

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Falla en la transferencia de inmunidad pasiva maternal en ganado bovino lechero de la sierra sur del Ecuador

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista

Autores:

Rosa Graciela Fajardo Arcentales

Ana María Ochoa Muñoz

Director:

Jaime Eduardo Maldonado Rivera

ORCID:  0000-0003-3392-0236

Cuenca, Ecuador

2024-07-24

Resumen

Esta investigación se desarrolló con muestras de productores lecheros ubicados en las provincias de Azuay y Cañar. El objetivo general de la tesis fue determinar la frecuencia con que ocurre falla en transferencia de inmunidad pasiva maternal (FTIPM) en el ganado bovino lechero de la sierra sur del Ecuador. Los productores se consideraron como pequeños y grandes tenedores. Se analizaron 120 partos, de esos eventos se tomaron muestras de sangre de los terneros dentro de la primera semana de vida (hembras y machos), la punción fue en la vena yugular con un sistema de colección de sangre al vacío, en tubos de 9 ml sin anticoagulante. Se centrifugaron las muestras y se extrajo el suero sanguíneo. Se separaron 2 alícuotas para analizar: proteínas séricas totales por refractometría y proteínas totales, albúmina y globulina por espectrofotometría. Así también se colectaron 300 ml de calostro de las madres para establecer su calidad a través de la medición de gravedad específica y concentración de azúcares. Las muestras con una concentración de proteínas totales menores a 5,5 g/dl se consideraron con FTIPM. Los calostros con baja densidad (<1.035) y/o concentración de azúcares menor al 20% se consideraron de baja calidad. Se estableció una frecuencia de 26,36% de animales con FTIPM. No se encontró asociación estadística con las variables sexo de las crías, paridad de la vaca, tipo de granja, con la presentación de FTIPM sin embargo, si se determinó asociación con la densidad del calostro y la procedencia territorial de las muestras. Se observó diferencias en la concentración de globulinas y en el ratio albúmina/globulina entre los individuos "Protegidos" y los que presentaron FTIPM. Los resultados del análisis mostraron una alta concordancia entre las mediciones realizadas mediante espectrofotometría y refractometría. Sin embargo, la concordancia entre las mediciones de calidad del calostro obtenidas por densitometría y refractometría Brix fue baja.

Palabras clave del autor: calostro, proteínas, inmunoglobulinas, Brix



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

This research was carried out with samples from dairy producers located in the provinces of Azuay and Cañar. The general objective of the thesis was to determine the frequency with which passive maternal immunity transfer failure (FTIP) occurs in dairy cattle in the southern highlands of Ecuador. Producers were considered as both small and large holders. A total of 120 births were analyzed, from which blood samples were taken from calves within the first week of life (females and males) collected from the jugular vein with a vacuum blood collection system, in 9 ml tubes without anticoagulant. The samples were processed to extract the blood serum. 2 aliquots were separated for analysis: total serum proteins by refractometry and total proteins, albumin and globulin by spectrophotometry. 300 ml of colostrum was also collected from the mothers to measure its specific gravity and sugar concentration. There was a frequency of 26.36% of animals with maternal passive immunodeficiency transfer failure. No influence was found for sex, parity, type of farm, and differences for colostrum density and territorial origin. The concentration of globulins in the "Protected" individuals was higher than that of those suffering from FTIPM. All analysis showed a high relationship between the measurements made by spectrophotometry and refractometry. However, that relationship between colostrum quality measurements obtained by densitometry and Brix refractometry was low.

Author Keywords: caloster, proteins, immunoglobulins, Brix



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Capítulo 1:	12
1.2. Introducción	12
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo General	14
1.3.2. Objetivos específicos	14
Capítulo 2: Revisión de Literatura	15
2.1. Calostrogénesis	15
2.2. Calidad Nutricional del Calostro	15
2.3. Vitaminas liposolubles y solubles	18
2.4. Minerales	20
2.5. Aminoácidos	21
2.6. Ácidos Grasos.....	22
2.7. Carbohidratos	23
2.8. Calidad inmunológica.....	23
2.9. Manejo del calostro y monitoreo de calidad.	24
2.10. Conceptos generales sobre la inmunidad pasiva maternal en ganado bovino.....	24
2.11. Evaluación de la inmunidad pasiva maternal	25
2.12. Evaluación del factor materno	25
2.13. Evaluación del factor cría.....	26
2.13. Falla de la inmunidad pasiva maternal	27
3. Metodología.....	29
3.1. Materiales físicos	29
3.2. Materiales biológicos.....	29
3.3. Materiales químicos.....	29
3.4. Localización	30

3.5. Recolección de calostro	30
3.6. Obtención de la muestra de sangre.....	30
3.7. Obtención de la muestra de suero.....	30
3.8. Refractometria.....	30
3.9. Espectrofotometría	30
3.8. Análisis Experimental del calostro	31
3.8.2. Concentración de azúcares en calostro.....	31
4. Resultados	32
5. Discusión	35
5.1 Frecuencias de la ocurrencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva maternal (FTIPM) en la muestra investigada.....	35
5.2 Asociaciones entre la FTIPM y las variables: Sexo, Paridad, Tipo de granja, Procedencia, Densidad calostro y Grados Brix.....	35
5.3 Descripción de los parámetros de calidad del calostro.....	37
5.4 Comparación entre los animales con “Falla en la transferencia de inmunidad pasiva maternal” (FTIPM) y los animales “Protegidos”.....	38
5.5 Comparación entre los métodos utilizados para determinar proteínas totales en suero y calidad de calostro.....	39
6. Conclusiones	41
7. Referencias Bibliográficas	42
Anexos.....	48

Índice de gráficos

Gráfico 1: Comparación de FTIPM entre el Tipo de Granja	48
Gráfico 2: Comparación de FTIPM entre el Tipo de Grados Brix	48
Gráfico 3: Comparación de FTIPM entre el Tipo de Densidad.....	49
Gráfico 4: Comparación de FTIPM entre el Sexo.....	49
Gráfico 5: Comparación de FTIPM entre la Procedencia.....	50
Gráfico 6 : Comparación de FTIPM entre la Cantidad de Partos	50
Gráfico 7: Histograma de Frecuencias para las Proteínas Totales en Espectrofotometría	51
Gráfico 8: Histograma de Frecuencias para la Proteínas Totales en Refractometría	51
Gráfico 9 : Histograma de Frecuencias para la Albúmina	52
Gráfico 10 : Histograma de Frecuencias para la Globulina	52
Gráfico 11: Histograma de Frecuencias para la relación Albúmina/Globulina.....	53
Gráfico 12 : Diagramas de Cajas para la relación Albúmina/Globulina entre animales con y sin FTIPM	53

Índice de tablas

Tabla 1. Composición del calostro bovino.....	16
Tabla 2. Porcentaje de los componentes nutricionales desde el parto a los 90 días en leche.	18
Tabla 3. Funciones de las Vitaminas en el neonato bovino.....	19
Tabla 4. Minerales presentes en el calostro bovino y su funcionalidad.	20
Tabla 5. Concentración de aminoácidos en el transcurso del tiempo.	21
Tabla 6. Inmunoglobulinas presentes en el calostro	23
Tabla 7. Asociación entre la FTIPM y las variables Sexo, Calidad del Calostro, Tipo de granja, Procedencia, y Paridad de la Vaca.	32
Tabla 8. Análisis descriptivo de las variables independientes.....	33
Tabla 9. Comparación de las variables en función de FTIPM o Protegido.	33
Tabla 10. Acuerdo entre las dos técnicas de medición de calidad de calostro. ..	50
Tabla 11 . Índice de correlación intraclass para la concordancia de las metodologías de medición de PT.	53

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación dedico a mi esposo Xavier por ser mi pilar de fortaleza, un ejemplo de inspiración, perseverancia para alcanzar el éxito en mi carrera universitaria, con su ayuda incondicional he podido llegar a cumplir una meta más propuesta, a mis hijos Francisco y Moisés ya que ellos han aportado mucho en el largo de esta vida, siendo el apoyo más grande para cumplir esta meta, a mi Mami Rosa que es mi ángel que está en el cielo y desde ahí me ilumina y guía en todos los instantes de mi vida y a mi Papi Luis por todo su apoyo incondicional.

Rosa Graciela Fajardo Arcoriales

Dedicatoria

A Dios quien ha sido mi poder superior que me ha guiado en cada una de mis decisiones y trabajos para mi crecimiento profesional. Y a un ser muy especial, quien me acompaña en mis momentos más difíciles a lo largo de este trabajo de titulación, siempre dándome ánimos y buenas energías para no rendirme antes las adversidades. Y a mis padres quienes han sido el pilar fundamental dentro de mi crecimiento académico.

Ana María Ochoa Muñoz

Agradecimientos

A Dios y a la Virgen agradezco por ser fuente de fortaleza y entendimiento en este logro académico por guiar me en todos mis sueños y metas.

Agradezco a Xavier por ser un esposo maravilloso y amoroso, que me ha apoyado junto a mí por verme realizada como una profesional todo esto es gracias a usted.

A mis hijos Francisco y Moisés, que fueron mi inspiración para culminar mis estudios y ser un ejemplo de perseverancia y superación para ellos.

A mi papá Luis que siempre me brindó su apoyo en mi vida universitaria.

A mis suegros Georgina y Federico por sus consejos y apoyo en todo momento de mis estudios.

A mi abuelita Carmelina por todos sus consejos, "que decía estudia para que sea una excelente profesional y tengan ejemplo de superación tus hijos".

Y a toda mi familia que supieron aportar de una u otra forma con su sabiduría, amor y consejos.

A la academia por brindarme a toda su planta docentes que guiaron el camino al conocimiento.

De manera especial a nuestro tutor y asesor de tesis, Dr. Jaime Maldonado que nos ha dado su tiempo, dedicación y ayuda para que el presente trabajo llegue a su fin con éxito.

A nuestros revisores de tesis Dra. Silvana Méndez, Ing. Raúl Guevara y Dr. Jorge Dután por haber aceptado ser parte, dedicar tiempo y empeño a esta actividad.

Rosa Graciela Fajardo Arcoriales

Agradecimientos

Agradezco a mi familia por el apoyo brindado los primeros años de mi carrera universitaria, pero sobre todo a los miembros de la Comunidad de AA quienes han sido mi pilar fundamental ante los obstáculos que se me han presentado, personas que me acompañaron, me brindaron su apoyo, su paciencia y cariño en las buenas y en las malas, agradecida infinitamente por su tolerancia.

Agradecida con la Universidad de Cuenca, por mantenerme las puertas abiertas para cursar mi carrera durante todo este periodo, también hago extenso e infinito mi agradecimiento a mis grandes amigos Carla R. Jorge R. Andy S. Nathaly S. Ma. José V y Laura G. con los cuales he compartido momentos inolvidables y han aportado sus conocimientos en mi formación académica.

Ana María Ochoa Muñoz

Capítulo 1

1.2. Introducción

En Ecuador, históricamente la actividad ganadera ha involucrado a miles de familias dependientes socioeconómicamente de las granjas lecheras. Actualmente se manejan alrededor de 3,8 millones de bovinos y se producen más de 5,5 millones de kilogramos de leche. (Opiales y Chuzán, 2023). Para sostener la actividad con buena productividad en eficiencia y sostenibilidad se deben realizar buenas prácticas pecuarias y veterinarias y así evitar el surgimiento de enfermedades, mortalidad, problemas reproductivos, baja producción y deficiencias nutricionales.

Uno de los problemas más importantes en la ganadería lechera es la presencia de enfermedades infecciosas de los terneros en las primeras semanas de vida, generalmente producto de la falla en la transferencia de inmunidad pasiva maternal (FTIPM), ocasionada por un inadecuado manejo del calostro o de su calidad, sabiendo que en los rumiantes la única fuente de anticuerpos maternales es el calostro ya que durante la gestación no pueden llegar al feto por la especial estructura placentaria en esta especie. (Carter et al., 2021). Asegurar la adecuada transferencia de anticuerpos es importante para evitar la morbilidad y la mortalidad de los terneros, reducir el uso de antibióticos, los costos de producción y mejorar el bienestar animal. (Acosta et al., 2023).

El calostro corresponde a la primera secreción de la glándula mamaria su composición es muy compleja en proteínas, vitaminas, grasas, minerales, componentes inmunológicos y factores de crecimiento que favorecen la vitalidad del ternero. Las inmunoglobulinas (Ig) del calostro neutralizan toxinas, actúan como antimicrobianos y antivirales (Reyes-Portillo et al., 2020; Hamm et al., 2020). El calostro también ayuda en la regulación del sistema inmune, la maduración intestinal y promueve el desarrollo del organismo.

El calostrado puede darse de distintas maneras; por lactación directamente de madre o de nodrizas, sustitutos de calostro, por alimentador esofágico, con biberones o a balde con o sin adición de suplementos a base de inmunoglobulinas (López et al., 2016). La calidad y composición del calostro pueden variar de acuerdo a distintos factores como la hora a la que se suministre después del parto (López y Heinrichs, 2022), al número de partos (Scandolo y Maciel, 2017; Jimenez, 2020), la raza de la madre, el tipo de granja, el sexo de la cría y otros factores. (Begazo 2013).

Para analizar la calidad de calostro son muy utilizados la refractometría Brix y el calostro densímetro. (Lichtmannsperger et al. 2023) La FTIPM en el ganado bovino sucede cuando no se administra una cantidad adecuada de calostro de buena calidad en las primeras horas de vida, si esto no ocurre en el recién nacido corre el riesgo de contraer enfermedades o morir. (Tang et al., 2021).

Otra forma de evaluar la calidad del calostro, en su manejo y la protección de los terneros es la medición de proteínas séricas totales en la sangre del ternero en la primera semana de vida, si estas tienen valores inferiores a 5,5 g/dl se considera que el individuo presenta FTIPM. (Vargas-Villalobos y Elizondo-Salazar, 2014; Gamsjager, et al. 2023; Lombard, et al. 2020; Lopez y Heinrichs, 2022).

Esta investigación analizó la frecuencia con la que se presenta FTIPM, así como su asociación con distintas variables: categorías de sexo de las crías, procedencia de las muestras, tipo de granja, paridad de la vaca, calidad del calostro según densidad y grados Brix, mediante el uso de X² y Odds Ratio. Además, se analizó la concordancia entre dos técnicas para medir proteínas totales en suero (refractometría y espectrofotometría) y calidad de calostro (refractometría Brix y calostro densímetro) (Sockett et al., 2023).

En este trabajo también se analizó la concentración de albúmina para obtener indirectamente el valor de globulina y de esa manera establecer el ratio albúmina/globulina y su relación con la presentación de FTIPM.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la frecuencia con que ocurre falla en la transferencia de inmunidad pasiva maternal (FTIPM) en el ganado bovino lechero de la sierra sur del Ecuador.

1.3.2. Objetivos específicos

- Establecer la frecuencia de FTIPM en relación a las variables sexo de los terneros, calidad de calostro, paridad de las vacas, procedencia de las muestras y tipo de productor.
- Establecer si la concentración de globulinas y la relación albúmina/globulina son diferentes en animales que presentan FTIPM.

Capítulo 2

2.1. Calostrogénesis

La lactancia es una característica que define a los mamíferos. La glándula mamaria es el órgano diseñado para la producción de dos alimentos esenciales para la vida del neonato. El calostro es por un lado óptimo para inducir la inmunidad pasiva en el recién nacido y por otro la producción de leche que provee de nutrientes básicos para el lactante (Arizala & Olivera, 2007). Sin embargo, los terneros nacen sin anticuerpos debido a que los bovinos poseen una placenta sindesmocorial que impide la transferencia de Ig de la madre al feto (Casas & Canto, 2015). Durante la calostrogénesis, que inicia entre 30 y 45 días antes del parto, se produce el transporte de Ig maternales al calostro, principalmente IgG del subisotipo IgG1, debido a la expresión de receptores en el acino mamario para la porción Fc de las Ig. El origen de las IgG e IgM es principalmente sérico, correspondiendo al 80% y 7% respectivamente de las Ig del calostro. La IgA es sintetizada localmente y representa el 6%. El calostro también contiene células maternales como: leucocitos, linfocitos, neutrófilos, macrófagos, factores de crecimiento, hormonas, citoquinas, factores antimicrobianos no específicos y nutrientes (Fernandez et al., 1994). Pero durante la calostrogénesis la concentración de Ig, aumenta notablemente en las dos semanas previas al parto debido a la influencia de hormonas lactogénicas, entre ellas la prolactina, su efecto cesa bruscamente después del parto. El calostro permanece en la glándula mamaria del bovino las primeras 24 horas posparto. (Antelo del Rio, 2021)

2.2. Calidad Nutricional del Calostro

El calostro bovino se conoce como la primera secreción producida por la glándula mamaria de las vacas, que se obtiene en las primeras horas después del parto (Mohanta et al., 2021). Es de gran importancia en el periodo perinatal ya que los becerros adquieren inmunidad y respuesta inmunológica mediada por células (Reyes-Portillo et al., 2020)

La composición del calostro bovino en términos de vitaminas, se destaca la presencia de vitaminas tanto solubles en agua como en grasa, por ejemplo, las del grupo B, así como b-caroteno, tocoferol, colecalciferol y filoquinona. En cuanto a los minerales se registra un contenido significativo del 7.8%, abarcando tanto minerales mayores como traza, entre ellos cloruros, citratos y fosfatos. La contribución de aminoácidos es esencial, incorporando tanto esenciales como condicionales y no esenciales como

arginina, histidina isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina y valina. La proporción de ácidos grasos y aceites es notable, constituyendo el 22.3% de ácidos grasos saturados, ácidos grasos saturados de cadena corta y media, ácidos grasos poliinsaturados, ácidos grasos monoinsaturados, ácido linoleico conjugado y ácidos grasos trans. Los carbohidratos, representados principalmente por lactosa, conforman el 17.45%, incluyendo glucosa, fructosa, glucosamina, galactosamina, acido N-acetilneuramínico y oligosacáridos. Esta diversidad en la composición nutricional del calostro bovino subraya su importancia como fuente vital para el desarrollo inicial de los terneros (Mehra & Powar, 2021)

Tabla 1. Composición del calostro bovino

Componentes	Calostro	Unidades
Grasa	6.7	%
Proteína	14.36	%
Lactosa	2.6	%
Sólidos totales	25.77	%
Cenizas	0.05	%
Inmunoglobulina G	32	mg/ml
Inmunoglobulina G1	34	mg/ml
Inmunoglobulina G2	6.00	mg/ml
Inmunoglobulina A	1.6	mg/ml
Inmunoglobulina M	4.00	mg/ml
Lactoferrina	0.84	mg/ml
Retinol	3.85	ug/g
Tocoferol	2.92	ug/g
B-caroteno	0.68	ug/g
Vitamina E	80.59	ug/g

Tiamina	0.74	ug/ml
Riboflavina	4.69	ug/ml
Niacina	0.65	ug/ml
Vitamina B12	0.4	ug/ml
Ácido Fólico	0.01	ug/ml
Piridoxal	0.13	ug/ml
Piridoxamina	0.20	ug/ml
Piridoxina	0.03	ug/ml
Ácido pantoténico	1.5	ug/ml
Calcio	3.658	mg/kg
Fósforo	4450	mg/kg
Magnesio	566.57	mg/kg
Sodio	879.42	mg/kg
Potasio	2122.895	mg/kg
Zinc	24.85	mg/kg
Hierro	3.62	mg/kg
Cobre	0.47	mg/kg
Azufre	2594.66	mg/kg
Manganese	0.15	mg/kg
Bacterias mesófilas	< 10 000	ufc/cm ³
Bacterias coliformes	Ausencia en 1 cm ³	
Escherichia coli	Ausencia en 1 cm ³	
RCS	< 300.00	ufc/cm ³

Adaptado de : (Kehoe, 2014) - (Costabel et al., 2018)

Se han identificado diversas funciones biológicas tanto en la leche cruda como en el calostro bovino. Los valores promedio de los parámetros físico-químicos del calostro y su evolución a leche durante un periodo de 90 días después del parto, se observa una disminución gradual en el contenido de grasa y proteína, mientras que la concentración de lactosa tiende a aumentar con el tiempo. Estas variaciones indican la adaptación de la composición del calostro para satisfacer las necesidades cambiantes del ternero en sus primeros días de vida. Estos elementos nutritivos contribuyen a suministrar energía, al mismo tiempo que los compuestos bioactivos desempeñan un papel en la defensa contra diversas infecciones, enfermedades, así como en el proceso de crecimiento y desarrollo. (Mohanta et al., 2021)

Tabla 2. Porcentaje de los componentes nutricionales desde el parto a los 90 días en leche.

Día postparto	Grasa %	Proteína %	Lactosa %
1	3.55	16.12	2.69
2	3.49	5.43	3.04
3	4.5	4.54	3.52
4	4.36	4.41	3.82
5	3.89	4.23	4.15
15	3.66	4.01	4.32
30	3.72	3.08	4.54
60	3.95	2.94	4.61
90	3.51	2.94	4.70

Adaptado de: (Mohanta et al., 2021)

2.3. Vitaminas liposolubles y solubles

El calostro bovino incluye vitaminas liposolubles (Vitamina A, D, K y E), vitaminas hidrosolubles (Vitamina B y C) en concentraciones variables, que dependen de diversos factores como la etapa de lactancia, la dieta de la madre y otros aspectos físicos. (Davison et al., 2020)

Dentro de la vitamina A, incluye a los pigmentos de la retina, el ácido retinoico, el retinol, el éster de retinilo y el betacaroteno. La vitamina D en el calostro se presenta en dos variantes que son el ergocalciferol (D2) y el colecalciferol (D3). Estos componentes se producen a través de la exposición a la radiación ultravioleta siendo el primero en ser sintetizado en plantas y el segundo en la piel de la vaca. (Arslan et al., 2021)

La vitamina E se presenta en dos formas distintas, que son los tocotrienoles y los tocoferoles (Idamokoro et al., 2020). Por otro lado, la vitamina K se encuentra en dos subtipos diferentes, la filoquinona y las menaquinonas. En cuanto al ácido ascórbico, conocido como vitamina C, se encuentra en cantidades reducidas y se sintetiza en el hígado de las vacas, de allí su proceso de metabolización para las respectivas funciones biológicas en el organismo (Arslan et al., 2021).

Puppel et al., (2019) menciona que la concentración de vitaminas liposolubles en el calostro está vinculada al contenido de grasa experimentando cambios significativos según la estación y las condiciones ambientales, durante el invierno el contenido de grasa es considerablemente menor en comparación del verano. Además, el calostro bovino despliega una variable gama de funciones cruciales gracias a su contenido de vitaminas.

Tabla 3. Funciones de las Vitaminas en el neonato bovino

Factor Nutricional	Función
Retinol (Derivado Vitamina A)	Estimula la producción de colágeno, elastina y ácido hialurónico.
Tocoferol (Vitamina E)	Colabora en la formación de eritrocitos, formación de coágulos e interviene en el combate de cuerpos extraños dentro del organismo.
B-caroteno	Efecto antioxidante y antiinflamatorio dentro del organismo.
Tiamina (Vitamina B1)	Contribuye en la conversión de los alimentos en energía.
Riboflavina (Vitamina B2)	Participa en las reacciones redox (oxidación-reducción).
Niacina (Vitamina B3)	Interviene en el metabolismo de los HC, grasas y proteínas.

Vitamina B12	Formación del ácido desoxirribonucleico (ADN) y mantener la vitalidad de neuronas y sangre.
Ácido fólico	Formación de glóbulos rojos y desarrollo de tejidos, durante el metabolismo celular.
Piridoxal	Síntesis de hemoglobina y aminoácidos, participa en la gluconeogénesis.
Acido Pantoténico (Vitamina B5)	Metabolismo de las grasas.
Piridoxina (Vitamina B6)	Participan como cofactores enzimáticos, interviene en la absorción de hierro.

Fuente : (Chazi, 2006)

2.4. Minerales

La presencia de minerales en el organismo del ganado puede experimentar cambios notables debido a diversos factores, tanto internos como externos, tales como el estrés por calor, las condiciones del entorno y la dieta. El calcio y el fosfato, por ejemplo, se hallan en concentraciones de aproximadamente 4 a 5 veces mayores en comparación con la leche madura (77.5% de minerales totales), manteniendo un equilibrio entre el estado coloidal y el suero. (Lucey & Horne , 2009)

El calostro en vacas que han tenido crías previamente presenta una mayor cantidad de calcio (4716.10 mg/Kg) para satisfacer las necesidades del neonato bovino, en la formación ósea más específicamente. Además, se presentan aproximadamente 20 macroelementos como el manganeso, hierro, zinc, sodio, fósforo, etc. que son esenciales para el crecimiento y salud inicial del ternero. (McGrath et al., 2015).

Tabla 4. Minerales presentes en el calostro bovino y su funcionalidad.

Mineral	Concentración (mg/kg)	Función
Calcio	4716.10(Santos & Monogr, 2019)	Formación ósea.
Fósforo	4452.10	Mantener el balance ácido-base (pH).

Sodio	1058.93	Control de la presión arterial.
Potasio	2845.89	Regulación del volumen celular y pH intracelular.
Zinc	38.10	Participa en metabolismo de los carbohidratos.
Cobre	0.34	Contribuye en el mantenimiento del tejido conjuntivo.
Hierro	5.33	Formación de eritrocitos y hemoglobina.
Azufre	2595.67	Síntesis de proteínas.
Magnesio	733.24	Regula las acciones de la paratohormona y la vitamina D.

Adaptado de: (Garriga & Montagna, 2020) (Santos & Monogr, 2019)

2.5. Aminoácidos

La concentración promedio de aminoácidos es más alta en las etapas iniciales después del parto y tiende a disminuir a medida que transcurre el tiempo. Por ejemplo, entre los más representativos, la treonina experimenta una reducción de 6.34 a 4.24 mg/kg, la valina de 7.32 a 5.38 mg/kg y la leucina de 8.78 a 8.47 mg/kg en las primeras 72 horas postparto. Estas variaciones de los aminoácidos generan una alteración en la composición del calostro durante un periodo crítico, de tal forma que influyen en la nutrición y desarrollo inicial del ternero. (Mehra & Powar, 2021). La caseína es la proteína predominante en el calostro y se produce en la glándula mamaria. Cumple la función de ser un medio de transporte para los aminoácidos de la madre al neonato bovino, contribuyendo al crecimiento y desarrollo del ternero, regulando la actividad enzimática, metabolismo celular, salud mental y liberación de hormonas necesarias para el organismo. (Kumar et al., 2020)

Tabla 5. Concentración de aminoácidos en el transcurso del tiempo.

Aminoácidos	0h	24h	48h	72h
Treonina	6,34	4,93	4,33	4,24
Valina	7,32	6,1	5,63	5,38

Metionina	1,81	2,38	2,56	2,62
Isoleucina	3,71	4,61	4,62	4,5
Leucina	8,78	8,61	8,39	8,47
Fenilalanina	4	4	4,2	4,18
Lisina	7,39	7,96	8,37	8,4
Histidina	2,2	2,47	2,36	2,59
Cisteína	1,74	1,37	1,02	1,06
Tirosina	4,61	4,32	4,26	4,24
Serina	7,88	6,39	5,78	5,5
Glicina	3,37	2,39	2,05	1,93
Alanina	3,78	3,06	3,09	2,72
Arginina	3,78	3,06	3,09	2,72
Ácido Aspártico	8,18	7,93	7,8	7,53

Adaptado de : (Mehra & Powar, 2021)

2.6. Ácidos Grasos

La grasa es un componente del calostro, juega un papel esencial en las propiedades nutricionales y en el mantenimiento de la temperatura corporal, conocido como termogénesis. La oxidación de ácidos grasos desempeña un papel importante en la continuación de la gluconeogénesis, contribuyendo así a mantener la estabilidad de los niveles de glucosa en el organismo (Mohanta et al., 2021). Sin embargo, es importante señalar que la grasa también ha sido objeto de críticas debido a su asociación con altos niveles de ácidos grasos saturados, lo que tiene implicaciones para diversos problemas de salud, como la obesidad, el aumento de peso y enfermedades cardíacas. Los ácidos grasos se pueden clasificar según su estructura, incluyendo grasas trans de cadena corta, media, cadena larga, cadena ramificada, ácido linoleico conjugado, entre otros (Nguyen et al., 2017).

El calostro bovino presenta una rica composición de ácidos grasos, donde los ácidos grasos saturados ramificados dominan con un 62,3%, seguidos por los ácidos grasos

monoinsaturados con un 33,1%. Se destaca la presencia significativa de ácidos grasos saturados de cadena corta (7,6%) y media (10,8%). Además, el ácido linoleico conjugado y los ácidos grasos trans contribuyen con un 0,29% y 2,1%, respectivamente, enriqueciendo la complejidad lipídica del calostro bovino (Mehra et al., 2021).

2.7. Carbohidratos

Los carbohidratos en el calostro bovino (BC) se encuentran en forma de azúcares complejos. Entre estos carbohidratos complejos se incluyen oligosacáridos, glicoproteínas, azúcares nucleotídicos, mucinas, entre otros. La lactosa, que es el principal sacárido presente en el calostro bovino, se halla en una concentración inicialmente baja, aproximadamente alrededor del 1,2%, y se observa que esta concentración aumenta con el tiempo que transcurre desde el parto (Morrill et al., 2012).

La concentración promedio de oligosacáridos en el calostro varía entre 0,7 y 1,2 g/ml, siendo en su mayoría de naturaleza ácida. Hasta la fecha, se han identificado aproximadamente 40 oligosacáridos en el calostro bovino. La concentración de estos carbohidratos se ve afectada por una combinación de factores tanto internos como externos. La 3-sialil-lactosa, seguida de la sialil-lactosamina, destaca como el oligosacárido ácido más abundante presente en el calostro bovino (Robinson, 2019)

2.8. Calidad inmunológica

Existen ciertos factores que pueden afectar la calidad inmunológica calostro debido a la cantidad de vitaminas, minerales, aminoácidos, ácidos grasos que contienen, siendo nutrientes importantes para la supervivencia del ternero, entre ellos están la forma de almacenamiento (fresco, refrigerado o congelado) el envase de almacenamiento, la manera de suministro al ternero, la temperatura, periodo seco, número de partos, edad al primer parto, periodo de transición, factores genéticos como la raza y factores de manejo como la alimentación sanidad animal, frecuencia de ordeño etc.(Schogor et al., 2020)

Tabla 6. Inmunoglobulinas presentes en el calostro

Inmunoglobulina	Concentración	Función
IgG (Subtipos IgG1 e IgG2)	70-80%	Identificación y destrucción del patógeno.

IgM	10-15%	Primera línea de defensa en caso de septicemia.
IgA	10-15%	Protección de superficies mucosas.

Fuente: (Fortin & Perdomo, 2009)

2.9. Manejo del calostro y monitoreo de calidad.

El suministro de calostro de alta calidad inmunológica implica que el ternero consuma en las primeras 4 horas de vida calostro con una concentración de IgG > 40 mg/ml. Por ello los niveles de IgG se analizan por varios métodos, siendo la densidad del calostro un indicador importante de calidad. (Puppel et al., 2019)

La garantía de la transferencia debe ser el consumo mínimo por parte del ternero de 3 litros de calostro durante las 2 primeras horas post-nacimiento y mínimo unos 2 litros las siguientes 2 horas de tal manera que se reduce el riesgo de contraer enfermedades, aumenta el índice de crecimiento e incrementa el rendimiento productivo en un futuro. (Diaz, 2020)

2.10. Conceptos generales sobre la inmunidad pasiva maternal en ganado bovino.

La transferencia de inmunidad pasiva (TPI) es el proceso mediante el cual los terneros absorben inmunoglobulinas a través de la alimentación con calostro. El calostro de alta calidad confiere inmunidad pasiva al ternero cuando se consume dentro de las primeras 24 horas de vida durante el corto período de transporte de moléculas grandes. Varios factores afectan la efectiva transferencia pasiva de la inmunidad materna, principalmente la cantidad de calostro ingerido, el momento en que se administra el calostro y la calidad inmunológica y microbiológica del mismo. (Morrill et al., 2012)

Para lograr una transferencia efectiva de inmunidad pasiva, es esencial que el ternero reciba más de 100 gramos de IgG por dosis, lo que resulta en una concentración de IgG en suero de más de 10.0 g/L dentro de las primeras 24 horas después del nacimiento (Lopez et al., 2021). Esto se garantiza cuando el ternero consume una cantidad de calostro que equivale al 8.5% de su peso corporal (Quigley et al., 2019), lo que se traduce aproximadamente en la ingesta de 4 litros de calostro en razas de ganado lechero de gran tamaño. Las evaluaciones se llevan a cabo con regularidad mediante el uso de dosis directas o indirectas de IgG y se considera que el método de inmunodifusión radial (RID) es el estándar de referencia para esta finalidad (Souza et al., 2021).

Los métodos de evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva se pueden dividir en directos e indirectos. Los métodos directos miden directamente la concentración de IgG, mientras que los métodos indirectos miden la concentración total de proteínas o fracciones de proteínas. Los métodos directos son más precisos, pero los métodos indirectos son más rápidos y económicos (Souza et al., 2021).

2.11. Evaluación de la inmunidad pasiva maternal

En las primeras etapas de vida de los terneros puede haber una alta mortalidad debido a un inadecuado suministro de calostro. Esto se refleja también en pesos inferiores al destete, ganancias reducidas de peso, pubertad tardía y baja productividad. El fracaso de la transferencia de inmunoglobulinas al ternero puede ser causada por la baja calidad o secreción insuficiente de calostro, nula ingestión por parte del ternero, falla en la absorción intestinal por defectos de la permeabilidad. (Carrillo et al., 2009)

2.12. Evaluación del factor materno

Se estima que el calostro tiene una óptima calidad inmunológica cuando la concentración de IgG es mayor a 50g/L, pero si esta es menor se recomienda no suministrar al ternero por el impacto que podría tener en su salud y supervivencia. El refractómetro Brix es una técnica de medición para evaluar la calidad del calostro en vacas lecheras, oscilando valores Brix ≥ 22 de buena calidad y ≤ 18 de baja calidad. (Araujo et al., 2023)

En la investigación de Kessler et al. (2021) , existe una correlación negativa entre las proteínas y las IgG con los azúcares del calostro bovino. Esto significa que a medida que aumenta la concentración de proteínas y las IgG, disminuye la concentración de azúcares. Esta correlación se puede explicar por el hecho de que las proteínas y las IgG son nutrientes esenciales para el desarrollo del recién nacido, pero también pueden inhibir la absorción de azúcares. Por lo tanto, las vacas que producen calostro con una concentración alta de proteínas y las IgG, también producen calostro con una concentración baja de azúcares.

La precisión de las mediciones realizadas por un refractómetro digital es esencial para evaluar con exactitud los contenidos de sólidos totales en la leche. Estudios han resaltado la importancia del uso correcto y la limpieza meticulosa para obtener resultados consistentes. A diferencia de los calostrómetros, estos dispositivos no se ven afectados por la temperatura del calostro al momento del análisis, lo que les confiere una ventaja significativa. Mantener una técnica estandarizada y una limpieza apropiada

son fundamentales para asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos con el refractómetro digital Brix, en la evaluación del contenido de sólidos totales de la leche (Bielmann et al., 2010).

La densidad del calostro es un parámetro determinante de la calidad del mismo debido a la cantidad de Ig presentes, los valores oscilan aproximadamente entre 1,033 y 1,094 g/ml, lo que permitirá analizar si es bueno o malo el calostro para la cría durante las 72 horas de vida. (Fleenor & Stott, 1980)

En la investigación de Bartier et al. (2015), la densidad del calostro y la concentración de azúcares estuvieron correlacionadas con los resultados obtenidos mediante RID para la IgG. Esta correlación sugiere una posible relación entre la composición química del calostro, en términos de densidad y concentración de azúcares, y la presencia de IgG, un indicador clave de la calidad del calostro en términos de inmunidad transferida.

2.13. Evaluación del factor cría

En los terneros la forma de determinar las proteínas totales es a través de un refractómetro, siendo una herramienta valiosa de evaluación que mide los niveles bajos, adecuados y altos de proteínas, siendo 5.5 gramos/decilitro una transferencia pasiva adecuada, < 5.5 gramos/decilitro indica IgG marginales, es decir falla en la transferencia pasiva, < 5.2 gramos/decilitro indica niveles de IgG deficientes y 7.2 nivel máximo puede ser una lectura de falso/positivo a causa de terneras deshidratadas, de allí la importancia de suministrar un calostro de buena calidad ya que el sistema inmune de los bovinos empieza a producir sus propias inmunoglobulinas a partir de la tercera semana de vida (Yepes & Prieto, 2011).

Elsohaby et al. (2019), en la evaluación del suero del ternero, encontró una correlación significativa entre las concentraciones de IgG medidas, siendo de 0,85 mediante espectroscopía TIR, 0,80 mediante el refractómetro Brix digital, 0,77 mediante el Brix óptico y 0,79 mediante el refractómetro óptico TP, al comparar suero y plasma. Además, se establecieron valores de corte óptimos específicos para el suero, como 13,1 g/L para espectroscopía TIR, 8,7 % Brix para el Brix digital, 8,4 % Brix para el Brix óptico y 5,1 g/dL para el refractómetro óptico TP, subrayando su importancia en la evaluación precisa de la FTPI en terneros lecheros.

2.13. Falla de la inmunidad pasiva maternal

El fracaso en la transferencia pasiva (FPT) se produce cuando el ternero no consume una cantidad suficiente de los anticuerpos maternos, lo que se traduce en una concentración sérica de IgG por debajo de 10 g/L. La falla en la transferencia de inmunidad pasiva maternal está relacionada con un mayor riesgo de enfermedades, tasas de mortalidad elevadas y repercusiones a largo plazo en la productividad futura de las vacas lecheras (Conneely et al., 2014). Cuatro aspectos clave que pueden reducir la frecuencia de FTPI están relacionados con la mejora de los niveles de IgG sérica: la cantidad de calostro administrado, la calidad del calostro suministrado, el momento de la alimentación y la higiene del calostro (Godden et al., 2019).

En Ontario, Canadá (Renaud et al., 2020) llevaron a cabo un estudio retrospectivo de corte transversal con el objetivo de identificar factores de riesgo relacionados con la falla en la transferencia de inmunidad pasiva maternal (FTPI) y determinar diferencias en la gestión del calostro entre terneros machos y hembras en granjas lecheras. Durante visitas semanales a 16 granjas comerciales, recopilaron datos para terneros recién nacidos, incluyendo prácticas de manejo del calostro, nivel de asistencia en el parto, sexo y hora de nacimiento. Se obtuvieron muestras de sangre de terneros de 1 a 7 días de edad, y se determinó la concentración de proteína total del suero (STP) con un refractómetro digital. La FTPI se definió como STP <5.2 g/dL. Se analizaron los datos de 1,778 terneros. Mediante un modelo de regresión, se identificó que ser un ternero macho, experimentar un parto difícil y recibir la primera alimentación de calostro mediante biberón seguido de alimentador de tubo esofágico se asociaban con una concentración más baja de STP. Por otro lado, alimentar a los terneros con 6 litros o más de calostro en las primeras 24 horas de vida se relacionaba con una concentración de STP más alta en comparación con una menor cantidad de calostro. Este estudio destaca la importancia de ciertas prácticas de manejo para reducir la incidencia de FTPI y revela diferencias en la gestión del calostro entre terneros machos y hembras en granjas lecheras.

En otro estudio en la República Checa realizado por (Staněk et al., 2019) cuyo objetivo fue estimar la prevalencia de FPT en terneros lecheros y evaluar ciertos factores seleccionados, como la raza, el tamaño del rebaño, el sexo de los terneros, los nacimientos únicos frente a los gemelos y la influencia de la estación de nacimiento. Se tomaron un total de 1,175 muestras de suero de terneros de las razas Checa Fleckvieh y Holstein de 33 rebaños entre octubre de 2015 y octubre de 2017. La concentración de IgG en suero determinó mediante el método de inmunodifusión radial, que es un método

de referencia para la determinación de IgG. La evaluación estadística se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis. La concentración de IgG varió de 1.5 a 46.6 g/L, con un valor promedio de 13.7 g/L y fue influenciada de manera significativa por la raza, el tamaño del rebaño y la estación del año. Utilizando el criterio de IgG < 10 g/L. Los resultados mostraron una prevalencia del 34.6% de FPT, con influencia significativa de la raza, el tamaño del rebaño y la estación del año. La Czech Fleckvieh presentó una prevalencia más alta que la Holstein, y los rebaños más pequeños y la estación invernal mostraron tasas más elevadas de FPT. Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la gestión de la salud y nutrición de los terneros en la industria ganadera checa.

En Pichincha, Ecuador, (Cazares, 2018), investigó el porcentaje de fallo en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de 1 a 7 días de edad. Para esto, se empleó el método del refractómetro para medir la cantidad de proteína sérica total en el suero sanguíneo de 257 muestras de animales. Los resultados revelaron que el 6% de las terneras presentaron valores de proteína sérica total (PST) iguales o menores a 5.5 g/dL. En contraste, el 40% de las terneras se clasificaron como individuos de bajo riesgo, con valores de PST en el rango de 5.5 a 6.9 g/dL. La única variable de riesgo identificada en el estudio fue el tipo de parto, y se observó una diferencia significativa en los niveles de PST entre terneras nacidas por parto normal (7.17 g/dL) y partos distócicos (5.74 g/dL).

3. Metodología

3.1. Materiales físicos

- Guantes
- Papel secante
- Agujas para vacutainer (calibre G18 1 ½)
- Porta – tubos BD Vacutainer
- Jeringas descartables de varios tamaños
- Tubos al vacío para toma de muestras (vacutainer) 10 ml
- Algodón
- Fundas plásticas con cierre hermético de tamaño (15 x 19) para muestras, transparentes
- Tubos Eppendorf
- Refractómetro
- Espectrofotómetro
- Calostrodensímetro
- Lactodensímetro
- Baño María
- Cuaderno
- Esfero
- Marcador
- Esparadrapo
- Gradilla
- Gel
- Computadora

3.2. Materiales biológicos

- Calostro de vacas
- Suero sanguíneo de terneros en sus primeros 5 días de vida.

3.3. Materiales químicos

- Alcohol
- Agua destilada
- Agua pura

3.4. Localización

El presente estudio se realizó con muestras de productores lecheros en pequeños y grandes tenedores ubicados en las provincias del Azuay y Cañar correspondientes a la sierra sur del Ecuador.

3.5. Recolección de calostro

Después del parto, se realizó el ordeño a la vaca y se obtuvo 300 ml de calostro, esta se colocó en una funda transparente ziploc y fue llevada a un congelador a - 20 ° C hasta ser descongeladas para su procesamiento en laboratorio.

3.6. Obtención de la muestra de sangre

Se procedió a tomar las muestras de sangre en los 5 primeros días de vida de los terneros, se desinfectó con alcohol y algodón la región cervical para tomar la muestra de la vena yugular. Se usaron tubos, al vacío, campana y agujas de toma doble. Se obtuvieron 9 ml de sangre.

3.7. Obtención de la muestra de suero

Las muestras obtenidas se dejaron en reposo en la gradilla a temperatura ambiente por 30 minutos para que se forme el coágulo y se libere el suero. El suero así obtenido se colocó en tubos plásticos de microcentrífuga de 1,5 ml, se los identificó y conservó a - 20 ° C hasta su procesamiento en el laboratorio.

3.8. Refractometría

Se utilizó un refractómetro clínico de marca Atago® Master SUR (Atago Inc. Tokyo 105-0011, Japón) en el cual se colocó en el prisma del refractómetro 200 µl de suero sanguíneo para medir la concentración de proteínas séricas entre 1 y 10 g / dl. Teniendo como valores referencia proteínas séricas < 5.5 g / dl se considerarán como indicativo de FTIP.

3.9. Espectrofotometría

En esta prueba se trabajó con el kit para determinación de proteínas totales de la marca Wiener® (M Wiener Laboratorios S.A.I.C. Rosario- Argentina) se usaron 20 µl de suero por reacción. Valores de referencia < 5.5 g/dl se considerarán como FTIPM.

Así también se emplearon 4 ml de sangre en tubos al vacío sin anticoagulante, esperamos 30 minutos a temperatura ambiente y se utilizó el mismo kit para la determinación de albumina/globulina. Con valores referenciales de albúmina y globulinas menores a 2.0g/dl se considerarán como FTIPM. Para obtener finalmente la relación A/G se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Relación A/G} = \frac{\text{Nivel de Albúmina}}{(\text{Proteína Total} - \text{Nivel de Albumina})}$$

3.8. Análisis Experimental del calostro

3.8.1. Gravedad específica del calostro

Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de Inmunología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca. El calostro descongelado a Baño María y llevado a temperatura ambiente se colocó a razón de 250 ml en el densímetro de calostro Kruuse® (Jørgen Kruuse A/S Havretoften 4DK-5550 Langeskov Denmark), para leer la densidad se usó las marcas numéricas correspondientes. El calostro con una densidad menor a 1.035 se consideró de mala calidad.

3.8.2. Concentración de azúcares en calostro

Al obtener las muestras descongeladas con la ayuda de la pipeta se tomó una muestra, llevamos al refractómetro electrónico de marca Milwaukee® (Business Park Drive, Rocky Mount, NC 27804 United States) y colocamos 2 gotas y se procedió a la lectura de concentración de azúcares. Se realizaron a cada una de las 120 muestras el mismo procedimiento.

4. Resultados

De acuerdo a los resultados de asociación estadística (Tabla 7) entre el FTIPM y las variables consideradas en el estudio, se observó significancias en las relaciones con las variables: Densidad del Calostro (Calidad), y la Procedencia ($P<0.05$). De hecho, los resultados del Odds Ratio (OR) para la Densidad, denotaron que existió 1.65 veces más posibilidad/riesgo de presentar FTIPM cuando se presenta una mala calidad del calostro, el mismo que de acuerdo a un intervalo de confianza (al 95%), puede llegar a ser hasta 2.5 veces más. Por otro lado, existió 1.8 más posibilidad/riesgo de presentar FTIPM en el Azuay con respecto a Cañar, que de acuerdo al intervalo de confianza (al 95%), puede ser hasta de 2.6 veces más. Las restantes asociaciones fueron no significativas ($P>0.05$), y de acuerdo al OR, al no superar estadísticamente el valor de 1, no representaron un factor importante en el estudio.

Tabla 7. Asociación entre la FTIPM y las variables Sexo, Calidad del Calostro, Tipo de granja, Procedencia, y Paridad de la Vaca.

Variable	χ^2 (p valor)	OR (IC 95%)
Sexo de las crías	0,05 (0,80)	Hembras: 1,04 (0,72-1-52) Machos: 0,95 (0,63-1,43)
Densidad calostro (calidad)	5,85 (0,02)*	Buena: 0,66 (0,44-0,99) Mala: 1,65 (1,10-2,50)*
Grados Brix calostro (calidad)	2,599 (0,10)	Buena: 0,65 (0,36-1,01) Mala: 1,29 (0,97-1,71)
Tipo de granja	0,10 (0,74)	Grandes tenedores: 1,06 (0,74-1,51) Pequeños tenedores: 0,93 (0,60-1,43)
Procedencia	8,523 (0,04)*	Azuay: 1,80 (1,25-2,60) Cañar: 0,55 (0,34-0,88)
Paridad de la vaca	1,19 (0,27)	Primer parto: 0,71 (0,38-1,33) Más de un parto: 1,16 (0,90-1,50)

* Determina significancia estadística ($P<0.05$) de acuerdo a la prueba Chi-Cuadrado.

Sin embargo los resultados obtenidos para establecer el acuerdo entre técnicas (Anexo 2) se pudo observar una similitud moderada entre las técnicas aplicadas.

Por otro lado, los resultados para las restantes variables referidas a las proteínas totales, albúmina, globulina, y la densidad del calostro, todas en términos cuantitativos, denotaron poca presencia de datos atípicos, y comportamiento normal (Anexo 3). En la Tabla 8, se muestran indicadores generales de las variables en estudio, las cuales no denotaron una alta variabilidad.

Tabla 8. Análisis descriptivo de las variables independientes

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	SD
PT refractometría g/dl	2,90	9,50	6,49	1,45
PT espectrofotometría g/dl	3,57	9,28	6,31	1,30
Albúmina g/dl	1,85	4,56	2,67	0,39
Globulina g/dl	0,27	7,25	3,63	1,42
Ratio Albúmina/Globulina	0,28	12,85	1,03	1,29
Densidad del Calostro	103,00	1070,00	1035,50	83,67
Grados Brix del calostro (%)	6,90	30,30	19,30	5,06

PT= proteínas totales en suero terneros en la primera semana de vida

Finalmente, teniendo en cuenta los animales bajo FTIPM y los que no, estos indicadores cambian significativamente ($P<0.05$), de los cuales tanto las Globulinas, así como la relación Albúmina/Globulinas, son estadísticamente significativas (Tabla 9). Una rápida evaluación estadística sobre la concordancia de los dos métodos de medición de Proteínas totales, denotan que ambas son muy fiables en sus resultados (Anexo 4).

Tabla 9. Comparación de las variables en función de FTIPM o Protegido.

Parámetro	FTIPM				PROTEGIDO			
	Mínimo	Máximo	Media	SD	Mínimo	Máximo	Media	SD
PT refractometría g/dl	3.00	6.40	5.12	.77	2.90	9.50	6.98	1.3
PT espectrofotometría g/dl	3.57	5.48	4.60	0.54	5.56	9.28	6.92	0.88
Albúmina g/dl	1.86	3.65	2.70	0.43	1.85	4.56	2.66	.39
Globulina g/dl*	0.27	3.56	1.90a	0.74	1.95	7.25	4.26b	1

Ratio	0.54	12.85	2.03a	2.2	0.28	2.34	0.68b	0.28
Albúmina/Globulina*								
Densidad	del	1025	1065	1043.1	11.7	1025	1070	1042.8
Calostro								
Grados	Brix	del	12.4	25.8	20.2	3.9	6.90	30.3
calostro (%)								

* Letras diferentes (a, b) indican significancia estadística ($P<0.05$), según la prueba No Paramétrica U de Mann-Whitney.

5. Discusión

5.1 Frecuencias de la ocurrencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva maternal (FTIPM) en la muestra investigada.

En este trabajo la frecuencia de los animales recién nacidos con falla en la inmunidad pasiva (FTIPM) fue del 26,36 %, similar a la reportada por diferentes investigadores, en Colombia, Guzmán (2019) determinó que un 50% de muestras de calostro presentaron concentraciones de IgG bajas y un 15% de animales tenían FTIPM. Por su parte Vargas-Villalobos y Elizondo-Salazar (2014) en Argentina observaron un 40,5 % de terneros con niveles inadecuados de IgG. En un trabajo muy actual Gamsjager et al. (2023), realizado en 420 terneros recién nacidos el 5 % presentaron FTIPM. Como se puede apreciar la FTIPM es variable según lo publicado y esto tiene mucho sentido al considerar las distintas características de los entornos productivos, sin embargo, podemos decir que en nuestro sistema productivo y en especial de la zona de la sierra sur del Ecuador la presencia de FTIPM es frecuente, esto implicaría muchas pérdidas económicas para los productores y un deterioro del bienestar animal.

5.2 Asociaciones entre la FTIPM y las variables: Sexo, Paridad, Tipo de granja, Procedencia, Densidad calostro y Grados Brix.

La existencia de unidades de producción de leche en la provincia del Azuay donde la raza Holstein o mestizas de alta crusa es muy alta, pudiera ser una de las causas de mayor presencia de FTIPM ya que existen reportes de una mayor deficiencia en el calostro de esta raza como el de Müller y Ellinger (1981) y el de Vargas-Villalobos y Elizondo-Salazar (2014), los cuales en la zona central de Costa Rica compararon la Holstein, que produjo un calostro con menor concentración de proteínas totales, significativamente menor que el de la raza Jersey y el de las vacas cruzadas Holstein-Jersey. Thompson (2022) ya ha expresado que este factor de la procedencia es muy influyente y que hay mayores incidencias en unas poblaciones que en otras por diferencias en el manejo de los animales recién nacidos y esta afirmación está avalada por los resultados revisados en el período 1950-2022, (Gamsjager et al. 2023), en 6 granjas del Canadá pues los niveles de mortalidad fueron desde 0 hasta el 15% e incluso con la alta disciplina tecnológica de los criadores de ese país y los cuidados con los terneros en los primeros 7 días de nacidos, lo cual no se cumple siempre aquí en la sierra ecuatoriana. Es posible que el factor racial del ganado sea importante en las diferencias encontradas, sin embargo, pueden existir otros factores que no fueron estudiados en este trabajo, como el manejo de calostro, en cuanto a la verificación de

calidad, cantidad administrada y tiempo transcurrido entre el parto y el consumo de calostro, entre otros.

Para explicar las diferencias entre las provincias de Azuay y Cañar se necesitarían hacer trabajos de investigación para levantar datos sobre el manejo del calostro. En este trabajo el factor “Tipo de granja” no se asoció con FTIPM, por lo que queda pendiente el análisis factores como el tiempo para el calostrado que ha demostrado ser significativo en otros trabajos como el de Begazo (2013) que comparó calostro de Holstein a las 24, 48 y 72 horas del parto con los mejores resultados en la calidad a las 48 horas y el de Pyo et al. (2020) que plantearon que los mejores efectos sobre el crecimiento y los niveles de IgG1 ocurrían cuando se suministraba el calostro en los tres primeros días posteriores al parto. No se encontró asociación entre el tipo de productor (pequeño o grande) con la FTIPM, sin embargo, teóricamente debería ser más frecuente en sistemas con grandes grupos de animales donde el manejo de un buen encalostrado podría ser menos eficiente que la crianza con ternero al pie, propio de los pequeños productores. En nuestro trabajo la inclusión de las muestras de pequeños y grandes tuvo una frecuencia similar, por lo que estos resultados no serían influidos por un sesgo significativo de muestreo.

El factor paridad de las vacas no se asoció con FTIPM, lo que es contrario a lo observado en otros trabajos, pues Gamsjager et al. (2023) y Lichtmannsperger et al. (2023) lo reportaron como una causa que influía significativamente. Sin embargo, debemos mencionar que en nuestro estudio la mayoría de las muestras procedieron de vacas de varios partos sobre las de vacas de un parto (85/44) y esto generaría un sesgo de muestreo hacia las vacas de mayor paridad, sin permitir mostrar el verdadero impacto de las vacas de debutantes o primerizas sobre la FTIPM en sus crías.

Tampoco el sexo de la cría manifestó asociación con la FTIPM lo cual coincide con los resultados de Vargas-Villalobos y Elizondo-Salazar (2014). Las frecuencias fueron prácticamente iguales en machos y hembras tanto dentro de los animales con FTIPM como en los animales “Protegidos”.

Ninguna de las dos categorías de calidad de la variable Grados Brix de calostro mostraron asociación significativa. Este resultado no esperado presenta dificultades obvias para ser explicado y no disponemos de una hipótesis que aclare su comportamiento. Cerca del 60% de los animales recibió calostro con categoría “Mala” independiente de si el animal estaba protegido o no. Es posible que las muestras de calostro hayan sufrido contaminación durante su extracción, conservación y transporte, ya que no se tuvo control especialmente en la etapa de extracción. Además, algunas

muestras mostraron separación de fases después del descongelado. Por tanto, la posible contaminación bacteriana excesiva en el ordeño del calostro y el deterioro de la muestra durante la congelación podrían explicar este resultado.

Varias investigaciones como las de Lichtmannsperger et al. (2023) hallaron que los animales que recibieron calostro antes de las dos horas posteriores al parto y que además el calostro provenía de madres multíparas presentaron con menos frecuencia diarrea, enfermedades respiratorias bovinas, comportamiento anormal de los recién nacidos y enfermedades infecciosas por la vía del ombligo. Según Scandolo y Maciel (2017) en trabajos en INTA-Rafaela encontraron que aproximadamente el 25,5% de las primíparas tiene un calostro de buena calidad. (Polanco, 2021; Thompson y Smith, 2022). Determinaron que una baja densidad puede tener efectos negativos muy importantes. En este trabajo tuvimos animales protegidos que habían consumido calostro de mala calidad según la refractometría Brix y el análisis de densidad de calostro. Es posible que esto se explique en el posible deterioro preanalítico de las muestras de calostro, pero también podría explicarse en la cantidad de calostro suministrado, ya que en muchos casos resulta imposible verificar este dato cuando el ternero toma el calostro lactando directamente de la madre. Una alta ingesta de calostro de mala calidad podría suplir calidad por cantidad, esto sería tema para evaluar en otra investigación. Además, en este trabajo demostramos que en el contexto de nuestras muestras la refractometría Brix y la densidad de calostro tuvieron muy baja concordancia para determinar el estatus de calidad del calostro.

5.3 Descripción de los parámetros de calidad del calostro.

Un buen calostro suministra nutrientes y no nutrientes según Hamm et al. (2020). Las proteínas séricas totales determinadas por ambos métodos de laboratorio alcanzaron medias superiores a 5,5 g/dl indicando un valor satisfactorio para evitar la FTIPM, con el que están de acuerdo la mayoría de los investigadores.

Los valores de albúmina y globulina sérica obtenidos permitieron identificar que en los animales con concentraciones mayores de globulina con respecto a la albúmina (Ratio albúmina/globulina) la FTIPM fue menos frecuente y que este ratio podría también ser usado para determinar FTIPM.

Cuando se produce una adecuada transferencia de inmunidad pasiva en la sangre de los terneros se pueden hallar los niveles satisfactorios de albúmina y globulinas. Según López y Heinrichs (2022) aunque hay varios tipos de inmunoglobulinas, la IgG es la principal en la transferencia de la inmunidad y debe alcanzar en el calostro suministrado

5,5 g/dl como mínimo y ser administrado antes de las 2 horas de nacida la cría. Lombard et al. (2020) expusieron que el aporte de la IgG era “Excelente” para una concentración de 25 mg/ml; “Buena” para una concentración de 18 a 24,9; “Regular” entre 10 y 17,9 y se clasificaría de “Pobre” cuando la concentración llegaba a ser menor de los 10 mg/ml.

Carbajal (2019), en un estudio con el plasma sanguíneo de crías de bovinos criollos (*Bos taurus*) y cruzados criollos por Simmental, observó que las proteínas totales, llegaron a 5.34 ± 0.10 g/dL (criollos) y 5.50 ± 0.09 g/dL (cruzados), respectivamente. La albúmina fue de 2.49 ± 0.18 g/dL (47% de las proteínas totales); las globulinas 2.85 ± 0.20 g/dL (53%), en criollos; mientras que en cruzados la albúmina llegó a 2.55 ± 0.16 g/dL (46%) y las globulinas 2.95 ± 0.18 g/dL y (54%). Los sexos no mostraron diferencias significativas. Tales valores son similares a los de este trabajo.

Los estudios del calostro donde se midieron grados Brix que indican buena calidad implica valores iguales o mayores al 22%, Lichtmannsperger et al. (2023) calcularon una media de 21,2% ligeramente superior a lo que reporta este trabajo. Nuestros datos son similares a la reportado por Scandolo y Maciel (2017) en primíparas, es decir alrededor de un 50% de las vacas de primer parto tienen un calostro de baja calidad según la refractometría Brix. Sin embargo, alrededor del 50% de las vacas de primer parto presentaron calostro de buena calidad según la refractometría Brix, esto implicaría que muchos animales que consumieron un calostro de baja calidad no presentaran FTIPM, así también, debemos destacar que las interferencias de la extracción, manejo, conservación y descongelado de las muestras de calostro pueden influir en la contaminación bacteriológica de las muestras y estas a su vez sobre la concentración de azúcares.

En esta investigación se determinó asociación entre la baja densidad de calostro y FTIPM. Además, se determinó un mayor riesgo de presentar FTIPM para los animales que consumen calostro de baja densidad. Estos datos junto con la baja concordancia entre los resultados de refractometría Brix y densimetría ponen en evidencia que la densidad de calostro no es tan fuertemente influenciada por el muestreo, conservación y descongelado del calostro.

5.4 Comparación entre los animales con “Falla en la transferencia de inmunidad pasiva maternal” (FTIPM) y los animales “Protegidos”.

En la comparación de los parámetros de calidad, los individuos con FTIPM tuvieron concentraciones inferiores significativamente de las “Globulinas” respecto a los individuos “Protegidos”. Para Lichtmannsperger et al. (2023) la FTIPM implica que los

individuos estarán en mayor riesgo de presentar diarreas y enfermedades respiratorias. Así también la concentración de Ig en calostro y suero sanguíneo son indicativos fundamentales como predictores de enfermedad y salud de los terneros, y como lo expuesto por Guzmán (2019) en su investigación en Colombia la FTIPM generalmente es acompañada por: tos en un 11%, secreciones nasales en un 8%, disnea 8% y diarrea en un 27%. La FTIPM es 6,1 veces más frecuente cuando el nivel de globulinas es bajo (Gamsjager et al., 2023).

FTIPM se presentó cuando el ratio albúmina/globulina fue mayor a 1, esto indica claramente que cuando las globulinas son las proteínas séricas más abundantes es menos probable que el animal presente FTIPM. Este dato resulta respaldado en el contexto biológico que debería tener un buen calostro, que a su vez está vinculado con su densidad y concentración de azúcares (Aricada et al 2004).

Las demás variables no presentaron diferencias. Por ambos métodos de determinación de las “Proteínas totales” y en la concentración de “Albúmina”, de “Globulina”, la “Densidad del Calostro” y los “Grados Brix”, en todas estas variables los integrantes del grupo con FTIPM presentan deficiencias en la calidad del calostro recibido como han establecido los anteriormente referidos autores: Vargas-Villalobos y Elizondo-Salazar (2014); Casos y Canto (2015); Ortiz 2016; Scandolo y Maciel (2017); Lombard et al. (2020); López y Heinrichs (2022); Lichtmannsperger et al. (2023). El otro grupo solamente presentó deficiencias promedias en las variables la “Densidad del Calostro” y los “Grados Brix”.

5.5 Comparación entre los métodos utilizados para determinar proteínas totales en suero y calidad de calostro.

Nuestros resultados muestran que la medición de proteínas séricas totales (PT) mediante espectrofotometría y refractometría dieron resultados altamente concordantes. Resultados similares se han obtenido en otros trabajos como el de Bottini et al. (2021) que encontraron que “en base a los resultados obtenidos, se concluye que la espectrofotometría podría ser reemplazada por la refractometría digital para cuantificar proteínas totales en sueros caprinos”. López (2016) en Uruguay, encontró una correlación 0,92 y un intervalo de confianza de 0,85 a 0,94, lo que concuerda con los datos en este trabajo. Este autor concluye que “la técnica del refractómetro tiene como principal ventaja la de ser una técnica rápida, precisa y que necesita menos material de laboratorio para realizarla”.

La determinación de calidad de calostro mediante refractometría Brix y densimetría tuvieron resultados con baja concordancia. Esto podría deberse a la afectación que tiene el proceso pre-analítico de las muestras de calostro, (obtención, transporte y almacenamiento), ya que algunas muestras sufrieron separación de fases, coagulaciones y cambios de color en el post-congelado, mientras que otras muestras presentaron una suspensión homogénea y un color característico. Quizás los cambios sufridos por el calostro en el proceso pre analítico le afectan de manera diferente a la densimetría y a la refractometría Brix. En otros trabajos se debería estudiar cuanto influyen dichos cambios comparando las mismas técnicas en dos tiempos antes y después de la conservación del calostro. Sockett et al. (2023) desarrollaron regresiones lineales entre el porcentaje de Brix y las concentraciones de IgG y sugieren que se debería recalcular los límites en los porcentajes Brix para el manejo de calostro ya que las regresiones pueden tener coeficientes que no muestran una verdadera asociación estrecha entre el porcentaje Brix y la concentración de Ig.

6. Conclusiones

La FTIPM presentó una frecuencia de un animal afectado de cada 4 animales que recibieron calostro y que analizados superior a otros estudios

Se establecieron las frecuencias de FTIPM con similitud para ambos sexos, paridad, tipo de granja y diferencias para la densidad del calostro y la procedencia territorial.

La concentración de globulinas en los individuos “Protegidos” fue comprobadamente superior a la de los que padecían FTIPM.

La relación Albúmina/Globulina en los individuos “Protegidos” fue diferente de la de los animales que padecían FTIPM.

Las dos técnicas empleadas para determinar las Proteínas Totales difieren en sus resultados.

7. Referencias

- Aguirre, F., Gutman, D., Moroni, C., Rollón, N., Allassia, M., Cattaneo, L., Ruiz. 2019. Estudio de transferencia de inmunidad en crianzas artificiales de terneros en la cuenca lechera santafecina immunity transfer study in an artificial rearing system of calves in the dairy region of santa fe. InVet. 21 (2): 1-9.
- Antelo del Rio, C. (2021). Fallo de la TIP en becerros (I): La importancia del calostro. *ELITER Innogando SL.*,
- Aricada, H. J., Bedoya, R., García, A.P., Heredia, C., Maldonado, A.M., Peláez, C., Ceballos, A. 2004. Competencia inmunológica en la primera semana de vida en terneros mantenidos bajo dos sistemas de producción de leche. Rev Col Cienc Pec Vol. 17:2.
- Araujo, L., Amalfi, V., Zabalaga, M., Palmerio, F., & Stempler, A. (2023). Evaluación de la calidad del calostro de vacas lecheras de establecimientos de la cuenca abasto norte de la provincia de buenos aires. *USAL*, 263-264.
- Arizala, J. A., & Olivera, M. (2007). Fisiología de la producción láctea en bovinos: Involución de la glándula mamaria, lactogénesis, galactopoyesis, y eyeción de la leche. En *Fondo Editorial Biogénesis* (pp. 143-151).
- Arslan, A., Kaplan, M., Duman, H., Bayraktar, A., Ertürk, M., Henrick, B. M., Frese, S. A., & Karav, S. (2021). Bovine Colostrum and Its Potential for Human Health and Nutrition. *Frontiers in Nutrition*, 8, 651721. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2021.651721/BIBTEX>
- Arriagada, C.M. 2011. Efecto del uso de calostro comercial sobre la inmunidad pasiva en terneros Holstein nacidos en invierno Memoria presentada como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Valdivia – Chile. Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Agronomía.
- Bartier, A. L., Windeyer, M. C., & Doepel, L. (2015). Evaluation of on-farm tools for colostrum quality measurement. *Journal of Dairy Science*, 98(3), 1878-1884. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8415>
- Begazo, N.A.A. 2013. Relación entre la calidad de calostro y el nivel de proteína sérica total en el suero sanguíneo de terneras Holstein Friesian. Universidad Católica de Santa María. Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas. Programa profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Bielmann, V., Gillan, J., Perkins, N. R., Skidmore, A. L., Godden, S., & Leslie, K. E. (2010). An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum Carter, H.S.M.;
- Bottini J.M., Simonetti L., Peña S., Ghibaudi M., Lopez G., Rovegno M., Fernández M. 2021. Comparación de tres métodos para cuantificar proteínas totales en sueros caprinos. *Rev. med. vet. (En línea)* 2021, 102(3): 17-22

- Carrillo, A., Loaiza, V., & Campos, R. (2009). Utilización de indicadores metabólicos en la valoración de la transferencia de inmunidad pasiva en neonatos bovinos. *SCIELO JOURNAL*, 1-6.
- Casas, M., & Canto, F. (2015). La Importancia Del Calostro En El Bovino. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-2.
- Chazi, C. (2006). LAS VITAMINAS. *Redalyc*, 51–54. <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388007.pdf>
- Cazares, M. (2018). *Determinación de la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de 1 a 7 días de nacidas en los Cantones Mejía, Cayambe y Rumiñahui*. Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador.
- Conneely, M., Berry, D. P., Murphy, J. P., Lorenz, I., Doherty, M. L., & Kennedy, E. (2014). Effect of feeding colostrum at different volumes and subsequent number of transition milk feeds on the serum immunoglobulin G concentration and health status of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 6991-7000. <https://doi.org/10.3168/JDS.2013-7494>
- Costabel, L., Audero, G., Scavino, A., Molineri, A., ZbruN, M., Soria, T., & Campos, S. (2018). CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE CALOSTRO BOVINO. *INTRA BMEDITORES*, 1–9.
- Costa, A.,† Sneddon N.W., Goi, A., Visentin, G., Mammi, L.M.E., Savarino, E.V., Zingone, F., Formigoni, A., Penasa, M., and De Marchi, M. 2023. Invited review: Bovine colostrum, a promising ingredient for humans and animals—Properties, processing technologies, and uses. *Journal of Dairy Science*. Volume 106, Issue 8, Pages 5197-521. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23013>
- Davison, G., Jones, A., Marchbank, T., & Playford, R. (2020). Oral bovine colostrum supplementation does not increase circulating insulin-like growth factor-1 concentration in healthy adults: results from short- and long-term administration studies. *European Journal of Nutrition*, 59(4), 1473–1479.
- Doepel, L., Bartier, A. 2014. Colostrum Management and Factors Related to Poor Calf Immunity Lorraine Doepel and Amanda Bartier Faculty of Veterinary Medicine, University of Calgary, 3330 Hospital Drive NW, Calgary, AB. WCDS Advances in Dairy Technology. Volume 26: 137 – 149.
- Drikic, M., C, Windeyer, S, Olsen, Y. Fu, L. Doepel and J. De Buck. 2018. Determining the IgG concentrations in bovine colostrum and calf sera with a novel enzymatic assay. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 9:69 <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0287-4>
- Elsohaby, I., McClure, J. T., Waite, L. A., Cameron, M., Heider, L. C., & Keefe, G. P. (2019). Using serum and plasma samples to assess failure of transfer of passive immunity in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 102(1), 567-577. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15070>

- Fernandez, A. S., Padola, N. L., & Estein, S. M. (1994). El Calostro, Fuente De Transferencia De La Inmunidad Materna. *Sitio Argentino De Produccion Animal*, 1, 1-5.
- Fleenor, W. A., & Stott, G. H. (1980). Hydrometer Test for Estimation of Immunoglobulin Concentration in Bovine Colostrum. *Journal of Dairy Science*, 63(6), 973-977. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83034-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83034-7)
- Fortin , A., & Perdomo, J. (2009). *Determinación de la calidad del calostro bovino a partir de la densidad y de la concentracion de IgG y del numero de partos de la vaca y su efecto en el desarrollo de los terneros*. Zamorano.
- Gamsjager, L., Haines, D.M.L., Pajor, E.A., Campbell, J.R., Windeyer, M.C. 2023. Total and pathogen-specific serum Immunoglobulin G concentrations in neonatal beef calves, Part 1: Risk factors. *Preventive Veterinary Medicine* 220. 106026.
- Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum Management for Dairy Calves. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 35(3), 535-556. <https://doi.org/10.1016/J.CVFA.2019.07.005>
- Hartsleben, C., Lichtmannsperger, K., Tichy, A., Hechenberger, N. and Wittek, T. 2023. Evaluation of an immunochromatographic point-of-care test for the detection of failure of transfer of passive immunity in calves. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 65:43 <https://doi.org/10.1186/s13028-023-00707-9>
- Idamokoro, E. M., Falowo, A. B., Oyeagu, C. E., & Afolayan, A. J. (2020). Multifunctional activity of vitamin E in animal and animal products: A review. *Animal Science Journal*, 91(1), e13352. <https://doi.org/10.1111/ASJ.13352>
- Ipiales, O. y Cuichán, M. 2023. Boletín de noticias. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2022. Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-Abril-2023.inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/Bolet%C3%ADn_tecnico_ESPAC_2022.pdf.
- Jimenez, A.N.M. 2020. Comparación de la transferencia de inmunidad pasiva en terneras alimentadas con calostro de vacas primíparas versus calostro de vacas multíparas, Tecpán, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escuela de Medicina Veterinaria. Guatemala
- Kessler, E. C., Bruckmaier, R. M., & Gross, J. J. (2021). Short communication: Comparative estimation of colostrum quality by Brix refractometry in bovine, caprine, and ovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 2438-2444. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19020>
- Kumar, N., Devi, S., Mada, S. B., Reddi, S., Kapila, R., & Kapila, S. (2020). Anti-apoptotic effect of buffalo milk casein derived bioactive peptide by directing Nrf2 regulation in starving fibroblasts. *Food Bioscience*, 35, 100566. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2020.100566>

- Lichtmannsperger, K. Hartsleben, C. Spöcker, M. Hechenberger, N. Tichy, A. Wittek, T. 2023. Factors Associated with Colostrum Quality, the Failure of Transfer of Passive Immunity, and the Impact on Calf Health in the First Three Weeks of Life. *Animals*. 13: 1740. <https://doi.org/10.3390/ani13111740>.
- Lopez, A. J., Steele, M. A., Nagorske, M., Sargent, R., & Renaud, D. L. (2021). Hot topic: Accuracy of refractometry as an indirect method to measure failed transfer of passive immunity in dairy calves fed colostrum replacer and maternal colostrum. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 2032-2039. <https://doi.org/10.3168/JDS.2020-18947>
- López, J. and Heinrichs, A. J. 2022. Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf. *Journal of Dairy Science* Vol. 105 No. 4. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20114>
- Lora, F. Gottardo2†, L. Bonfanti , A. L. Stefani , E. Soranzo, B. Dall'Ava, K. Capello, M. Martini and A. Barberio. 2019. Transfer of passive immunity in dairy calves: the effectiveness of providing a supplementary colostrum meal in addition to nursing from the dam .*Animal*, 13:11, pp. 2621–2629 © The Animal Consortium 2019 animal. doi:10.1017/S1751731119000879
- Lucey, J. A., & Horne, D. S. (2009). Milk salts: Technological significance. *Advanced Dairy Chemistry*, 3, 351-389. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-84865-5_9/COVER](https://doi.org/10.1007/978-0-387-84865-5_9)
- McGrath, B. A., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., & Kelly, A. L. (2015). Composition and properties of bovine colostrum: A review. *Dairy Science & Technology* 2015 96:2, 96(2), 133-158. <https://doi.org/10.1007/S13594-015-0258-X>
- Mehra, R., Singh, R., Nayan, V., Buttar, H. S., Kumar, N., Kumar, S., Bhardwaj, A., Kaushik, R., & Kumar, H. (2021). Nutritional attributes of bovine colostrum components in human health and disease: A comprehensive review. *Food Bioscience*, 40, 100907. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2021.100907>
- Mohanta, K. P., Swain, S. K., & Das, P. (2021). Quality and composition of bovine colostrum. *Agri-India*, 01(07), 16-21.
- Morrill, K. M., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., & 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. <https://doi.org/10.3168/JDS.2011-5174>
- Nguyen, H. T. H., Ong, L., Hoque, A., Kentish, S. E., Williamson, N., Ang, C. S., & Gras, S. L. (2017). A proteomic characterization shows differences in the milk fat globule membrane of buffalo and bovine milk. *Food Bioscience*, 19, 7-16. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2017.05.004>
- Ortiz, M.H. 2016. Evaluación de proteínas plasmáticas totales en terneros usando calostro materno en comparación con calostro liofilizado. Santiago-Chile Universidad de las Américas. Facultad de Medicina Veterinaria y Agronomía Escuela de Medicina Veterinaria.

- Playford, R. J., & Weiser, M. J. (2021). Bovine Colostrum: Its Constituents and Uses. *Nutrients* 2021, Vol. 13, Page 265, 13(1), 265. <https://doi.org/10.3390/NU13010265>
- Polanco, O.J. 2021. Determinación de la calidad del calostro en vacas lecheras en fincas del municipio Luperón, provincia Puerto Plata. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. Facultad de Ciencias Agropecuarias y de Recursos Naturales. Escuela de Medicina Veterinaria. File:///Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20del%20calostro%20en%20vacas-Odile%20Polanco.pdf
- Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Ślósarz, J., Kunowska-Ślósarz, M., Solarczyk, P., Łukasiewicz, M., Balcerak, M., & Przysucha, T. (2019). Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum: A Review. *Animals*, 9(12), 1070. <https://doi.org/10.3390/ANI9121070>
- Quigley, J. D., Deikun, L., Hill, T. M., Suarez-Mena, F. X., Dennis, T. S., & Hu, W. (2019). Effects of colostrum and milk replacer feeding rates on intake, growth, and digestibility in calves. *Journal of Dairy Science*, 102(12), 11016-11025. <https://doi.org/10.3168/JDS.2019-16682>
- Renaud, D. L., Waalderbos, K. M., Beavers, L., Duffield, T. F., Leslie, K. E., & Windeyer, M. C. (2020). Risk factors associated with failed transfer of passive immunity in male and female dairy calves: A 2008 retrospective cross-sectional study. *Journal of Dairy Science*, 103(4), 3521-3528. <https://doi.org/10.3168/JDS.2019-17397>
- Reyes-Portillo, K. A., Soto-Simental, S., Hernández-Sánchez, H., Quintero-Lira, A., & Piloni-Martini, J. (2020). Alimentos funcionales a partir de calostro bovino. *Publicación semestral, Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 6(12), 9-11. <https://doi.org/10.29057/icap.v6i12.5924>
- Robinson, R. C. (2019). Structures and metabolic properties of bovine milk oligosaccharides and their potential in the development of novel therapeutics. *Frontiers in Nutrition*, 6, 456689. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2019.00050/BIBTEX>
- Scándolo, D. y Maciel, M. 2017. manejo y alimentación de calostro en terneros: respuestas simples a preguntas complejas. Publicación Miscelánea (ISSN en línea: 2314-3126) Año V. Nro 1. Sitio Argentino de Producción Animal. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela.
- Schogor, A. L., Giombowsky, P., Both, F., Danieli, B., Rigon, F., Reis, J., & Da Silva, A. (2020). Calidad del calostro bovino y su relación con la genética, el manejo, la fisiología y su congelación. *Revista MVZ Córdoba*, 25(1), e1465. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1465>
- Sockett, D., Breuer, R.M., Smith, L.W., Keuler, N.S., Earleywine, T. 2023. Investigación de la refractometría Brix para estimar la concentración de inmunoglobulinas G de calostro bovino. <https://axoncommunication.net>.

- Souza, R. S., Santos, L. B. C., Melo, I. O., Cerqueira, D. M., Dumas, J. V., Leme, F. de O. P., Moreira, T. F., Meneses, R. de M., Carvalho, A. Ú., & Facury-Filho, E. J. (2021). Current Diagnostic Methods for Assessing Transfer of Passive Immunity in Calves and Possible Improvements: A Literature Review. *Animals 2021, Vol. 11, Page 2963, 11(10), 2963.* <https://doi.org/10.3390/ANI11102963>
- Staněk, S., Nejedlá, E., Fleischer, P., Pechová, A., & Šlosárová, S. (2019). Prevalence of failure of passive transfer of immunity in dairy calves in the Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 67(1), 163-172.* <https://doi.org/10.11118/actaun201967010163>
- Thompson, A.C. and Smith, D.R. 2022. Failed transfer of passive immunity is a component cause of pre-weaning disease in beef and dairy calves: A systematic review and meta-analysis. *THE BOVINE PRACTITIONER | VOL. 56 | NO. 2.*
- Villa, N.A., Ceballos, A., Ceron, D. y Serna, C.A. 1999. Valores bioquímicos sanguíneos en hembras Brahman bajo condiciones de pastoreo. *Pesq. Agro.pec. bras. Brasília. v.34, n.12, p.2339-2343*
- Yepes, M., & Prieto, C. (2011). *Relación de la concentración de proteína sérica, la calidad de calostro y la ganancia de peso en terneros lactantes en hatos de la sabana de Bogota.*

Anexos

Anexo A. Asociación entre FTIPM y las variables.

Gráfico 1: Comparación de FTIPM entre el Tipo de Granja

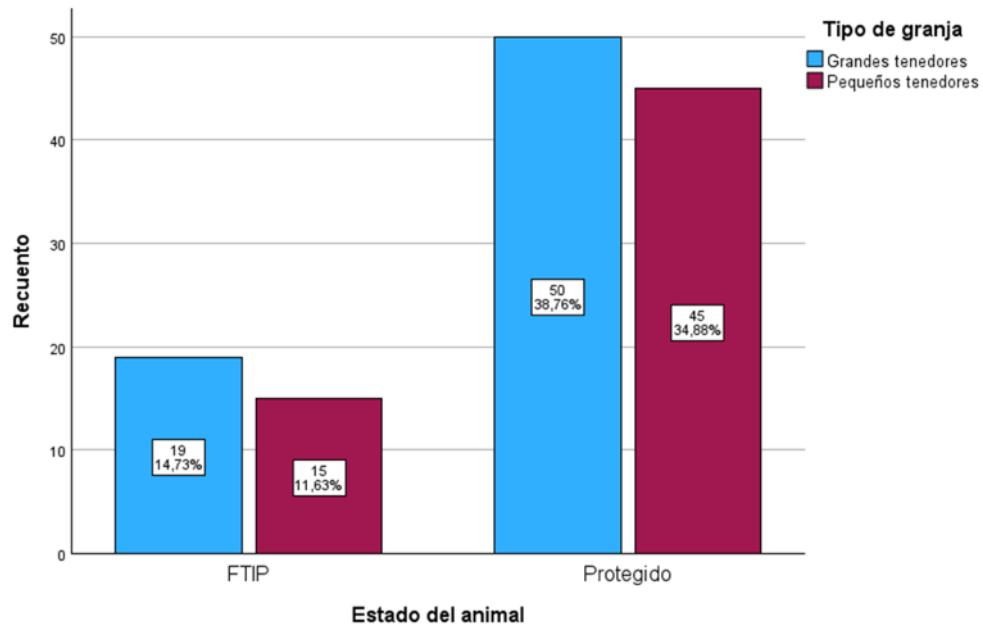


Gráfico 2: Comparación de FTIPM entre el Tipo de Grados Brix

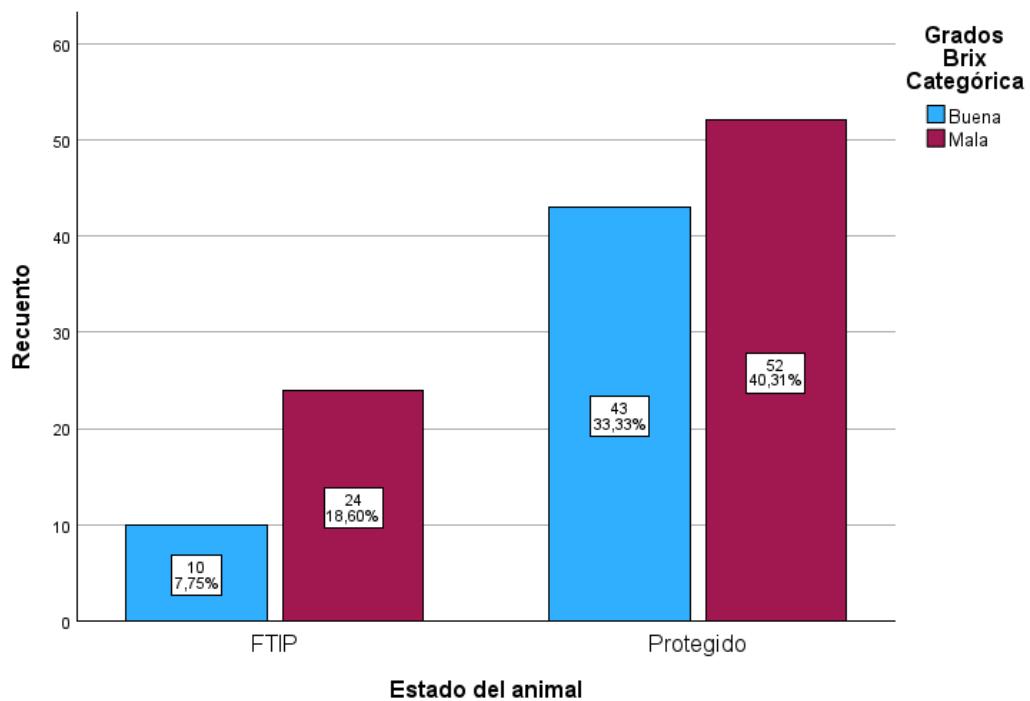


Gráfico 3: Comparación de FTIPM entre el Tipo de Densidad

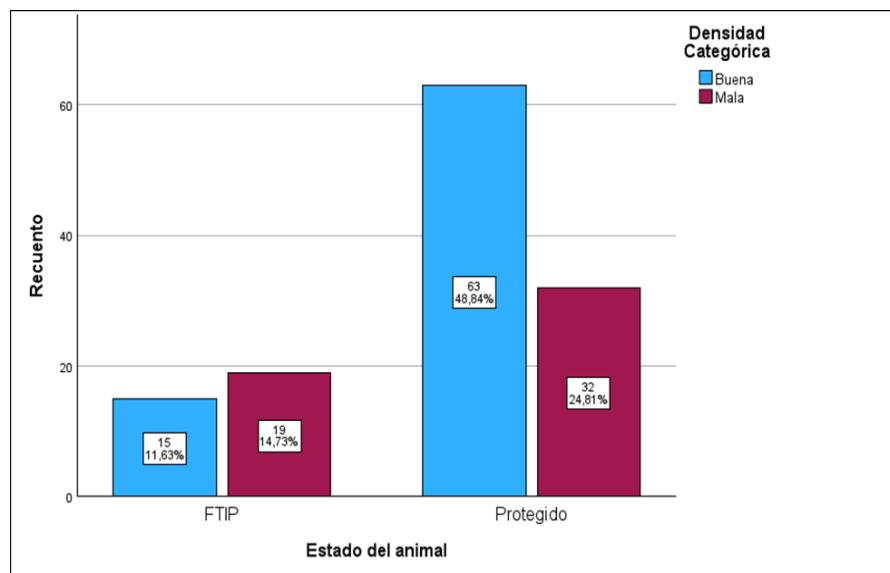


Gráfico 4: Comparación de FTIPM entre el Sexo

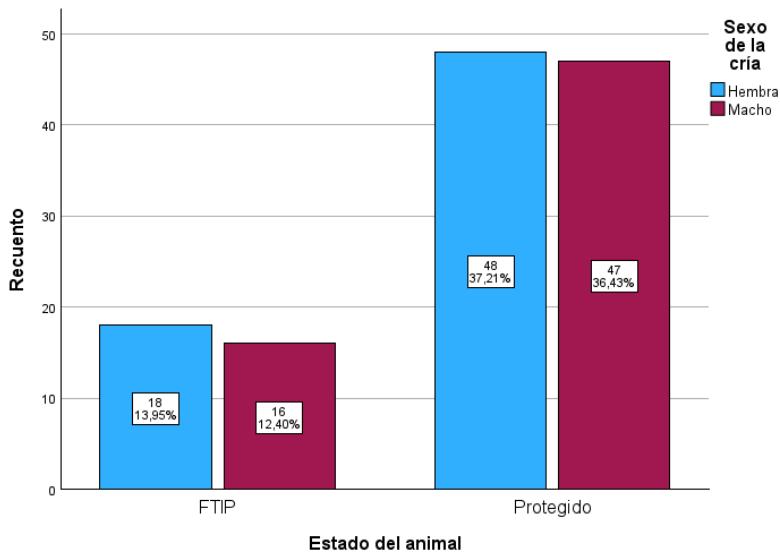


Gráfico 5: Comparación de FTIPM entre la Procedencia

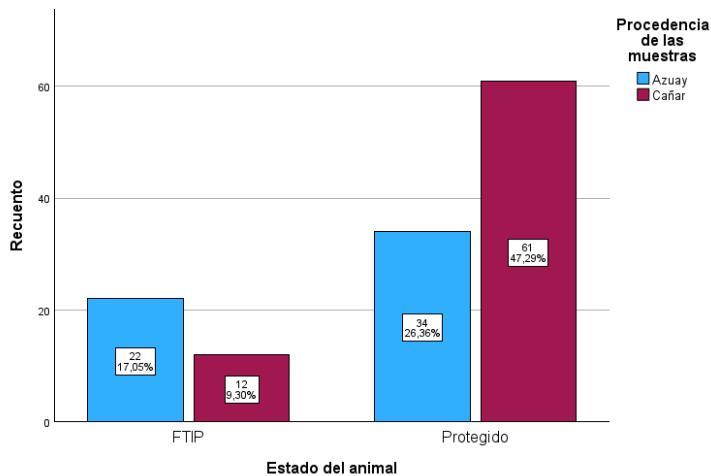


Gráfico 6: Comparación de FTIPM entre la Cantidad de Partos

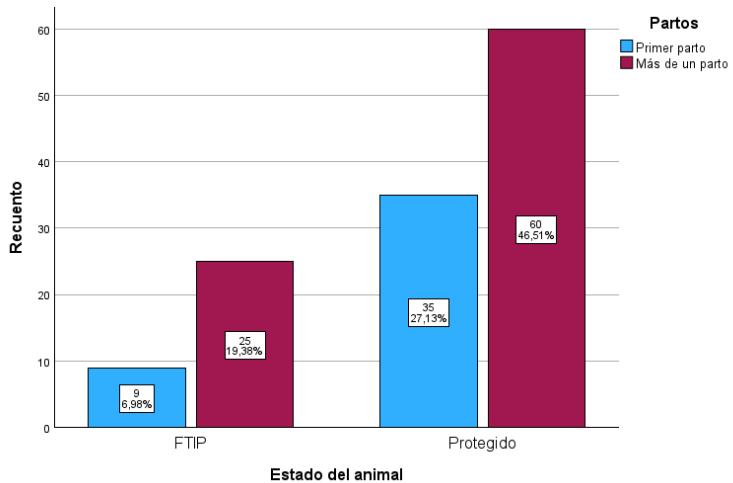


Tabla 10. Acuerdo entre las dos técnicas de medición de calidad de calostro.

	Valor	SE	T aproximada
Medida de Acuerdo	Kappa	0,447	0,72
			5,47

(el valor de kappa mientras más se acerca a 1 indica que el acuerdo entre las dos técnicas es mayor)

Anexo B. Histogramas de las variables de Proteínas Totales, Albúmina, Globulinas, y Diagrama de Caja en la Comparación del Ratio Albúmina/Globulinas.

Gráfico 7: Histograma de Frecuencias para las Proteínas Totales en Espectrofotometría

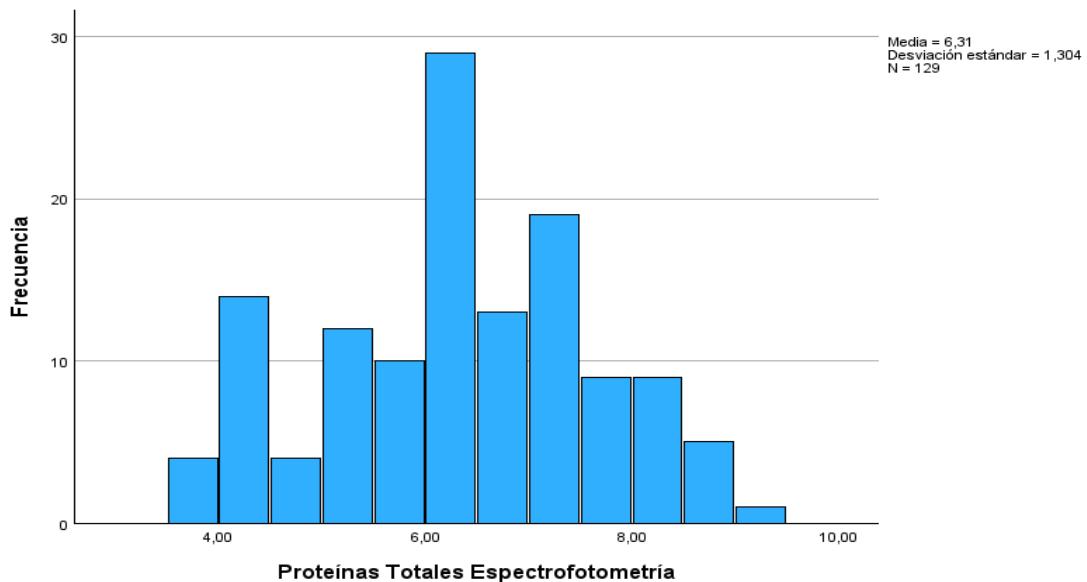


Gráfico 8: Histograma de Frecuencias para la Proteínas Totales en Refractometría

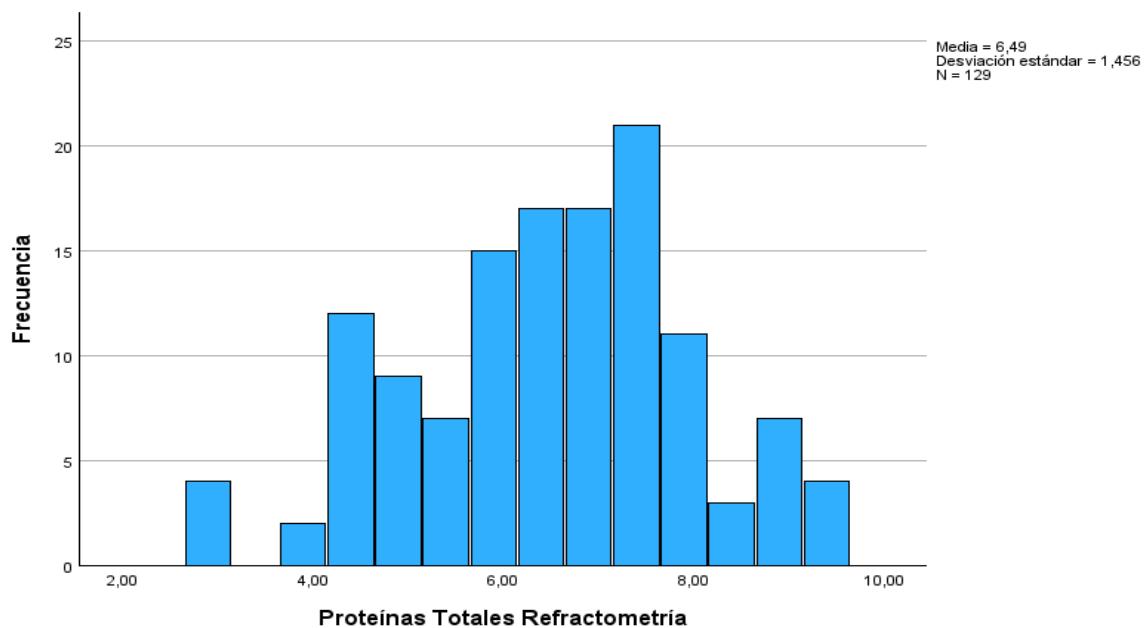


Gráfico 9: Histograma de Frecuencias para la Albúmina

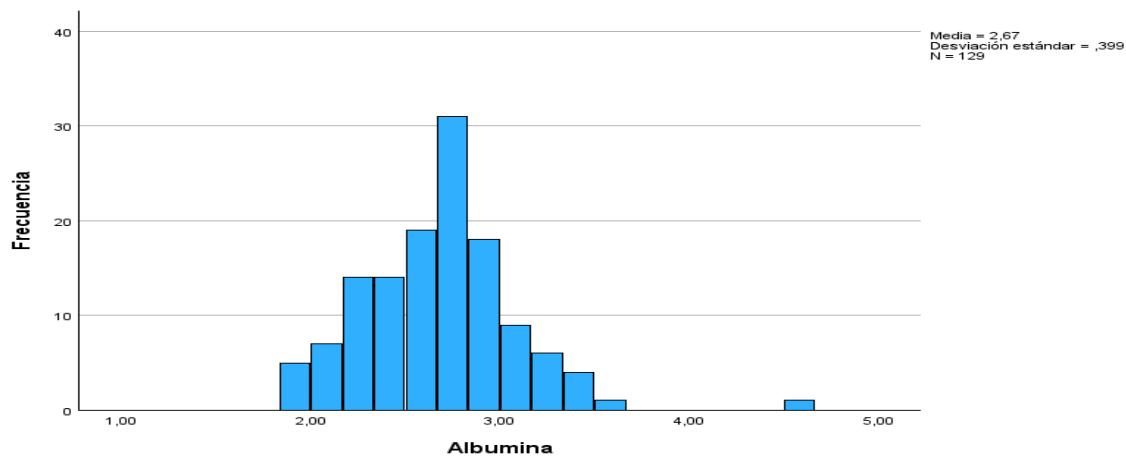


Gráfico 10: Histograma de Frecuencias para la Globulina

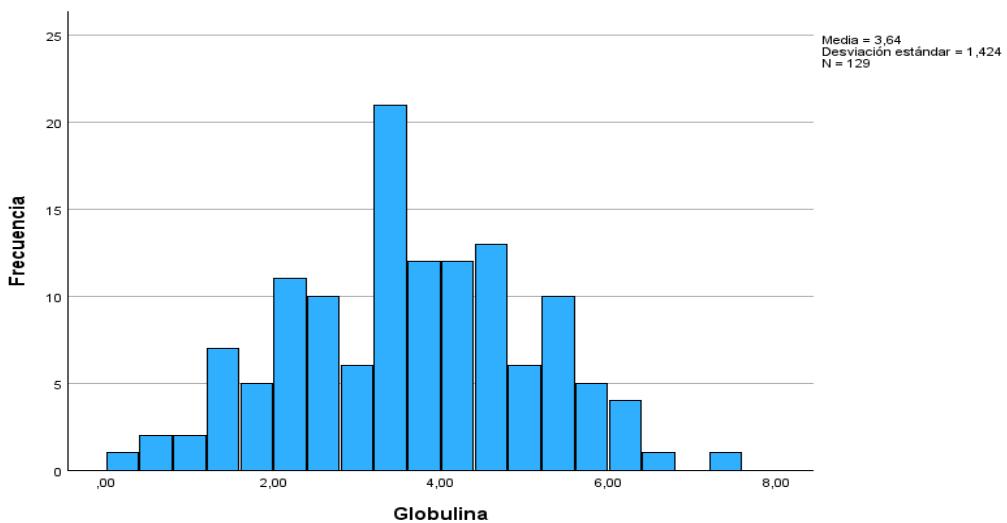


Gráfico 11: Histograma de Frecuencias para la relación Albúmina/Globulina

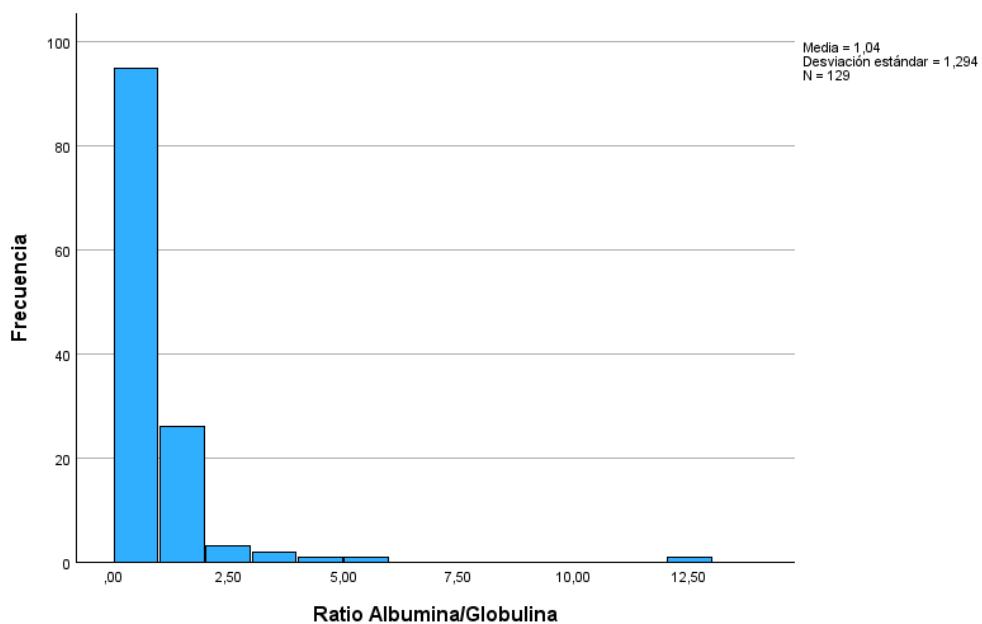


Gráfico 12: Diagramas de Cajas para la relación Albúmina/Globulina entre animales con y sin FTIPM

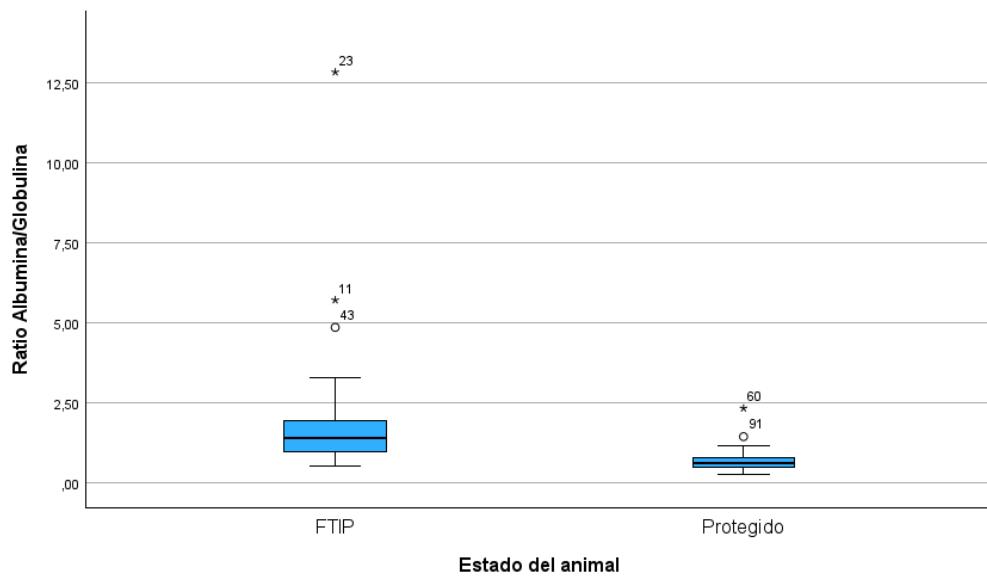


Tabla 11. Índice de correlación intraclass para la concordancia de las metodologías de medición de PT.

	Correlación intraclass	IC 95%	
		Límite inferior	Límite superior
Medidas únicas	0,687	0,584	0,769
Medidas promedio	0,815	0,738	0,869

Índice de correlación intraclass del valor de proteínas totales (PT) en suero sanguíneo de terneros en la primera semana de vida, mediante los métodos de refractometría y espectrofotometría.

(en promedio la concordancia de las medidas de PT es muy buena entre las dos metodologías de medición)

Anexo C. Imágenes de la obtención de muestras en sangre y calostro

Imagen 1. Extracción de sangre a través de la vena yugular en terneros nacidos día 0 al 5.



Imagen 2. Obtención de las muestras de suero de los respectivos tubos de sangre.



Imagen 3. Descongelación a Baño María de las muestras de calostro.



Imagen 4. Análisis de las muestras de calostro por Refractometría.



Imagen 5. Utilización de un densímetro para el análisis de las muestras de calostro.

