgG en el calostro de vacas viene dada por: a) la concentración total de Ig sanguíneas 8 semanas antes del parto (a.p.) y b) el porcentaje de transferencia de dichas Ig hacia el calostro desde las 8 semanas a.p. hasta 1 día a.p. Al mismo tiempo encontraron que las vacas de 1° y 2° parto presentaron niveles similares de IgG en sangre en comparación con las vacas

de ≥ 3 partos, 8 semanas a.p. Adicionalmente, los niveles de IgG de las vacas de 1° y 2° parto y de las vacas de ≥ 3 partos disminuyeron en 19,3 mg/ml (58,3%) y 17,1 mg/ml (57,6%), respectivamente, sin diferencias estadísticas ($p > 0,05$). Consecuentemente, los niveles de IgG sanguíneos 8 semanas a.p., y el porcentaje de transferencia de IgG sangre-calostro no se correlacionaron con el número de parto, es decir, los perfiles de Ig no dependen de dicho factor materno. Probablemente, es por ésta razón que el número de parto no influyó sobre la concentración de Ig en el calostro de los animales del presente estudio, coincidiendo a la vez con otros estudios como el de (Indra et al., 2012). Por lo tanto se evidencia que la calostrogénesis es un proceso complejo, en el cual la traslocación de Ig desde el torrente sanguíneo materno hacia las secreciones de la glándula mamaria depende de otros factores mucho más trascendentales como los explicados en el numeral 4.1 (diferentes tasas de transferencia de Ig, tiempos variables para el desarrollo de la calostrogénesis, variabilidad genética, etc.) (Baumrucker y Bruckmaier, 2014, p. 113; Fleming, 2014, p. 43 y Herr et al., 2011, p. 382).

En contraste, otros estudios reportan que la concentración de Ig en el calostro se ve influenciada por el número de parto (Conneely et al., 2013, pp. 1827-1831; Gomes et al., 2011, pp. 55-56 y Kehoe et al., 2011, pp. 177-179) atribuyendo los resultados a que la vaca ha tenido mayor tiempo para desarrollar su inmunidad, estar en contacto con más patógenos y consecuentemente sintetizar una cantidad mayor de anticuerpos (Smith, 2010, p. 1142). El incremento de Ig es más marcado en el calostro de vacas de tercer parto y aún mayor en las vacas de cuarto parto o superior. También varias investigaciones coinciden en que las vacas de segundo parto presentan las concentraciones más bajas de IgG (Fleming, 2014, p. 704 y Gulliksen et al., 2008, p. 707).

4.4.2. Edad al parto en meses

Tabla 20. Valores de Ig calostrales de los grupos de vacas de acuerdo a la edad al momento del parto.

Identificación	Grupos		
	A	B	C
Edad al parto (meses)	24 – 48	49 – 72	73 – 132
Número de vacas	13	16	10
Total Ig (mg/ml)	1375	1545	875
Promedio Ig (mg/ml)	105,77	96,56	87,5

Tabla 21. ADEVA para la variable “Edad al parto en meses”.

Fuente de Variabilidad	SC	g.l.	CM	F _c	Valor p	Valor crítico para F
Total	29892,31	38				
Grupos	1901,56	2	950,78	1,22	0,31	3,26
Error	27990,75	36	777,52			

Debido a que el p-valor es mayor a 0,05, se concluye que no existe significación estadística entre grupos, lo que permite aceptar la hipótesis nula de que no existe diferencia entre ellos. Es decir, la edad al parto en meses de la hembra bovina no influye sobre la concentración de Ig presentes en el calostro estimadas en base a la gravedad específica.

Debido a que generalmente la edad se asocia al número de parto de la vaca, este resultado puede fundamentarse con los mismos criterios con los cuales se justificó el resultado sobre el número de parto en el numeral 4.4.1, allí se demuestra que la edad no es un factor determinante sobre la concentración de Ig en el calostro.

Adicionalmente, este resultado coincide con el de Indra et al. (2012) en donde se compararon grupos a partir de la edad de la vaca en base al número de

lactancias, encontrándose ninguna relación entre la edad de la madre bovina y los niveles de Ig en el calostro producido.

4.4.3. Análisis comparativos adicionales

No fue posible realizar análisis comparativos adicionales para evaluar la influencia de otros factores maternos como la raza, la longitud del período de seco y la época de parto con la concentración de Ig del calostro, debido a que los grupos de animales eran muy heterogéneos numéricamente (Anexo 6, 7 y 8) y no era estadísticamente viable realizar comparaciones.

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las variables sanguíneas que se asocian con la concentración de inmunoglobulinas del calostro, estimada en base a la gravedad específica, fueron el nitrógeno ureico, el fósforo, el colesterol, las globulinas, los eritrocitos, la hemoglobina y las plaquetas. Dichas asociaciones evidencian que el proceso de calostrogénesis se caracteriza por la transferencia y traslocación masiva de componentes y sustancias bioactivas desde el torrente sanguíneo hacia la glándula mamaria, resultando en una secreción mamaria única e irremplazable en la alimentación del recién nacido.

Los factores maternos como el número de parto y la edad de la vaca no influyeron sobre la concentración de Ig en el calostro, estimadas en base a la gravedad específica, en el hato bovino lechero de la Unidad de Apoyo a la Investigación del Programa de Ganaderías de la Estación Experimental Santa Catalina. Consecuentemente se puede demostrar que el proceso de calostrogénesis se desarrolla de manera individual y con características diferentes (inicio de la calostrogénesis, tasa de transferencia de Ig sangre-calostro, cinética de las inmunoglobulinas dentro de los compartimentos orgánicos) en cada vaca. Además se puede suponer que la calostrogénesis está relacionada con otros factores más importantes como la variabilidad en el material genético, lo que reafirma que éste proceso fisiológico es animal-dependiente.

La amplia variabilidad calostrual dentro de un mismo hato bovino encontrada en el presente estudio, apoya y evidencia la necesidad de la implementación y aplicación de una prueba realizable en la granja para determinar la concentración de Ig calostrales con el objetivo de manejar el proceso de encalostramiento de una manera técnica y exitosa, y por lo tanto disminuir la prevalencia de FPT.

Un fenómeno común en la mayoría de las investigaciones sobre la calidad del calostro, incluyendo al presente estudio, es el amplio rango de variación del contenido de Ig del calostro de diferentes vacas de un hato determinado. Esta

heterogeneidad de resultados entre estudios dificulta extraer conclusiones acerca de los factores de riesgo que pueden afectar la calidad del calostro que se puedan aplicar a cualquier hato bovino. Por lo que es necesario realizar estudios similares en diferentes zonas geográficas con diferentes tipos de explotaciones.

El manejo durante las últimas semanas de gestación es extremadamente importante, decisivo y trascendental, ya que es el periodo en el cual el calostro se está formando y consecuentemente repercutirá en la calidad nutritiva y en las propiedades bioactivas del mismo.

A pesar de que algunos hallazgos laboratoriales sugieren la posible presencia de ciertas alteraciones como colestasis inicial, enfermedad renal y niveles por debajo del intervalo de referencia de minerales séricos, la concentración media de Ig de las muestras de calostro bovino del presente estudio fue de 97,31 mg/ml, siendo el 92.31% calostro de calidad satisfactoria o alta de acuerdo a recomendaciones internacionales (concentración de Ig mayor a 50 mg/ml).

5.2. Recomendaciones

Toda explotación bovina lechera debe determinar la calidad del calostro inmediatamente después del parto para posteriormente administrarlo a los terneros, ya que como se ha observado existe una amplia variabilidad en la concentración de inmunoglobulinas calostrales entre animales de una misma granja bovina.

Realizar más investigaciones enfocadas en aumentar y mejorar la síntesis de calostro de alta calidad por parte de la glándula mamaria bovina al identificar los factores de riesgo y factores maternos que pueden relacionarse con la calidad del calostro.

Extrapolar y verificar las conclusiones obtenidas en el presente estudio mediante el análisis de una población bovina con mayor número de vacas.

Incluir un diseño experimental para el análisis del factor materno “raza” sobre la concentración de Ig del calostro, en el que se incluya a las razas descritas en el presente estudio con el objetivo de obtener resultados más concluyentes.

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio y criterios de otras investigaciones se recomienda no descartar el calostro de vacas de primer parto ya que se ha comprobado que estos animales pueden producir calostro de alta calidad.

Para futuras investigaciones se recomienda analizar las diferentes subclases de Ig (IgG, IgM, IgA) presentes en el suero sanguíneo y en el calostro bovino, para observar la cinética y traslocación de los anticuerpos durante el período de calostrogénesis en el pre-parto.

La determinación de Ig sanguíneas debe realizarse en diferentes tiempos antes del parto ya que (1) se ha propuesto que éste proceso inicia en momentos diferentes en cada vaca y (2) se han reportado varios períodos para el inicio de la calostrogénesis. Un esquema de muestreo recomendado es determinar la concentración de las subclases de Ig en sangre a las ocho, cuatro y dos semanas

antes del parto, además de 7 días post-parto. Esto con el objetivo de observar la cinética de las Ig entre dos compartimentos corporales y determinar el porcentaje de reducción de las mismas durante las semanas antes del parto.

Fomentar el manejo técnico del encalostramiento al promover el uso de métodos a pie de vaca para el análisis de la calidad de calostro (calostrómetro, refractómetro). Así mismo es fundamental incentivar a los productores para que implementen técnicas de almacenamiento de calostro de alta calidad y libre de enfermedades.

Establecer un protocolo de análisis del calostro, en cada explotación bovina, que cuente con un método ejecutable dentro de la granja y al mismo tiempo que sea sencillo, económico y confiable, para que el personal técnico y de campo, lo realice a través de un procedimiento estandarizado, fomentando un manejo del encalostramiento más técnico.

Tomar en cuenta otros aspectos del calostro para evaluar y determinar su calidad, tales como el conteo de células somáticas y la carga bacteriana.

6. CAPÍTULO VI: GLOSARIO DE TÉRMINOS

Agammaglobulinemia: Ausencia de gammaglobulinas en la sangre.

Anticuerpos maternos: Anticuerpos que se sintetizan en la madre y que ingresan en la sangre de su descendencia bien mediante la transferencia placentaria en los primates o por absorción del calostro ingerido en otros animales.

Antígeno: Cualquier sustancia extraña que se puede unir a los receptores de superficie de los linfocitos, induciendo una respuesta inmune.

Difusión en gel: Técnica de inmunoprecipitación que consiste en hacer que reaccionen un antígeno y un anticuerpo y precipiten en un gel transparente, como el agar.

Endosomas: Vesículas citoplasmáticas formadas por la invaginación de la membrana celular externa. Contienen sustancias endocitadas.

Fragmento Fab: El fragmento de unión al antígeno de un anticuerpo dirigido parcialmente. Consiste en las cadenas ligeras y las mitades del extremo N-terminal de las cadenas pesadas.

Gamma (Y) globulinas: Proteínas séricas que migran hacia el cátodo durante una electroforesis. Contienen la mayor parte de las Ig.

Globulinas: Proteínas séricas que precipitan en presencia de una solución semisaturada de sulfato de amonio.

Inmunidad: Estado de resistencia a una infección.

Inmunidad activa: Inmunidad producida como resultado de la administración de un antígeno, lo que desencadena una respuesta inmune.

Inmunidad humoral: Respuesta inmune mediada por anticuerpos.

Inmunidad innata: Inmunidad presente en todos los animales, que no necesita ser inducida por una exposición previa a un agente infeccioso. Está mediada por proteínas codificadas en la línea germinal.

Inmunidad mediada por células: Forma de respuesta inmune mediada por linfocitos T y macrófagos; puede conferirse mediante transferencia adoptiva.

Inmunización: Administración de un antígeno a un individuo con el fin de conferirle inmunidad.

Inmunización pasiva: Protección conferida a un individuo mediante la administración de anticuerpos producidos en otro individuo.

Isotipo: Grupo de proteínas relacionadas estrechamente que surgen como resultado de una duplicación genética. Se encuentran en todos los animales de una especie. Por tanto, las clases y subclases de Ig en realidad son isotipos.

Leucocitos: Glóbulos blancos. Nombre genérico que se aplica a todas las células nucleadas.

Linfocito: Pequeña célula mononuclear con núcleo redondeado que contiene la cromatina densamente empaquetada, que se encuentra en la sangre y en los tejidos linfoides. La mayor parte de estas células tienen un solo borde delgado de citoplasma. Reconocen antígenos extraños mediante sus receptores especializados.

Linfocito T: Linfocito que ha pasado por un periodo de procesamiento en el timo y que es responsable de las respuestas inmunes mediadas por células.

Linfocito B: Linfocitos que han experimentado un periodo de procesamiento en la bolsa de Fabricio en las aves, o su equivalente en mamíferos. Son los responsables de la formación de anticuerpos.

Lipoproteínas: Las lipoproteínas son complejos "lípidos-péptidos" formados por grandes y variables cantidades de triglicéridos, colesterol, ésteres de colesterol

y fosfolípidos unidos a apolipoproteínas, ya que los lípidos en el plasma sanguíneo requieren unirse a péptidos para su transporte.

Plasma: Fluido claro que constituye la fase líquida de la sangre.

Receptor Fc: Receptor de la superficie celular que se une específicamente a las moléculas de anticuerpo a través de su región Fc.

Región Fc: Parte de una molécula de inmunoglobulina que consiste en las mitades C-terminal de las cadenas pesadas. Es responsable de las actividades biológicas de las moléculas.

Subclase: Diferentes isotipos de Ig estrechamente relacionados dentro de una clase.

7. REFERENCIAS

- Aguirre, M., Ramos, J., Ferrer, L., Loste, A., Ortín, A., y Fernández, A. (2011). *El calostro: Clave de supervivencia. Guía práctica para un correcto encalostrado de los terneros* (1.ª ed.). Zaragoza, España: SERVET - Grupo Asís Biomedica S.L.
- Al Ibrahim, R. M., Kelly, a K., O'Grady, L., Gath, V. P., McCarney, C., y Mulligan, F. J. (2010). The effect of body condition score at calving and supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, metabolic status, and rumen fermentation of dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 93(11), 5318-5328. doi:10.3168/jds.2010-3201
- Álvarez, A., Pérez, H., Martín, T., Quincosa, J., y Sánchez, A. (2009). *Fisiología Animal Aplicada*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Amini, J., Rahmani, H., y Ghorbani, G. (2005). The Effects of Shortening Dry Period on Colostrum Quality and Holstein Calves Performance. En *Free communications: Animal Nutrition (Ruminant Nutrition and Physiology)*. Upsala, Suecia: European Federation of Animal Science. Recuperado a partir de http://www.eaap.org/previous_annual_meetings/2005uppsala/papers/n4.70_amini.pdf
- Andersen, J. T., Dalhus, B., Cameron, J., Daba, M. B., Plumridge, A., Evans, L., ... Sandlie, I. (2012). Structure-based mutagenesis reveals the albumin-binding site of the neonatal Fc receptor. *Nature Communications*, 3, 610. doi:10.1038/ncomms1607
- Angulo, J., Gómez, L. M., Mahecha, L., Mejía, E., Henao, J., y Mesa, C. (2015). Calf's sex, parity and the hour of harvest after calving affect colostrum quality of dairy cows grazing under high tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 47(4), 699-705. doi:10.1007/s11250-015-0781-z

- Annen, E. L., Collier, R. J., McGuire, M. a, Vicini, J. L., Ballam, J. M., y Lormore, M. J. (2004). Effect of modified dry period lengths and bovine somatotropin on yield and composition of milk from dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(11), 3746-3761. doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73513-4
- Antkowiak, I., Pytlewski, J., Jakubowski, M., y Skrzypek, R. (2010). The effects of genotype and selected environmental factors on colostrum production and intake in cattle. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 13(1), 137-141.
- Awadeh, F., Kincaid, R., y Johnson, K. (1998). Effect of Level and Source of Dietary Selenium on Concentrations of Thyroid Hormones and Immunoglobulins in Beef Cows and Calves. *Journal of Animal Science*, 76, 1204-1215.
- Baker, K., Qiao, S.-W., Kuo, T., Kobayashi, K., Yoshida, M., Lencer, W., y Blumberg, R. (2009). Immune and non-immune functions of the (not so) neonatal Fc receptor, FcRn. *Seminars in Immunopathology*, 31(2), 223-236. doi:10.1007/s00281-009-0160-9
- Baldi, A., Cheli, F., Pinotti, L., y Pecorini, C. (2008). Nutrition in mammary gland health and lactation: advances over eight Biology of Lactation in Farm Animals meetings. *Journal of Animal Science*, 86(Supple.1), 3-9. doi:10.2527/jas.2007-0286
- Bar, E., Tiris, I., Miron, M., Bojita, M., y Mihai, G. (2010). The Relationship Between the Content of Immunoglobulin (IgG), Lactoferrin and Density in Bovine Colostrum – Comparative Study. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Animal Science and Biotechnologies*, 67(1-2), 70-74.
- Barrington, G., Besser, T., Gay, C., Davis, W., y Reeves, J. (1999). Regulation of the immunoglobulin G 1 receptor : effect of prolactin on in vivo expression of the bovine mammary immunoglobulin G 1 receptor. *Journal of Endocrinology*, 163, 25-31.

- Barrington, G., McFadden, T., Huyler, M., y Besser, T. E. (2001). Regulation of colostrogenesis in cattle. *Livestock Production Science*, 70(1-2), 95-104. doi:10.1016/S0301-6226(01)00201-9
- Bartier, A. (2013). *Evaluation of Colostrum Quality, Passive Immunity and Dairy Calf Management Practices in Alberta*. University of Calgary.
- Bartier, A., Windeyer, M., y Doepel, L. (2015). Evaluation of on-farm tools for colostrum quality measurement. *Journal of Dairy Science*, 98(3), 1878-1884. doi:10.3168/jds.2014-8415
- Baset, M., Huque, K., Sarker, N., Hossain, M., y Islam, M. (2010). EVALUATION OF MILK UREA NITROGEN OF DAIRY COWS REARED UNDER DIFFERENT FEED BASES IN THE DIFFERENT SEASONS. *Journal Science Foundation*, 8(1y2), 97-110. doi:ISSN 1728-7855
- Baumrucker, C. (1985). Amino acid transport systems in bovine mammary tissue. *Journal of Dairy Science*, 68(9), 2436-2451. doi:10.3168/jds.S0022-0302(85)81119-X
- Baumrucker, C. (2014). Colostrogenesis. Pensilvania, Estados Unidos: College of Agricultural Sciences, Dairy y Animal Science. Recuperado a partir de http://istituti.unicatt.it/zootechnica_visiting_Baumrucker.pdf
- Baumrucker, C., y Bruckmaier, R. (2014). Colostrogenesis: IgG1 Transcytosis Mechanisms. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(1), 103-117. doi:10.1007/s10911-013-9313-5
- Baumrucker, C., Burkett, A., Magliaro-Macrina, A., y Dechow, C. (2010). Colostrogenesis: Mass transfer of immunoglobulin G1 into colostrum. *Journal of Dairy Science*, 93(7), 3031-3038. doi:10.3168/jds.2009-2963
- Bezerra, L. R., Neto, C. B. D. O., Araújo, M. J. De, Edvan, R. L., Oliveira, W. D. C. De, y Pereira, F. B. (2014). Major Metabolic Diseases Affecting Cows in

Transition Period. *International Journal of Biology*, 6(3), 85-94.
doi:10.5539/ijb.v6n3p85

Bielmann, V., Gillan, J., Perkins, N., Skidmore, A., Godden, S., y Leslie, K. E. (2010). An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3713-3721.
doi:10.3168/jds.2009-2943

Bijl, E., van Valenberg, H., Huppertz, T., y van Hooijdonk, A. (2013). Protein, casein, and micellar salts in milk: current content and historical perspectives. *Journal of Dairy Science*, 96, 5455-5464. doi:10.3168/jds.2012-6497

BIOGENICS. (2014). Calostrometer: Instrucciones de uso. Recuperado a partir de <http://www.colostrometer.com/sp/support.asp?ID=2>

Blum, J. (2003). Colostrum - more than just an immunoglobulin supplier. *Acta veterinaria Scandinavica. Supplementum*, 98, 123-124.

Boden, E., y Andrews, A. (2015). *Black's Veterinary Dictionary* (22.^a ed.). Bloomsbury Publishing. Recuperado a partir de <http://www.ebilib.com>

Brambell, B. Y. F. W. R., y Hemmings, W. A. (1949). The passage into the embryonic yolk-sac cavity of maternal plasma proteins in rabbits. *Jornal of Physiology*, 108(2), 177-185.

Brandon, M. R., Watson, D.L., y Lascelles, A. K. (1971). The mechanism of transfer of immunoglobulin into mammary secretion of cows. *Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science*, 49, 613-623.
doi:10.1038/icb.1971.67

Broderick, G. a, y Clayton, M. K. (1997). A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science*, 80(11), 2964-2971. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76262-3

- Butler, J. E. (1969). Bovine Immunoglobulins: A Review. *Journal of Dairy Science*, 52(12), 1895-1909. doi:10.3168/jds.S0022-0302(69)86871-2
- Ceballos-Marquez, A., Barkema, H., Stryhn, H., Wichtel, J., Neumann, J., Mella, A., ... Wittwer, F. (2010). The effect of selenium supplementation before calving on early-lactation udder health in pastured dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 93(10), 4602-4612. doi:10.3168/jds.2010-3086
- Cebrián, L., Ramos, J., Meseguer, J., y Ferrer, L. (2005). *La exploración clínica del ganado vacuno*. Zaragoza, España: SERVET.
- Cermakova, J., Kudrna, V., Simeckova, M., Vyborna, A., Dolezal, P., y Illek, J. (2014). Comparison of shortened and conventional dry period management strategies. *Journal of Dairy Science*, 97(9), 5623-5236. doi:10.3168/jds.2013-7499
- Chatterjee, S., y Simonoff, J. (2013). *Handbook of Regression Analysis* (1.^a ed.). New Jersey, Estados Unidos: Wiley-Blackwell. Recuperado a partir de <http://www.ebilib.com>
- Chaudhury, C., Mehnaz, S., Robinson, J., Hayton, W., Pearl, D., Roopenian, D., y Anderson, C. (2003). The major histocompatibility complex-related Fc receptor for IgG (FcRn) binds albumin and prolongs its lifespan. *The Journal of Experimental Medicine*, 197(3), 315-322. doi:10.1084/jem.20021829
- Chigerwe, M., y Hagey, J. (2014). Refractometer assessment of colostrum and serum IgG and milk total solids concentrations in dairy cattle. *BMC Veterinary Research*, 10(1), 178. doi:10.1186/s12917-014-0178-7
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R., y Doreau, M. (2000). Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Annales de Zootechnie*, 49(3), 181-205. doi:10.1051/animres:2000117

- Conneely, M., Berry, D. P., Sayers, R., Murphy, J. P., Lorenz, I., Doherty, M. L., y Kennedy, E. (2013). Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 7(11), 1824-32. doi:10.1017/S1751731113001444
- Crawley, M. (2007). *The R Book*. Reino Unido: John Wiley y Sons, Ltd.
- Cunningham, J. (2014). *Fisiología Veterinaria*. (B. Klein, Ed.) (5.^a ed.). Madrid, España: Elsevier España.
- DePeters, E. J., y Cant, J. (1992). Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. *Journal of Dairy Science*, 75(8), 2043-2070. doi:10.3168/jds.S0022-0302(92)77964-8
- DePeters, E. J., y Ferguson, J. D. (1992). Nonprotein nitrogen and protein distribution in the milk of cows. *Journal of Dairy Science*, 75(11), 3192-209. doi:10.3168/jds.S0022-0302(92)78085-0
- Detilleux, J., Kehrli, M., Stabel, J., Freeman, A., y Kelley, D. (1995). Study of immunological dysfunction in periparturient Holstein cattle selected for high and average milk production. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 44(3-4), 251-267. doi:10.1016/0165-2427(94)05302-9
- Doepel, L., y Bartier, A. (2014). Colostrum Management and Related to Poor Calf Immunity. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 26, 137-149.
- eBioscience. (2014). Antibody Isotyping Guide. Recuperado 20 de noviembre de 2014, a partir de https://www.ebioscience.com/media/pdf/Literature/Q112007e-Ab_Isotyping_Guide.pdf
- Elizondo, J. (2007). Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*, 18(2), 271-281.

- Faber, S., Faber, P., McCauley, T., y Ax, R. (2005). Case Study: Effects of Colostrum Ingestion on Lactational Performance. *The Professional Animal Scientist*, 21, 420-425.
- Faye, B., Bengoumi, M., Al-Masaud, A., y Konuspayeva, G. (2014). Comparative milk and serum cholesterol content in dairy cow and camel. *Journal of King Saud University - Science*. doi:10.1016/j.jksus.2014.11.003
- Ferrandini, E., Castillo, M., López, M., y Laencina, J. (2008). Modelos estructurales de la micela de caseína. *Anales de Veterinaria*, 22, 5-18. Recuperado a partir de <http://revistas.um.es/index.php/analesvet/article/view/771>
- Fleenor, W. a, y Stott, G. H. (1980). Hydrometer Test for Estimation of Immunoglobulin Concentration in Bovine Colostrum. *Journal of dairy science*, 63(6), 973-977. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)83034-7
- Fleenor, W., y Stott, G. (1981). Single radial immunodiffusion analysis for quantitation of colostrum immunoglobulin concentration. *Journal of Dairy Science*, 64(5), 740-747. doi:10.3168/jds.S0022-0302(81)82642-2
- Fleming, R. (2014). *Bioactive Components in Colostrum and Milk from Canadian Holstein Classified as High, Average and Low Immune Responders*. (Tesis de Maestría) Universidad de Guelph.
- Foley, J. a., y Otterby, D. E. (1978). Availability, Storage, Treatment, Composition, and Feeding Value of Surplus Colostrum: A Review. *Journal of Dairy Science*, 61(8), 1033-1060. doi:10.3168/jds.S0022-0302(78)83686-8
- Franklin, S., Newman, M., Newman, K., y Meek, K. (2005). Immune Parameters of Dry Cows Fed Mannan Oligosaccharide and Subsequent Transfer of Immunity to Calves. *Journal of Dairy Science*, 88(2), 766-775. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72740-5

- Galvis, R., Correa, H., Barrientos, S., y Muñoz, Y. (2011). Efecto de Niveles Crecientes de Nitrógeno no Proteico Dietario en Vacas Lactantes sobre las Concentraciones de Metabolitos Nitrogenados en Orina, Sangre y Leche. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64(2), 6191-6198. doi:ISSN 0304-2847
- Gapper, L. W., Copestake, D. E. J., Otter, D. E., y Indyk, H. E. (2007). Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 389(1), 93-109. doi:10.1007/s00216-007-1391-z
- Gasque, R. (2008). *Enciclopedia Bovina* (1.^a ed.). México DF, México: Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Recuperado a partir de http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e_bovina/Indice.pdf
- Georgiev, I. P. (2008). DIFFERENCES IN CHEMICAL COMPOSITION BETWEEN COW COLOSTRUM AND MILK. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 11(1), 3-12.
- Ghetie, V., y Ward, E. S. (2000). Multiple roles for the major histocompatibility complex class I- related receptor FcRn. *Annual Review of Immunology*, 18, 739-766. doi:10.1146/annurev.immunol.18.1.739
- Gomes, V., Madureira, K., Soriano, S., Della Libera, A., Blagitz, M., y Benesi, F. (2011). Factors affecting immunoglobulin concentration in colostrum of healthy holstein cows immediately after delivery. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 31(SUPPL. 1), 53-56. doi:10.1590/S0100-736X2011001300009
- Gómez-Lucía, E., Del Mar Blanco, M., y Doménech, A. (2007). *Manual de Inmunología Veterinaria* (1.^a ed.). Madrid, España: Prentice Hall.
- Gómez-Lucía, E., Doménech, A., Cutuli de Simón, M., Del Mar Blanco, M., Gibello, A., Goyache, J., ... Domínguez, G. (2011). Compendio de guiones para clases teóricas en la asignatura Inmunología en Veterinaria II: bases

de la respuesta inmunitaria. *Revista REDUCA (Recursos Educativos)*, 3(15), 58-93.

Gross, J., Kessler, E., Bjerre-Harpoth, V., Dechow, C., Baumrucker, C., y Bruckmaier, R. (2014). Peripartal progesterone and prolactin have little effect on the rapid transport of immunoglobulin G into colostrum of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2923-2931. doi:10.3168/jds.2013-7795

Grünberg, W. (2008). Phosphorus Homeostasis in Dairy Cattle: Some Answers, More Questions. En *Tri-State Dairy Nutrition Conference* (pp. 29-35). Department of Veterinary Clinical Sciences Purdue University. Recuperado a partir de [http://tristatedairy.osu.edu/Proceedings 2008/Grunberg.pdf](http://tristatedairy.osu.edu/Proceedings%202008/Grunberg.pdf)

Grusenmeyer, B. D., Ryan, C., y Overton, T. (2005). *Keep colostrum in mind when shortening dry periods lessen quality*. New York, Estados Unidos. Recuperado a partir de <http://www.ansci.cornell.edu/pdfs/pd2005decp24.pdf>

Gülay, M. Ş. (2005). Altering the lactation cycle: Is a 60-day dry period too long? *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29(2), 197-205.

Gulliksen, S., Lie, K., Sølverød, L., y Østerås, O. (2008). Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(2), 704-712. doi:10.3168/jds.2007-0450

Guy, M. a, McFadden, T. B., Cockrell, D. C., y Besser, T. E. (1994a). Effects of unilateral prepartum milking on concentrations of immunoglobulin G1 and prolactin in colostrum. *Journal of Dairy Science*, 77(12), 3584-3591. doi:10.3168/jds.S0022-0302(94)77302-1

Guy, M., McFadden, T., Cockrell, D., y Besser, T. (1994b). Regulation of colostrum formation in beef and dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 77(10), 3002-3007. doi:10.3168/jds.S0022-0302(94)77241-6

Hammon, H., Steinhoff-Wagner, J., Flor, J., Schonhusen, U., y Metges, C. (2012). LACTATION BIOLOGY SYMPOSIUM: Role of colostrum and colostrum

components on glucose metabolism in neonatal calves. *Journal of Animal Science*, 91(2), 685-695. doi:10.2527/jas.2012-5758

Hanigan, M., Calvert, C., DePeters, E., Reis, B., y Baldwin, R. (1991). Whole blood and plasma amino acid uptakes by lactating bovine mammary glands. *Journal of Dairy Science*, 74(8), 2484-2490. doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78425-7

Hernández-Castellano, L., Almeida, A., Castro, N., y Argüello, A. (2014). The Colostrum Proteome, Ruminant Nutrition and Immunity: A Review. *Current Protein and Peptide Science*, 15(1), 64-74. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1875>

Herr, M., Bostedt, H., y Failing, K. (2011). IgG and IgM levels in dairy cows during the periparturient period. *Theriogenology*, 75(2), 377-385. doi:10.1016/j.theriogenology.2010.09.009

Hurley, W. L., y Theil, P. K. (2011). Perspectives on immunoglobulins in colostrum and milk. *Nutrients*, 3(4), 442-474. doi:10.3390/nu3040442

Indra, E., Daina, K., y Je, Z. (2012). ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING IMMUNOGLOBULIN CONCENTRATION IN COLOSTRUM OF DAIRY COWS. *Scientific Papers, Animal Science Series*, 57, 256-259. Recuperado a partir de http://www.uaiasi.ro/revista_zoo/ro/documente/Pdf_Vol_57/Eihvalde_Indra.pdf

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2014). *Anuario meteorológico № 51-2011*. Quito, Ecuador. Recuperado a partir de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am_2011.pdf

Ishler, V. (2008). *Interpretation of Milk Urea Nitrogen Values*. Pennsylvania, Estados Unidos. Recuperado a partir de

<http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrient-management/certified-dairy/tools/interpret-mun-values-08134.pdf>

Jin, M., Shao, H., Jiang, Z., Jin, F., Chen, T., y Wang, J. (2012). A reliable immunoturbidimetry method for immunoglobulin G in bovine colostrum. *Food and Agricultural Immunology*, 23(2), 133-144. doi:10.1080/09540105.2011.606561

Kabacoff, R. (2014). Quick-R: Accessing the Power of R. Recuperado a partir de <http://www.statmethods.net/stats/regression.html>

Kacskovics, I., Kis, Z., Mayer, B., West, A., Tiangco, N., Tilahun, M., ... Hammarström, L. (2006). FcRn mediates elongated serum half-life of human IgG in cattle. *International Immunology*, 18(4), 525-536. doi:10.1093/intimm/dxh393

Kahane, L. (2008). *Regression Basics*. (2, Ed.). Estados Unidos: SAGE Publications. Recuperado a partir de <http://www.ebib.com>

Kehoe, S. I., Heinrichs, A. J., Moody, M. L., Jones, C. M., y Long, M. R. (2011). Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine. *The Professional Animal Scientist*, 27, 176-180.

Kehoe, S. I., Jayarao, B. M., y Heinrichs, a J. (2007). A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. *Journal of dairy science*, 90(9), 4108-4116. doi:10.3168/jds.2007-0040

Kohn, R., Dinneen, M., y Russek-Cohen, E. (2005). Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats. *Journal of Animal Science*.

Korhonen, H., Marnila, P., y Gill, H. (2000). Milk immunoglobulins and complement factors. *British Journal of Nutrition*, 84(1), S75-S80.

- Kuo, T., Baker, K., Yoshida, M., Qiao, S. W., Aveson, V., Lencer, W., y Blumberg, R. (2010). Neonatal Fc receptor: From immunity to therapeutics. *Journal of Clinical Immunology*, 30, 777-789. doi:10.1007/s10875-010-9468-4
- Laboratorio de Diagnóstico Veterinario Vetelab. (2014). *Reporte de Resultados*. Machachi, Ecuador.
- Larson, B. L., Heary, H. L., y Devery, J. E. (1980). Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *Journal of Dairy Science*, 63(4), 665-671. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)82988-2
- Latimer, K. (2012). *Duncan and Prasse's Veterinary Laboratory Medicine: Clinical Pathology*. (5.^a ed.). Wiley-Blackwell. Recuperado a partir de <http://www.ebilib.com>
- Latimer, K., Mahaffey, E., y Prasse, K. (2005). *Patología Clínica Veterinaria* (4.^a ed.). Barcelona, España: Multimédica Ediciones Veterinarias.
- Li, C., Li, J., Li, Y., Lang, S., Yougbare, I., Zhu, G., ... Ni, H. (2012). Crosstalk between platelets and the immune system: Old systems with new discoveries. *Advances in Hematology*, 2012, 1-14. doi:10.1155/2012/384685
- Lona, V., y Romero, C. (2001). Short communication: Low levels of colostral immunoglobulins in some dairy cows with placental retention. *Journal of Dairy Science*, 84(2), 389-391. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)74488-8
- López, A., y Macaya, C. (2013). Plaqueta: fisiología de la activación y la inhibición. *Revista Española de Cardiología*, 13(B), 2-7.
- Mackle, T., Dwyer, D., Ingvarsen, K., Chouinard, P., Ross, D., y Bauman, D. (2000). Evaluation of Whole Blood and Plasma in the Interorgan Supply of Free Amino Acids for the Mammary Gland of Lactating Dairy Cows 1. *Journal of Dairy Science*, 83, 1300-1309.

- Madsen, B. D., Rasmussen, M. D., Nielsen, M. O., Wiking, L., y Larsen, L. B. (2004). Physical properties of mammary secretions in relation to chemical changes during transition from colostrum to milk. *Journal of Dairy Research*, 71(3), 263-272. doi:10.1017/S0022029904000263
- Manelli, D. (2014). *Crianza artificial de terneros: teoría y experiencia*. Argentina: Editorial Brujas. Recuperado a partir de <http://www.ebrary.com>
- Martin, P., Szymanowska, M., Zwierzchowski, L., y Leroux, C. (2002). The impact of genetic polymorphisms on the protein composition of ruminant milks. *Reproduction Nutrition Development*, 42(5), 433-459. doi:10.1051/rnd
- Martínez, A., Hernández, M., Pérez, L., Castro, G., y Pardo, D. (2010). Metabolismo de los lípidos en los rumiantes - Lipid metabolism in ruminants. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(08), 1-21. Recuperado a partir de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080810/081004.pdf>
- Maunsell, F. (2014). Cow Factors That Influence Colostrum Quality. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 26, 113-121. Recuperado a partir de http://www.wcds.ca/proc/2014/Manuscripts/p_113_-_124_Maunsell.pdf
- Mayer, B., Doleschall, M., Bender, B., Bartyik, J., Bosze, Z., Frenyó, L., y Kacskovics, I. (2005). Expression of the neonatal Fc receptor (FcRn) in the bovine mammary gland. *Journal of Dairy Research*, 72(S1), 107-112. doi:10.1017/S0022029905001135
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., y Morgan, C. (2006). *Nutrición Animal* (6.ª ed.). Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA.
- McGraw-Hill Interamericana de España. (2014). Densidad: Definiciones. Recuperado a partir de http://www.mcgraw-hill.es/bcv/tabla_periodica/defi/definicion_densidad.html
- Mechor, G., Gröhn, Y., McDowell, L., y Van Saun, R. (1992). Specific Gravity of Bovine Colostrum Immunoglobulins as Affected by Temperature and

Colostrum Components. *Journal of Dairy Science*, 75(11), 3131-3135.
doi:10.3168/jds.S0022-0302(92)78076-X

Moeini, M., Kiani, A., Mikaeili, E., y Shabankareh, H. (2011). Effect of prepartum supplementation of selenium and vitamin e on serum Se, IgG concentrations and colostrum of heifers and on hematology, passive immunity and Se status of their offspring. *Biological Trace Element Research*, 144(1-3), 529-537.
doi:10.1007/s12011-011-9148-0

Morin, D., Constable, P., Maunsell, F., y McCoy, G. (2001). Factors Associated with Colostral Specific Gravity in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 84(4), 937-943. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)74551-1

Morin, D., Nelson, S., y Reid, E. (2010). Effect of colostrum volume, interval between calving and first milking, and photoperiod on colostrum IgG concentrations in dairy cows, 237(4), 420-428. doi:10.2460/javma.237.4.420

Morril, K., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., y Tyler, H. (2012). Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*, 95(7), 3997-4005.
doi:10.3168/jds.2011-5174

Morrill, K. (2011). *Modifying current laboratory methods for rapid determination of colostrum IgG concentration and colostrum IgG absorption in the neonate by*. Iowa State University. Recuperado a partir de <http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1121&context=etd>

Muller, L. D., y Ellinger, D. K. (1981). Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 64(8), 1727-1730.
doi:10.3168/jds.S0022-0302(81)82754-3

Murayama, W. (2012). *AN ECONOMIC MODEL FOR DETERMINING COLOSTRUM VALUE ON DAIRIES IN CALIFORNIA'S CENTRAL VALLEY*. Jordan College of Agricultural Sciences and Technology.

- Murphy, B., Drennan, M., Mara, F., y Earley, B. (2005). Cow serum and colostrum immunoglobulin (IgG 1) concentration of five suckler cow breed types and subsequent immune status of their calves. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 44(2), 205-213.
- Nardone, A., Lacetera, N., Bernabucci, U., y Ronchi, B. (1997). Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *Journal of Dairy Science*, 80(5), 838-844. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76005-3
- Norman, L. M., Hohenboken, W. D., y Kelley, K. W. (1981). Genetic Differences in Concentration of Immunoglobulins G 1 and M in Serum and Colostrum of Cows and in Serum of Neonatal Calves. *Journal of Animal Science*, 53, 1465-1472.
- Noro, M., Wagemann, C., Arnés, V., y Wittwer, F. (2013). Valoración diagnóstica de enzimas hepáticas en perfiles bioquímicos sanguíneos de vacas lecheras. *Revista MVZ Córdoba*, 18(2), 3474-3479.
- Nozad, S., Ramin, A., Moghadam, G., Asri-rezaei, S., Babapour, A., y Ramin, S. (2012). Relationship between blood urea, protein, creatinine, triglycerides and macro-mineral concentrations with the quality and quantity of milk in dairy Holstein cows. *Veterinary Research Forum*, 3(1), 55-59.
- Ochoa, L., y Bouda, J. (2007). *Patología clínica veterinaria* (2.^a ed.). México DF, México: Universidad Autónoma de México.
- Olde Riekerink, R., Barkema, H., Kelton, D., y Scholl, D. (2008). Incidence rate of clinical mastitis on Canadian dairy farms. *Journal of dairy science*, 91(4), 1366-1377. doi:10.3168/jds.2007-0757
- Ortega, N. (2008). *Métodos estadísticos para la investigación* Ortega, N 2008 (1.^a ed.). Quito, Ecuador: Ediciones Fausto Reinoso.

- Pacheco-Rios, D., Treloar, B., Lee, J., Barry, T., y McNabb, W. (1999). Amino acid utilisation by the mammary gland: Whole blood versus plasma free amino acid. *Proceedings Of The New Zealand Society Of Animal Production*, 59, 62-65. doi:ISSN 0370-2731/99
- Pardoe, I. (2012). *Applied Regression Modeling* (2.^a ed.). Wiley-Blackwell. Recuperado a partir de <http://www.ebib.com>
- Peña, F. (2002). Importancia del nitrógeno ureico de la leche. *Revista Acovez*, 27(1). Recuperado a partir de <http://encolombia.com/veterinaria/publi/acovez/ac271/>
- Petrie, A., y Watson, P. (2013). *Statistics for Veterinary and Animal Science* (3.^a ed.). Hoboken, Estados Unidos: Wiley-Blackwell. Recuperado a partir de <http://www.ebib.com>
- Phadungath, C. (2005). Casein micelle structure: a concise review. *Journal of Science and Technology*, 27(1), 201-212.
- Pritchett, L., Gay, C., Besser, T., y Hancock, D. (1991). Management and Production Factors Influencing Immunoglobulin G1 Concentration in Colostrum from Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 74(7), 2336-2341. doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78406-3
- Programa de Ganadería de la EESC. (2014). *Registros reproductivos de la Unidad de Apoyo a la Investigación del Programa de Ganadería*. Quito, Ecuador.
- Quezada-Tristán, T., García-Flor, V., Ortiz-Martínez, R., Arredondo-Figueroa, J., Medina-Esparza, L., Valdivia-Flores, A., y Montoya-Navarrete, A. (2014). Biochemical parameters in the blood of Holstein calves given immunoglobulin Y-supplemented colostrums. *BMC Veterinary Research*, 10, 159. doi:10.1186/1746-6148-10-159

- Quigley, J. (2008). Calf Note #135 - On methods of IgG analysis. Recuperado 5 de abril de 2015, a partir de <http://www.calfnotes.com/>
- Quigley, J. (2015). Calf Note #183 – Refractometer and Jersey Colostrum. Recuperado 5 de abril de 2015, a partir de <http://www.calfnotes.com/>
- Quigley, J., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., y Polo, J. (2013). Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 96(2), 1148-1155. doi:10.3168/jds.2012-5823
- Quigley, J., Martin, K., Dowlen, H., Wallis, L., y Lamar, K. (1994). Immunoglobulin Concentration, Specific Gravity, and Nitrogen Fractions of Colostrum from Jersey Cattle. *Journal of Dairy Science*, 77(1), 264-269. doi:10.3168/jds.S0022-0302(94)76950-2
- Rastani, R. R., Grummer, R. R., Bertics, S. J., Gümen, A., Wiltbank, M. C., Mashek, D. G., y Schwab, M. C. (2005). Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: milk production, energy balance, and metabolic profiles. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 1004-1014. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72768-5
- Reece, W. (2010). *Dukes Fisiología de los Animales Domésticos* (12.^a ed.). Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA.
- Reece, W. (2013). *Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals* (4.^a ed.). Iowa, Estados Unidos: Wiley-Blackwell.
- Rémond, B., Rouel, J., Pinson, N., y Jabet, S. (1997). An attempt to omit the dry period over three consecutive lactations in dairy cows. *Annales de Zootechnie*, 46(5), 399-408. doi:10.1051/animres:19970502
- Rijnkels, M., Kabotyanski, E., Montazer-Torbati, M., Hue, C., Vassetzky, Y., Rosen, J., y Devinoy, E. (2010). The epigenetic landscape of mammary

gland development and functional differentiation. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 15(1), 85-100. doi:10.1007/s10911-010-9170-4

Rivero, M., Valderrama, X., Haines, D., y Alomar, D. (2012). Prediction of immunoglobulin G content in bovine colostrum by near-infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1410-1418. doi:10.3168/jds.2011-4532

Rodríguez, M. (2001). Análisis de Regresión Múltiple. En *Estadística Informática: casos y ejemplos con el SPSS* (pp. 3-17). Universidad de Alicante. Recuperado a partir de [http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8143/1/Regresion MUTIPLE.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8143/1/Regresion_MUTIPLE.pdf)

Rojas, R., y Apodaca, G. (2002). Immunoglobulin transport across polarized epithelial cells. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 3(12), 944-956. doi:10.1038/nrm972

Rojo, J. (2007). Regresión lineal múltiple. Madrid, España: Instituto de Economía y Geografía. Recuperado a partir de http://portal.uned.es/pls/portal/docs/PAGE/UNED_MAIN/LAUNIVERSIDAD/VICERRECTORADOS/INVESTIGACION/O.T.R.I/OFERTAS TECNOLOGICAS/DMAC/DOCUMENTOS Y TUTORIALES/REGRESION_LINEAL_MULTIPLE_3.PDF

Roopenian, D., y Akilesh, S. (2007). FcRn: the neonatal Fc receptor comes of age. *Nature reviews. Immunology*, 7(9), 715-725. doi:10.1038/nri2155

Roopenian, D., Christianson, G., Sproule, T., Brown, A., Akilesh, S., Jung, N., ... Anderson, C. (2003). The MHC class I-like IgG receptor controls perinatal IgG transport, IgG homeostasis, and fate of IgG-Fc-coupled drugs. *Journal of Immunology*, 170, 3528-3533. doi:10.4049/jimmunol.170.7.3528

Roy, B., Brahma, B., Ghosh, S., Pankaj, P. K., y Mandal, G. (2011). Evaluation of Milk Urea Concentration as Useful Indicator for Dairy Herd Management:

A Review. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(1), 1-19.
doi:10.3923/ajava.2011.1.19

Salgado, E., Bouda, J., Villa, A., Romano, J., Gutiérrez, A., y Velásquez, F. (2014). Metabolites of vitamin D and minerals in blood and colostrum of primiparous and multiparous dairy cows postpartum. *Czech Journal of Animal Science*, 59(1), 11-18.

Santos, J., DePeters, E., Jardon, P., y Huber, J. (2001). Effect of prepartum dietary protein level on performance of primigravid and multiparous Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 213-224.
doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)74471-2

Sasaki, M., Davis, C. L., y Larson, B. L. (1976). Production and turnover of IgG1 and IgG2 immunoglobulins in the bovine around parturition. *Journal of Dairy Science*, 59(12), 2046-2055. doi:10.3168/jds.S0022-0302(76)84486-4

Sayed-Ahmed, A., Kassab, M., Abd-Elmaksoud, A., Elnasharty, M., y El-Kirdasy, A. (2010). Expression and immunohistochemical localization of the neonatal Fc receptor (FcRn) in the mammary glands of the Egyptian water buffalo. *Acta Histochemica*, 112(4), 383-391. doi:10.1016/j.acthis.2009.04.002

Shearer, J., Mohammed, H. O., Brenneman, J. S., y Tran, T. Q. (1992). Factors associated with concentrations of immunoglobulins in colostrum at the first milking post-calving. *Preventive Veterinary Medicine*, 14(1-2), 143-154.
doi:10.1016/0167-5877(92)90091-S

Shoshani, E., Rozen, S., y Doekes, J. J. (2014). Effect of a short dry period on milk yield and content, colostrum quality, fertility, and metabolic status of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2909-2922.
doi:10.3168/jds.2013-7733

Simister, N. (2003). Placental transport of immunoglobulin G. *Vaccine*, 21(24), 3365-3369. doi:10.1016/S0264-410X(03)00334-7

- Singh, A., Chandra, G., Huozha, R., y Kushwaha, R. (2011). BOVINE COLOSTRUM AND NEONATE IMMUNITY - A REVIEW COLOSTRUM NEONATE. *Agricultural Reviews*, 32(2), 79-90.
- Smith, B. (2010). *Medicina Interna de Grandes Animales* (4.^a ed.). Barcelona: Elsevier España.
- Solano, E., Villegas, Y., Gómez, A., Vinay, J., Mendoza, G., Plascencia, A., ... Hernández, J. (2011). CONTENIDO DE UREA LÁCTEA EN LACTACIÓN DE BOVINOS EN EL TRÓPICO HÚMEDO VERACRUZANO. *Publicaciones Universitarias: Universidad y Ciencia de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*, 27(2), 199-208.
- Spiegel, M. (1991). *Estadística* (2.^a ed.). Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Stelwagen, K., Carpenter, E., Haigh, B., Hodgkinson, a, y Wheeler, T. T. (2009). Immune components of bovine colostrum and milk. *Journal of animal science*, 87(13 Suppl), 3-9. doi:10.2527/jas.2008-1377
- Stockham, S., y Scott, M. (2013). *Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology* (2.^a ed.). Wiley-Blackwell. Recuperado a partir de <http://www.ebib.com>
- Straub, O. C., y Matthaeus, W. (1978). THE IMMUNOGLOBULIN COMPOSITION OF COLOSTRUM AND THE PERSISTENCE OF ACQUIRED IMMUNOGLOBULINS AND SPECIFIC ANTIBODIES IN THE CALF To cite this version : *Annales de Recherches Vétérinaires*, 9(2), 269-275.
- Strekozov, N. I., Motova, E. N., y Fedorov, Y. N. (2008). Evaluation of the Chemical Composition and Immunological Properties of Colostrum of Cows ' First Milk Yield. *Russian Agricultural Sciences*, 34(4), 259-260. doi:10.3103/S1068367408040149

- Strzałkowska, N., Józwik, A., Bagnicka, E., Krzyżewski, J., Cooper, R. G., y Horbańczuk, J. O. (2010). Factors affecting the cholesterol content of milk of cows fed conserved feeds in a TMR system throughout the year. *Institute of Genetics and Animal Breeding Polish Academy of Sciences*, 60(4), 273-279.
- Strzałkowska, N., Józwik, A., Bagnicka, E., Krzyżewski, J., y Horbańczuk, J. (2009). Studies upon genetic and environmental factors affecting the cholesterol content of cow milk . II. Effect of silage type offered. *Animal Science Papers and Reports*, 27(3), 199-206.
- Swanson, T., Hammer, C., Luther, J., Carlson, D., Taylor, J., Redmer, D., ... Vonnahme, K. (2008). Effects of gestational plane of nutrition and selenium supplementation on mammary development and colostrum quality in pregnant ewe lambs. *Journal of Animal Science*, 86(9), 2415-2423. doi:10.2527/jas.2008-0996
- Thrall, M., Weiser, G., Allison, R., y Campbell, T. (2012). *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry. Veterinary Hematology and Clinical Chemistry (2.^a ed.)*. Iowa, Estados Unidos: Jonh Wiley y Sons, Inc. Recuperado a partir de <http://www.ebilib.com>
- Tizard, I. (2009). *Introducción a la Inmunología Veterinaria (8.^a ed.)*. Barcelona, España: Elsevier España.
- Tripathi, V., y Vashishtha, B. (2006). Bioactive Compounds of Colostrum and Its Application. *Food Reviews International*, 22(3), 225-244. doi:10.1080/87559120600694606
- Tsioulpas, A., Grandison, A., y Lewis, M. (2007). Changes in physical properties of bovine milk from the colostrum period to early lactation. *Journal of Dairy Science*, 90(11), 5012-5017. doi:10.3168/jds.2007-0192
- Tzaban, S., Massol, R., Yen, E., Hamman, W., Frank, S., Lapierre, L., ... Lencer, W. (2009). The recycling and transcytotic pathways for IgG transport by

FcRn are distinct and display an inherent polarity. *The Journal of Cell Biology*, 185(4), 673-684. doi:10.1083/jcb.200809122

Verweij, J. J., Koets, a P., y Eisenberg, S. W. F. (2014). Effect of continuous milking on immunoglobulin concentrations in bovine colostrum. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 160, 225-229. doi:10.1016/j.vetimm.2014.05.008

Vetter, A., Argüello, A., Baumrucker, C., y Bruckmaier, R. (2013). Short communication: Fractional milking distribution of immunoglobulin G and other constituents in colostrum. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 5919-5922. doi:10.3168/jds.2013-6745

Vidarsson, G., Stemerding, A., Stapleton, N., Spliethoff, S., Janssen, H., Rebers, F. E., ... Van de Winkel, J. (2015). FcRn: an IgG receptor on phagocytes with a novel role in phagocytosis. *Blood Journal*, 108(10), 3573-3580. doi:10.1182/blood-2006-05-024539.Supported

Watters, R., Guenther, J., Brickner, A., Rastani, R., Crump, P., Clark, P., y Grummer, R. (2008). Effects of Dry Period Length on Milk Production and Health of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 91(7), 2595-2603. doi:10.3168/jds.2007-0615

Weaver, D. M., Tyler, J. W., VanMetre, D. C., Hostetler, D. E., y Barrington, G. M. (2000). Passive Transfer of Colostral Immunoglobulins in Calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14(6), 569-577. doi:10.1892/0891-6640(2000)014<0569:PTOCII>2.3.CO;2

Wiking, L., y Pedersen, R. E. (2009). Effects of heating colostrum in a microwave oven on Immunoglobulin G concentration. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*, 59(1), 66-69. doi:10.1080/09064700802673128

Zbinden, R., van Dorland, H., Remmelink, G., Kemp, B., van Knegsel, A., y Bruckmaier, R. (2013). Effects of omitting the dry period on plasma progesterone and prolactin during lactogenesis and on colostrum IgG

content in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2013, 91-96(Abstract W294), 324. Recuperado a partir de <http://www.jtmtg.org/JAM/2013/abstracts/2013-JAM-Abstracts.pdf>

Zhang, S., Mao, Y., Huang, J., Ma, T., Zhang, L., Zhu, X., ... Qiu, X. (2009). Immunoglobulin gene locus events in epithelial cells of lactating mouse mammary glands. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 67(6), 985-94. doi:10.1007/s00018-009-0231-z

Zhao, S., Zhang, C., Wang, J., Bu, D., Liu, G., y Zhou, L. (2010). Association of production factors with milk IgA and IgM concentrations in normal lactating cows. *Journal of Dairy Research*, 77(4), 481-486. doi:10.1017/S0022029910000336

ANEXOS

Anexo 1. Libro de campo: Toma de muestras sanguíneas

N° Arete	Fecha probable de parto	Fecha prevista del muestreo	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de la muestra	Hora de entrega al laboratorio	Observaciones
1391	03/05/2014	19/04/2014	29/04/2014	10:00 - 13:00	15:50	
1518	03/05/2014	19/04/2014	29/04/2014	10:00 - 13:00	15:50	
1483	04/05/2014	20/04/2014	29/04/2014	10:00 - 13:00	15:50	
1487	07/05/2014	23/04/2014	29/04/2014	10:00 - 13:00	15:50	
1465	07/05/2014	23/04/2014	29/04/2014	10:00 - 13:00	15:50	Solo tubo rojo
2189	07/05/2014	23/04/2014	29/04/2014	10:00 - 13:00	15:50	
1393	08/05/2014	24/04/2014	29/04/2014	10:00 - 13:00	15:50	
1419	09/05/2014	25/04/2014	29/04/2014	10:00 - 13:00	15:50	
1428	12/05/2014	28/04/2014	29/04/2014	10:00 - 13:00	15:50	
1465	07/05/2014	04/05/2014	05/05/2014	12:35	14:48	Tubo EDTA
2203	18/05/2014	04/05/2014	05/05/2014	12:35	14:48	
1397	28/05/2014	14/05/2014	15/05/2014	13:00	16:01	
1509	29/05/2014	15/05/2014	15/05/2014	12:30	16:01	Estrés
1472	03/06/2014	23/05/2014	23/05/2014	15:30	16:40	
1454	06/06/2014	20/05/2014	23/05/2014	15:30	16:40	
1503	15/06/2014	01/06/2014	04/06/2014	12:00	15:13	
1385	20/06/2014	06/06/2014	09/06/2014	9:00	16:04	
1481	30/06/2014	16/06/2014	16/06/2014	15:30	16:50	
1504	08/07/2014	24/06/2014	25/06/2014	10:00	11:15	
1484	09/07/2014	25/06/2014	25/06/2014	10:00	11:15	
1378	13/07/2014	29/06/2014	01/07/2014	10:00	12:44	
1493	13/07/2014	29/06/2014	01/07/2014	10:00	12:44	
1426	17/07/2014	03/07/2014	03/07/2014	12:45	14:41	
1462	21/07/2014	07/07/2014	07/07/2014	12:45	15:33	
1458	05/08/2014	22/07/2014	22/07/2014	11:00	15:53	
1371	06/08/2014	23/07/2014	22/07/2014	11:00	15:53	
1519	17/08/2014	03/08/2014	05/08/2014	10:00	16:20	
1488	19/08/2014	05/08/2014	05/08/2014	10:00	16:20	
8304	24/08/2014	10/08/2014	11/08/2014	10:30	15:03	
1475	25/08/2014	11/08/2014	11/08/2014	10:30	15:03	
8308	26/08/2014	12/08/2014	11/08/2014	10:30	15:03	
1491	05/09/2014	22/08/2014	22/08/2014	12:00	16:28	
1480	19/09/2014	05/09/2014	05/09/2014	9:40	11:15	
8313	23/09/2014	09/09/2014	08/09/2014	10:00	12:12	
1451	04/09/2014	20/09/2014	22/09/2014	11:00	15:24	
1489	05/09/2014	21/09/2014	22/09/2014	11.00	15:24	
1502	14/10/2014	30/09/2014	30/09/2014	11:00	15:17	
1463	14/10/2014	30/09/2014	30/09/2014	11:00	15:17	
1514	11/10/2014	27/09/2014	30/09/2014	11:00	15:17	
2209	17/10/2014	03/10/2014	02/10/2014	14:00	15:00	
8314	16/10/2014	02/10/2014	02/10/2014	14:00	15:00	

Anexo 2. Libro de campo: Toma de muestras de calostro.

N° Arete de la madre	Fecha de parto	Hora del parto	Hora de toma de la muestra	Sexo de la cría	Peso de la cría	Observaciones
1518	07/05/2014	1:00:00	8:00:00	Macho	46	
1391	09/05/2014	1:00:00	11:00:00	Hembra	45	1 seis min + 15ml Ictiovit
1483	09/05/2014	15:30:00	16:30:00	Macho	42	15 ml Ictiovit
1487	12/05/2014	1:00:00	9:00:00	Hembra	46	20 ml Ictiovit
1465	14/05/2014			Hembra	43	20 ml Ictiovit
1419	15/05/2014	8:30:00	9:30:00	Macho	54	20 ml Ictiovit
1393	15/05/2014	6:00:00	9:30:00	Macho	47	20 ml Ictiovit
2189	16/05/2014	11:00:00	11:30:00	Hembra	42	20 ml Ictiovit
1428	17/05/2014	18:00:00		Hembra	47	
2203	20/05/2014	19:00:00	21/05/2014 9:00	Macho	44	20 ml Ictiovit
1397	26/05/2014	10:30:00	10:45	Macho	42	
1509	26/05/2014	19:00:00	19:30	Macho	46	
1472	09/06/2014	14:00:00	14:10	Macho	46	
1454	10/06/2014	7:00:00	8:15	Hembra	38	
1503	19/06/2014	22:00:00	22:00	Hembra	50	Cría murió en el parto. Distocia
1385	24/06/2014	20:00:00	20:30	Macho	44	
1481	04/07/2014	15:45:00	16:10	Macho	46	
1484	08/07/2014	2:00:00	9:00	Macho	46	
1504	09/07/2014	18:30:00	10/07/2014 9:00	Macho	46	
1493	17/07/2014	5:30:00	8:30	Hembra	45	
1378	19/07/2014	12:00:00		Macho	48	
1426	24/07/2014	15:00:00	15:50	Hembra	41	
1462	29/07/2014	19:30:00	19:45	Macho	46	
1458	29/07/2014	19:30:00	20:00	Macho	44	
1371	02/08/2014			Macho	43	
1488	17/08/2014	5:00:00		Hembra	44	
1519	19/08/2014	4:30:00	10:00	Hembra	38	
8308	19/08/2014	15:00:00	15:30	Macho	41	
8304	20/08/2014		8:40	Macho	42	
1475	22/08/2014	12:00:00	12:30	Hembra	38	
1491	04/09/2014	22:00:00	05/09/2014 4:00	Macho	42	
1480	17/09/2014	22:00:00	18/09/2014- 8:30:00	Hembra	45	
1514	05/10/2014	5:00:00	05/10/2014 - 7:00:00	Hembra	39	
8414	08/10/2014	7:30:00	8:30	Hembra	41	
1451	08/10/2014	9:00:00	9:30	Macho	45	
1489	08/10/2014	15:00:00	15:15	Macho	46	
1502	14/10/2014	15:15:00	15:30	Macho	45	
1463	14/10/2014	18:00:00	19:00	Macho	44	
2209	14/10/2014	21:00:00	15/10/2014 4:00	Macho	45	

Anexo 3. Libro de campo: Análisis de las muestras de calostro.

N° Arete de la madre	Fecha de análisis	Hora de análisis	Ig (mg/ml)	Color de la escala
1518	07/05/2014	8:00	90	Verde
1391	09/05/2014	11:00	60	Verde
1483	09/05/2014	16:30	110	Verde
1487	12/05/2014	9:00	130	Verde
1465	14/05/2014	8:30	100	Verde
1419	15/05/2014	9:45	40	Amarillo
1393	15/05/2014	9:45	130	Verde
2189	16/05/2014	11:30	105	Verde
1428	19/05/2014	15:00	90	Verde
2203	21/05/2014	11:00	95	Verde
1397	26/05/2014	11:30	115	Verde
1509	27/05/2014	8:30	75	Verde
1472	09/06/2014	14:30	100	Verde
1454	10/06/2014	8:30	125	Verde
1503	20/06/2014	8:15	80	Verde
1385	25/06/2014	8:15	70	Verde
1481	04/07/2014	18:30	70	Verde
1484	08/07/2014	9:30	100	Verde
1504	10/07/2014	11:30	25	Rojo
1493	17/07/2014	12:00	115	Verde
1378	19/07/2014		160	Verde
1426	24/07/2014	18:40	30	Rojo
1462	29/07/2014	20:30	125	Verde
1458	29/07/2014	20:30	100	Verde
1371	02/08/2014		100	Verde
1488	17/08/2014	8:00	110	Verde
1519	19/08/2014	10:30	125	Verde
8308	19/08/2014	15:30	120	Verde
8304	20/08/2014	11:00	100	Verde
1475	22/08/2014	13:00	70	Verde
1491	05/09/2014	8:30	35	Rojo
1480	18/09/2014	9:30	60	Verde
8313	19/09/2014		95	Verde
1514	06/10/2014	8:45	115	Verde
8314	08/10/2014	10:00	110	Verde
1451	08/10/2014	10:30	80	Verde
1489	08/10/2014	15:30	110	Verde
1502	14/10/2014	15:45	130	Verde
1463	15/10/2014	14:00	110	Verde
2209	15/10/2015	14:00	110	Verde

Anexo 4. Resultados de hematología de los animales en estudio (n=39).

N° Arete	Ht	Hb	Leu	Eri	Pla	Neu	Linf	Mon	Eos	Bas	Band	HCM	VCM	CCMH
	%	g/dl	10 ³ /ul	10 ⁶ /ul	10 ⁴ /mm ³	%	%	%	%	%	%	pg	fl	%
1518	29,6	9,46	8,5	6,7	41	56	39	2	3	0	0	14,1	44,2	31,9
1419	36,9	13,39	7	8,4	39,6	62	33	1	4	0	0	15,9	43,9	36,2
2189	11,5	11,52	12,4	8,7	29	66	30	2	2	0	0	13,1	43,9	30,2
1483	35,7	11,89	9	8,1	32	64	32	1	3	0	0	14,7	44,1	33,3
1428	37,8	11,92	8,5	8,7	49	69	21	2	8	0	0	13,8	43,7	31,5
1487	34,9	11,41	10,2	8	27,1	60	35	2	3	0	0	14,4	43,9	32,7
1391	34,2	10,08	8,2	7,8	28	56	39	1	4	0	0	12,9	44,1	29,5
1393	38,1	12,36	7	8,6	38	67	30	2	1	0	0	14,4	44,5	32,4
1465	37,3	11,59	9,1	8,5	30,1	54	39	4	3	0	0	13,6	43,7	36,1
2203	34,2	10,78	12,7	7,8	27,1	52	38	3	7	0	0	13,8	43,9	31,5
1397	30,6	9,38	8,3	7	39,1	51	28	1	20	0	0	13,4	43,7	30,7
1509	29,8	9,35	8	6,8	3,3	47	39	2	12	0	0	13,7	43,7	31,4
1454	33,1	10,12	7	7,5	43,1	46	45	2	7	0	0	13,4	43,9	30,6
1472	34,1	10,27	7,5	7,8	32,1	53	43	2	2	0	0	13,2	43,8	31,1
1503	31,8	10,3	7,8	7,2	31	51	42	1	6	0	0	14,2	43,9	32,4
1385	33,1	11,04	7,6	7,6	39,1	65	29	2	4	0	0	14,6	43,7	33,4
1481	33,9	11,15	7,7	7,8	44,1	61	30	3	6	0	0	14,4	43,7	32,9
1484	33,9	10,89	8,3	7,7	30,1	52	41	1	6	0	0	14,1	43,9	32,1
1378	33,4	10,67	8,3	7,6	41,1	55	40	2	3	0	0	13,9	43,7	31,9
1493	33,2	10,43	9,7	7,6	39,5	40	44	2	14	0	0	13,8	43,9	31,4
1426	27,3	8,94	6,9	6,3	29,1	48	47	3	2	0	0	14,2	43,4	32,7
1462	34,9	10,78	8,8	8	48,1	57	34	1	8	0	0	13,6	43,9	30,9
1371	35,7	11,26	8,2	8,2	42,6	67	28	1	4	0	0	13,7	43,5	31,5
1458	31,4	9,94	8,9	7,2	41	59	38	1	2	0	0	13,9	43,7	31,7
1519	32,8	10,67	7,5	7,5	41	61	35	2	2	0	0	14,2	42,6	32,5
1488	34,6	11,04	8,8	7,9	39,5	51	45	2	2	0	0	13,9	43,7	31,9
8304	34,6	11,22	10,2	7,9	40,1	53	35	1	11	0	0	14,2	43,7	32,4
8308	33,9	10,41	8,6	7,8	40,1	59	39	1	1	0	0	13,4	43,8	30,7
1475	35,9	10,78	12	8,3	32,1	44	48	3	5	0	0	13,1	43,5	30
1491	32,8	11,08	8,9	7,5	31,1	46	49	2	3	0	0	14,8	43,7	33,8
1451	35,6	11,22	7,5	8,2	36	52	34	2	12	0	0	13,7	43,7	31,5
1489	31,3	9,57	7,7	7,2	29,1	62	33	2	3	0	0	13,4	43,7	30,6
1480	34,8	11,99	7,3	8	39	62	33	1	4	0	0	15,1	43,7	34,5
8313	35,2	11	9	8,1	36,1	58	38	1	3	0	0	13,6	43,7	31,3
1502	35,2	11,04	8,6	8,1	42	65	32	2	1	0	0	13,6	43,6	31,4
1463	33,9	10,67	7,9	7,8	33	51	47	1	1	0	0	13,8	43,7	31,5
1514	32,5	10,23	8	7,4	31	55	38	3	4	0	0	13,8	43,6	31,6
2209	35,1	10,67	9,4	8	24	60	35	3	2	0	0	13,3	43,7	30,4
8314	35,3	11,04	9,7	8,1	29,1	60	30	2	8	0	0	13,7	43,7	31,3

Anexo 5. Resultados de bioquímica sanguínea de los animales en estudio (n=39).

N° Arete	GGT	SDH	BT	BD	BI	PT	Alb	Glob	Crea	BUN	Ca	Mg	P	Glu	Chol	CPK
	U/l	U/l	mg/dl	mg/dl	mg/dl	g/dl	g/dl	g/dl	g/dl	mg/dl	mg/dl	mg/dl	mg/dl	mg/dl	mg/dl	U/l
1518	23,6	11,17	0,18	0,08	0,1	5,88	3,22	2,66	1,44	15,91	8,68	1,61	20,86	55,3	106,1	104
1419	17,8	7,35	0,18	0,09	0,09	7,8	4,11	3,69	1,37	20,51	8,02	2,2	19,79	37,2	106,8	78,5
2189	17,9	6,15	0,23	0,1	0,13	7,29	3,89	3,4	1,55	20,99	8,32	3,86	18,36	45,6	151	1109,2
1483	19,3	7,9	0,2	0,05	0,15	7,02	3,99	3,03	1,29	21,66	8,99	2,51	9,87	47,1	82,9	66,3
1428	13	9,23	0,2	0,09	0,11	7,09	3,83	3,26	1,26	18,69	8,36	1,62	10,43	49,8	134	84,8
1487	17,6	9,43	0,16	0,04	0,12	7,83	3,43	4,4	1,03	18,31	8,91	1,78	6,51	43,5	138,8	92,1
1391	19,6	7,23	0,21	0,05	0,16	8,34	3,8	4,54	1,23	19,74	8,13	2,69	3,82	39,3	82,9	67,3
1393	16,6	8,39	0,22	0,12	0,1	7,14	3,87	3,27	1,42	19,84	8,04	2,49	4,3	41,4	113,6	54,2
1465	22,1	10,39	0,17	0,07	0,1	6,95	3,31	3,64	1,16	18,69	8,78	2,77	4,69	51,4	89,1	99
2203	12,6	7,23	0,49	0,13	0,36	7,05	3,59	3,46	1,41	15,42	7,51	2,19	6,46	48,9	108,2	113,5
1397	19,9	12,34	0,21	0,06	0,15	7,8	3,26	4,54	1,41	21,55	8,39	1,76	6,06	59,5	76,2	42,8
1509	14,5	9,92	0,17	0,08	0,09	6,61	3,67	2,94	1,26	20,34	10,21	2,75	4,99	49,5	75,5	46,9
1454	13,2	12,38	0,31	0,08	0,23	7,41	3,11	4,3	2,07	23,92	8,07	2,53	6,91	64,5	81,3	55,8
1472	24,1	8,26	0,62	0,25	0,37	8,29	3,46	4,83	3,1	20,43	8,53	2,02	4,36	49,7	121,4	118,7
1503	24,9	15,66	0,21	0,12	0,09	6,16	3,2	2,96	1,73	20,14	9,04	3,54	9,02	50,8	112,9	17,2
1385	23,3	13,15	0,16	0,01	0,15	7,31	3,06	4,25	1,93	15,54	8,19	2,34	3,97	51,9	107,5	54,2
1481	9,7	11,15	0,14	0,01	0,13	7,51	3,32	4,19	0,71	16,09	8,51	2,86	5,99	21,6	70,1	88,9
1484	9,95	22,18	0,33	0,26	0,07	6,66	3,2	3,46	0,06	18,59	8,8	2,01	5	40,2	129,9	349,2
1378	8,68	24,33	0,16	0,01	0,15	6,32	2,86	3,46	1,8	17,29	7,61	1,56	7,47	40,2	129,9	349,2
1493	4,26	12,34	0,21	0,08	0,13	6,54	2,5	4,04	1,6	15,48	8,09	2,16	6,91	57,7	128,6	227,8
1426	7,43	12,82	0,13	0,03	0,1	7,93	3,06	4,87	1,66	20,29	7,75	2,14	6,77	54,1	103	67,8
1462	15,63	13,24	0,27	0,13	0,14	7,85	3,77	4,08	0,08	29,61	9,13	2,26	5,61	53,5	108,8	68,5
1371	17,05	10,29	0,34	0,16	0,18	7,52	3,17	4,35	1,68	15,75	7,89	2,15	6,34	44,7	100	55,8
1458	1,42	15,46	0,23	0,1	0,13	6,93	3,65	3,28	1,84	12,86	8,88	1,97	6,83	46,8	125,9	80,9
1519	15,16	13,02	0,2	0,08	0,12	6,57	3,33	3,24	1,63	9,51	8,33	2,23	5,34	44,7	103,4	82,6
1488	5,68	12,75	0,18	0,09	0,09	7,06	3,29	3,77	0,69	12,98	8,05	2,95	6,85	42,8	86,4	73,6
8304	7,58	14,93	0,21	0,13	0,08	6,25	3,02	3,23	2	16,11	9,51	2,25	5,95	40,2	95,9	92,6
8308	3,32	11,1	0,2	0,14	0,06	6,48	3,29	3,19	2,04	16,9	8,16	2,18	7,14	40,8	101,4	89,3
1475	3,18	12,94	0,23	0,03	0,2	7,41	2,9	4,51	1,54	15,16	10,32	1,48	7,02	44,2	95,2	86,5
1491	8,53	8,36	0,2	0,01	0,19	5,87	2,91	2,96	3,63	11,74	8,11	2,33	5,48	63,4	114,3	93,6
1451	25,58	13,35	0,13	0,01	0,12	6,51	3,58	2,93	0,14	14,64	9,34	2,28	6,16	43,8	83,7	93,3
1489	26,68	9,66	0,31	0,26	0,05	6,22	3,2	3,02	1,77	12,71	8,3	2,42	7,97	44,1	134	106,1
1480	4,26	8,86	0,16	0,08	0,08	6,2	3,2	3	0,39	11,6	9,47	2,14	9,04	43,5	91,2	65,2
8313	2,84	9,72	0,21	0,09	0,12	6,15	3,4	2,75	1,42	14,82	10,05	2,14	11,15	55,3	93,2	76,9
1502	4,74	13,02	0,44	0,18	0,26	6,03	3,11	2,92	0,1	14,96	8,04	1,61	5,84	45,6	144,2	55,6
1463	2,37	12,7	0,26	0,1	0,16	7,48	3,4	4,08	0,66	13,28	8,73	1,82	7,15	50,2	139,5	38,9
1514	11,37	10,32	0,2	0,13	0,07	7,12	3,14	3,98	1,36	15,61	7,85	1,59	8,66	45,1	132,7	65,7
2209	3,79	7,22	0,23	0,01	0,22	5,36	2,69	2,67	0,86	13,21	7,94	1,59	5,31	62,5	82,3	98,3
8314	9,47	10,38	0,34	0,05	0,29	6,39	2,63	3,76	1,65	11,61	8,58	1,97	6,87	55,6	110,9	76,52

Anexo 6. Valores de Ig calostrales de los grupos de vacas de acuerdo a la raza o cruzamiento racial.

	Grupos		
Identificación	A	B	C
Raza/cruzamiento	Holstein Friesian	Brown Swiss	F1 (Holstein Friesian x Brown Swiss)
Número de vacas	19	2	6
Total Ig (mg/ml)	1960	120	630
Promedio Ig (mg/ml)	103,16	60	105

Anexo 7. Valores de Ig calostrales de los grupos de vacas de acuerdo a la duración del período de seco.

	Grupos	
Identificación	A	B
Período de seco (días)	45 – 60 días	>65 días
Número de vacas	6	25
Total Ig (mg/ml)	460	2510
Promedio Ig (mg/ml)	76,67	100,40

Anexo 8. Valores de Ig calostrales de los grupos de vacas de acuerdo a la época de parto.

	Tratamientos	
Identificación	A	B
Época de parto	Estación lluviosa	Estación seca
Número de vacas	32	7
Total Ig (mg/ml)	3030	765
Promedio Ig (mg/ml)	94,69	109,29

Anexo 9. Relación entre la gravedad específica del calostro y la concentración de Ig.

Calidad	Gravedad específica	Ig (mg/ml)
Pobre	1,027	1,42
	1,028	3,97
	1,029	6,52
	1,030	9,06
	1,031	11,61
	1,032	14,16
	1,033	16,70
	1,034	19,25
Moderada	1,035	21,80
	1,036	24,35
	1,037	26,89
	1,038	29,44
	1,039	31,99
	1,040	34,53
	1,041	37,08
	1,042	39,63
Excelente	1,043	42,18
	1,044	44,72
	1,045	47,27
	1,046	49,82
	1,047	52,36
	1,048	54,91
	1,049	57,46
	1,050	60,01
	1,051	62,55
	1,052	65,10
	1,053	67,65
	1,054	70,19
	1,055	72,74
	1,056	75,29
	1,057	77,84
	1,058	80,38
1,059	82,93	
1,060	85,48	
1,061	88,02	
1,062	90,57	
1,063	93,12	
1,064	95,67	
1,065	98,21	
1,066	100,76	
1,067	103,31	
1,068	105,85	

	1,069	108,40
	1,070	110,95
	1,071	113,50
	1,072	116,04
	1,073	118,59
	1,074	121,14
	1,075	123,68
	1,076	126,62

Tomada de Fleenor y Stott, 1980.

Anexo 10. Calendario de inmunizaciones del hato bovino de la Unidad de Apoyo a la Investigación del Programa de Ganadería de la EESC.

Enfermedad	Mes de aplicación											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Aftosa					T						T	
Brucelosis			t				t				t	
Bacterina triple toxoide (<i>Clostridium chauvoei</i> , <i>Clostridium septicum</i> y <i>Pasteurella multocida</i>)		t			t			T				t
Vacuna reproductiva (Rinotraqueitis Infecciosa Bovina (IBR), Diarrea Viral Bovina (BVD), Leptospirosis y Vibriosis)		T						t				t

Nota: T = Todo el hato; t = terneras.

Tomada de Programa de Ganadería de la EESC, 2014.

Registro fotográfico

Anexo 11. Sujeción del animal para la toma de las muestras de sangre.



Anexo 12. Desinfección de la zona de flebotomía.



Anexo 13. Extracción de las muestras de sangre.



Anexo 14. Extracción de las muestras de sangre para análisis de bioquímica sanguínea.



Anexo 15. Extracción de las muestras de sangre para análisis de hematología.



Anexo 16. Medición de la temperatura de las muestras de calostro bovino.



Anexo 17. Uso del hidrómetro (calostrómetro) para la determinación de la concentración de Ig (mg/ml) de las muestras de calostro bovino.



Anexo 18. Uso del hidrómetro (calostrómetro) para la determinación de la concentración de Ig (mg/ml) de las muestras de calostro bovino.

