

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas

RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD DEL CALOSTRO Y LAS CONCENTRACIONES DE INMUNOGLOBULINAS EN LA PREVALENCIA DE ENFERMEDADES EN BECERRAS HOLSTEIN

TESIS

Que como requisito parcial

Para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES
Y MEDIO AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS

Presenta:

BLANCA VERÓNICA SALAZAR MARMOLEJO

Bajo la supervisión del Dr. César Alberto Meza Herrera

Bermejillo, Durango, México. Junio 2023



APROBADA



iniap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

La presente tesis **Relación entre la calidad del calostro y las concentraciones de inmunoglobulinas en la prevalencia de enfermedades en becerras Holstein** realizada por **Blanca Verónica Salazar Marmolejo** bajo la dirección del **Dr. César Alberto Meza Herrera** y la co-dirección del **Dr. Francisco Gerardo Velis Deras**, ha sido revisada y aprobada por el Comité Asesor como requisito parcial para obtener el grado de:

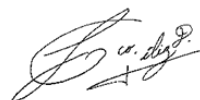
**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS**

DIRECTOR:



Dr. César Alberto Meza-Herrera

CO-DIRECTOR:



Dr. Francisco Gerardo Velis Deras

ASESOR:



Dr. Francisco Guadalupe Echavarría Chairez

ASESOR:



Dr. Cayetano Navarrete-Molina

Contenido

Contenido	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
AGRADECIMIENTOS	viii
RECONOCIMIENTOS	ix
DEDICATORIA.....	x
DATOS BIBLIOGRÁFICOS	xi
RESUMEN GENERAL	12
GENERAL ABSTRACT.....	13
1 INTRODUCCIÓN GENERAL	14
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Objetivo general	17
1.3.2 Objetivos específicos	17
1.4 HIPÓTESIS	17
1.5 LITERATURA CONSULTADA	18
CAPITULO II.....	20
2.1 REVISIÓN DE LITERATURA	20
2.1.1 El calostro	20
2.1.2 Importancia del calostro	20
2.1.3 Composición del calostro	21
2.1.4 Las inmunoglobulinas	21

2.1.5 Cantidad, momento y formas de administrar el calostro	23
2.1.6 Momento de administración	23
2.1.7 Formas de administración	24
2.1.7 Calidad del calostro	¡Error! Marcador no definido.
2.1.8 Factores que afectan la calidad	24
2.2 LITERATURA CITADA.....	30
CAPITULO III.....	35
Respuestas correlacionadas entre el peso al nacimiento, nivel de inmunidad, estado de salud y desarrollo al destete en becerras Holstein en la Comarca Lagunera.....	35
3.1 INTRODUCCIÓN.....	35
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	37
3.2.2 Metodología	37
3.2.3 Analisis estadístico	39
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.5 LITERATURA CONSULTADA	43
CAPITULO IV	46
Interacción entre calidad del calostro, contenido de inmunoglobulinas, época de parto, y la edad de la vaca en el estado de salud y el crecimiento al destete en terneros Holstein-Friesian en ambientes áridos semisecos .	46
ABSTRACT	46
RESUMEN	46

4.1 INTRODUCCIÓN	47
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
4.2.1 Ubicación del área de estudio	48
4.2.2 Metodología	48
4.2.3 Analisis estadístico	50
4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.5 LITERATURA CITADA.....	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Concentración relativa y actividad de las principales inmunoglobulinas presentes en el calostro bovino.	22
Cuadro 2. Porcentaje de inmunoglobulinas (IGs) presentes en el calostro de acuerdo con la raza de la vaca.....	25
Cuadro 3. Porcentaje de inmunoglobulinas (IGs; g/100 g) de calostro fresco presentes en el calostro de acuerdo con el número de lactancia.....	25
Cuadro 4. Estadística descriptiva de las variables peso al nacimiento (PN; kg), número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo, 2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD. Kg) en becerras Holstein de la Comarca Lagunera.....	40
Cuadro 5. Matriz de correlación entre las variables peso al nacimiento (PN; kg), número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo, 2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD. Kg) en becerras Holstein de la Comarca Lagunera.....	42
Cuadro 6. Medias de mínimos cuadrados $\pm$ error estándar para peso al nacimiento (PN; kg), calidad del calostro (CC; unidades), enfermedades infecciosas (EI; unidades), peso al destete (PD, kg) y sobrevivencia al destete (S; porcentaje) referente a la época de nacimiento de becerras Holstein de la Comarca Lagunera.	50

Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados $\pm$ error estándar para peso al nacimiento (PN; kg), calidad del calostro (CC; unidades) enfermedades infecciosas (EI; unidades), peso al destete (PD, kg) y sobrevivencia (S) referente al número de parto de la madre de becerras Holstein en la Comarca Lagunera.....	52
---	----

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo**, por mi formación académica, por darme la oportunidad de seguir formándome, ahora como M.C.

Al **Dr. Cesar Alberto Meza-Herrera**, por darme la confianza y la oportunidad de participar en este trabajo, transmitiéndome sus valiosos conocimientos y consejos, por ser un ejemplo para seguir como investigador, pero principalmente por ser una persona de gran calidad humana.

Al **Dr. Cayetano Navarrete-Molina** por sus valiosas aportaciones y comentarios al presente trabajo. Sin su valioso apoyo, este trabajo no tendría la calidad esperada.

A **Mary Miranda, Sahara, Nasly y Maria** (infinitas gracias por su amabilidad, paciencia, por todo su apoyo sin pedir nada a cambio y lo buenas que fueron conmigo), al **Dr. Fabián García González**, por sus recomendaciones y buen trato.

RECONOCIMIENTOS

Se expresa un reconocimiento al apoyo y sustento otorgado para el desarrollo y término de la presente investigación y de mis estudios de posgrado:

Al Programa de Becas Nacionales de CONACyT 2021-2022.

Al Programa de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas 2021-2022, de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.

A la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo.

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por permitirme ser quien soy y por todas las cosas buenas que me ha otorgado.

Con todo mi amor...

A mis Papás **Guillermina Marmolejo** y **Lucio Salazar** por darme la vida y estar siempre a mi lado, quienes me han apoyado incondicionalmente y por el esfuerzo que han hecho para que logre cada una de mis metas.

A mis hermanos **Meñito** y **Miguel** por ser tan buenos y siempre estar al pendiente de mí, así como apoyarme en todo momento y ser un motivo más para seguir adelante.

A mi esposo **Juan Héctor Villa González** por su incondicional apoyo y comprensión, por siempre impulsarme a salir adelante; a Él porque siempre creyó en mí y sobre todo ha estado conmigo desde el inicio de este gran sueño

A mis hijos **Héctor Manuel** y **Aramaris**, por ser mi motivo de superación e inspiración. A mis tías **Irene** y **Estela** que siempre me han apoyado, al igual que mi
Abuelita
Ana.

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Blanca Verónica Salazar Marmolejo

Fecha de nacimiento: 15 de febrero de 1993

Lugar de nacimiento: Lerdo, Durango

CURP: SAMB930215MDGLRL06

Profesión: Ingeniero en Sistemas Pecuarios

Cédula profesional: 13153052



Desarrollo académico

Preparatoria: Centro Bachillerato Agropecuario #101 (CBTA)- Ejido “Seis de Octubre”, Gómez Palacio Durango (2008-2011)

Licenciatura: Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas- Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Mapimí, Durango (2012-2017).

RESUMEN GENERAL

A nivel mundial, los sistemas de producción de bovinos lecheros son fuentes trascendentales de alimentación y ganancias, sin embargo, para poder llegar hasta este punto se tienen que pasar por varios procesos físicos, los cuales podrían afectar el crecimiento de las becerras. Un gran problema es el de la baja transferencia de inmunidad pasiva, y muchas de las veces se pueden ver afectadas durante cualquier época del año debido a una mala alimentación ocasionando diversas enfermedades. El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de la calidad de calostro, el peso al nacimiento, la temperatura ambiental, la edad de la madre y la época de años, respecto a la prevalencia de enfermedades en las cuatro primeras semanas de vida y su relación con el peso al destete en terneras de la Comarca Lagunera. La población de estudio consistió en 1,124 crías hembra (becerra). Nuestros resultados evidenciaron que del total un 62.6% (704 becerras) no presentaron ninguna enfermedad de tipo infecciosa, lo cual evidencia un óptimo manejo en el área de crianza. Mientras que calidad de calostro (CC) no difirió ($p > 0.05$) de época de nacimiento (EN) y edad de la madre (EM), CC no afectó la presencia de enfermedades infecciosas (EI) ($p > 0.05$), aunque el mayor contenido de inmunoglobulinas (IGC) redujo ($p < 0.05$) la presencia de EI, y peso al nacimiento (PN) extremo generó mayor EI ($p < 0.05$). El PC más grande ($p < 0.05$) ocurrió en otoño e invierno; mientras que EM afectó la expresión de PN, CC e IGC; además, EM y PN afectaron ($p < 0.05$) peso al destete (PD). La supervivencia (S) al destete se vio afectada por PN, EM e IGC. En conclusión, las variables EM, PN y IGC mejoraron el crecimiento y la supervivencia predestete en terneros Holstein en esquemas altamente tecnificados en ambientes áridos.

Palabras clave: transferencia, inmunidad, producción, prevalencia, inmunoglobulinas.

GENERAL ABSTRACT

Worldwide, dairy cattle production systems are transcendental sources of food and profit, however, in order to reach this point, they have to go through several physical processes, which could affect the growth of calves. A big problem is the low transfer of passive immunity, and many times they can be affected during any time of the year due to a poor diet causing various diseases. The objective of this study was to determine the effects of colostrum quality, birth weight, environmental temperature, mother's age and age, regarding the prevalence of diseases in the first four weeks of life and their relationship with the weaning weight in calves of the Comarca Lagunera. The study population consisted of 1,124 female calves (calves). Our results showed that 62.6% of the total (704 calves) did not present any infectious disease, which shows optimal management in the breeding area. While colostrum quality (CC) did not differ ($p > 0.05$) by birth season (EN) and mother's age (EM), CC did not affect the presence of infectious diseases (IE) ($p > 0.05$), although the Higher immunoglobulin (IGC) content reduced ($p < 0.05$) the presence of IE, and extreme birth weight (BW) generated higher IE ($p < 0.05$). The largest CP ($p < 0.05$) occurred in autumn and winter; while EM affected the expression of PN, CC and IGC; in addition, EM and PN affected ($p < 0.05$) weaning weight (PD). Survival (S) at weaning was affected by PN, EM and IGC. In conclusion, the variables EM, PN and IGC improved growth and pre-weaning survival in Holstein calves in highly technical schemes in arid environments.

Keywords: transfer, immunity, production, prevalence, immunoglobulina.

Thesis of master in Science, Posgraduate in Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas,
Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Blanca Verónica Salazar Marmolejo
Advisor the thesis: Dr. César Alberto Meza Herrera

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

A nivel mundial, los sistemas de producción de bovinos lecheros son fuentes trascendentales de alimentación y ganancias, sin embargo, para poder llegar hasta este punto se tienen que pasar por varios procesos físicos, los cuales pueden afectar el crecimiento de las becerras. Un gran problema es el de la baja transferencia de inmunidad pasiva, ya no son alimentadas de la mejor manera y otras ocasiones son afectadas por diversas enfermedades que se pueden presentar durante cualquier época del año. La Comarca Lagunera registró un inventario de 493,144 cabezas de ganado de vacas lecheras, con 227,142 vacas en lactancia, que produjeron 2,386 millones de litros de leche al año con un valor económico promedio anual de 10,529.65 millones de pesos (Navarrete-Molina et al., 2019). Los sistemas de producción ganadera ocupan el 45% de la superficie mundial con un valor económico estimado de 1.2 billones de euros, siendo una fuente importante de medios de subsistencia; más de 1,300 millones de personas dependen económicamente de la industria de producción animal (Parra-Cortés et al., 2019). Aunque la importancia económica y social de la producción ha sido ampliamente documentada (Reyes-Castañeda et al., 2016) existen grandes problemas para dicho sector

En el continente americano, uno de los principales grupos de productores de leche bovina se encuentra en México, específicamente en la Comarca Lagunera (Navarrete-Molina et al., 2019). Siendo reportada una producción diaria de leche de 6.53 millones de litros de 227,142 vacas en ordeño en esta árida región norte de México. Este sistema de producción se basa en un padrón de sobreexplotación con los vientres que se tienen dentro del rancho, ya que entre más pariciones se tengan, aumenta la producción de leche y por ende se están garantizando los reemplazos de vaquillas de un nuevo año de producción. Las altas temperaturas ambientales ($>40^{\circ}\text{C}$ en verano) y las bajas precipitaciones anuales ($<300\text{ mm}$) las cuales son características de esta región han promovido

que las crías tengan problemas tanto virales como bacterianos (Navarrete-Molina et al., 2019).

Es muy importante saber que una característica que tienen las becerras es que nacen con su sistema digestivo inmaduro, ya que la placenta de la vaca elabora una barrera de tipo inmunológica la cual no permite el paso de las macromoléculas de inmunoglobulinas (Ig) directo a la sangre del feto (Mellado et al., 2017). Por lo anterior, la toma de calostro es primordial para lograr una transferencia de inmunidad pasiva adecuada (Capper et al., 2009). El consumo de calostro de manera correcta disminuye el peligro de morbilidad y mortalidad, incrementa la ganancia de peso y la eficiencia alimentaria, y disminuye la edad del primer parto (Martin et al., 2021). También se ha reportado que aumenta la producción durante la primera y segunda lactancia, y comprime el riesgo de eliminación mediante la primera lactancia (Robbers et al., 2010).

El intestino delgado de la becerro solo tiene la habilidad y capacidad de realizar el proceso de absorción en las primeras 24 h de vida, por lo cual la primera toma de calostro debe de ser en la primera hora de su nacimiento (Elizondo-Salazar, 2007). El calostro al mismo tiempo de contener un elevado porcentaje de agua, energía, proteínas, vitaminas y minerales también posee componentes de crecimiento y elementos protectores de la mucosa intestinal (Romo et al., 2014). Paralelo al aporte de inmunoglobulinas, el calostro también proporciona a la becerro los nutrientes que necesita para desarrollar adecuadamente el crecimiento y maduración del tracto digestivo (Rocha et al., 1998)). El calostro que las becerras Holstein ingieran en su primera toma debe de ser de calidad alta y, para mejores resultados debe de estar pasteurizado (Menchetti et al., 2016). Este proceso es muy importante ya que un calostro de buena calidad impacta positiva y negativamente en el desarrollo de la becerro recién nacida, además de que una baja calidad de calostro disminuye la sobrevivencia de las becerras (Bertoni et al., 2021).

Los periodos más susceptibles para enfermarse son verano e invierno y se recomienda que la becerria ingiera al menos 3.8 L calostro de calidad alta, esto es Inmunoglobulinas ($\geq$) 50 g L⁻¹ y el total de los recuentos en placa de (Total Plate Count (TPC)) < 100 000 UFC mL⁻¹, la cual es caracterizada por una cantidad de Ig en suero ($\geq$) 10 g L⁻¹ a las 24 h después de la ingesta de calostro en becerros) (Swan et al., 2007).

Se manejan 2 métodos para la evaluación del calostro tanto directos como indirectos; el método directo es el de realizar un ensayo de inmunodifusión radia, mientras que los métodos indirectos son el del calostrometro y la utilización del refractómetro de grados Brix (Donahue et al., 2012), sin embargo, el método más usado en los establos es la táctica de la observación de las características físicas del calostro y la del calostrómetro (Robbers et al., 2021).

Existen cuatro factores que influyen en esta falla, los cuales son: 1) ofrecer un calostro con una concentración mayor a 50 Inmunoglobulinas por litro, 2) proporcionar una cantidad adecuada la cual debe de ser no menor a dos litros, 3) brindar dentro de las primeras dos horas de nacimiento y 4) evitar que la bacteriología del calostro este elevada (Arrollo-Arrollo & Elizondo-Salazar, 2014).

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la Comarca Lagunera existen cerca de 800 explotaciones de tipo empresarial y familiar o de traspaso, con hatos ganaderos de diversos tamaños y grado tecnológico, destacando el hecho de que la lechería empresarial contribuye con 95% de la producción regional, misma que se caracteriza por su alto grado de especialización, estos mismos han incrementado sus porcentajes de morbilidad y mortalidad en sus crías en cualquier época del año debido a una baja transferencia pasiva de inmunidad; en lo cual afecta que tenga bajos reemplazos dentro de los mismos hatos y esto implica de exista una baja en los millones de litros de leche de producción al día.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Determinar los efectos de la calidad de calostro, el peso al nacimiento, la temperatura ambiental, la edad de la madre y la época de años, respecto a la prevalencia de enfermedades en las cuatro primeras semanas de vida y su relación con el peso al destete en terneras de la Comarca Lagunera.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el nivel de asociación entre el peso al nacimiento, el nivel de inmunidad, el estado de salud y el desarrollo al destete en becerras Holstein de la Comarca Lagunera, México.
- Evaluar cómo afecta la calidad del calostro la prevalencia de enfermedades en becerras durante las primeras con respecto la época de su nacimiento y el número de parto de la madre.

1.4 HIPÓTESIS

- El peso al nacimiento se correlaciona negativamente con la inmunidad y desarrollo predestete, y de manera negativa con la presencia de enfermedades en becerras Holstein.
- Un calostro de mayor calidad inmunológica y química generará una baja incidencia de enfermedades en las becerras al destete, además de que existirá un efecto positivo de la calidad de calostro y el peso al nacer con respecto al peso al destete en las becerras Holstein.

1.5 LITERATURA CONSULTADA

- Arroyo-Arroyo, J. J., & Elizondo-Salazar, J. A. (2014). Prevalencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 279-285. <https://doi.org/10.15517/AM.V25i2.15430>.
- Bertoni, E., Barragán, A. A., Bok, M., Vega, C., Martínez, M., Gil, J. F., Cimino, R. O., & Parreño, V. (2021). Assessment of influential factors for scours associated with *Cryptosporidium* sp., rotavirus and coronavirus in calves from argentinean dairy farms. *Animals*, 11(9), 2652. <https://doi.org/10.3390/ani11092652>
- Capper, J. L., Cady, R. A., & Bauman, D. E. (2009). El impacto ambiental de la producción lechera: 1944 en comparación con 2007. *Revista de Ciencia Animal*, 87(6), 2160-2167.
- Donahue, M., Godden, S. M., Bey, R., Wells, S., Oakes, J. M., Sreevatsan, S., Stabel, J., & Fetrow, J. (2012). Heat treatment of colostrum on commercial dairy farms decreases colostrum microbial counts while maintaining colostrum immunoglobulin G concentrations. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2697–2702. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5220>
- Elizondo-Salazar, J. A. (2007). Alimentacion y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomia Mesoamericana*, 18(2), 271-281.
- Martin, C. C., de Oliveira, S., Costa, J., Baccili, C. C., Silva, B. T., Hurley, D. J., & Gomes, V. (2021). Influence of feeding fresh colostrum from the dam or frozen colostrum from a pool on indicator gut microbes and the inflammatory response in neonatal calves. *Research in Veterinary Science*, 135, 355–365. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.10.017>
- Mellado, M., Torres, E., Veliz, F. G., de Santiago, A., Macias-Cruz, U., & Garcia, J. E. (2017). Effect of quality of colostrum on health, growth and immunoglobulin G concentration in Holstein calves in a hot environment. *Animal Science Journal*, 88(9), 1327-1336. <https://doi.org/10.1111/asj.12773>.
- Menchetti, L., Traina, G., Tomasello, G., Casagrande-Proietti, P., Leonardi, L., Barbato, O., & Brecchia, G. (2016). Potential benefits of colostrum in gastrointestinal diseases. *Frontiers in Bioscience*, 8(2), 331–351. <https://doi.org/10.2741/s467>
- Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C. A., Ramirez-Flores, J. J., Herrera-Machuca, M. A., Lopez-Villalobos, N., Lopez-Santiago, M. A., & Veliz-Deras, F. G. (2019). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *Animal*, 13(10), 2379-2387. <https://doi.org/10.1017/S175173111900048X>.
- Parra-Cortés, R. I., Magaña-Magaña, M. A., & Piñeiro-Vázquez, A. T. (2019). Intensificación sostenible de la ganadería bovina tropical basada en

recursos locales: alternativa de mitigación ambiental para América Latina. Revisión Bibliográfica. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 115(4), 342-359.

- Reyes-Castañeda, L. J., Parra-Arango, J. L., & Flórez-Díaz, H. (2016). Concentración de inmunoglobulina G en calostro bovino en cruces *Bos taurus* x *Bos indicus* en los primeros tres días pos parto. *Orinoquia*, 20(1), 39-45.
- Robbers, L., Jorritsma, R., Nielen, M., & Koets, A. (2021). A Scoping Review of On-Farm Colostrum Management Practices for Optimal Transfer of Immunity in Dairy Calves. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 668639. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.668639>
- Rocha, G. F. Q., Bouda, J., Cruz, M. M., Ochoa, L. N., & Osorio, A. K. Y. (1998). Impacto de la administración y la calidad del calostro sobre los niveles de inmunoglobulinas séricas. *Vet. Méx*, 29(2), 161.
- Romo, D. G., Vázquez, C. C., Tristán, T. Q., Peña, E. S., Flores, A. V., Flores, S. V., & Parra, M. R. (2014). Prevalencia y factores de riesgo asociados a la infección por *Cryptosporidium spp.* en becerras lactantes en Aguascalientes, México. *Veterinaria México*, 1(1), 1-13.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) - Agrifood and Fishery Information System. (2022, 10 de octubre). Livestock production yearbook. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo.jsp.
- Swan, H., Godden, S., Bey, R., Wells, S., Fetrow, J., & Chester-Jones, H. (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. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0152>

CAPITULO II

2.1 REVISIÓN DE LITERATURA

La glándula mamaria es el órgano encargado de originar dos tipos de alimentos necesarios para las becerras, uno de ellos es el calostro, el cual tiene como función ofrecer la inmunidad pasiva que el animal necesita, mientras que la leche es el nutriente básico para seguir alimentando a la becerro (Mellado et al., 2017).

La calidad del calostro bovino está relacionada con la cantidad de inmunoglobulina G presente, considerando que existen factores como la raza, cantidad de calostro producido, duración del período seco, edad del animal, vacunación antes del parto y en la concentración de inmunoglobulinas de un animal a otro (Coyago-Cruza et al., 2019).

2.1.1 El calostro

Es la primera secreción láctea que produce la glándula mamaria después del nacimiento y es el único alimento del que dispone el ternero durante los primeros días de su vida (Campos, 2000; Biemann et al., 2010). Se diferencia de la leche en cuanto a su composición, propiedades físicas y función (Mella, 2003). La leche producida después de 24 horas, o entre el segundo y el octavo ordeño, se denomina leche de transición porque no tiene las mismas características que el calostro debido a que el contenido de sólidos totales disminuye gradualmente (Mella, 2003).

2.1.2 Relevancia que tiene del calostro en las becerras

El calostro está destinado a proteger a la becerro durante las primeras semanas de vida y reducir el riesgo de morbilidad y mortalidad. Al mismo tiempo, estimula

el desarrollo del sistema gastrointestinal, favoreciendo la eliminación del meconio y el establecimiento de deposiciones normales (Renaud et al., 2020).

Además, también contribuye a la productividad a largo plazo de los animales, mejorando la ganancia de peso diaria y la eficiencia alimenticia, reduciendo la edad de la primera lactancia, mejorando la producción durante la primera y segunda lactancia, reduciendo la posibilidad de pérdidas (Godden, 2009). El calostro es un alimento económico y simple para mejorar el proceso de crianza de terneras (Campos et al., 2007).

2.1.3 Estructura del calostro bovino

En concreto, el calostro contiene tres tipos de inmunoglobulinas: IgG (85-90%), IgM (7%) e IgA (5%). Glóbulos blancos maternos (linfocitos (30%), neutrófilos, macrófagos (10-18%), citocinas, hormonas como la insulina y el cortisol, factor de crecimiento epidérmico (EgF), factores de crecimiento similares a la insulina factor de crecimiento I y II (IgF- I e IgF-II), factor de crecimiento de fibroblastos (FgF), factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), factores de crecimiento transformante A y B (TgA y B), hormona de crecimiento (GH)). Aporta factores antibacterianos no específicos y nutrientes (grasas, proteínas, minerales, vitaminas) y al mismo tiempo aporta vitaminas liposolubles (A, D, E) y sales minerales ricas en calcio, magnesio y fósforo (Jaster, 2005).

2.1.4 Característica de las inmunoglobulinas

Se transmiten a la glándula mamaria a través de dos fuentes de infección durante las últimas semanas del embarazo. Una es humoral de la sangre (IgG) y la otra es local (IgA e IgM) sintetizada en la glándula mamaria por las células plasmáticas. Su concentración máxima se alcanza en la glándula mamaria 2-3 días antes del parto (Menares, 2011). Por el contrario, Reyes-Portillo y colaboradores (2020) afirman que las inmunoglobulinas se encuentran en el calostro desde las 0 hasta las 36 horas posparto. La inmunoglobulina presente en el mayor aumento de calostro es la IgG, predominantemente la subclase

IgG1, que representa el 80% de la concentración total de inmunoglobulina G (Morrill et al., 2012; Indra et al., 2012). La IgG1 tiene la ventaja de ser secretada desde el torrente sanguíneo de la becerro a la superficie de la mucosa de diferentes órganos, como lo son el pulmón e intestino, protegiendo así contra enfermedades infecciosas en estos sistemas del organismo (Kargar et al., 2020).

La cantidad de inmunoglobulina materna en la sangre disminuye a partir de la tercer y cuarta semana de vida, ya que los terneros comienzan a producir sus propios anticuerpos (IgM, IgG e IgA) durante los primeros días de vida, y los niveles de inmunoglobulina del adulto disminuyen en proporción a el nivel de (Uyama et al., 2022).

La primera tarea que tienen las inmunoglobulinas es brindar defensa inmunológica inmediata a la becerro (Gutiérrez Gutiérrez, 2022).

Cuadro 1. Concentración relativa y actividad de las principales inmunoglobulinas asistentes en el calostro bovino.

TIPO	% TOTAL	FUNCIÓN
Ig G	80-85	Elimina los microorganismos nocivos especialmente a nivel de los tejidos.
Ig A	8-10	Resguarda la membrana que recubre los órganos (intestinos) y evita que los antígenos entren en la sangre.
Ig M	5-12	Destruye los microorganismos nocivos, principalmente a nivel sanguíneo.

Fuente: Playford & Weiser (2021)

2.1.5 Cantidad, tiempo y tipo de calostro suministrado a la becerria

Puppel y colaboradores (2019) recomiendan 100 g de IgG en la primera alimentación de calostro a las becerrias. Para obtener esta cantidad de IgG se necesita saber la cantidad en el calostro. En la práctica, se recomienda que las becerrias reciban de 10-12 % de calostro de su peso vivo en la primera alimentación (Quigley et al., 2013).

Arias y colaboradores (2008), por su parte, recomiendan la administración de 4 litros de calostro en una sola toma la primera hora de vida y luego de 6 h dar 2 litros más en caso de tener un calostro de incierta calidad.

2.1.6 Tiempo de proveer el calostro

El intestino delgado de una becerria solo tiene la capacidad de absorber macromoléculas dentro de las primeras 24 horas de vida. A esto le sigue un fenómeno conocido como “obstrucción intestinal”, que ejerce presión sobre la filtración intestinal (Cerdea & Villarroel et al., 2008).

Se les ofrece a las becerrias que tomen calostro dentro de las 4 horas primeras después del parto, sin embargo a partir de las 6 horas, la capacidad de absorción del intestino disminuye, y no es completamente accesible hasta las 24-36 horas (Conneely et al., 2013). Deng y colaboradores (2020), por otro lado, afirman que es mejor administrar el calostro dentro de la primera hora de vida.

La inmunoglobulina ingresa al torrente sanguíneo y formaliza su función de defensa. Se absorbe directamente del intestino sin ser digerido o inactivado en el estómago. Esto se debe al hecho de que las células del abomaso no secretan ácido clorhídrico durante las 24 horas posteriores al nacimiento y el pH del abomaso es de 5 o superior. Esto evita que el pepsinógeno se convierta en pepsina, lo que evita que la proteína sea atacada. (Saldana et al., 2019). Al mismo tiempo, el calostro contiene un componente inhibidor de la tripsina que impide la digestión de las inmunoglobulinas, lo que resulta en una mayor tasa de tránsito que la leche entera. Los microorganismos patógenos, como los

anticuerpos, no se asimilan y pueden afectar negativamente a los terneros. Por lo tanto, es importante mantener el calostro en un ambiente limpio. (Chester-Jones et al., 2017).

2.1.7 Modo de suministrar el calostro

Hay dos maneras de dar calostro. Pueden ser alimentados naturalmente directamente de las vacas, recolectados artificialmente y alimentados en botellas o baldes, o forzados a través de una sonda nasogástrica (Jamaluddin et al., 1996).

Tacoma et al., (2019), Lora et al., (2018), Menares (2011) y Cerda y Villarroel (2008) coinciden en que la forma más segura de ofrecer el calostro es de manera artificial; no solo porque permite medir y certificar el consumo de calostro de buena calidad, sino también porque disminuye el peligro de transferencia de alguna enfermedad desde la madre a la becerria.

Se ha demostrado que la transmisión de la inmunidad pasiva por el calostro directo de manera natural de las vacas ha tenido menos éxito (Godden, 2009; Menares, 2011). Por el contrario, tanto Campos et al., (2007) como Zhang et al., (2001), coinciden en que la absorción de IgG es mayor cuando las becerras están con sus madres y son alimentadas por ellas mismas. Sin embargo, esto puede aumentar el riesgo de contraer patógenos. Por esta razón, ambos abogan por la lactancia natural como el método más poderoso para demostrar la ingesta adecuada de calostro. La mas alta relevancia de la absorción se obtuvo debido a la ingesta temprana de calostro de manera natural en lugar de la lactancia artificial.

2.1.8 Elementos que perturban la disposición de calidad del calostro

Las razas de carne en comparación a las razas lecheras tienden a producir calostro con una mayor concentración de IgG. Dentro de las razas de leche, la Jersey es la que produce calostro de mayor calidad, seguida por la Pardo Suizo y la Holstein. La raza Holstein es la que produce una mayor cantidad de

calostro, pero de menor calidad (Cabral et al., 2016). Según Murray et al., (2016), las razas Pardo Suizo y Ayrshire tienen concentraciones de inmunoglobulina en el calostro más bajas que otras razas lecheras, lo que apunta a efectos altamente variables e inconsistentes con respecto a las diferencias entre razas.

Cuadro 2. Porcentaje de inmunoglobulina (IG) presente en el calostro, según la raza a la que pertenezca la vaca.

Raza	Ayrshire	Suiza	Guernsey	Holstein	Jersey
% de IGs	8.1	8.6	6.3	5.6	9.0

Fuente: Gutiérrez Gutiérrez (2022)

Cuadro 3. Porcentaje de inmunoglobulina presente en el calostro (IG; g/100 g) según número de tomas.

N° de parto	1	2	3	4
% de Igs	5.9	8.3	8.2	7.5

Fuente: Gutiérrez Gutiérrez (2022)

Todas las medidas anteriores pueden ayudar a mejorar su hato lechero, pero incluso si se preocupa por la reproducción, debe tener en cuenta que las vacas lecheras están sujetas a una variedad de enfermedades. Sin embargo, dos enfermedades se mencionan en la literatura: enfermedades digestivas y respiratorias. De hecho, la diarrea neonatal es la principal causa de muerte en terneros y una de las principales enfermedades que afectan a las becerras en las primeras semanas de vida en las granjas. (Zhang et al., 2001). Esta compleja enfermedad puede desarrollarse por causas tanto infecciosas como no infecciosas (Meganck et al., 2014). Su incidencia puede ser variable dependiendo del sistema de producción, pero cuando se presentan los brotes

suelen afectar gravemente a los terneros y genera enormes pérdidas económicas por retraso de los animales en el crecimiento, por costos de los tratamientos y muerte de estos (Lora et al.,2018).

Esta enfermedad se puede definir como un síndrome multifactorial en la cual actúan diversos factores de riesgos asociados a agentes etiológicos, los cuales pueden ser: un mal estado nutricional, madres con la falta de vacunación adecuada (Phipps et al., 2016), los partos distócicos, una alta carga en la crianza, la falta de higiene en las instalaciones de la crianza. Todos estos son factores que predisponen la aparición de brotes de diarrea en los terneros (Conneely et al., 2013).

La diarrea clínicamente suele presentarse desde las 12 horas hasta los 35 días de edad, y se manifiesta con la excreción de heces acuosas, por lo tanto, produce deshidratación progresiva de los terneros (Quigley et al.,2013), puesto que entran en acidosis, hay postración de los animales y finalmente pueden morir en pocos días (Lora et al., 2019). Los agentes etiológicos que participan son varios, dentro de los cuales los virus suelen ser los más importantes como iniciadores de la enfermedad para que luego actúen de manera secundaria las bacterias que pueden llevar a la muerte de los animales (Cabral et al.,; 2016).

Existen cuatro enteropatógenos más importantes que provocan la diarrea en los terneros, como lo son *Escherichia coli*, rotavirus, coronavirus y *Cryptosporidium parvum* (Murray et al., 2016). El rotavirus bovino es uno de los principales agentes etiológicos, que genera pérdidas en terneros de menos de 3 semanas, estos están muchas veces asociados a *Escherichia* como entero patógeno, y *Cryptosporidium* (Torres-Medina et al., 1985).

Con base en varias experiencias de aislamiento y ocurrencias de diarrea neonatal en ganadería tanto especializada como tradicional, y en informes de laboratorios de diagnóstico, el rotavirus bovino y la *E. coli enteropatógeno* son comunes en las becerras con un porcentaje de más del 75% (Tacoma et al., 2019). La recuperación debería de basarse en terapia de líquidos es decir en la

rehidratación de los terneros ya que un ternero enfermo pierde mucha agua y muchos electrolitos con la materia fecal, por lo tanto, tratar al ternero es fundamental (Deng et al., 2020).

Se pueden usar también antidiarreicos a modo de protector de la mucosa se pueden utilizar antiinflamatorios para calmar fiebre en caso de infección, y en caso de temperatura elevada se recomienda la aplicación de antibióticos (Novo et al., 2017). Lo ideal es tener un diagnóstico certero en el cual podamos tener antibiograma que indique cuál es el antibiótico de elección (Parvaneh et al., 2019).

Costa et al., (2021a) evaluaron la influencia de las células maternas del calostro en el desarrollo y función de la respuesta inmune innata en terneros Holstein, no encontrando diferencia significativa tanto del calostro fresco como del congelado, observando las mismas propiedades, aunque la cantidad de células viables difirieron, ya que no están presentes en el calostro congelado. Por ello, los terneros alimentados con calostro congelado presentaron signos clínicos más difíciles y extensos después de su exhibición bacteriana natural. Sin embargo, Playford & Weiser (2021) no encontraron datos suficientes para relatar el efecto de la eficacia del calostro, especialmente con un elevado contenido de bacterias. Dado que en los establos lecheros de la Comarca Lagunera se han incrementado los porcentajes de morbilidad, las diarreas son el mayor porcentaje de enfermedades que impactan la mortalidad predestete. Es posible mejorar aplicando tratamientos oportunos que eviten la deshidratación y debilitamiento e incluso la muerte. Un punto importante sería mejorar el manejo en la recolección del calostro y el suministro de este en los tiempos, calidades y cantidades adecuadas (Saldana et al., 2019).

La Comarca Lagunera se caracteriza por sus insuficientes recursos de agua y por su seco clima, además de ser muy caluroso en la estación de verano con hasta 44.8° grados centígrados, y frío en invierno, con temperaturas que oscilan entre los 8° y 0°, y llega incluso a los -7° grados centígrados (INEGI, 2021).

Siendo que el clima depende de un sinnúmero de factores con los cuales se hace una relación entre ellos de manera estrecha (Puppel et al., 2019). Esta variación de climas somete a las terneras a un estrés (Uyama et al., 2022).

El estrés calórico es muy frecuente en los establos lecheros de la Laguna, teniendo pérdidas tanto en producción como en la crianza. Las becerras y vaquillas sufren estrés calórico cuando la temperatura ambiente es superior al rango de confort térmico del animal, se han establecido unos puntos críticos en donde las temperaturas ambientales provocan reacciones fisiológicas de actividad metabólica en los bovinos (Parvaneh et al., 2019). El primer punto crítico se ha denominado termo-neutralidad que corresponde a la temperatura ambiental de 18 °C en la cual el calor corporal está en equilibrio. El segundo punto crítico es el rango de temperatura ambiental entre los 6 °C y los 21 °C denominado zona de confort o comodidad térmica, entendida ésta como la zona en la cual la vaca obtiene por los mecanismos termorreguladores normales, el ajuste de la temperatura interna sin gasto alguno de energía adicional (Menchetti et al., 2016). Otros definen el inicio del estrés calórico cuando se incrementa la temperatura corporal rectal en 0.5 °C o cuando la humedad relativa excede el 75% y la temperatura ambiente los 25 °C. Raramente se hacen consideraciones para moderar el estrés por calor en el ganado joven.

Sin embargo, hay abundante evidencia que demuestra la influencia que tienen los primeros meses de la vida de una becerro sobre el crecimiento, el desarrollo y el potencial de producción de leche. La becerro o vaquilla que se encuentra por fuera de la zona de confort empieza a presentar dificultades para mantener la temperatura corporal, viéndose obligada a invertir energía adicional para iniciar los mecanismos de termorregulación, sacrificando su utilización en crecimiento y reproducción. El estrés por calor se asocia típicamente con las regiones áridas y semiáridas sobre todo en lechería tecnificada, aunque afecta prácticamente en todo el país en determinadas épocas del verano (Jaster, 2005).

En la Comarca Lagunera uno de los efectos típicos es el sobrecalentamiento en jaulas en becerras no destetadas, donde pueden llegar a ser como pequeños hornos cuando impacta la luz solar directa durante el tiempo de calor ya sea la jaula tradicional de madera con techo de lámina o a últimas fechas las becerreras de polipropileno cerradas (que no son muy comunes en la Comarca Lagunera) y para muchas becerras nacidas en época primavera - verano, es su única fuente de sombra (Navarrete-Molina et al., 2019).. Las becerras tratan de compensar el aumento de las temperaturas, elevando la respiración y la ingesta de agua. Los resultados a menudo son una caída en el consumo de alimento en materia seca (CMS), ganancia diaria de peso, la puntuación fecal (calidad) y eficiencia alimenticia. El sistema inmune, también, puede verse comprometido. La deshidratación puede ocurrir, y la función renal está alterada. Si los factores no se corrigen, puede resultar en un aumento de la mortalidad (Uyama et al., 2022).

Entonces ¿qué tan importante es la sombra? La sombra suplementaria reduce la temperatura en la sección de crianza y por ende en el interior de jaulas, así como la temperatura rectal de las terneras. Hay evidencia de un diferencial de más de 10°C en la temperatura del piso entre el área con sol y con sombra, tomada con termómetros de punto laser (Kargar et al., 2020). En verano la lámina del techo de la becarrera puede llegar a 57 °C y la arena del piso a más de 60 °C, entre las 3 y 5 horas de la tarde, este calor se sigue radiando durante el transcurso de la noche, sometiendo al animal a un estrés constante. En varios estudios, que presentó Gutiérrez Gutiérrez (2022) las temperaturas de las jaulas cayeron con la aplicación de sombra adicional, se redujo la temperatura ambiente en toda la zona sombreada, y cuando el estrés de calor fue mayor, por la noche las becerras en sombra tuvieron temperaturas inferiores de la piel, rectales y en sus tasas de frecuencia respiratoria (Novo et al., 2017). Es claro que la sombra suplementaria disminuye la severidad del estrés térmico sufrido por las becerras alojadas en jaulas en el verano, una solución sencilla, práctica y representa una inversión que se amortiza rápidamente.

Es por eso que se planteó como objetivo principal determinar los efectos de la calidad de calostro, el peso al nacimiento, la temperatura ambiental, la edad de la madre y la época de años, respecto a la prevalencia de enfermedades en las cuatro semanas de vida y su relación con el peso al destete en becerras de la Comarca Lagunera; y así mismo evaluar cómo afecta la calidad y cantidad de calostro en la prevalencia de enfermedades en becerras, comparar parámetros evaluados anteriormente sobre su peso al destete y generar conocimiento respecto a uno de los principales problemas de los sistemas de producción bovina lechera de la región.

Cuando las becerras sufren de estrés ellas tienden a sufrir debido a la alteración de la fisiología de su sistema digestivo, respiratorio, cardiovascular, sistema nervioso central, endocrino, inmunológico y hasta en su sistema reproductivo cuando ya están en edad de este (Chester-Jones et al., 2017). Todo esto a causa de que no consumen el alimento líquido y sólido adecuado; es ahí cuando empiezan los problemas por bajas defensas para sobre llevar algún problema respiratorio y/o digestivo (Arias et al., 2008).

Además de que tienen a ir disminuyendo su peso por corporal y teniendo perdidas al momento de llegar a la edad de su siguiente etapa la cual sería el destete. Es aquí cuando la becerro no le sirve de tal manera al rebaño, ya que con el paso del tiempo esta ganara peso, pero no el adecuado para su primera inseminación o monta del macho para poder llegar así a su etapa por la cual está ahí (Renaud et al., 2020).

2.2 LITERATURA CITADA

- Arias, R. A., Mader, T. L., & Escobar, P. C. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40(1), 7-22.
- 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 calostrum quality in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93(1), 3713-3721.

- Cabral, R. G., Chapman, C. E., Aragona, K. M., Clark, E., Lunak, M., & Erickson, P. S. (2016). Predicting colostrum quality from performance in the previous lactation and environmental changes. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 4048–4055. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9868>
- Campos, M. (2000). *Determinación de la actividad sérica de la enzima gammaglutamiltransferasa como indicadora del consumo de calostro en terneros*. [Tesis de grado Licenciado en Medicina Veterinaria]. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias. 31p.
- Campos, R., Carrillo, A., Loaiza, V., & Giraldo, L. (2007). *El Calostro: Herramienta para la Cría de Terneros*. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Departamento de Ciencias Animales. 12 p.
- Reyes-Castañeda, L. J., Parra-Arango, J. L., & Flórez-Díaz, H. (2016). Concentración de inmunoglobulina G en calostro bovino en cruces *Bos taurus* x *Bos indicus* en los primeros tres días pos parto. *Orinoquia*, 20(1), 39-45.
- Cerda, J; Villarroel, L. 2008. Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Rev Chil Pediatr* 2008; 79 (1): 54-58.
- Coyago-Cruza, E., Páez, A., Villacís, M., Simbaña, J., Beltrán-Sinchiguano, E., & Coronel, M. (2019). Efecto de la aplicación de microfiltración tangencial sobre la concentración de proteínas de calostro bovino como una fuente alimenticia y medicinal. *Rev. ecuat. med. Eugenio Espejo*, 1-8.
- Chester-Jones, H., Heins, B. J., Ziegler, D., Schimek, D., Schuling, S., Ziegler, B., de Ondarza, M. B., Sniffen, C. J., & Broadwater, N. (2017). Relationships between early-life growth, intake, and birth season with first-lactation performance of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 3697–3704. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12229>
- Conneely, M., Berry, D. P., Sayers, R., Murphy, J. P., Lorenz, I., Doherty, M. L., & Kennedy, E. (2013). Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. *Animal*, 7(11), 1824–1832. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001444>
- Deng, M., Chen, N., Guidarini, C., Xu, Z., Zhang, J., Cai, L., Yuan, S., Sun, Y., & Metcalfe, L. (2020). Prevalence and genetic diversity of bovine viral diarrhoea virus in dairy herds of China. *Veterinary Microbiology*, 242, 108565. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic>.
- Godden, S. M., Haines, D. M., Konkol, K., & Peterson, J. (2009). Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *Journal of Dairy Science*, 92(4), 1758–1764. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1847>

- Gutiérrez Gutiérrez, M. Á. (2022). *Efecto de factores ambientales y genéticos sobre el peso al nacimiento de terneros de raza Nelore y sus cruces en el litoral centro norte ecuatoriano* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio institucional. https://www.researchgate.net/profile/Miguel-Gutierrez-32/publication/369299722_Efecto_de_factores_ambientales_y_geneticos_sobre_el_peso_al_nacimiento_de_terneros_de_raza_Nelore_y_sus_cruces_en_el_litoral_centro_norte_ecuatoriano/links/64138e6792cfd54f840674b4/Efecto-de-factores-ambientales-y-geneticos-sobre-el-peso-al-nacimiento-de-terneros-de-raza-Nelore-y-sus-cruces-en-el-litoral-centro-norte-ecuatoriano.pdf
- Indra, E.; Daina, K.; & Jelena, Z. (2012). Analysis of Factors Influencing Immunoglobulin Concentration in Colostrum of Dairy Cows. *Lucrari Stiintifice Journal*, 57, 256-259.
- INEGI. (2021, 24 de abril). *Clima*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/coah/territorio/clima.aspx>
- Jamaluddin, A. A., Carpenter, T. E., Hird, D. W., & Thurmond, M. C. (1996). Economics of feeding pasteurized colostrum and pasteurized waste milk to dairy calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 209(4), 751–756.
- Jaster, E. H. 2005. Evaluation of quality, quantity, and timing of calostrum feeding on inmunoglobulin G1 absorption in jersey calves. *Journal of Dairy Science*, 88, 296-302.
- Kargar, S., Roshan, M., Ghoreishi, S. M., Akhlaghi, A., Kanani, M., Abedi Shams-Abadi, A. R., & Ghaffari, M. H. (2020). Extended colostrum feeding for 2 weeks improves growth performance and reduces the susceptibility to diarrhea and pneumonia in neonatal Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 8130–8142. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18355>
- Lora, I., Barberio, A., Contiero, B., Paparella, P., Bonfanti, L., Brscic, M., Stefani, A. L., & Gottardo, F. (2018). Factors associated with passive immunity transfer in dairy calves: combined effect of delivery time, amount and quality of the first colostrum meal. *Animal*, 12(5), 1041–1049. <https://doi.org/10.1017/S1751731117002579>
- Meganck, V., Hoflack, G., & Opsomer, G. (2014). Advances in prevention and therapy of neonatal dairy calf diarrhoea: a systematical review with emphasis on colostrum management and fluid therapy. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 56(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s13028-014-0075-x>
- Mella, C. (2003.) *Factores a considerar para el logro de una adecuada alimentación con calostro*. Circular de extensión técnico-ganadera. N° 29.

Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Producción Animal.

- Mellado, M., Torres, E., Veliz, F. G., de Santiago, A., Macias-Cruz, U., & Garcia, J. E. (2017). Effect of quality of colostrum on health, growth and immunoglobulin G concentration in Holstein calves in a hot environment. *Animal Science Journal*, 88(9), 1327–1336. <https://doi.org/10.1111/asj.12773>.
- Menares, C. (2011). *Efecto del uso del calostro comercial sobre la inmunidad pasiva en terneros Holstein nacidos en invierno* [Tesis de título de ingeniero agrónomo. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile]. Facultad de Ciencias Agrarias. 87p.
- Menchetti, L., Traina, G., Tomasello, G., Casagrande-Proietti, P., Leonardi, L., Barbato, O., & Brecchia, G. (2016). Potential benefits of colostrum in gastrointestinal diseases. *Frontiers in Bioscience*, 8(2), 331–351. <https://doi.org/10.2741/s467>
- 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>
- Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C. A., Ramirez-Flores, J. J., Herrera-Machuca, M. A., Lopez-Villalobos, N., Lopez-Santiago, M. A., & Veliz-Deras, F. G. (2019). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *Animal*, 13(10), 2379–2387. <https://doi.org/10.1017/S175173111900048X>.
- Novo, S., Costa, J., Baccili, C. C., Sobreira, N. M., Silva, B. T., de Oliveira, P. L., Hurley, D. J., & Gomes, V. (2017). Effect of maternal cells transferred with colostrum on the health of neonate calves. *Research in Veterinary Science*, 112, 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.01.025>
- Parvaneh, L., Sharifi, N., Azizi, G., Abolhassani, H., Sharifi, L., Mohebbi, A., Bahraminia, E., Delavari, S., Alebouyeh, M., Tajeddin, E., Mohebbi, S. R., Yazdani, R., Behniafard, N., & Aghamohammadi, A. (2019). Infectious etiology of chronic diarrhea in patients with primary immunodeficiency diseases. *European Annals of Allergy and Clinical Immunology*, 51(1), 32–37. <https://doi.org/10.23822/EurAnnACI.1764-1489.77>
- Phipps, A. J., Beggs, D. S., Murray, A. J., Mansell, P. D., Stevenson, M. A., & Pyman, M. F. (2016). Survey of bovine colostrum quality and hygiene on northern Victorian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 8981–8990.
- Playford, R. J., & Weiser, M. J. (2021). Bovine Colostrum: Its Constituents and Uses. *Nutrients*, 13(1), 265. <https://doi.org/10.3390/nu13010265>

- Reyes-Portillo , K. A., Soto-Simental, S., Hernández-Sánchez, H., Quintero-Lira, A., & Piloni-Martini, J. (2020). Alimentos funcionales a partir de calostro bovino. *Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 6(12), 9-11. <https://doi.org/10.29057/icap.v6i12.5924>
- Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Slósarz, J., Kunowska-Slósarz, 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., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., & Polo, J. (2013). Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 96(2), 1148–1155. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5823>
- Renaud, D. L., Steele, M. A., Genore, R., Roche, S. M., & Winder, C. B. (2020). Passive immunity and colostrum management practices on Ontario dairy farms and auction facilities: A cross-sectional study. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 8369–8377. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18572>
- Saldana, D. J., Gelsinger, S. L., Jones, C. M., & Heinrichs, A. J. (2019). Effect of different heating times of high-, medium-, and low-quality colostrum on immunoglobulin G absorption in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2068–2074. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15542>
- Tacoma, R., Gelsinger, S. L., Lam, Y. W., Scuderi, R. A., Ebenstein, D. B., Heinrichs, A. J., & Greenwood, S. L. (2017). Exploration of the bovine colostrum proteome and effects of heat treatment time on colostrum protein profile. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 9392–9401. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13211>
- Torres-Medina, A., Schlafer, D. H., & Mebus, C. A. (1985). Rotaviral and coronaviral diarrhea. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 1(3), 471–493. [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)31297-4](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)31297-4)
- Uyama, T., Kelton, D. F., Winder, C. B., Dunn, J., Goetz, H. M., LeBlanc, S. J., McClure, J. T., & Renaud, D. L. (2022). Colostrum management practices that improve the transfer of passive immunity in neonatal dairy calves: A scoping review. *PloS One*, 17(6), e0269824. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269824>
- Zhang, P., Sawicki, V., Lewis, A., Hanson, L., Nuijens, J. H., & Neville, M. C. (2001). Human lactoferrin in the milk of transgenic mice increases intestinal growth in ten-day-old suckling neonates. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 501, 107–113. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1371-1_13

CAPITULO III

Respuestas correlacionadas entre el peso al nacimiento, nivel de inmunidad, estado de salud y desarrollo al destete en becerras Holstein en la Comarca Lagunera

3.1 INTRODUCCIÓN

Un adecuado manejo en la alimentación posnatal y antes del destete en las crías bovinas, tiene un impacto fundamental en su crecimiento y desarrollo, ya que afecta la salud y el comportamiento productivo-reproductivo en etapas posteriores de las crías bovinas (Costa et al., 2021a; Hammon et al., 2020; Lago et al., 2018). Después del nacimiento, el suministro inmediato de calostro, en cantidad y calidad, es un requisito para lograr una crianza exitosa de las becerras. El calostro proporciona altas cantidades de nutrientes y otros compuestos que promueven una maduración del sistema inmunológico y su sistema digestivo (Costa et al., 2021b). Un correcto funcionamiento del intestino neonatal permite que las becerras digieran y absorban los nutrientes proporcionados por el calostro y la leche. En efecto, la ingesta de calostro apoya el inicio de procesos anabólicos en varios tejidos, estimulando el crecimiento corporal posnatal y el desarrollo de órganos (Frieten et al., 2017; Langel et al., 2015; Malmuthuge & Luo-Guan, 2017; Nissen et al., 2017). De no ser incitada la maduración del sistema digestivo es muy probable que las becerras presenten diarrea severa siendo esta la principal causa de mortalidad neonatal en becerras. Por ello, el suministro de calostro en las primeras horas de vida es de particular importancia para el éxito de la crianza en becerras (Urie et al., 2018).

Un racionamiento de calostro apropiado dentro de 2 a 3 h después del nacimiento es fundamental para crear la inmunidad pasiva y temporal en becerras, observando que la cantidad de calostro consumida se correlaciona directamente con la prevención de enfermedades y muertes perinatales y predestete (Costa et al., 2021b; Hammon et al., 2020; Lopez et al., 2020). Al

respecto, las becerras nacen con su sistema digestivo inmaduro, a la vez de tener deficiente inmunidad activa, derivado del hecho que la placenta de los bovinos no aprueba el traspaso de anticuerpos de la madre al feto durante la gestación (Mellado et al., 2017). Bajo este contexto, una buena alimentación y el adecuado aporte de calostro son la clave para que una crianza de becerras tenga éxito en cualquier explotación lechera, considerando que estas reemplazarán las vacas de descarte (Hammon et al., 2020). Sin embargo, para que este reemplazo sea éxito, es necesario que las becerras tengan una buena alimentación y una adecuada absorción de calostro, de lo contrario ocurrirá una falla en la transferencia de inmunidad pasiva, considerando que las becerras solo son capaces de absorber las inmunoglobulinas del calostro por un periodo limitado después del nacimiento (Da Silva et al., 2020). En este sentido, una falla en la transferencia pasiva puede deberse a 1) ofrecer un calostro con una concentración menor a 50 Ig L^{-1} , 2) proporcionar una cantidad inadecuada, la cual debe de ser no menor a 2 litros d^{-1} , 3) no brindar la cantidad y calidad adecuada de calostro dentro de las primeras dos horas del nacimiento y 4) que la bacteriología del calostro este elevada (Arrollo-Arrollo & Elizondo-Salazar, 2014).

En Norteamérica, uno de los principales clústeres productores de leche bovina se ubica en México, específicamente en la Comarca Lagunera (CL). La producción de leche bovina en la CL se incrementó un 4% al pasar de 2,613.58 a 2,730.75 millones de litros entre 2020 y 2021, lo anterior, represento una producción diaria de 7.16 vs 7.48 millones de litros de leche diarios en dicho período. Lo anterior, se logró a pesar de que el inventario total se mantuvo (2020: 479,601 vs 2021: 480,837) y aun con una reducción observada del 1% del inventario en producción, al pasar de 250,877 a 248,719 vacas en producción para el 2020 vs 2021. Estos resultados, pudieran ser indicativo de mejoras en el manejo genético, nutricional, reproductivo y sanitario de los hatos bovinos lecheros de la CL, observando incrementos diarios promedio por animal de 34.16 L en 2020, a 36.00 L en 2022 (SIAP, 2022). Investigaciones recientes han demostrado que los sistemas de producción de ganado bovino en la

Comarca Lagunera se caracterizan por un esquema productivo altamente tecnificado, moderno e intensivo, perfectamente vinculado a una estructura de industrialización, con ramificación nacional e internacional, generando una significativa derrama económica en la región (Navarrete-Molina et al., 2019; 2019a). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el nivel de asociación entre el peso al nacimiento, el nivel de inmunidad, el estado de salud y el desarrollo al destete en becerras Holstein de la Comarca Lagunera, México. Nuestra hipótesis de trabajo propone que el peso al nacimiento se correlaciona positivamente con la inmunidad y desarrollo predestete, y de manera negativa con la presencia de enfermedades en becerras Holstein.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El estudio se desarrolló en un establo lechero altamente tecnificado, el cual cuenta con aproximadamente 7,500 cabezas de ganado, ubicado en la CL en el norte de México. La CL ($102^{\circ} 22'$, $104^{\circ} 47'$ LO; $24^{\circ} 22'$, $26^{\circ} 23'$ LN, a 1,139 m.s.n.m.) se ubica en un ecotipo semiárido, con una temperatura promedio de 22°C , presentando mínimas de 0°C (invierno) y máximas de 40°C (verano). La temporada de lluvias se extiende de junio a octubre, la precipitación media anual es de 225 mm. La humedad relativa fluctúa de 26.1% a 60.6% y el fotoperíodo varía de 13 h, 41 min (solsticio de verano, junio) a 10 h, 19 min (solsticio de invierno, diciembre).

La CL es un agroecosistema interesante, ya que posee un componente agrícola con grandes espacios destinados a la producción de forrajes (i.e., alfalfa, sorgo forrajero, maíz forrajero) (Navarrete-Molina et al., 2020).

3.2.2 Metodología

La población de estudio consistió en 1,124 crías hembra (terneras) Holstein-Friesian. Las variables consideradas fueron peso al nacimiento (PN; kg), número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo,

2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD, kg).

Los protocolos utilizados para atender y tratar a las terneras de este estudio fueron los aprobados y recomendados por las autoridades mexicanas en sanidad animal. Las terneras fueron separadas de sus madres aproximadamente 20 minutos después del nacimiento antes de que ocurriera cualquier contacto con la ubre. Los ombligos fueron rociados con yodo diluido (7%) y las terneras se alojaron en corrales individuales de madera (becerrera) de 2.0 m x 1.5 m con techo metálico, sin cama adicional. Las terneras fueron alimentadas con 2.5 L de calostro usando un biberón con tetina dentro de los primeros 90 min después del nacimiento, y nuevamente con 2 L, 12 h después. Por lo tanto, la ingesta de calostro fue de 4.5 L para todas las crías dentro de las 24 h posteriores al parto.

Posteriormente se realizó la toma de muestras de sangre de las terneras del estudio (5 mL en tubos Vacutainer que contenían un activador de coágulos) a las 48 h, mediante venopunción de la yugular. Las muestras de sangre se refrigeraron durante 24 h antes de separar el suero por centrifugación (3500 rpm x 15 min). Una gota de suero obtenida 48 h después del parto se colocó en un refractómetro digital para lácteos (MISCO Digital-Dairy™, Solon, OH, EE. UU.) y cuantificar la calidad de calostro ingerido por las terneras. Posteriormente, del día 2 al 30, las terneras fueron alimentadas con 2 L de sustituto de leche que contenía 20% de proteína, 20% de grasa y 270 g t⁻¹ de sulfato de neomicina, dos veces al día. A partir del día 31 y hasta el destete, las terneras recibieron 4 L de sustituto lácteo por la mañana y 4 L por la tarde. Se ofreció concentrado de iniciación para crías bovinas (22% de proteína cruda) y agua de libre acceso a partir del día 4 después del parto y hasta el destete, aproximadamente a los 80 días de edad.

3.2.3 Analisis estadístico

Los análisis estadísticos de los datos consideraron la cuantificación de estadísticas descriptivas (proc UNIVARIATE de SAS; SAS Institute Inc., Cary, NC, EE. UU.) para las variables de respuesta: peso al nacimiento (PN; kg), número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo, 2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD, kg). Para determinar el grado de asociación entre dichas variables se realizó un análisis de correlación de Pearson (PROC CORR de SAS).

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las estadísticas descriptivas de las 1,124 becerras consideradas en el presente estudio se presentan en la Tabla 1. El peso al nacimiento (PN) es el resultado del crecimiento de la cría en el útero materno y está influenciado por factores genéticos y ambientales que representan un sistema complejo de interrelaciones madre-feto. Del total de becerras consideradas, el 66% (n=737) se encontró en un rango de PN entre los 35 y 40 kg, es este sentido, se encontró un promedio para la variable PN de 38.4 ± 3.6 kg, lo cual es consistente con lo reportado por Rahbar et al., (2020), los cuales analizaron los PN de 7,737 crías bovinas Holstein, encontrando una media de PN de 40.84 ± 4.9 kg. En este mismo sentido, Atashi et al., (2021) reportaron una media en PN de 40.2 ± 4.86 kg al considerar 112,443 nacimientos en bovinos lecheros Holstein, y es coincidente con lo reportado por Hurst et al., (2021), quienes analizaron los resultados de 5,180 crías Holstein con un PN promedio de 40.6 ± 4.9 kg. El 79% de las crías estudiadas corresponden a madres que tenían entre 2 y 4 partos, lo cual es consistente con las tasas de reemplazo de este tipo de explotaciones de un 33% anual. Considerando la calidad del calostro (CC) con un rango de bajo (1), medio (2), y alto (3), el 35% (i.e., 398) correspondió al nivel alto, el 44% (492) al nivel medio y el restante 21% (234) al nivel bajo, esta

información resulta de vital importancia, al momento de ofrecer el primer calostro de las crías. Respecto a la refractometría observada en las crías estudiadas, se evidencio que el 69.8% (784 muestras) presentó valores entre 6.0 y 6.9, el 29.6% (333 muestras) consideró valores entre 5.0 y 5.9, y tan solo el 0.6% (7 muestras) generó valores de 7.0.

Respecto a la presencia de enfermedades infecciosas (EI) y peso al destete (PD) son el resultado multifactorial donde influyen variables como PN, consumo de calostro y leche, la alimentación, el año de nacimiento, la época de nacimiento, la temperatura ambiental entre otros (Hurst et al., 2021). Nuestros resultados evidenciaron que del total un 62.6% (704 becerras) no presentaron ninguna enfermedad de tipo infecciosa, lo cual evidencia un óptimo manejo en el área de crianza. Un 17.6% (198 becerras) presentó diarrea y un 15.8% (178 becerras) mostró problemas en tracto respiratorio (i.e., neumonía); del restante 3.9% (i.e., 44 crías), 27 becerras mostraron problemas de otitis.

Cuadro 4. Estadística descriptiva de las variables peso al nacimiento (PN; kg), número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo, 2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD. Kg) en becerras Holstein de la Comarca Lagunera.

Variable	Media	Mediana	Moda	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
PN (kg)	38.41	39	40	3.63	29	51
NPM (no.)	2.81	3	3	1.19	1	6
CC (1-3)	2.15	2	2	0.74	1	3
R (°Bx)	6.02	6	6	0.31	5	7

EI (0-7)	0.69	0	0	1.17	0	6
PD (kg)	85.40	85	85	6.01	65	103

Respecto al PD, el 85.6% (962 becerras) de los nacimientos considerados se ubicaron en un rango de peso entre 78 y 93 kg, de este rango destaca el peso de 85 kg el cual representa el 16.3% (183) es este sentido, se encontró un promedio para la variable PD de 85.4 ± 6.0 kg, lo cual es superior a lo reportado por Turini et al., (2020), para crías hembras Holstein Friesian en Italia de 73.38 ± 10.52 kg.

Turini et al., (2021), encontraron una correlación significativa ($P < 0.05$) entre la concentración de inmunoglobulinas en el calostro y la ganancia de peso. Lo cual coincide con los resultados de la presente investigación, donde esta correlación entre PN y R fue positiva y significativa. Siendo este uno de los primeros y principales pasos para asegurar una transferencia pasiva apropiada que garantice un comienzo sano para el nuevo animal. Otras correlaciones significativas obtenidas fueron entre el PN y el NPM, la refractometría también se correlacionó positivamente con la calidad del calostro, de la misma manera, la presencia de enfermedades infecciosas se correlacionó de manera negativa con todas las variables analizadas, sin embargo, esta correlación solamente fue significativa entre la presencia de EI y PN, de la misma manera entre la presencia de EI y PD. Los análisis de correlación observados se concentran en el Cuadro 2. Estas correlaciones fueron consistentes con lo reportado por varios grupos de investigación, donde destacan Atashi et al., (2021), Da Silva et al., (2020), Hurst et al., (2021), Lago et al., (2018), Rahbar et al., (2016), entre otros.

Cuadro 5. Matriz de correlación entre las variables peso al nacimiento (PN; kg), número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo, 2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD. Kg) en becerras Holstein de la Comarca Lagunera.

	PN (kg)	NPM (no.)	CC (1-3)	R (°Bx)	EI (0-7)	PD (kg)
PN (kg)	1.000					
NPM (no.)	0.091 (0.007)	1.000				
CC (1-3)	0.010 (0.775)	- 0.011 (0.750)	1.000			
R (°Bx)	0.083 (0.013)	0.039 (0.248)	0.081 (0.015)	1.000		
EI (0-7)	- 0.069 (0.041)	- 0.005 (0.882)	- 0.008 (0.807)	- 0.032 (0.338)	1.000	
PD (kg)	0.099 (0.003)	0.045 (0.184)	0.002 (0.964)	- 0.006 (0.856)	- 0.034 (0.031)	1.000

*Indica correlación significativa ($p < 0.05$)

3.4 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran correlaciones positivas entre el PN y el PD en las crías hembras Holstein en ambientes cálidos. En el mismo sentido, nuestro estudio confirmó la importancia de proporcionar una adecuada calidad de calostro sobre otras variables productivas y de salud, lo cual evidencia la interconexión de una alta concentración de inmunoglobulinas con un mayor PD, posiblemente relacionado

con mayores aumentos de peso diario antes del destete. Además, fue evidente una interacción negativa entre la presencia de enfermedades infecciosas con cada una de las variables analizadas. Por ello, un bajo contenido de inmunoglobulinas en el calostro debe de conspirar contra un óptimo estado de salud;. En efecto, las becerras alimentadas con una calidad de calostro alta y una refractometría alta evidenciaron menores incidencias de diarreas y neumonías. Finalmente, al conocer el estado inmunológico de las crías del nacimiento y en la etapa predestete, es esencial para establecer medidas de medicina preventiva, mismas que incrementen la eficiencia en la etapa predestete. Lo anterior abona a una mayor ganancia de peso y disminuye los problemas de salud, mejorando en paralelo el bienestar animal y reduciendo costos de tratamientos curativos. Dicho escenario deberá traducirse en una mayor factibilidad y retorno económico en las empresas lecheras.

3.5 LITERATURA CONSULTADA

- Atashi, H., Asaadi, A., & Hostens, M. (2021). Association between age at first calving and lactation performance, lactation curve, calving interval, calf birth weight, and dystocia in Holstein dairy cows. *PLoS One*, 16(1), e0244825. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244825>.
- Arroyo-Arroyo, J. J., & Elizondo-Salazar, J. A. (2014). Prevalencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 279-285. <https://doi.org/10.15517/AM.V25I2.15430>.
- Costa, A., Franzoi, M., Visentin, G., Goi, A., De Marchi, M., & Penasa, M. (2021a). The concentrations of immunoglobulins in bovine colostrum determined by the gold standard method are genetically correlated with their near-infrared prediction. *Genetics Selection Evolution*, 53(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12711-021-00681-8>.
- Costa, A., Goi, A., Penasa, M., Nardino, G., Posenato, L., & De Marchi, M. (2021b). Variation of immunoglobulins G, A, and M and bovine serum albumin concentration in Holstein cow colostrum. *Animal*, 15(7), 100299. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100299>.
- Da Silva, A. P., De Toledo, A. F., Cezar, A. M., Coelho, M. G., Júnior, G. F. V., Poczynek, M., Silva, M. D., Haines, D. M., Campos, M., & Machado Bittar, C. M. (2020). Passive transfer and neonatal health in dairy calves

- receiving maternal colostrum and/or a colostrum replacer. *Livestock Science*, 240, 104158. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104158>.
- Frieten, D., Gerbert, C., Koch, C., Dusel, G., Eder, K., Kanitz, E., Weitzel, J. M., & Hammon, H. M. (2017). Ad libitum milk replacer feeding, but not butyrate supplementation, affects growth performance as well as metabolic and endocrine traits in Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 100(8), 6648-6661. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12722>.
- Hammon, H. M., Liermann, W., Frieten, D., & Koch, C. (2020). Importance of colostrum supply and milk feeding intensity on gastrointestinal and systemic development in calves. *Animal*, 14, s133-s143. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003148>.
- Hurst, T. S., Lopez-Villalobos, N., & Boerman, J. P. (2021). Predictive equations for early-life indicators of future body weight in Holstein dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 736-749. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18560>.
- Lago, A., Socha, M., Geiger, A., Cook, D., Silva-del-Río, N., Blanc, C., Quesnell, R., & Leonardi, C. (2018). Efficacy of colostrum replacer versus maternal colostrum on immunological status, health, and growth of preweaned dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1344-1354. <https://doi.org/10.3168/jds>.
- Langel, S. N., Wark, W. A., Garst, S. N., James, R. E., McGilliard, M. L., Petersson-Wolfe, C. S., & Kanevsky-Mullarky, I. (2015). Effect of feeding whole compared with cell-free colostrum on calf immune status: The neonatal period. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 3729-3740. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8422>.
- Lopez, A. J., Jones, C. M., Geiger, A. J., & Heinrichs, A. J. (2020). Variation in serum immunoglobulin G concentrations from birth to 112 days of age in Holstein calves fed a commercial colostrum replacer or maternal colostrum. *Journal of Dairy Science*, 103(8), 7535-7539. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18400>.
- Malmuthuge, N. & Luo-Guan, L. (2017). Understanding the gut microbiome of dairy calves: Opportunities to improve early-life gut health. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5996-6005. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12239>.
- Mellado, M., Torres, E., Veliz, F. G., de Santiago, A., Macias-Cruz, U., & Garcia, J. E. (2017). Effect of quality of colostrum on health, growth and immunoglobulin G concentration in Holstein calves in a hot environment. *Animal Science Journal*, 88(9), 1327-1336. <https://doi.org/10.1111/asj.12773>.
- Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C. A., Herrera-Machuca, M. A., Macias-Cruz U., & Veliz-Deras, F. G. (2020). Not all ruminants were created

- equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120237>.
- Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C. A., Herrera-Machuca, M. A., Lopez-Villalobos, N., Lopez-Santos, A., & Veliz-Deras, F. G. (2019a). To beef or not to beef: Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid region. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1027-1035. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.267>.
- Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C. A., Ramirez-Flores, J. J., Herrera-Machuca, M. A., Lopez-Villalobos, N., Lopez-Santiago, M. A., & Veliz-Deras, F. G. (2019b). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *Animal*, 13(10), 2379-2387. <https://doi.org/10.1017/S175173111900048X>.
- Nissen, A., Andersen, P. H., Bendixen, E., Ingvarsen, K. L., & Røntved, C. M. (2017). Colostrum and milk protein rankings and ratios of importance to neonatal calf health using a proteomics approach. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2711-2728. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11722>.
- Rahbar, R., Abdollahpour, R., & Sadeghi-Sefidmazgi, A. (2020). Effect of calf birth weight on milk production of Holstein dairy cattle in desert climate. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 4(3), 65-70. <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v4n3p65-70>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) - Agrifood and Fishery Information System. (2022, 10 de octubre). Livestock production yearbook. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo.jsp.
- Turini, L., Conte, G., Bonelli, F., Sgorbini, M., Madrigali, A., & Mele, M. (2020). The relationship between colostrum quality, passive transfer of immunity and birth and weaning weight in neonatal calves. *Livestock Science*, 238, 104033.
- Urie, N. J., Lombard, J. E., Shivley, C. B., Kopral, C. A., Adams, A. E., Earleywine, T. J., Olson, J. D., & Garry, F. B. (2018). Prewaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 9229-9244. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14019>.

CAPITULO IV

Interacción entre calidad del calostro, contenido de inmunoglobulinas, época de parto, y la edad de la vaca en el estado de salud y el crecimiento al destete en terneros Holstein-Friesian en ambientes áridos semisecos

ABSTRACT

The possible effect of colostrum quality (CQ, 1=low, 2=medium, 3=high), immunoglobulin content (IGC, refractometry, °Bx), birth weight (BW, kg), birth season (BS; 1=spring, 2=summer, 3=autumn, 4= winter), and the maternal age (MA, yr.) upon the state of health, considering the presence of infectious diseases (ID, mainly diarrhea & pneumonia), and growth to weaning (WW, kg) was evaluated. The study was developed in a highly technified dairy farm in the arid-northern Mexico (25.5° N, 103.5° W) and considered information collected from Holstein-Friesian cattle (n=1,124, calves). While CQ did not differ ($p > 0.05$) from BS and MA, CQ did not affect the presence of ID ($p > 0.05$), although higher IGC reduced ($p < 0.05$) the presence of ID, and extreme BW generated higher ID ($p < 0.05$). The largest ($p < 0.05$) BW occurred in Autumn and Winter; while MA affected the expression of BW, CQ, and IGC; besides, MA and BW affected ($p < 0.05$) WW. Weaning survival was affected by BW, MA, and IGC. To conclude, the variables mother's age, birth weight, and immunoglobulin concentration improved growth and pre-weaning survival in Holstein calves in highly technical schemes under arid environments. The last could enhance the productive efficiency of the bovine industry in the face of the challenge of food security and climate change.

Key words: Holstein, colostrum, birth weight, weaning weight, immunoglobulin content.

RESUMEN

El posible efecto de la calidad del calostro (CC, 1=baja, 2=media, 3=alta), contenido de inmunoglobulinas (IGC, refractometría, °Bx), peso al nacer (PN, kg), estación de nacimiento (EN; 1=primavera, 2=verano, 3=otoño, 4=invierno), y la edad de la madre (EM, años) sobre el estado de salud, considerando la presencia de enfermedades infecciosas (EI, principalmente diarrea y neumonía), y el peso al destete (PD, kg) fue evaluado. El estudio se desarrolló en una finca lechera altamente tecnificada en el árido norte de México (25.5° N, 103.5° O) y consideró información recolectada de ganado Holstein-Friesian (n=1,124, terneros). Mientras que CC no difirió ($p > 0.05$) de EN y EM, CC no afectó la presencia de EI ($p > 0.05$), aunque mayor IGC redujo ($p < 0.05$) la presencia de EI, y PN extremo generó mayor DI ($p < 0.05$). El PN más grande ($p < 0.05$) ocurrió en otoño e invierno; mientras que EM afectó la expresión de PN, CC e IGC; además, EM y PN afectaron ($p < 0.05$) PD. La supervivencia al

destete se vio afectada por PN, EM e IGC. En conclusión, las variables edad de la madre, peso al nacer y concentración de inmunoglobulinas mejoraron el crecimiento y la supervivencia predestete en terneros Holstein en esquemas altamente tecnificados en ambientes áridos. Esto último podría potenciar la eficiencia productiva de la industria bovina frente al desafío de la seguridad alimentaria y el cambio climático.

Palabras clave: Holstein, calostro, peso al nacer, peso al destete, contenido de inmunoglobulinas.

4.1 INTRODUCCIÓN

Gutiérrez Gutiérrez (2020) establece que los terneros deben consumir el 10% de su peso vivo en calostro dentro de las 24 horas de vida y al menos la mitad de esa cantidad después de las 6 horas de vida, también establece que las vacas deben recibir 2 litros de calostro de alta calidad. Calostro en las primeras 2 horas después del nacimiento (50-150 mg/ml Ig), e Indra y colaboradores (2012) indican que las becerras deben consumir 6 litros de calostro dentro de las 2 horas posteriores al nacimiento. Dura 24 horas con 3-4 tomas.

Barahona (2018) señaló que la filtración de inmunoglobulinas se realiza mediante moléculas que se translocan a través del epitelio intestinal mediante un transporte transitorio no selectivo, por lo que es importante proporcionar calostro a los terneros dentro de la primera hora de vida. La inmunoglobulina ingresa al torrente sanguíneo y ejerce una función protectora. Las inmunoglobulinas no se digieren ni se inactivan en el estómago y se absorben directamente en el intestino. Esto se debe a que las células del abomaso no secretan ácido clorhídrico durante las 24 horas posteriores al nacimiento y el pH del abomaso es de 5 o superior. Esto evita que el pepsinógeno se convierta en pepsina, lo que evita que la proteína sea atacada. La renina, por otro lado, ataca y condensa solo la caseína, precipitando el calcio para formar cuajo, lo que permite el paso gradual del calostro del estómago al intestino. El calostro también contiene un inhibidor de tripsina que impide la digestión de las inmunoglobulinas, lo que permite que pase más rápido que la leche entera. Dado que los anticuerpos no se digieren, los organismos patógenos tampoco se

digieren, lo que puede comprometer la salud de los terneros y la protección es esencial (Chigerwe et al., 2008).

Varios autores, entre ellos Arboleda (2020), Barahona (2018) y Lozic (2013), coinciden en que el método más efectivo para administrar el calostro es el artificial. Esto no solo permite considerar la ingesta de calostro de alta calidad, sino que también reduce el riesgo de transmisión de enfermedades de la madre al ternero. De hecho, se ha demostrado que la administración directa de calostro natural de las vacas provoca más fallas en la transferencia de inmunidad pasiva (Puppel et al., 2019). Por ello, se recomienda el uso de la alimentación natural como la forma más eficaz de asegurar una adecuada ingesta de calostro.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

4.2.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se desarrolló en un establo lechero altamente tecnificado, el cual cuenta con aproximadamente 7,500 cabezas de ganado, ubicado en la Comarca Lagunera (CL) en el norte de México. La CL (102° 22', 104° 47' LO; 24° 22', 26° 23' LN, a 1,139 m.s.n.m.) se ubica en un ecotipo semiárido, con una temperatura promedio de 22° C, presentando mínimas de 0° C (invierno) y máximas de 40° C (verano). La temporada de lluvias se extiende de junio a octubre, la precipitación media anual es de 225 mm. La humedad relativa fluctúa de 26.1% a 60.6% y el fotoperíodo varía de 13 h, 41 min (solsticio de verano, junio) a 10 h, 19 min (solsticio de invierno, diciembre). La CL es un agroecosistema interesante, ya que posee un componente agrícola con grandes espacios destinados a la producción de forrajes (i.e., alfalfa, sorgo forrajero, maíz forrajero) (Navarrete-Molina et al., 2020).

4.2.2 Metodología

La población de estudio consistió en 1,124 crías hembra (terneras) Holstein-Friesian. Las variables consideradas fueron peso al nacimiento (PN; kg),

número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo, 2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD, kg). Los protocolos utilizados para atender y tratar a las terneras de este estudio fueron los aprobados y recomendados por las autoridades mexicanas en sanidad animal. Las terneras fueron separadas de sus madres aproximadamente 20 minutos después del nacimiento antes de que ocurriera cualquier contacto con la ubre. Los ombligos fueron rociados con yodo diluido (7%) y las terneras se alojaron en corrales individuales de madera (becerrera) de 2.0 m x 1.5 m con techo metálico, sin cama adicional. Las terneras fueron alimentadas con 2.5 L de calostro usando un biberón con tetina dentro de los primeros 90 min después del nacimiento, y nuevamente con 2 L, 12 h después. Por lo tanto, la ingesta de calostro fue de 4.5 L para todas las crías dentro de las 24 h posteriores al parto.

Posteriormente se realizó la toma de muestras de sangre de las terneras del estudio (5 mL en tubos Vacutainer que contenían un activador de coágulos) a las 48 h, mediante venopunción de la yugular. Las muestras de sangre se refrigeraron durante 24 h antes de separar el suero por centrifugación (3500 rpm x 15 min). Una gota de suero obtenida 48 h después del parto se colocó en un refractómetro digital para lácteos (MISCO Digital-Dairy™, Solon, OH, EE. UU.) y cuantificar la calidad de calostro ingerido por las terneras. Posteriormente, del día 2 al 30, las terneras fueron alimentadas con 2 L de sustituto de leche que contenía 20% de proteína, 20% de grasa y 270 g t⁻¹ de sulfato de neomicina, dos veces al día. A partir del día 31 y hasta el destete, las terneras recibieron 4 L de sustituto lácteo por la mañana y 4 L por la tarde. Se ofreció concentrado de iniciación para crías bovinas (22% de proteína cruda) y agua de libre acceso a partir del día 4 después del parto y hasta el destete, aproximadamente a los 80 días de edad.

4.2.3 Analisis estadístico

Los análisis estadísticos de los datos consideraron la cuantificación de estadísticas descriptivas (proc UNIVARIATE de SAS; SAS Institute Inc., Cary, NC, EE. UU.) para las variables de respuesta: peso al nacimiento (PN; kg), número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo, 2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD, kg).

4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Martin y colaboradores (2021) indican que durante las épocas de primavera-verano tanto las becerras como las madres sufren de estrés calórico, generando una disminución en su alimentación, en el presente estudio no se observó efecto de estación del año sobre el PN (Cuadro 6; $p>0.05$). Por otro lado, Uyama y colaboradores (2022) mencionaban que la CC tiene a aumentar en invierno-primavera ya que las madres están dentro de su zona de confort debido a bajas temperaturas. Mientras que el peso al destete en aumento en épocas de otoño-invierno y por ende la sobrevivencia tiene a subir en la misma época, mencionando Biemann y otros (2010) que en los periodos más susceptibles a enfermarse son verano e invierno.

Cuadro 6. Medias de mínimos cuadrados $\pm$ error estándar para peso al nacimiento (PN; kg), calidad del calostro (CC; unidades), enfermedades infecciosas (EI; unidades), peso al destete (PD, kg) y sobrevivencia al destete (S; porcentaje) referente a la época de nacimiento de becerras Holstein de la Comarca Lagunera.

Variables	Época de Nacimiento

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
PN	38.5 ^{ab} ± 0.11	38.6 ^{ab} ± 0.12	38.4 ^{ab} ± 0.12	38.8 ^a ± 0.13
CC	2.1 ^a ± 0.06	2.1 ^a ± 0.07	2.1 ^a ± 0.07	2.1 ^a ± 0.07
EI	0.4 ^a ± 0.04	0.3 ^a ± 0.04	0.3 ^a ± 0.04	0.3 ^a ± 0.05
PD	85.1 ^a ± 0.78	84.4 ^a ± 0.75	85.1 ^a ± 0.86	85.1 ^a ± 0.85
S	0.9 ^a ± 0.83	0.1 ^a ± 0.88	0.9 ^a ± 0.85	0.9 ^a ± 0.78

a,b,c = Diferentes literales en la misma fila indican diferencias (P<0.0001).

En el Cuadro 7 se identifica que existe diferencia significativa para la variable PN en el sexto (ultimo) año de parición de la vaca, mientras que para la variable CC y EI no se tiene diferencia significativa sin embargo, los datos más altos de la media se muestran en el tercer y sexto año de parición, con relación a la variable PD y S se muestran datos con diferencia significativa en el sexto año de parición solo que para esta última su resultados de la media son más altos en el quinto año de parto.

Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados $\pm$ error estándar para peso al nacimiento (PN; kg), calidad del calostro (CC; unidades) enfermedades infecciosas (EI; unidades), peso al destete (PD, kg) y sobrevivencia (S) referente al número de parto de la madre de becerras Holstein en la Comarca Lagunera.

Variables	Número de parto de la madre					
	1	2	3	4	5	6
PN	39.0^b$\pm$0.1	38.2 ^c $\pm$ 0.1	38.5 ^{bc} $\pm$ 0.1	38.9 ^b $\pm$ 0.1	38.2 ^c $\pm$ 0.2	39.6^a$\pm$0.3
CC	2.1 ^a $\pm$ 0.07	2.1 ^a $\pm$ 0.05	2.2^a$\pm$0.05	2.1 ^a $\pm$ 0.06	2.12 ^a $\pm$ 0.13	1.94 ^a $\pm$ 0.18
EI	0.4 ^a $\pm$ 0.05	0.3 ^a $\pm$ 0.04	0.36 ^a $\pm$ 0.04	0.3 ^a $\pm$ 0.04	0.43^a$\pm$0.08	0.44^a$\pm$0.10
PD	84.8 ^b $\pm$ 0.7	84.4 ^{ab} $\pm$ 0.6	85.1 ^{ab} $\pm$ 0.6	85.0 ^{ab} $\pm$ 0.6	85.1 ^{ab} $\pm$ 1.13	86.9^a$\pm$1.60
S	0.8 ^a $\pm$ 0.03	0.8 ^a $\pm$ 0.03	0.9 ^a $\pm$ 0.03	0.9^a$\pm$0.03	0.9^a$\pm$0.05	0.7 ^b $\pm$ 0.06

a,b,c = Diferentes literales en la misma fila indican diferencias ($P < 0.001$).

El peso al nacimiento es una característica productiva de gran importancia económica en relación con la producción de leche, ya que esta influye en el mejoramiento de la productividad y sobre todo en la ganancia de peso al destete que tenga, por lo que los mejores pesos se van a obtener en la primer y

último ciclo de partos (Madrigal et al., 2019); nuestros datos coinciden con los obtenidos en dicha investigación. El grupo genético y la paridad de la vaca no influyen en la calidad del calostro y en la transferencia de la inmunidad pasiva a la ternera, así mismo el proceso de congelación no interfiere con la calidad inmune y centesimal del calostro, excepto por la grasa que disminuye a través del tiempo (Chester-Jones et al., 2017), un dato muy importante que menciona Magaña y colaboradores (2002) es de que la causa más común de bajos pesos al destete en los terneros es la falta de habilidad materna.

4.4 CONCLUSIÓN

Se observó una tendencia de mayores pesos al nacimiento de las becerras en invierno o bien otoño-invierno; la calidad del calostro mostró una tendencia similar. Respecto a la prevalencia de enfermedades infecciosas, las becerras se enfermaron menos en primavera ya que en dicha estación las vacas aún están en su zona de confort. Al respecto, la raza Holstein es originaria de climas fríos por lo tanto las becerras consumen más alimento, observando una mayor ganancia de peso, favoreciendo así tanto su peso como su sobrevivencia al destete. Con respecto al número de parto de la madre, esta variable afectó la mayoría de las variables evaluadas, sin embargo, no existieron diferencias respecto a la calidad del calostro y la incidencia de enfermedades, al sexto año de parición.

4.5 LITERATURA CITADA

- Arboleda Correa, M. P. (2020). *Comparación de algunos parámetros productivos y reproductivos de vacas Holstein y sus cruces con Jersey y Gyr en un hato lechero en trópico alto colombiano* [Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista].
- Barahona, C. G. A. (2018). *Plan de negocio para la producción y comercialización de alimento a base de calostro bovino en quito* [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas]. Repositorio Digital Universidad De Las Américas, <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10155>.

- 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 quality in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 93(3), 3713-3721.
- Chester-Jones, H., Heins, B. J., Ziegler, D., Schimek, D., Schuling, S., Ziegler, B., de Ondarza, M. B., Sniffen, C. J., & Broadwater, N. (2017). Relationships between early-life growth, intake, and birth season with first-lactation performance of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 3697–3704. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12229>
- Chigerwe, M., Tyler, J. W., Middleton, J. R., Spain, J. N., Dill, J. S., & Steevens, B. J. (2008). Comparison of four methods to assess colostral IgG concentration in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 233(5), 761-766.
- Gutiérrez Gutiérrez, M. Á. (2022). *Efecto de factores ambientales y genéticos sobre el peso al nacimiento de terneros de raza Nelore y sus cruces en el litoral centro norte ecuatoriano* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio institucional. https://www.researchgate.net/profile/Miguel-Gutierrez-32/publication/369299722_Efecto_de_factores_ambientales_y_geneticos_sobre_el_peso_al_nacimiento_de_terneros_de_raza_Nelore_y_sus_cruces_en_el_litoral_centro_norte_ecuatoriano/links/64138e6792cfd54f840674b4/Efecto-de-factores-ambientales-y-geneticos-sobre-el-peso-al-nacimiento-de-terneros-de-raza-Nelore-y-sus-cruces-en-el-litoral-centro-norte-ecuatoriano.pdf
- Indra, E., Daina, K., & Jelena, Z. (2012). Analysis of factors influencing immunoglobulin concentration in colostrum of dairy cows. *Lucrari Stiintifice Journal*, 57, 256-259.
- Kargar, S., Roshan, M., Ghoreishi, S. M., Akhlaghi, A., Kanani, M., Abedi Shams-Abadi, A. R., & Ghaffari, M. H. (2020). Extended colostrum feeding for 2 weeks improves growth performance and reduces the susceptibility to diarrhea and pneumonia in neonatal Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 8130–8142. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18355>
- Lozic, S. A. (2013). *Calibración de refractómetro Brix para la determinación del contenido de Inmunoglobulina G en el calostro bovino*. [Tesis de título de Ingeniero Agrónomo. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile]. Facultad de Ciencias Agrarias. 37p.
- Madrigal, V. M., Camacho S. J., & Salas D. C. (2019). Effect of crossbreeding on growth characteristics in zebu cattle of Chorotega region. *Agronomy Mesoamerican*, 195- 207.
- Magaña, J. G., Delgado, R., & Segura, J. (2002). Factores ambientales y genéticos que influyen en el intervalo entre partos y el peso al nacer del ganado Cebú en el sureste de México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 317-322.

- Martin, C. C., de Oliveira, S., Costa, J., Baccili, C. C., Silva, B. T., Hurley, D. J., & Gomes, V. (2021). Influence of feeding fresh colostrum from the dam or frozen colostrum from a pool on indicator gut microbes and the inflammatory response in neonatal calves. *Research in Veterinary Science*, 135, 355–365. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.10.017>
- Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C. A., Herrera-Machuca, M. A., Macias-Cruz U., & Veliz-Deras, F. G. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120237>.
- Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Ślósarz, J., Kunowska-Slósarz, 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>
- Uyama, T., Kelton, D. F., Winder, C. B., Dunn, J., Goetz, H. M., LeBlanc, S. J., McClure, J. T., & Renaud, D. L. (2022). Colostrum management practices that improve the transfer of passive immunity in neonatal dairy calves: A scoping review. *PloS One*, 17(6), e0269824. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269824>