



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**EFFECTO DE LOS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN SOBRE LA
CONCENTRACIÓN DE INMUNOGLOBULINAS G DEL CALOSTRO BOVINO**

TESIS PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA**

PRESENTA:

MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ MENDOZA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. EDGAR VALENCIA FRANCO

CODIRECTOR DE TESIS:

DR. NUMA POMPILIO CASTRO GONZÁLEZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México. julio de 2023



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**EFFECTO DE LOS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN SOBRE LA
CONCENTRACIÓN DE INMUNOGLOBULINAS G DEL CALOSTRO BOVINO**

TESIS PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA**

PRESENTA:

MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ MENDOZA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. EDGAR VALENCIA FRANCO

CODIRECTOR DE TESIS:

DR. NUMA POMPILIO CASTRO GONZÁLEZ

ASESORES

DR. MARTÍN CARMONA VICTORIA

DR. MARCOS PÉREZ SATO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. julio de 2023

La presente tesis titulada: **EFFECTO DE LOS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE INMUNOGLOBULINAS G DEL CALOSTRO BOVINO** realizada por Miguel Ángel López Mendoza, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular Integrado por:

Firma

Director: Dr. Edgar Valencia Franco



Codirector: Dr. Numa Pompilio Castro González



Asesor: Dr. Martín Carmona Victoria



Asesor: Dr. Marcos Pérez Sato

Tlatlauquitepec, Puebla, México, 2023

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **BUAP CA-182 “Producción Pecuaria Integral”** y de la Línea de Investigación: **“Producción Integral de Rumiantes y no Rumiantes”**. Dicho trabajo, fue financiado por recursos propios.

DEDICATORIA

A mis padres

María Nieves Mendoza Contreras y Miguel Ángel López Ordoñez, Por sacrificar en muchas ocasiones necesidades propias, con el objetivo de brindarme la ayuda necesaria en todo momento en el ámbito económico, moral y afectivo. Me es muy gratificante el poder compartir este nuevo logro con ustedes. Sin duda alguna no lo hubiera hecho sin ustedes, son mi mayor fuente de inspiración para ser un mejor ser humano día con día.

A mi hermano

Edwar Darío López Mendoza, Por ser un gran ejemplo por seguir, apoyarme y acompañarme en gran parte de mis travesías a lo largo de esta vida. Cada consejo constructivo hacia mi persona me ha hecho rebasar mis propios límites, eres un sujeto admirable y en quien puedo depositar toda mi confianza hermano.

A mis amigos

Sabine Paulette Polo Fierro, Lucina Romero Venancio, Araceli Toribio Nicolas, German Juárez Pérez, Neftalí Hernández Cabrera, Miguel Ángel Ibáñez Sanches, David Antonio Iglesias Huerta, Rodrigo Gabriel Hernández Ortega, Martha Guadalupe González Valdovinos. Me siento afortunado por tener grandes amistades que han hecho menos amargos mis días en penumbra, gracias por bríndame su apoyo, lealtad y memorables momentos.

A Bibiana Hernández

Por tu valiosa compañía y apoyo incondicional.

A Anayeli Isidoro García

No tiene precio la fortaleza e inspiración que me diste para culminar mis estudios universitarios, estoy muy agradecido con la vida por haberme permitido conocer a una persona tan maravillosa.

A la encargada de laboratorio de IAZ BUAP

Estoy muy agradecido por tu gran ayuda durante el análisis de las muestras de mi experimento de antemano te agradezco amiga IAZ Mónica González Carmona.

A el rancho Xacuinco

Estoy profundamente agradecido con el dueño del rancho Xacuinco Sr Amadeo Sánchez Hernández, así mismo al Sr Alfonso Sanches Valderrábano y al Ingeniero Amadeo Sanches Valderrábano ya que pese a la contingencia sanitaria por motivos de covid 19 me permitieron realizar mi servicio social.

A todos mis amigos de la granja el Costos, Javier Hernández Barrientos, Luis Enrique Gonzales Barrientos y personas que laboran ahí, Mario Hernández Flores Santiago y Santiago García García quienes me compartieron de su experiencia y conocimientos dentro de las instalaciones sin restricción alguna pacientemente.

A toda mi familia

Tienen mi más amplio agradecimiento aquellos que integran mi familia y han sido en algún momento un apoyo o fuente de inspiración hacia mi persona.

A todas las personas que han confiado en mi

Por último, pero no menos importante, le dedico a cada persona que ha confiado y confía en mis capacidades, sin vacilo alguno les agradezco

*“En la profundidad del invierno, aprendí que en mi interior
hay un verano invencible” (Albert Camus)*

AGRADECIMIENTO

A la máxima casa de estudios la Benemérita Universidad Autónoma De Puebla, el incorporarme a la Facultad De Ciencias Agrícolas Y Pecuarias en el programa de Ingeniería Agronómica Y Zootecnia (IAZ), y egresar de esta prestigiosa universidad me causa mucha satisfacción y orgullo.

A mi director y asesores, Dr. Edgar Valencia Franco, Dr. Numa Pompilio Castro González, Dr. Martin Carmona Victoria, Dr. Marcos Pérez Sato. Que me apoyaron durante toda la realización de mi tesis gracias por compartiéndome muchos de sus amplios conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Inventario de ganado bovino lechero en México	5
4.2. Raza Holstein e importancia en México	6
4.3. Crianza de la ternera.....	6
4.4. Definición de calostro	7
4.5. Macro y micronutrientes del calostro bovino.....	8
4.5.1. Grasa y lípidos.....	8
4.5.2. Proteínas	8
4.5.3. Carbohidratos	9
4.5.4. Vitaminas y minerales	9
4.6. Importancia del suministro de calostro en neonatos	10
4.7. Patógenos comúnmente alojados en el calostro que afectan su calidad.....	10
4.8. Inmunoglobulina IgG	11
4.9. Bancos de calostro.....	12
4.10. Métodos de conservación del calostro bovino.....	12
4.10.1. Importancia de la conservación del calostro.....	12
4.10.2. Método de refrigeración	12
4.10.3. Método de adición de preservante	13
4.10.4. Método de pasteurización	13
4.10.5. Método de liofilización.....	14

4.11.	Métodos alternativos para la cuantificación del igG	15
4.11.1.	Método por densidad específica (Calostrómetro/Lactodensímetro).....	15
4.11.2.	Método por refractometría brix (Refractómetro óptico)	15
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
5.1.	Ubicación del área de estudio y toma de muestras de calostro	17
5.2.	Fase experimental.....	17
5.3.	Cuantificación indirecta de inmunoglobulinas tipo G.....	18
5.4.	Conservación de calostro por tratamiento	19
5.4.1.	Tratamiento 1, fresco, testigo.....	19
5.4.2.	Tratamiento 2, refrigerado.....	19
5.4.3.	Tratamiento 3, congelado.....	20
5.5.	Modelo estadístico, diseño experimental y análisis estadístico	20
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
6.1.	Cuantificación de inmunoglobulinas tipo G por dos métodos indirectos	21
6.2.	Influencia del número de partos con la concentración de inmunoglobulinas en el calostro bovino	22
6.3.	Propiedades químicas del calostro bovino	23
VII.	CONCLUSIÓN	26
VIII.	LITERATURA CITADA	27

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Escala de calibración del calostrómetro e interpretación de la concentración de Inmunoglobulinas en gr mL^{-1} en el calostro bovino.....	18
Cuadro 2. Rangos de medición de Lactoscan MCCW.....	19
Cuadro 3. Concentración de las inmunoglobulinas G por dos métodos de cuantificación indirecta.....	21
Cuadro 4. Propiedades químicas.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Bovino para leche población ganadera 2012- 2021.....	6
Figura 2. Localidad de Nuevo México, Libres, Puebla, México.....	17
Figura 3. Concentración de inmunoglobulinas en el calostro en relación con el número de partos por unidad experimental.....	22

RESUMEN

El calostro bovino proporciona a los neonatos inmunoglobulinas. Las más comunes son las inmunoglobulinas A, M y G. De estas, la inmunoglobulina más importante es la G, ya que corresponde del 85 al 90% del total de inmunoglobulinas. La colecta y el suministro de calostro pocas horas post parto es importante ya que pierde calidad y efectividad con forme transcurre el tiempo. Comúnmente las explotaciones lecheras utilizan la refrigeración y la congelación para prolongar la vida útil del calostro, sin embargo, estos métodos pueden afectar la concentración de inmunoglobulinas G y propiedades químicas presentes en el. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de los métodos de conservación sobre la concentración de inmunoglobulinas tipo G en el calostro de vacas Holstein. Los tratamientos evaluados por los dos métodos de cuantificación indirecta de inmunoglobulinas fueron: (T1) Fresco. (T2) Refrigerado/ 8 días. (T3) Congelado/30 días. Los resultados de las medias obtenidos por tratamiento mediante el uso del calostrómetro (Kruuse A/S, Langeskov, Dinamarca) fueron T1: 72.60 mg mL⁻¹. T2: 72.60 mg mL⁻¹. T3: 72.60 mg mL⁻¹ y el refractómetro brix (TFZSJ00) T1: 24.50%. T2: 24.50%. T3: 24.50%, Con respecto a las variables de las propiedades químicas (Grasa, Sólidos grasos totales, Sólidos no grasos, Lactosa, Sales, pH, Proteína), se evaluó el porcentaje de pérdida al ser conservados por tratamiento, por medio del aparato Lactoscan MCCW. Finalmente, se concluyó que ambos métodos de conservación fueron eficientes ya que no hallamos diferencias significativas entre tratamientos en la cuantificación de inmunoglobulinas y conservación de propiedades químicas.

Palabras clave: Holstein, Inmunoglobulinas, Calostro bovino, Cuantificación de inmunoglobulinas G, Inmunidad pasiva.

ABSTRACT

Bovine colostrum provides newborns with immunoglobulins. The most common ones are immunoglobulins A, M, and G. Among these, immunoglobulin G is the most important as it represents 85 to 90% of the total immunoglobulins. The collection and supply of colostrum a few hours after birth are important as it loses quality and effectiveness over time. Dairy farms commonly use refrigeration and freezing to extend the shelf life of colostrum. However, these methods can affect the concentration of immunoglobulin G and the chemical properties present in it. This research aimed to evaluate the effect of conservation methods on the concentration of immunoglobulin G in Holstein cow colostrum. The treatments evaluated using two indirect quantification methods for immunoglobulins were: (T1) Fresh, (T2) Refrigerated/8 days, and (T3) Frozen/30 days. The mean results obtained per treatment using the colostrum analyzer (Kruuse A/S, Langeskov, Denmark) were: T1: 72.60 mg/mL, T2: 72.60 mg/mL, and T3: 72.60 mg/mL, and the brix refractometer (TFZSJ00) readings were: T1: 24.50%, T2: 24.50%, and T3: 24.50%. Regarding the variables of chemical properties (fat, total fat solids, non-fat solids, lactose, salts, pH, protein), the percentage of loss during conservation was evaluated for each treatment using the Lactoscan MCCW device. Finally, it was concluded that both conservation methods were efficient since no significant differences were found between treatments in terms of immunoglobulin quantification and preservation of chemical properties.

Keywords: Holstein, immunoglobulins, bovine colostrum, immunoglobulin G quantification, passive immunity.

I. INTRODUCCIÓN

En México, el incremento poblacional, así como la demanda de leche y sus derivados. Ha dado paso a un aumento en el número de animales productores de leche, haciendo una comparativa en la cantidad de cabezas de ganado lechero, en 2012. El número total anual de animales fue de 2,398,639 cabezas, y en 2021 de 2,642,516 cabezas. En promedio en los últimos 11 años, 6 de cada 10 litros de leche que se han producido en México, se han generado en Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua y Guanajuato (SIAP, 2021a).

En 2018 México ocupó el octavo lugar a nivel mundial de consumo de leche (FIRA, 2019). Si bien la industria lechera ha tenido avances significativos en los últimos años, aún no es suficiente para satisfacer la demanda nacional de leche. En consecuencia, se prevé que el número de importaciones de productos lácteos aumente para el 2023 (USDA, 2022).

Uno de los principales problemas que aquejan a los cuatro sistemas de explotación lechera existentes en nuestro país (especializado, semiespecializado, familiar y de doble propósito) es el alto índice de morbilidad y mortalidad en becerras, presentes entre el nacimiento y el destete (Aghakeshmiri *et al.*, 2017). Dado que en el país predominan los productores lecheros de pequeña y mediana escala (Villaseñor *et al.*, 2007). Es imprescindible atender esta problemática dado que implica pérdidas productivas (Espinoza *et al.*, 2017) En los sistemas a pequeña escala existe una menor eficiencia en el proceso de crianza, los niveles de producción de leche son menores (Nemocón *et al.*, 2020), el manejo nutricional es deficiente y el desempeño reproductivo está por debajo de lo óptimo (Godden, 2008).

El consumo de calostro contribuye al aumento de la tasa de supervivencia de los terneros. Previas investigaciones han reportado deficiencias en la calidad y cantidad de calostro producido por las vacas lecheras (Gavin *et al.*, 2017). El factor genético, número de lactancia y el orden de nacimiento son los que interfieren en la calidad del calostro (Silper *et al.*, 2012).

El calostro está compuesto por nutrientes esenciales para los terneros, con un alto contenido de inmunoglobulinas, seguido de citocinas, leucocitos maternos, proteínas, grasas, lactosa, minerales y vitaminas (Santos *et al.*, 2010).

Estos nutrientes se pueden medir para obtener la calidad del calostro, siendo un calostro de excelente calidad cuando la concentración de inmunoglobulina tipo G (IgG) es superior a 50 mg ml⁻¹ de leche (Pritchett *et al.*, 1994).

Se tiene conocimiento de cuatro factores que contribuyen a la transferencia exitosa de inmunidad pasiva: la alimentación de calostro con una concentración de inmunoglobulinas (50 mg mL⁻¹), el suministro de una cantidad adecuada de calostro, ofrecerlo dentro de las primeras dos horas de vida y la minimización de la contaminación por bacterias (Elizondo y Heinrichs, 2009).

Una alternativa viable es la implantación de bancos de calostro para reducir los problemas relacionados con las vacas que producen calostro con menor calidad y cantidad, dado que en todo hato ganadero existen excedentes; lo cual hace necesario su aprovechamiento (Salazar *et al.*, 2019).

La búsqueda de opciones para la preservación de calostro a las ganaderías de producción mexicanas según sean sus necesidades y recursos toma relevancia, así como conocer métodos que permitan almacenarlo para su futuro suministro a las terneras. Dado que el calostro fresco se puede conservar de 2 a 3 días siempre y cuando la temperatura no sea superior a 12 – 15 °C, y se almacene en recipientes adecuados (Lanuza, 1989).

En la actualidad diversos estudios refieren que la conservación de calostro por medio del método de congelación (-4 °C) se puede almacenar hasta por 1 año, siempre que no hayan ocurrido procesos de descongelado en ese lapso (INIA, 2017). En la congelación a -20 °C se ha encontrado que hay disminución en la concentración de IgM y de IGF-1; Mientras que la liofilización no presenta un efecto significativo en los componentes bioactivos, Así mismo, la agregación de aditivos orgánicos y químicos permite preservar por un tiempo prologado el calostro, aunque este método presenta pérdida de nutrientes lactosa y proteínas principalmente (Abd El- Fattah *et al.*, 2014). La presente tesis lleva como objetivo la evaluación del efecto de los métodos de conservación sobre la concentración de inmunoglobulinas tipo G del calostro bovino.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de los métodos de conservación sobre la concentración de inmunoglobulinas tipo G del calostro bovino

2.2. Objetivos específicos

- Comparar los métodos de reflectometría brix y densidad aparente en la cuantificación de inmunoglobulinas G
- Determinar características químicas del calostro a partir de métodos de preservación
- Cuantificar parámetros nutricionales del calostro

III. HIPÓTESIS

El método de conservación del calostro afectará la concentración de inmunoglobulinas tipo G suministradas a los terneros

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Inventario de ganado bovino lechero en México

A nivel mundial, la producción de leche creció a una tasa promedio anual de 1,4 % entre 2008 y 2018, alcanzando un máximo histórico de 505,2 millones de toneladas, excluyendo otros tipos de leche como la leche de búfala, que creció a una tasa promedio anual de 3,7 % llegando a 100,6 millones toneladas (FIRA, 2019)

Mientras tanto el sector lechero en México representa la tercera actividad pecuaria de importancia económica, con un aporte de 17.22 % del valor nacional, solo por detrás de la carne de bovino (30 %) y la carne de pollo (23%) (SAGARPA, 2018).

México ocupó la octava posición mundial en el consumo de leche. En 2018, el consumo nacional aparente se ubicó en un máximo histórico de 15,288 millones de litros; 78.5% de ese volumen se abasteció con producción nacional y 21.5% correspondió a importaciones, sobre todo de leche en polvo proveniente principalmente de Estados Unidos (USDA, 2018). El número de cabezas en el inventario de ganado bovino lechero durante los últimos 10 años en el país lo han encabezado: Jalisco, Durango, Chihuahua, Coahuila, y Guanajuato. Aunado a lo anterior estos estados producen 6 de cada 10 litros de leche, esto indica más de la mitad de la producción de leche nacional, por otro lado, podemos ver en la (Figura 1) el comportamiento productivo de cabezas de ganado lechero a partir del 2011 al 2021 (SIAP, 2021b). Se prevé que el número de cabezas de ganado lechero continúe en aumento debido a la creciente demanda de leche y sus derivados y a la necesidad de cubrir el desabasto nacional (USDA, 2020).

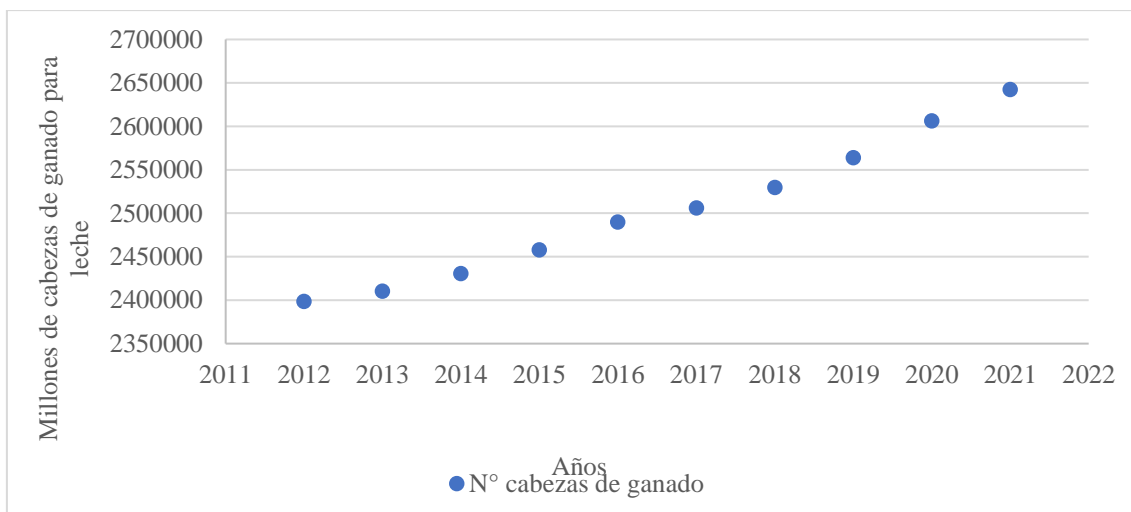


Figura 1. Bovino para leche población ganadera 2012- 2021 Fuente: SIAP, 2021b.

4.2. Raza Holstein e importancia en México

Varios factores determinan la composición de la leche de vaca, ejemplo de ello es; la genética de la raza, la fase de lactación, la calidad nutricional del animal y las condiciones ambientales (Caroli *et al.*, 2009). La selección genética en gran parte de los sistemas de producción de leche se emplea para aumentar el rendimiento de los animales (Castillo-Juarez *et al.*, 2000). Las especies ganaderas que actualmente contribuyen a la agricultura y la producción de alimentos son el resultado de un largo proceso de domesticación y desarrollo (FAO, 2007). La raza Holstein ha sido estudiada durante varios años debido a sus excelentes parámetros productivos en todo el mundo, en México el Centro Nacional de Investigación (CENID) en fisiología y mejoramiento animal del Instituto Nacional de Información Forestal, agrícola y pecuarias en conjunto con la Asociación Holstein de México evalúan de manera semestral el potencial genético de ganado Holstein para las características de kilogramos de leche, grasa y proteína, y de otras características importantes en la producción eficiente de leche de calidad como lo son la longevidad del ganado, el conteo celular somático y 15 características de conformación, permitiéndole estas últimas al ganado, producir leche en mejores condiciones anatómicas mejorando así su bienestar (INIFAP, 2022).

4.3. Crianza de la ternera

En las empresas ganaderas de doble propósito el ternero representa una parte fundamental en la cadena de producción, ya que al destetar animales sanos y con buen peso corporal, se garantiza que a futuro existan, hembras de reemplazo aptas para la reproducción y machos con buena

calidad para el mercado (Roland *et al.*, 2016). Aunado a lo anterior, diversos estudios han demostrado que el entorno de crianza, como la superficie, la humedad relativa, la velocidad del aire y la temperatura pueden contribuir a elevar el estrés de las terneras, dando como resultado a una desviación de energía de crecimiento hacia el mantenimiento de la termo regulación (Cobb *et al.*, 2014)

La administración de calostro en las terneras recién nacidas está relacionada como componente importante de mantenimiento de la salud de las terneras lecheras, ya que la absorción de inmunoglobulina calostrual es necesaria para establecer una exitosa inmunidad pasiva (Fidler *et al.*, 2011).

4.4. Definición de calostro

El calostro bovino es una mezcla de secreciones de leche y componentes séricos que se acumulan en las glándulas mamarias entre 3 y 4 semanas antes del parto (Baumrucker & Bruckmaier, 2014). El calostro proporciona a la nueva descendencia todos los nutrientes esenciales y anticuerpos necesarios para los primeros días de vida, esta sustancia presenta un efecto duradero que favorece las esperanzas de vida de los neonatos (Polidori *et al.*, 2022).

La composición química del calostro cambia significativamente el contenido nutricional, dependiendo en primer lugar al factor genético, como la especie animal y la raza, y en segundo lugar según el manejo de la alimentación en la granja, La transición del calostro a la leche comercial se llama leche de transición y es la secreción mamaria de 24 a 48 horas después del parto. su composición cambia a medida que los sólidos totales disminuyen gradualmente (Alves *et al.*, 2015).

El efecto laxante del calostro en los recién nacidos es una de las acciones más importantes, debido a que ayuda en la evacuación de las primeras heces eliminadas por el recién nacido poco después del nacimiento (meconio), y la eliminación del exceso de bilirrubina, previniendo la ictericia (Santos *et al.*, 2010) Los anticuerpos presentes en el calostro no solo protegen a los neonatos frente a enfermedades infecciosas, sino que también proporcionan inmunidad pasiva y factores de crecimiento para el desarrollo gastrointestinal (Uyama *et al.*, 2022).

4.5. Macro y micronutrientes del calostro bovino

4.5.1. Grasa y lípidos

El contenido de grasa en el calostro es principalmente del 7%, y la mayor parte proviene de los glóbulos de grasa de la leche. Mientras que los lípidos que se encuentran en el calostro contienen una variedad de moléculas, incluidos los ácidos grasos esenciales Ω 3 y 6, ácido linoleico conjugado y fosfolípidos. El porcentaje de componentes de ácidos grasos del calostro saturados son del 65- 75 %, en tanto los monoinsaturados de 24-28% y 4-5% de polinsaturados (Contarini *et al.*, 2014).

Los ácidos grasos predominantes son el palmítico y el oleico, que representa el 40% y el 21% del total de los ácidos grasos (O'Callaghan *et al.*, 2020). El ácido palmitato y oleico se consideran de importancia en la nutrición en los primeros días de vida, gracias a que intervienen en la inmunomodulación hasta la salud cardiovascular de los recién nacidos (Sales *et al.*, 2013). Los gangliósidos y los fosfolípidos son lípidos polares que se encuentran en la membrana de los glóbulos grasos de la leche y están implicados en múltiples funciones, como el desarrollo neuronal, la unión de patógenos y la activación inmunitaria (Varardo *et al.*, 2017).

4.5.2. Proteínas

Los componentes proteínicos pueden dividirse en dos grupos: las proteínas del suero, que son componentes proteínicos solubles, y las caseínas, que son las proteínas insolubles; ambos componentes aportan propiedades nutritivas y bioactivas. La caseína es la fosfoproteína más abundante que representa alrededor del 75% de las proteínas de la leche y el queso de vaca, siendo la α 1- caseína la fracción proteica predominante en la leche bovina (Ginger y Grigor, 1999). La caseína afecta a la actividad inmunitaria (Meister *et al.*, 2002) De igual manera actúa a la hora de preservar la actividad y favorece a la adsorción de otros péptidos biológicamente activos reduciendo su digestión por las enzimas pancreáticas, al funcionar como sustrato competitivo (Pompili *et al.*, 2021). La acción descrita es igual para el inhibidor de la tripsina bovina, que protege las IgG, los factores de crecimiento y otras proteínas biológicamente activas contra la degradación proteolítica en el intestino. El inhibidor de tripsina está presente en el calostro bovino en altas concentraciones (Godden *et al.*, 2019). La caseína no solo debe considerarse como una fuente de energía, sino también como un factor que posee propiedades inmunoregulatoras, antibacterianas y antiinflamatorias.

Las proteínas del suero comprenden inmunoglobulinas, lactoferrina, α -lactoalbúmina, β -lactoalbúmina, lactoperoxidasa, glucomacropeptido y varios factores de crecimiento (Bastian *et al.*, 2001) La α -lactoalbúmina está presente en el calostro bovino en altas concentraciones, constituyendo aproximadamente una cuarta parte del contenido proteico total (40% de la proteína del suero), con un alto contenido de aminoácidos esenciales (Kuiken y Pearson, 1949). La α -lactoalbúmina posee actividad antimicrobiana y antitumoral, además de fijar iones de calcio y zinc (Stănciuc y Râpeanu, 2010).

4.5.3. Carbohidratos

Los carbohidratos en el calostro bovino incluyen oligosacáridos, glicolípidos, glicoproteínas y azúcares de nucleótidos. La lactosa es el azúcar principal en el calostro bovino, representando alrededor del 2.5% (Kehoe *et al.*, 2007). La lactosa es un disacárido compuesto de glucosa y galactosa; desempeña un papel importante en el hígado promoviendo la síntesis y almacenamiento de glucógeno (Coelho *et al.*, 2015). Los oligosacáridos están presentes en el calostro a razón de 1 g L^{-1} . Estos oligosacáridos actúan como prebióticos ya que muchos de ellos no se digieren en el intestino superior, sino que pasan intactos al colon donde actúan como sustratos para las bacterias colónicas (Zivkovic *et al.*, 2011). Los oligosacáridos se dividen en dos clases: neutros y ácidos. Los oligosacáridos neutros (o galactooligosacáridos) no contienen residuos de carbohidratos cargados. En comparación con los oligosacáridos ácidos que contienen al menos un residuo cargado negativamente de ácido N-acetilneuramínico (ácido siálico) (Gopal y Gill, 2000). Los oligosacáridos sialilados se encuentran en mayor cantidad en el calostro bovino, donde predomina el oligosacárido *3t-sialilactosa* (3tSL) y la *6t-sialilactosa* (6tSL) (Underwood *et al.*, 2015).

4.5.4. Vitaminas y minerales

El calostro bovino contiene vitaminas insolubles (A, D, y E) e hidrosolubles (serie B), relevantes para diversos procesos metabólicos, como el crecimiento óseo y la actividad antioxidante. La vitamina D se ha relacionado con la función del sistema inmunitario y mental (Cleminson *et al.*, 2016). La mayor parte de las vitaminas suelen tener una mayor concentración en el calostro bovino, en especial las vitaminas E, D, B2 y B12. El calostro bovino es rico en varios minerales esenciales, como cobre, hierro calcio, zinc, magnesio y fosforo (Godden *et al.*, 2019).

4.6. Importancia del suministro de calostro en neonatos

El calostro es la primera secreción de la glándula mamaria luego del parto y es de fundamental importancia para la salud y supervivencia del ternero neonato. Está constituido por una mezcla de secreciones lácteas y constituyentes del suero sanguíneo, principalmente inmunoglobulinas y otras proteínas, que se acumulan en la glándula mamaria en las últimas semanas de la gestación (Godden *et al.*, 2008)

El calostro obtenido en el primer ordeño luego del parto tiene una concentración de proteínas mayor que la de la leche, destacándose una muy alta concentración de inmunoglobulinas, particularmente inmunoglobulina G (IgG). Este es el principal anticuerpo presente en la circulación sanguínea y fluidos corporales y tiene una función inmunológica fundamental para mantener el estado de salud del animal (Swan *et al.*, 2007). El volumen de calostro que debe ser ingerido debe ser el 10% (3-4 L) del peso vivo de la ternera en la primera toma y la segunda a las 6 a 8 horas (Casas y Canto, 2015). Para considerar que es un calostro de buena calidad debe ser igual o mayor a 50 mg ml⁻¹ el contenido de inmunoglobulinas G. Aunado a lo anterior el calostro debe ser ofrecido a las terneras en las primeras 2- 6 horas después del nacimiento para protegerlos de patógenos que se puedan desarrollar en su propio sistema inmunitario, el uso de un biberón o sonda esofágica se asegura que la cantidad adecuada de calostro sea suministrada (Gay *et al.*, 1983).

El calostro no solo es responsable de brindar inmunidad, el alto contenido de sólidos totales respecto de la leche (en particular de grasa y proteína), hace que sea una fuente rica de energía para el ternero recién nacido. El calostro también contiene mayores cantidades de minerales y vitaminas, y diversos componentes con actividad antimicrobiana (lactoferrina, lisozima, lactoperoxidasa), hormonas y otros factores de crecimiento que estimulan el desarrollo de la mucosa del tracto gastrointestinal, que es esencial para una adecuada digestión de la leche (Mendoza *et al.*, 2017).

4.7. Patógenos comúnmente alojados en el calostro que afectan su calidad

La mayoría de los patógenos encontrados en el calostro comúnmente son provenientes de la glándula mamaria de la vaca o bien por la contaminación a causa de un mal manejo al momento de ser ordeñado, dando como resultado la posibilidad de ser transmitidos a las terneras, siendo los patógenos más representativos: *Mycobacterium avium* spp. *paratuberculosis*, *Salmonella*

spp., *Mycoplasma spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter spp.*, *Mycobacterium bovis* y *Escherichia coli* (Stewart *et al.*, 2005).

La consecuencia de lo anterior son enfermedades infecciosas, las más frecuentes son las diarreas y respiratorias. A las enfermedades antes mencionadas se les atribuye un alto índice de morbilidad y mortandad. La tasa de mortalidad en becerras antes del destete es de 7.8%. La diarrea y otros problemas digestivos constituyen el 56.5% de las muertes, mientras que las enfermedades respiratorias constituyen la segunda causa de mortalidad con un 22.5% (USDA, 2007).

4.8. Inmunoglobulina IgG

Las inmunoglobulinas (Ig) de la madre no se transfieren vía placentaria durante el desarrollo fetal de la ternera ya que la placenta de las vacas es sinepiteliocorial (Santos *et al.*, 2017). Este tipo de placenta impide que las inmunoglobulinas de la sangre de la madre entren en la circulación fetal y hace que los terneros al nacer presenten carencias de inmunoglobulinas. Para generar una respuesta inmunitaria eficaz a los patógenos en las primeras horas de vida, las terneras dependen de la absorción de inmunoglobulinas maternas, otras proteínas y células relacionadas con el sistema inmunitario, provenientes del calostro (Morril *et al.*, 2012).

Las inmunoglobulinas más representativas del calostro son la inmunoglobulina G (con los subtipos IgG1 y IgG2) inmunoglobulina M (IgM) y la inmunoglobulina A (IgA) (Becker y Märtilbauer, 2016) La inmunoglobulina G es la más importante en el calostro bovino ya que corresponde un 85 a 90% de la composición total de Inmunoglobulinas, aunque la IgG1 es la que se encuentra en mayor proporción a comparación de la IgG2 (Bellof y Granz, 2018). Una mala calidad o ingestión de calostro puede dar lugar a una falla en la transferencia de inmunidad pasiva, definida comúnmente como una concentración sérica de IgG $< 10 \text{ g L}^{-1}$ en terneras lecheras, entre las 24 y 48 horas post parto. Las terneras que reciben cantidades adecuadas de calostro de alta calidad en las primeras 24 horas de vida generalmente tienen mejor salud y crecimiento durante el período previo al destete que los terneros que absorben calostro de mala calidad (Gooden *et al.*, 2019).

Las mayores concentraciones de IgG en el calostro se encuentran en las primeras 3 horas post parto, aunque se mantiene constante hasta las 9 - 12 horas (Kessler *et al.*, 2020). Factores como,

la dieta, la raza, la estación del año, el volumen de calostro, el número de lactancia, el manejo y el entorno pueden influir en los componentes del calostro (McGee y Earley, 2019).

4.9. Bancos de calostro

Las vacas que paren con un estado de salud óptimo, producen una abundante cantidad y calidad de calostro del requerido por las terneras neonatas, gracias a ello fácilmente se logra una exitosa transferencia de inmunidad pasiva. Por consiguiente, el calostro excedente con un contenido inmunológico y fisicoquímico de alta calidad se puede almacenar para su futuro uso en terneras con riesgo de falla en la transferencia de inmunidad pasiva, o usarse en sistemas de calostro artificial, e incluso como suplemento a la dieta de terneras con más tiempo de vida. El calostro almacenado se denomina “Banco de calostro” (INIA, 2017).

4.10. Métodos de conservación del calostro bovino

4.10.1. Importancia de la conservación del calostro

El conocimiento y uso de prácticas de manejo del calostro con el fin de garantizar que las terneras consuman el volumen adecuado de calostro con alta calidad en los primeros días de vida es vital para las terneras, debido a que este producto biológico favorece a su salud y a la producción futura (Bottema *et al.*, 2021). Stewart *et al.*, en 2005 plantean que tras la recolección del calostro no es recomendable mantenerlo a temperatura ambiente, debido al veloz aumento de la carga bacteriana en un corto periodo de tiempo en esas condiciones. El calostro puede almacenarse mediante el método de refrigeración, y congelación. Sin embargo, existen otras alternativas para almacenar el calostro, una de ellas es la adición de preservantes orgánicos y/o químicos de grado alimenticio (Hernández-Castellano *et al.*, 2014), así como la pasterización y liofilización del calostro (Abd El-Fattah *et al.*, 2014). El tiempo de vida y preservación de calidad del calostro varía según el método que se emplee y de que tan bueno haya sido el manejo de este. El calostro puede conservarse por días, meses o hasta el año (Casas y Canto, 2015).

4.10.2. Método de refrigeración

Usuga *et al.* (2022) mencionan en sus investigaciones que para el método de refrigeración es indispensable recolectar el calostro en un balde de plástico desinfectado y con capacidad mínima de 250 ml por animal a muestrear. Asimismo, en las primeras horas después del parto de la vaca, se sugiere analizar inmediatamente el contenido de inmunoglobulinas G (IgG) utilizando métodos de cuantificación de inmunoglobulinas como ejemplo: el método de refractometría

brix. Una vez obtenida la información de IgG y la recolecta se debe transportar el calostro a laboratorio en un recipiente hermético de plástico bajo refrigeración a 4 °C para hacer los análisis deseados, y por último refrigerar las muestras a 4 °C durante 8 días como máximo (Davis y Drackley, 1998).

Método de congelación

El Instituto Nacional De Innovación Agraria en el 2015 menciona que la temperatura que se requiere para mantener en buen estado el calostro congelado es de -20°C, cada muestra debe ser almacenada en frascos de plástico herméticamente cerrados y esterilizados. Tomando en cuenta que el proceso repetido de congelación y descongelación hace que pierda el calostro propiedades fisicoquímicas e inmunológicas (Morril *et al.*, 2012). Las formas por las cuales se puede descongelar el calostro son: a baño maría (37 °C), microondas (312 W, calentado a 37 a 41°C) (Robbers *et al.*, 2021). El aumento de la potencia de un microondas se asocia con una pérdida significativamente mayor de IgG: pérdida de 20% a 200 W frente a una pérdida del 31% a 350 W (Balthazar *et al.*, 2015). El calentamiento a 50 y 60 °C a baño maría da lugar a una pérdida de IgG similar al calentamiento a 40 °C (8%), mientras que el calentamiento por encima de los 60 °C produce una pérdida significativa (26%) de IgG (Novo *et al.*, 2017).

4.10.3. Método de adición de preservante

El tener un amplio número de posibilidades para preservar el calostro es imprescindible, la agregación de diferentes aditivos orgánicos y/o químicos es una de tantas opciones existentes. Este método de conservación una vez aplicado y posteriormente almacenado contribuye a la inhibición de microorganismos presentes en el calostro y amplía su vida útil de 15- a 20 días. En términos generales la acción principal de estos preservantes son la acidificación rápida del calostro Algunos aditivos mayormente utilizados son: ácido propiónico al 0.5% (vol/vol), ácido acético al 0.5% (vol : vol), aldehído fórmico al 0.1% (vol : vol), cultivos lácteos al 1% (vol/vol) (Lanuza, 1989)

4.10.4. Método de pasteurización

El proceso de pasteurización consiste en el calentamiento de alimentos o bebidas a una temperatura que permita la reducción de la población microbiana con el objetivo de extender el tiempo de vida útil.

La presencia de patógenos en el calostro no sólo representa un riesgo de transmisión de enfermedades a la descendencia, sino que además puede alterar la absorción de moléculas de Inmunoglobulinas G a través de mecanismos no del todo esclarecidos (Johnson *et al.*, 2007). Con respecto a la contaminación del calostro después de la recolección, diversos autores han demostrado que la carga bacteriana general del calostro aumenta significativamente en las muestras tomadas por el equipo de ordeño en comparación con las muestras tomadas directamente de la ubre de las vacas de manera estéril (Stewart *et al.*, 2005). Estudios realizados en el calostro bovino sometido a diferentes temperaturas con el objetivo de disminuir la incidencia de enfermedades (enfermedad respiratoria, otitis, mastitis, artritis, enfermedad reproductiva, meningitis y conjuntivitis) causadas por micoplasmas que habitan en superficies mucosas respiratoria, urogenital, conjuntival, tracto gastrointestinal y glándula mamaria. Obtuvo buenos resultados pasterizando calostro bovino, usando un volumen de (30 litros) a una temperatura de (60 °C por 120 minutos), de igual modo se determinó que el volumen del calostro determina el grado de desnaturalización (Godden *et al.*, 2006).

4.10.5. Método de liofilización

La liofilización es una técnica de conservación de alimentos de origen Inca, sin embargo, en la industria alimentaria se empezó a utilizar para preparar productos especiales para alpinistas, astronautas y bases militares. No obstante, hoy en día se comercializan productos liofilizados al público en general. La liofilización involucra cuatro etapas principales: (Preparación, congelación, desecación primaria y secundaria) (SAGyP, 2017). El método de liofilización consiste en congelar el producto y posteriormente eliminar el hielo por sublimación, mediante la aplicación de calor al vacío, con el objetivo de evitar que el agua contenida en el alimento entre en fase líquida. Actualmente la liofilización de calostro ha obtenido altos valores en la tasa de absorción intestinal de inmunoglobulinas G en comparación al calostro congelado (Castro *et al.*, 2005). Además, puede disminuir la contaminación bacteriana, prolonga el almacenamiento después de su obtención y permite controlar los agentes infecciosos que podrían transmitirse a los neonatos (Moretti *et al.*, 2012) A pesar de todas las cualidades antes mencionadas para llevar a cabo este método se requiere de equipos específicos con costos inasequibles para pequeños productores, así como tener conocimiento técnico del uso de estos (Usuga *et al.*, 2022)

4.11. Métodos alternativos para la cuantificación del igG

4.11.1. Método por densidad específica (Calostrómetro/Lactodensímetro)

Fleenor y Stott desarrollaron en 1980 inicialmente una ecuación de regresión para estimar la concentración de inmunoglobulinas en el calostro a partir de la gravedad específica del calostro fresco: $Y = 254.716 X - 261.451$ ($r=0.84$) (donde Y es la concentración de inmunoglobulinas (%) y X la gravedad específica). Los autores anteriormente descritos fueron los creadores del primer calostrómetro, este incorpora la relación entre la gravedad específica del calostro y la concentración de inmunoglobulinas (mg mL^{-1}).

El calostrómetro está calibrado en intervalos de 5 mg mL^{-1} donde el calostro pobre (rojo) será para concentraciones menores de 22 mg mL^{-1} (amarillo) y para concentraciones entre 22 y 50 (mg mL^{-1}) moderado, y para concentraciones mayores a 50 (mg mL^{-1}) (Shearer *et al.*, 1992)

Un aspecto importante en la utilización del calostrómetro es la temperatura ya que las lecturas tienden a diferir en 0.8 mg mL^{-1} por cada grado Celsius en la modificación de la temperatura, por lo que es importante realizar la medición cuando el calostro se encuentre a una temperatura ambiente de (20 a 25 °C) (Godden, 2008). De este modo cuando la temperatura del calostro es más elevada a la anteriormente recomendada el calostrómetro arroja lecturas con valores inferiores a los verdaderos, del mismo modo si la temperatura es inferior a la recomendada se verán mejores los resultados a los verdaderos (Heinrichs y Jones, 2011).

4.11.2. Método por refractometría brix (Refractómetro óptico)

El refractómetro fue creado por el físico alemán Ernes Karl Abbe y el óptico Carl Zeiss en el siglo XX, este instrumento de laboratorio sirve para cuantificar los sólidos totales contenidos en una solución (Masters, 2020)

Normalmente el refractómetro Brix es utilizado para medir líquidos como miel, jugos y vinos (Kalstein, 2022). El refractómetro digital mide el índice de refracción de los lípidos mediante una puntuación brix (Bartens *et al.*, 2016)

El refractómetro, utilizado por las instalaciones lecheras está diseñado para medir el valor Brix. La escala Brix se utiliza para indicar el contenido de azúcar de una solución, pero esta escala ha sido adaptada para su uso en explotaciones agrícolas en las lecherías, interpretándose

los grados brix% en solidos grasos totales (corresponde a la suma de la proteína cruda, grasa, lactosa y cenizas) (Quigley *et al.*, 2013).

Una investigación realizada por Biemann *et al.* (2010) dió como resultado que un valor Brix $\geq 22\%$ es de buena calidad y adecuado para suministrarlo a las terneras, donde un valor Brix de 22% será equivalente a 50 mg mL^{-1} de IgG (es decir, de buena calidad).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del área de estudio y toma de muestras de calostro

La presente investigación se realizó a partir del mes de septiembre del 2022 hasta el mes de marzo del 2023, En la cuenca lechera ubicada en la localidad Nuevo México en el municipio de Libres del estado de Puebla, México (Figura 2). Con coordenadas: 19°30'01'' latitud norte, 97°45'29'' longitud occidental, a una altura de 2,897 msnm y una precipitación de 500 a 600 ml (INEGI, 2021).

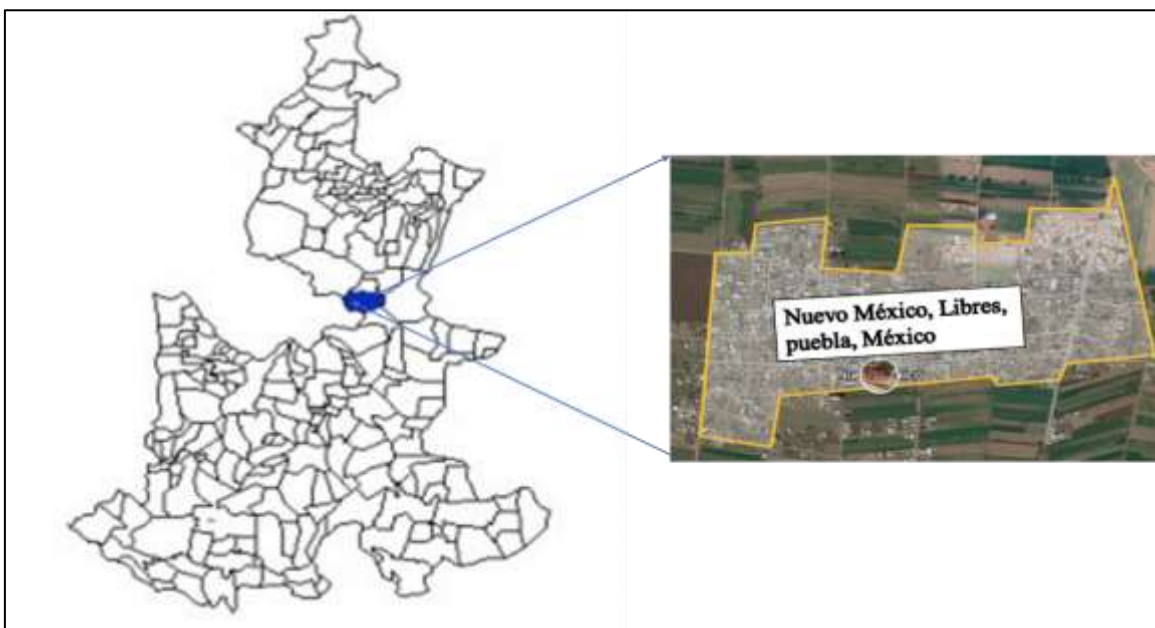


Figura 2. Localidad de Nuevo México, Libres, Puebla, México. Fuente: INEGI, 2021.

5.2. Fase experimental

Para este experimento se utilizaron 10 vacas raza Holstein Friesian alimentadas con dietas isoproteicas e isoenergéticas de acuerdo con su estado fisiológico, el número de parto fue registrado por cada una de nuestras unidades experimentales. Se calculó el parto de acuerdo con la fecha de inseminación. Para la toma de muestras se extrajo el calostro haciendo uso de una ordeñadora portátil modelo DDJNQDZYBSB marca Vevor de origen chino con una capacidad de volumen de 25 L. La extracción se realizó de 1 a 6 horas postparto, la cantidad de calostro recolectado por animal fue de 1 litro.

5.3. Cuantificación indirecta de inmunoglobulinas tipo G

A todas las muestras colectadas se les analizó inmediatamente el contenido de inmunoglobulinas tipo G por 2 métodos indirectos, el primero fue el de refractometría con valores brix (Bartens *et al.*, 2016) y el segundo el método de densidad aparente (Mechor *et al.*, 1991). El modelo del refractómetro óptico usado fue TFZSJ00, según el fabricante Generic conto con una precisión de 0.5%, un rango de medición de 0- 90% Brix y un sistema de compensación automática de temperatura (ATC) y un rango de compensación de 10- 20 °C (50- 86 °F) (Anexo 1). Una vez hecha la calibración con agua destilada se procedió a colocar una pequeña cantidad de calostro en el prisma con la pipeta que incluyo el equipo, cuidando que no tuviera burbujas el calostro se cerró la tapa, y en un sitio iluminado se hizo el análisis a cada muestra de calostro. Para determinar la calidad del porcentaje de inmunoglobulinas mediante el refractómetro. Se consideró que un valor Brix $\geq 22\%$ es de buena calidad y adecuado para suministrarlo a las terneras, donde un valor Brix de 22% será equivalente a 50 mg mL⁻¹ de IgG, es decir, de buena calidad y de mala calidad si era $<22\%$.

Por otro lado, se analizaron las muestras a una temperatura de 22 °C usando un densímetro de calostro o calostrómetro (Kruuse A/S, Langeskov, Dinamarca) la temperatura se midió con un termómetro digital para líquidos (Anexo 1). Para realizar la lectura de inmunoglobulinas G se transfirieron aproximadamente 250 ml de calostro al cilindro de medición del calostrómetro proporcionado por el fabricante, posteriormente de que el calostrómetro se sumergiera en el cilindro y se dejara flotar libremente se determinó la calidad mediante la lectura de la escala de gravedad específica ubicada en el cilindro correspondiente la parte sumergida en el instrumento (Anexo 2). Con la ayuda del (Cuadro 1) se determinó la calidad del calostro.

Cuadro 1. Escala de calibración del calostrómetro e interpretación de la concentración de inmunoglobulinas en gr mL⁻¹ en el calostro bovino.

Color	Calidad	Inmunoglobulinas	Gravedad específica
Verde	Excelente	≥ 50	1.047- 1.076
Amarillo	Moderada	≥ 22 y 50	1.036- 1.046
Rojo	Inferior	<22	1.027- 1.035

Fuente: Fleenor y Stott, 1980.

5.4. Conservación de calostro por tratamiento

5.4.1. Tratamiento 1, fresco, testigo.

Una vez hecha la colecta de calostro y el análisis inmunológico mediante los dos métodos de cuantificación de inmunoglobulinas G, se refrigeró cada litro de calostro a 4 °C para su traslado. Al llegar al laboratorio de bromatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Se analizaron las propiedades fisicoquímicas del calostro. No obstante, el análisis se realizó a una temperatura de 20 - 37 °C con la ayuda del aparato Lactoscan analizador ultrasónico de leche modelo MCCW, las lecturas estuvieron compuestas por los parámetros siguientes: Temperatura, grasa, sólidos no grasos, sólidos grasos totales, proteína, lactosa, sales y pH. Los rangos de medición de los datos anteriores se muestran en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rangos de medición de Lactoscan MCCW

Variable	Medida
Grasa	± 0.06 %
SNG	± 0.15 %
Proteínas	± 0,15 %
Lactosa	± 0.20 %
Temperatura de la leche	± 01 °C
Sólidos totales	± 0.05 %
PH	± 0.05 %

Fuente: Milkotronik Ltd (2019)

5.4.2. Tratamiento 2, refrigerado

Para este tratamiento se almacenaron 300 ml de calostro a una temperatura de 4° C en un refrigerador durante 8 días. Para hacer el análisis inmunológico con el refractómetro brix se llevó a la temperatura de 20 °C, mientras que para su análisis con el calostrómetro a 22°C. Por último, se elevó la temperatura de 20- 37 °C tomando como referencia la temperatura corporal de la vaca con la ayuda de un baño maría modelo Riossa B40, una vez alcanzada la temperatura

deseada se corrió el análisis de las propiedades fisicoquímicas del calostro en el aparato Lactoscan tal como se realizó en el tratamiento 1 (Anexo 1).

5.4.3. Tratamiento 3, congelado.

Después de haber pasado 30 días congelados 300 ml de calostro a una temperatura de -20°C , Se descongeló el calostro con la ayuda del baño maría, posteriormente se analizaron las propiedades inmunológicas con el refractómetro brix y calostrómetro, por último las fisicoquímicas de la misma forma que se realizó en el tratamiento 2 (Anexo 2).

5.5. Modelo estadístico, diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar utilizando tres tratamientos con tres repeticiones y una vaca por unidad experimental se efectuó un ANDEVA, utilizando un procedimiento GLM de SAS y las medias de tratamiento se compararon con la prueba de tukey ($P \leq 0.05$) (SAS, 2009).

El modelo estadístico utilizado fue un completamente al azar:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta en el tratamiento i , repetición j :

μ = Media general.

T_i = Efecto del tratamiento i ;

E_{ij} = Error aleatorio $E_{ij} \sim N. (0, \sigma^2)$; $i = 1, 2, 3 \dots 6$;

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Cuantificación de inmunoglobulinas tipo G por dos métodos indirectos

Mediante el uso del método indirecto por refractometría se cuantifico una media de 24.50% en valores brix por los tres tratamientos. Mientras que con el método de densidad aparente o gravedad específica (GE) se obtuvo una media en la concentración de inmunoglobulinas de 72.60 mg mL⁻¹ equivalente a 1.055 GE. Tomando en consideración lo anterior, entre los 3 tratamientos no existieron diferencias significativas (P>0.05) tal como se muestra en el (Cuadro 3).

Cuadro 3. Concentración de las inmunoglobulinas G por dos métodos de cuantificación indirecta.

Variable ■	T1	T2	T3	EEM ▲
	MED	MED	MED	
IgG DA (mg mL ⁻¹)	72.60 a	72.60 a	72.60 a	41.75
IgG REF (brix%)	24.50 a	24.50 a	24.50 a	6.70

▲: EEM: Error estándar de la media; MED: Media; a.b.c : Medias con la misma letra entre hileras no son significativamente diferentes P>0.05, T1: Fresco, T2: Refrigerado, T3: Congelado, IgG DE: Inmunoglobulinas G por densidad aparente, IgG Ref: Inmunoglobulinas g por refractometría.

En este experimento se obtuvieron resultados similares por Morin *et al.* (2001) en la medición de la gravedad específica haciendo uso de un calostrómetro Bio-Genics, Mapleton, Or, y 76 vacas raza Holstein donde dio como media 1.051 GE o 62.55 mg mL⁻¹ en contenido de inmunoglobulinas en el calostro (Fleener y stott, 1980), en este trabajo se obtuvo una media de 72.60% mg mL⁻¹ de IgG siendo un equivalente a 1.055 GE. Mechor *et al.* (1991) sugiere que el calostrómetro es muy práctico y útil para el uso en las granjas, ya que el tiempo en el que se

realizan las lecturas es reducido. sin embargo, presenta desventajas dado que son frágiles, las lecturas se ven afectadas por la temperatura y el costo es medianamente costoso.

En la presente investigación, se obtuvo un porcentaje brix de 24.60 % en los tres tratamientos. Resultados similares a los que presenta Biemann *et al.* (2010). mencionan que el contenido de inmunoglobulinas en las muestras frescas, refrigeradas y congeladas medidas con el refractómetro brix digital en su experimento no mostraron diferencias significativas presentando una media de 26.3% y 26.4% respectivamente.

6.2. Influencia del número de partos con la concentración de inmunoglobulinas en el calostro bovino

De los resultados obtenidos en la medición de la cantidad de inmunoglobulinas. Mediante el uso de los dos métodos indirectos de cuantificación de inmunoglobulinas G, ya antes mencionados. Se observó una mayor concentración de inmunoglobulinas en las unidades experimentales a partir del tercer parto (4, 6, 9, 1, 5, 8) mientras que en las de primer y segundo parto (2, 3, 7, 10) se obtuvieron los valores más bajos (Figura 3).

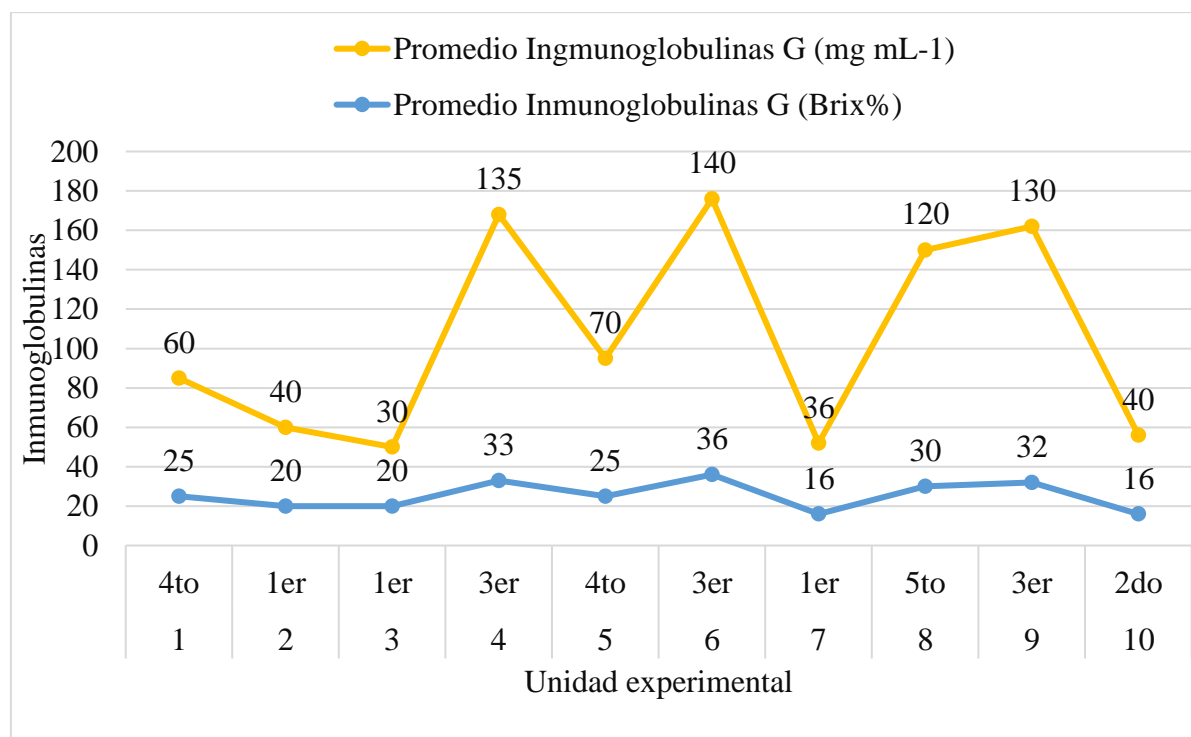


Figura 3. Concentración de inmunoglobulinas en el calostro en relación con el número de partos por unidad experimental.

Johnsen *et al.* (2019) menciona que un factor asociado con la baja calidad de calostro fue la paridad, encontró que las vacas de primer y segundo parto producían calostro de menor calidad. Los datos anteriores concuerdan con los obtenidos por (Morin *et al.*, 2001) quien obtuvo valores más bajos de gravedad específica (1.048) en vacas de primera y segunda lactancia, siendo a partir del tercer parto donde obtuvo los valores más altos de gravedad específica (1.051- 1.050) en vacas Holstein Friesian. En el caso de Kessler *et al.* (2020) en su investigación concluyó que las concentraciones de inmunoglobulinas G variaron entre 12.7 y 204.0 mg mL⁻¹, la concentración de inmunoglobulinas G dependió en gran medida del tiempo en el que se ordeñaron las vacas después del parto, el ordeño después de las 12 horas les dio como resultado concentraciones de IgG más bajas a diferencia de la recolección entre las 2 y 9 horas que le dio concentraciones más altas $p < 0.05$, las vacas multíparas tuvieron mayores concentraciones de inmunoglobulinas en comparación con las primíparas $p < 0.0001$, estos resultados de los diferentes investigadores concuerdan con los datos obtenidos en la presente investigación.

6.3. Propiedades químicas del calostro bovino

De los resultados obtenidos en esta investigación no hubo estadísticamente diferencias significativas $p > 0.05$ como se muestra en el (Cuadro 4).

Cuadro 4. Propiedades químicas

Variable	T1	T2	T3	EEM
	MED	MED	MED	
Grasa (%)	9.68 a	8.58 a	9.42 a	5.33
Sólidos grasos totales (%)	28.27 a	26.04 a	27.97 a	5,17
Sólidos no grasos (%)	18.78 a	17.41 a	18.44 a	5.31
Lactosa (%)	10.32 a	9.86 a	10.17 a	3,15
Sales (%)	1.611 a	1.41 a	1.48 a	0.44
pH (%)	6.52 a	6.50 a	6.38 a	0,38
Proteína (%)	6.86 a	6.37 a	6.75 a	1.98

EEM: Error estándar de la media; **MED:** Media; **a,b,c:** Medias con la misma letra entre hileras no son significativamente diferentes $P > 0.05$, **T1:** Fresco, **T2:** Refrigerado, **T3:** Congelado.

Resultados obtenidos por Ahmadi *et al.* (2016) sugieren que la composicional nutricional del calostro está altamente concentrada en las primeras horas después del parto, por otro lado, menciona que la concentración de sus componentes tiende a disminuir severamente por cada hora transcurrida. En ese mismo contexto Puppel *et al.* (2019) menciona que a medida que avanza la lactancia, el contenido relativo de proteína y grasa disminuye mientras que la lactosa aumenta de 2- 2.9% este proceso fisiológico se considera normal a 4.8%.

Aunado a lo anterior hallazgos por parte de Kessler *et al.* (2020) indican que el contenido de proteína e IgG se encuentran en mayor proporción en vacas multíparas mientras que el contenido de grasa y lactosa inferior, a diferencia de las vacas primíparas que se encuentra menor contenido de proteínas e IgG y en mayor proporción la grasa y lactosa. Por otro lado, en sus resultados observo que los rangos entre razas varían en promedio; grasa: $5.93 \pm 3.09\%$; proteína: $14.04 \pm 3.70\%$; Lactosa: $2.95 \pm 0.56\%$ $p < 0.001$. coincidiendo con estudios anteriores publicados por Kehoe *et al.* (2007), Morrill *et al.* (2012), Dunn *et al.* (2017). Con respecto a los resultados obtenidos en este experimento se obtuvo una media en proteína, grasa, lactosa por cada uno de los tratamientos; Proteína: T1(6.8670), T2(6.3720), T3(6.757) Grasa: T1(9.680), T2(8.89) y T3 (9.42) Lactosa: T1 (10.321), T2 (9.869) T3 (10.176). No obstante, para sólidos grasos totales se obtuvo un porcentaje entre tratamientos de $26 \pm 5.17\%$ y $1.4 \pm 0.44\%$ de sales en ambas variables más altas que en los resultados obtenidos por Playford y Weiser. (2021) muestra resultados similares con respecto a sólidos grasos totales (23-28%) a comparación de Ahmadi *et al.* (2016) que obtuvo, sólidos grasos totales 12.8%, sales 0.71%. En el mismo contexto, Araúz *et al.* (2011) también obtuvo porcentajes menores en sólidos grasos totales (20.11%) sin embargo, son similares a los obtenidos a este experimento. En relación con sólidos no grasos en este experimento se obtuvieron $17 \pm 5.31\%$ entre tratamiento mientras que Davis y Drackley. (1998) obtuvo valores similares (16.7%) respectivamente. Por otro lado, en los resultados obtenidos en este estudio no hubo diferencias significativas entre los tres tratamientos en el pH respectivamente (T1: 6.527; T2: 6.502; T3: 6.380) estos valores son similares con los con las medias de pH obtenidas por Usuga et al 2022 (6.28 ± 0.09).

Puppel *et al.* (2019). Menciona que la composición bioquímica del calostro se ve alterada por factores internos y externos, así como por el estrés causado por la temperatura al animal, la humedad relativa, la elevación, la raza, la edad, el parto, las estaciones del año, el periodo de

secado y factores genéticos. Complementando lo anterior, Nguyen *et al.* (2019) concuerda en sus investigaciones que la composición del calostro se ve afectado notablemente por las técnicas y condiciones de procesamiento como: la irradiación, el calentamiento, la deshidratación, la filtración, la deshidratación y la homogenización.

VII. CONCLUSIÓN

En esta investigación se concluye que los dos métodos indirectos de cuantificación de inmunoglobulinas utilizados son eficientes. sin embargo, el método de refracción brix mostro mayor ventaja ya que es más fácil de transportar y no se ven alterados los resultados por las condiciones ambientales en comparación con el método de densidad aparente que es más frágil y se ve alterada la lectura por la temperatura.

Así mismo, se observó que el número de parto influye en la cantidad de inmunoglobulinas tipo G, presentándose menor cantidad de inmunoglobulinas en vacas primíparas y una mayor concentración en vacas multíparas.

Por otra parte, los métodos de refrigeración y congelación son una buena alternativa para el almacenamiento de calostro. Cabe resaltar que el método de congelación muestra mayor ventaja al prolongar la vida útil del calostro por un mes en comparación del refrigerado que logro conservarse por una semana respectivamente, aunado a lo anterior no se encontraron diferencias significativas en las propiedades inmunológicas y fisicoquímicas del calostro.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abd El- Fattah A. M., F.H.R. Abd R., S.M. El-Dieb, H.A. Satar El-Kashef. 2014. Preservation methods of buffalo and bovine colostrum as a source of bioactive components. *International Dairy Journal*. 39(1): 24-27.
- Aghakeshmiri F., M. Azizzadeh., N. Farzaneh., M. Gorjidoz. 2017. Effects of neonatal diarrhea and other conditions on subsequent productive and reproductive performance of heifer calves. *Veterinary research communications* 41(2): 107–112.
- Ahmadi M., O. Boldura., C. Milovanov., D. Dronca., C Mircu., I. Hutu., S. Popescu., I. Pădeanu y C. Tulcan. 2016. Colostrum from Different Animal Species – A Product for Health Status Enhancement. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies* 73(1): 1- 7.
- Alves A. C., N. G. Alves., I. J. Ascari., F. B. Junqueira., A. S. Coutinho., R. R. Lima., J. R. O. Pérez., S. O. De Paula., I. F. Furusho-Garcia., y L. R. Abreu. 2015. Colostrum composition of Santa Inês sheep and passive transfer of immunity to lambs. *Journal of Dairy Science* 98(6): 3706-3716.
- Araúz E. E., A. Fuentes., J. R. Batista., V. Ramón., S. Caballero. 2011. Potencial calostropoietico en vacas multíparas 3/4 pardo suizo x 1/4 cebú y perfil químico, inmunológico. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria* 12(9): 1- 28.
- Balthazar, E., E. Doligez., O. Leray., Yl. Cozler. 2015. A comparison of thawing methods on IgG1 concentration in colostrum of dairy cows. *Rev Med Vet* 166(11- 12): 341- 344.
- Bartens M-C., M. Drillich., K. Rychli., M. Iwersen., T. Arnholdt., L. Meyer., D Klein-Jöbstl. 2016. Assessment of different methods to estimate bovine colostrum quality on farm. *New Zealand Veterinary Journal* 64(5): 263-267.
- Bastian S. E., A. J. Dunbar., I.K. Priebe., P.C. Owens., C. Goddard. 2001. Measurement of betacellulin levels in bovine serum, colostrum and milk. *The Journal of endocrinology* 168(1): 203–212.
- Becker H y E. Märtilbauer. 2016. *Milchkunde und Milchhygiene*. 1 ed. Stuttgart (Baden-Wurtemberg-Alemania): ULM. 368.p.

- Bellof G y S. Granz. 2019. Tierproduktion: Nutztiere züchten, halten und ernähren. 15 ed. Stuttgart(Baden-Württemberg-Alemania): Thieme. 640p.
- Bielmann V., J. Gillan., N. R. Perkins., A. L. Skidmore., S. Godden., K. E. Leslie. 2010. An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy. *Journal of Dairy Science* 93(8): 3713–3721.
- Bottema C., D. Hue., T. Chen., R. Skirving., K. Petrovski., L. J. Williams. 2021. Colostrum source and passive immunity transfer in dairy bull calves. *Journal of Dairy Science* 104(7): 8164–8176.
- Caroli A. M., S. Chessa., G. J. Eehardt. 2009. Invited review: milk protein polymorphisms in cattle: effect on animal breeding and human nutrition. *Journal of Dairy Science* 92(11): 5335- 5352.
- Casas M y F. Canto. 2015. Sitio Argentino de Producción Animal. En línea: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/cria_artificial/75-importancia_del_Calostro.pdf. Consultado: 25/06/2023.
- Castillo- Juarez. H., P. A. Oltenacu., R. W. Blake., C. E. Mcculloch. y E.G. Cienfuegos-Rivas. 2000. Effect of herd environment on the genetic and phenotypic relationships among milk yield, conception rate, and somatic cell score in Holstein cattle. *Journal of dairy science* 83(4): 807-814.
- Castro N., A. Argüello., J. Capote., S. Álvarez. 2005. Effects of lyophilized colostrum and different colostrum feeding regimens on passive treansfer of inmunoglobulin G in Majorera goat kids. *Journal of Dairy Science* 88(10): 3650- 3654.
- Cleminson J. S., S. P. Zalewski., N. D. Embleton. 2016. Nutrition in the preterm infant: What’s new?. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care* 19(3): 220–225.
- Cobb C. J., B. S. Obeidat., M. D. Sellers., A. R. Pepper-Yowell., M. A. Ballou. 2014. Group housing of Holstein calves in a poor indoor environment increases respiratory disease but does not influence performance or leukocyte responses. *Journal of Dairy Science* 92(5): 3099- 3109.
- Coelho A. I., G. T. Berry., M. E. Rubio-Gozalbo. 2015. Galactose metabolism and health. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care* 18(4): 422–427.

- Contarini G., M. Povolò., V. Pelizzola., L. Passolungo., F. Abeni., L. Degano. 2014. Bovine colostrum: Changes in lipid constituents in the first 5 days after parturition. *Journal of Dairy Science* 97(8): 3065- 3072.
- Davis C. L y J.K. Drackley. 1998. *The development, nutrition, and management of the young calf*. 1 ed. Ames(Lowa): Iowa State University Press. En línea: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19981414219>. Consultado: 25/06/2023.
- Dunn A., A. Ashfield., B. Earley., M. Welsh., A. Gordon., S. J. Morrison. 2017. Evaluation of factors associated with immunoglobulin G, fat, protein, and lactose concentrations in bovine colostrum and colostrum management practices in grassland-based dairy systems in Northern Ireland. *Journal of Dairy Science* 100(3): 2068-2079.
- Elizondo-Salazar J. A y A. J. Heinrichs. 2009. Feeding heat-treated colostrum or unheated colostrum with two different bacterial concentrations to neonatal dairy calves1. *Journal of dairy science* 92(9): 4565-4571.
- Espinoza M., R. Andrade., J. R. Rojas., P. Tirado., R. Salas., V. Falcón. 2017. Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. *Revista Electrónica de Veterinaria* 8(11): 1-18.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura- resumen. En línea: https://www.animalgeneticresources.net/wp-content/uploads/2018/06/SoW_Spanish.pdf. Consultado: 19/06/2023.
- Fidler A. P., M. L. Alley., G.W. Smith. 2011. Short communication: Serum immunoglobulin G and total protein concentrations in dairy calves fed a colostrum-replacement product. *Journal of Dairy Science* 94(7): 3609-3612.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2019. Panorama Agroalimentario leche y lacteos. En línea. <http://s3.amazonaws.com/inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/16093139/Panorama-Agroalimentario-Leche-y-la769cteos-2019.pdf>. Consultado: 19/06/2023.
- Fleener W. A., G. H. Stott. 1980. Hydrometer Test for Estimation of Immunoglobulin Concentration in Bovine Colostrum1. *Journal of Dairy Science* 63(6): 973- 977.

- Gavin, K., N. Neibergs., A. Hoffman., J. N. Kiser., M. A. Commesser., S. A. Haredasht., B. Martínez-López., J. R. Wenz., D. A. Moore. 2017. Low colostrum yield in Jersey cattle and potential risk factors. *Journal of Dairy Science* 101(7): 6388-639.
- Gay C. C., T. C. McGuire., S. M. Parish. 1983. Seasonal variation in passive transfer of immunoglobulin G1 to newborn calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 183(5): 566–568.
- Ginger M. R., M. R. Grigor. 1999. Comparative aspects of milk caseins. En línea: [https://doi.org/10.1016/S0305-0491\(99\)00110-8](https://doi.org/10.1016/S0305-0491(99)00110-8). 25/06/2023.
- Godden S. M., J.E. Lombard., A.R. Woolums. 2019. Colostrum Management for Dairy Calves. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice* 35(3): 535-556.
- Godden S., S. McMartin., J. Feirtag., J. Stabel., R. Bey., S. G. Goyal., L. Metzger., J. Fetrow., S. Wells., H. Chester- Jones. 2006. Effects of heating duration on pathogen viability and immunoglobuling. *Journal of Dairy Science* 89(9): 3476- 3483.
- Godden S. 2008. Colostrum management for dairy calves. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice* 24(1): 19- 39.
- Gopal P. K., H. S. Gill. 2000. Oligosaccharides and glycoconjugates in bovine milk and colostrum. *The British journal of nutrition* 84(1): 69–74.
- Heinrichs J., C. M. Jones. 2011. Colostrum Management Tools: Hydrometers and Refractometers. En línea. <https://extension.psu.edu/colostrum-management-tools-hydrometers-and-refractometers>. Consultado: 24/06/2023.
- Hernández-Castellano L.E., A.M. Almeida., N. Castro., A. Arguello. 2014. The colostrum proteome, ruminant nutrition and immunity: a review. *Current Protein & Peptide Science* 15(1): 64–74.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2021. Aspectos geográficos. En línea: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_21.pdf. Consultado: 25/06/2023.

- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2017. Manejo del calostro. En línea: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7209/1/72-Lecheria-2017.pdf>. Consultado: 19/05/2023.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2022. Evaluaciones genéticas de ganado Holstein para producción de leche. En línea: <https://www.gob.mx/inifap/articulos/evaluaciones-geneticas-de-ganado-holstein-para-produccion-de-leche?idiom=es>. Consultado: 25/06/2023.
- Johnsen J. F., J. Sørby., C. M. Mejdell., Å. M. Sogstad., A. Nødtvedt., I. H. Holmøy. 2019. Indirect quantification of IgG using a digital refractometer, and factors associated with colostrum quality in Norwegian Red Cattle. *Acta veterinaria Scandinavica* 61(59): 1- 9.
- Johnson J. L., S. M. Godden. T. Molitor., T. Ames., D. Hagman. 2007. Effects of Feeding Heat-Treated Colostrum on Passive Transfer of Immune and Nutritional Parameters in Neonatal Dairy Calves. *Journal of Dairy Science* 90(11): 5189- 5198.
- Kalstein. 2022. ¿Cómo se miden los grados Brix con el refractómetro?. En línea: <https://www.kalstein.cl/como-se-miden-los-grados-brix-con-el-refractometro/>. Consultado: 25/06/2023.
- Kehoe S. I., B. M. Jayarao., A. J. Heinrichs. 2007. A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on. *Journal of Dairy Science* 90(9): 4108–4116.
- Kessler E. C., R. M. Bruckmaier., J. J. Gross. 2020. Colostrum composition and immunoglobulin G content in dairy and dual-purpose cattle breeds. *Journal of animal science* 98(8): 237.
- Kuiken K. A., P. B. Pearson. 1949. The essential amino acid (except tryptophan) content of colostrum and milk of the cow and ewe. *The Journal of nutrition* 39(2): 167- 176.
- Lanuza A.F. 1989. Excedentes de calostro. *Investigación y Progreso Agropecuario Remehue* (10): 13-22.
- Masters, B.R., 2020. Superresolution Optical Microscopy. Springer Series in Optical Sciences. United States. En línea: https://doi.org/10.1007/978-3-030-21691-7_6. Consultad: 25/06/2023.
- McGee M., B. Earley. 2019. Review: passive immunity in beef-suckler calves. *Animal* 13(4): 810-825.

- Mechor G. D., Y. T. Gröhn., E. J. Van Saun. 1991. Effect of temperature on colostrometer readings for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *Journal of dairy science* 74(11): 3940–3943.
- Meister D., J. Bode., A. Shand., S. Ghosh. 2002. Anti-inflammatory effects of enteral diet components on Crohn's disease-affected tissues in vitro. *Digestive and Liver Disease* 34(6): 430-438.
- Mendoza A., S. Fariña., T. Morales., D. Caffarena., F. Giannitti. 2017. Revista INIA. En línea: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/cria_artificial/99-manejo_calostrado.pdf. Consultado: 24/06/2023.
- Milkotronic Ltd. 2012. LACTOSCAN MCCW. En línea: https://www.milkotronic.com/spanish/pdfs/LactoscanMCC_Esp.pdf. Consultado: 24/06/ 2023.
- Moretti D. B., W. M. Nordi., A. L. Lima. R. Neto-Machado. 2012. Lyophilized bovine colostrum as a source of immunoglobulins and insulin-like growth factor for newborn goat kids. *Livestock Science* 145(1- 3): 223-229.
- Morin D. E., P. D. Constable., F. P. Maunsell., G. C. McCoy. 2001. Factors Associated with Colostral Specific Gravity in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 84(4): 937- 943.
- Morrill K. M., E. Conrad., A. Lago., J. Campbell., J. Quigley., H. Tyler. 2012. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science* 95(7): 3997–4005.
- Nemocón-Cobos A. M., J. Angulo-Arizala., J. A Gallo-Marín., L. Mahecha-Ledesma. 2020. Alimentación: factor estratégico durante la crianza artificial de terneros provenientes de lecherías. *Agronomía Mesoamericana* 31(3): 803-819.
- Nguyen D. N., A. J. Currie., S. Ren., S. B. Bering., P. T. Sangild. 2019. Heat treatment and irradiation reduce anti-bacterial and immune-modulatory properties of bovine colostrum. *Journal of Functional Foods* 57: 182- 189.
- Novo S. M., J. F. Costa., C. C. Baccili, C. C., N. M. Sobreira., B. T. Silva., P- L. De Oliveira., D. J. Hurley., V. Gomes. 2017. Effect of maternal cells transferred with colostrum on the health of neonate. *Research in veterinary science* 112(97): 97–104.

- O'Callaghan, T.F., M. O'Donovan., J. P. Murphy., K. Sugrue., D. Mannion., W. P. McCarthy., M. Timlin., K. N. Kilcawley., R. M. Hickey., J. T. Tobin. 2020. Evolution of the bovine milk fatty acid profile-From colostrum to milk five days post parurition. *J. Dairy Sci* 104: 1- 8.
- Playford R. J., M. J. Weiser. 2021. Bovine Colostrum: Its Constituents and Uses. *Nutrients* 13(1): 265.
- Polidori P., R. Rapaccetti., Y. Klimanova., J. J. Zhang., G. Santini., S. Vincenzetti. 2022. Parameters in Colostrum of Different Mammalian Species. *Beverages* 54(8): 1- 15.
- Pompili S., G. Latella., E. Gaudio., R. Sferra., A. Vetuschi. 2021. The Charming World of the Extracellular Matrix: A Dynamic and Protective Network of the Intestinal Wall. *Front Med.* 8: 1- 19.
- Pritchett L. C., C. C. Gay., D. D. Hancock., T. E. Basser. 1994. Evaluation of the Hydrometer for Testing Immunoglobulin G1 Concentrations in Holstein Colostrum¹. *Journal of Dairy Science*, 76(6), pp. 1761- 1767.
- Puppel K., M. Gołębiowski., G. Grodkowski. J. Słószarz., M. Kunowska-Słószarz., P. Solarczyk., M. Łukasiewicz., M. Balcerak., T. Przysucha. 2019. Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum: A Review. *Animals.* 9(12). En línea: <https://doi.org/10.3390/ani9121070>. Consultado: 25/06/2023.
- Quigley J. D., A. Lago., C. Chapman., P. Erickson., J. Polo. 2013. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science* 96(2): 1148–1155.
- Robbers L. R. Jorritsma., M. Nielen., A. Koets. 2021. A Scoping Review of On-Farm Colostrum Management Practices for Optimal Transfer of Immunity in Dairy Calves. *Front. Vet. Sci.* 8: 1- 16. En línea: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.668639>. Consultado: 25/06/2023.
- Roland L., M. Drillich., D. Klein-Jöbstl., M. Iwersen. 2016. Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. *Journal of Dairy Science* 99(4): 2438–2452.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2018. Crece la producción de leche en México. En línea:

<https://www.gob.mx/agricultura/colima/articulos/crece-la-produccion-de-leche-en-mexico-sagarpa-158944?idiom=es>. Consultado: 25/06/2023.

SAGyP (Secretaria de Adricultura, Ganaderia y Pesca). 2017. Tecnologías para la industria alimentaria liofilización de alimentos. En línea. https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_03_Liofilizado_s.pdf. Consultado: 25/06/2023.

Salazar-Acosta E., J.A. Elizondo-Salazar. 2019. Heat treatment of colostrum increases immunoglobulin absorption in Holstein heifer calves. *Agronomía Mesoamericana* 30(1): 229- 238.

Sales-Campos H., P. R. Souza., B. C. Peghini., J. S. Da Silva., C. R. Cardoso. 2013. An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. *Mini Rev. Med. Chem* 13(2): 201-210.

Santos G. T., E.M. Massuda., D. C. Da S. Kazama., C. C. Jobim., A. F. Branco. 2010. Bovinocultura leiteira: Bases zootécnicas, fisiológicas e de produção. 1 ed. s.l.:Universidade Estadual de Maringá. En línea: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=860278&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22BRANCO,%20A.%22&qFacets=autoria:%22BRANCO,%20A.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Consultado: 25/06/2023.

Santos R. B., J. M Silva., M. E. Beletti. 2017. Ultrastructure of bovine placenta during all gestational period. *Med. Vet. Zootec* 69(6): 1376- 1384.

Shearer J., H. O. Mohammed., J. S. Brenneman., T. Q. Tran. 1992. Factors associated with concentrations. *Preventive Veterinary Medicine*, 14(1- 2): 143- 154.

SAS (Statistical Analysis System). 2009. SAS. Users´s Guide Vers. 9.1. SAS Institute Inc. Cary, USA.

SIAP (Servicio de Informacion Agroalimentaria y Pesquera). 2021a. Escenario mensuaual de de productos agroalimentarios. En línea. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/621458/Escenario_leche_de_bovino_feb_2021.pdf. Consultado: 19/06/2023.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021b. Inventario bovino para leche. En línea: <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762>. 28/06/2023.

- Silper B. F., S. G. Coelho., M.M. F. Madeira., J. R. M. Ruas., A. M. Q. Lana., R. B. Reis., H. M. Saturnino. 2012. Avaliação da qualidade do colostro e transferência de imunidade passiva em animais mestiços Holandês Zebu. *Arq Bras Med Vet Zootec* 64(2): 281- 285.
- Stănciuc N., Râpeanu G. 2010. An overview of bovine α -lactalbumin structure and functionality. *Ann. Univ. Dunarea Jos Galati* 34(2): 82-93.
- Stewart S., S. Godden., R. Bey., P. Rapnicki., J. Fetrow., R. Farnsworth., M. Scanlon., Y. Arnold., L. Clow., K. Mueller., C. Ferrouillet. 2005. Preventing bacterial contamination and proliferation during the harvest, storage, and feeding of fresh bovine colostrum. *Journal Of Dairy Science* 88(7): 2571- 2578.
- Swan H., S. Godden., R. Bey., S. Wells., J. Fetrow., H. Chester-Jones. 2007. Passive transfer of immunoglobulin G and preweaning health in Holstein calves fed a commercial colostrum replacer. *Journal of Dairy Science* 90(8): 3857- 3866.
- Underwood M., J. German., C. Lebrilla., D. Mills. 2015. *Bifidobacterium longum* subspecies *infantis*: champion colonizer of the infant gut. *Pediatr. Res* 77(1): 229–235.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2007. Heifer Calf Health and Management Practices. En línea: https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/dairy07/Dairy07_ir_CalfHealth_1.pdf. Consultado: 25/06/2023.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2018. *Mexico Dairy and Products Annual* MX8060. En línea: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Dairy%20and%20Products%20Annual_Mexico%20City_Mexico_12-3-2018.pdf. Consultado: 25/06/2023.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2020. *Mexico Dairy and Products Annual* MX2020-0059. En línea: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual_Mexico%20City_Mexico_10-15-2020#:~:text=In%202020%2C%20Mexico's%2012.7%20million,8%20percent%20consumed%20by%20households. Consultado: 25/06/2023.

USDA (United States Department of Agriculture). 2022. Dairy and Products Annual MX2022-0056.

En línea:
https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Dairy%20and%20Products%20Annual_Mexico%20City_Mexico_MX2022-0056.pdf.

Consultado: 25/06/2023.

Usuga A., D. A. Zabala., L. C. Medina., D. V. Hernandez., W. V. Ramirez., B. A. Rojano. 2022. Effect of three storage methods on physical and chemical properties of colostrum from *Bos indicus* cows. *Ciência Rural* 52(9): 1- 10.

Uyama T., D. F. Kelton., C. B. Winder., J. Dunn., H. M. Goetz., S. J. LeBlanc., J. T. McClure., D. L. Renaud. 2022. Colostrum management practices that improve the transfer of passive immunity in neonatal dairy calves. *PloS one* 17(6): 1- 17.

Varardo V., A. M. Gómez-Caravaca., D. Arráez-Román., K. Httinga. 2017. Recent Advances in Phospholipids from Colostrum, Milk and Dairy By-Products. *International Journal of Molecular Sciences* 18(1): 173- 196.

Villaseñor F., E. C. Estrada., L. R. O. Montes., H. R. Á. Vera., L. J. O. Montiel., H. S. Jiménez., M. A. M. Espinoza. 2007. Factores asociados a indicadores de crianza de reemplazos bovinos durante el periodo de lactancia en unidades lecheras de pequeña escala. *Revista mexicana de ciencias pecuarias* 13(1): 64- 81.

Zivkovic A. M., D. Barile. 2011. Bovine milk as a source of functional oligosaccharides for improving human health. *Advances in Nutrition* 2(3): 284–289.

ANEXOS

Anexo 1. Materiales utilizados para el experimento.



1.- Recipiente desinfectado para colectar el calostro



2.- Recipientes herméticos sellados y estériles de 100 ml



3.- Termómetro digital



4.- Hielera



5.- Gel refrigerante



6.- Bata de laboratorio



7.- Vaso de precipitado y agitador



8.- Vortex



9.- Baño maría



10.- Probeta aforada de 250 ml



11.- Calostrómetro



12.- Servilletas



13.- Refractómetro



14.- Lactoscan MCCW

Anexo 2. Proceso de la cuantificación indirecta de inmunoglobulinas G por medio de 2 métodos.

Cuantificación indirecta de inmunoglobulinas G mediante el uso del calostómetro y refractrómetro óptico

