



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM AMECAMECA

LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**“CALIDAD, RELEVANCIA E INMUNIDAD PROPORCIONADA POR
EL CALOSTRO EN CAPRINOS”**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

ANDREA ALEXANDRA VAGLIENTY CORREA

DIRECTOR.

DR. PEDRO ABEL HERNÁNDEZ GARCÍA

CODIRECTOR

DR. ENRIQUE ESPINOSA AYALA

REVISORES

DR. PABLO BENJAMIN RAZO ORTIZ

DRA. MARIA DEL ROSARIO JIMENEZ BADILLO

AMECAMECA, ESTADO DE MÉXICO A NOVIEMBRE DE 2024.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------------|
| AGRADECIMIENTOS | VII |
| DEDICATORIA | VIII |
| RESUMEN | IX |
| ABSTRACT | X |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 4 |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 5 |
| 4. METODOLOGÍA | 6 |
| 5. RESULTADOS | 7 |
| 5.1 Caprinocultura en México | 7 |
| 5.1.1 La caprinocultura en el Estado de Querétaro | 8 |
| 5.2 Sistemas de producción | 8 |
| 5.2.1 Sistema Extensivo | 8 |
| 5.2.2 Sistema Intensivo | 9 |
| 5.2.3 Sistema Semi-Intensivo | 10 |
| 5.2.4 Sistema de Traspatio | 10 |
| 5.3 Razas Caprinas | 10 |
| 5.3.1 Saanen | 11 |
| 5.3.2 Alpina Francesa | 11 |
| 5.3.3 Toggenburg | 12 |
| 5.4 Manejo Reproductivo | 12 |

| | |
|--|-----------|
| 5.4.1 Fotoperiodo | 13 |
| 5.5Ciclo Estral | 13 |
| 5.5.1 Hormonas del Ciclo Estral..... | 14 |
| 5.5.2 Etapas del Ciclo estral | 16 |
| 5.5.2.1 Proestro | 16 |
| 5.5.2.2 Estro..... | 17 |
| 5.5.2.3 Metaestro | 17 |
| 5.5.2.4 Diestro | 17 |
| 5.6Protocolos de reproducción | 18 |
| 5.6.2 Fertilización | 19 |
| 5.7Gestación | 19 |
| 5.7.1 Desarrollo embrionario..... | 20 |
| 5.7.2 Reconocimiento materno | 20 |
| 5.7.3 Implantación..... | 21 |
| 5.8Placenta | 21 |
| 5.8.1 Morfología placentaria..... | 23 |
| 5.8.2 Histología Placentaria..... | 23 |
| 5.8.3 Función de intercambio..... | 26 |
| 5.8.4 Función endócrina | 27 |

| | |
|---|-----------|
| 5.9 Sistema inmunológico..... | 28 |
| 5.9.1 Inmunidad Pasiva..... | 30 |
| 5.9.2 Falla en la transferencia de inmunidad pasiva | 31 |
| 5.10 Inmunoglobulinas | 32 |
| 5.10.1 Inmunoglobulina G | 34 |
| 5.11 Calostro | 36 |
| 5.11.1 Calostrogenesis..... | 37 |
| 5.11.2 Digestión de calostro | 39 |
| 5.11.3 Absorción de calostro | 39 |
| 5.11.4 Factores que influyen en la calidad y cantidad de calostro..... | 40 |
| 5.11.5 Higienización del calostro..... | 42 |
| 5.11.6 Pasteurización de calostro | 42 |
| 5.12 Lactancia natural y lactancia artificial..... | 43 |
| 5.13 Condición corporal de la madre | 45 |
| 5.14 Ganancia de peso en cabritos | 45 |
| 5.15 Herramientas para evaluar la calidad del calostro..... | 46 |
| 5.15.1 Ensayo de inmunodifusión radial (RID) | 47 |
| 5.15.2 Ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA) | 47 |
| 5.15.3 Calostrómetro | 48 |

| | | |
|--------|---|----|
| 5.15.4 | Refractómetro grados Brix | 48 |
| 5.16 | Opinión sobre los resultados..... | 49 |
| 6 | Estudio de Caso | 51 |
| 6.1 | Localización | 51 |
| 6.2 | Especie Caprina | 51 |
| 6.3 | Sistema de Producción y alimentación | 51 |
| 6.4 | Plan de Medicina Preventiva..... | 52 |
| 6.5 | Manejo reproductivo del rebaño..... | 52 |
| 6.6 | Grupo de Estudio | 54 |
| 6.7 | Toma de muestras | 54 |
| 6.8 | Registro de Crías y administración de calostro..... | 55 |
| 6.9 | Análisis de muestras | 55 |
| 6.10 | Pasteurización del Calostro | 57 |
| 7 | Evidencias | 59 |
| 8. | CONSIDERACIONES CASO DE ESTUDIO..... | 64 |
| 9. | CONCLUSIONES | 65 |
| 9 | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 66 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|-----------|
| Cuadro 1. Hormonas involucradas en el ciclo estral..... | 15 |
| Cuadro 2. Placentas según su clasificación morfológica y características | 24 |
| Cuadro 3. Tipo de placenta de acuerdo con sus características histológicas | 26 |
| Cuadro 4. Isotipos de Inmunoglobulinas | 34 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|------------|
| Figura 1. Manejo alimenticio en caprinos | 53 |
| Figura 2. Manejo reproductivo en caprinos | 53 |
| Figura 3. Manejo post parto en cabritos..... | 54 |
| Figura 4. Evaluacion de calostro caprino..... | 537 |
| Figura 5. Manejo de calostro caprino | 53 |
| Figura 6. Promedio de grados brix que presentaron en calostro tomado con refractometro Brix y porcentaje de cabras dentro del estudio de caso, clasificadas de acuerdo al tipo de calidad en calostro..... | 59 |
| Figura 7. Calidad de grados brix presente en calostro caprino con relación al porcentaje de cabras dentro de los grupos de Condición Corporal en el grupo de estudio..... | 60 |
| Figura 8. Calidad y promedios de grados brix presente en calostro caprino con relación a la edad de la madre. | 61 |
| Figura 9. Promedios de grados brix en calostro consumido, peso al nacimiento y peso al destete en cabritos de acuerdo al tipo de lactancia; artificial o natural. | 62 |
| Figura 10. Calidad y promedios de grados brix presente en calostro caprino con relación al tipo de parto. | 63 |

RESUMEN

La calidad del calostro de cabra está estrechamente relacionada con la concentración de inmunoglobulinas, que proporcionan inmunidad pasiva a las crías hasta que su sistema inmunológico esté completamente desarrollado. Una calidad adecuada del calostro es crucial para la salud y supervivencia de los cabritos, influyendo directamente en la producción de ganado caprino. Varios factores, como la edad, condición corporal, estado nutricional, número de parto y peso de la cría afectan la concentración de inmunoglobulinas en el calostro. Prestar atención a estos factores es fundamental para mejorar la calidad del calostro, lo que a su vez contribuye al bienestar de las crías y a la eficiencia de la producción caprina. Para medir la cantidad de inmunoglobulinas en el calostro, se utilizan herramientas como la refractometría Brix, que determina la cantidad de sólidos totales en un líquido y tiene una relación aproximada con la concentración de inmunoglobulinas, aunque esta relación puede variar. Este documento revisa la literatura sobre el calostro caprino, sus características y los factores que determinan su calidad, se analiza la relación entre la calidad del calostro y la inmunidad de las crías, así como la influencia de diversos parámetros productivos en torno a la calidad. Además, se presenta un estudio de caso en el que se gestionó la calidad del calostro mediante mediciones con refractometría Brix en un grupo de 26 cabras lecheras, se analizó el rango de calidad del calostro en el grupo y la relación de ciertas variables productivas de la madre con la calidad del calostro.

Palabras clave: calostro, inmunogloulinas, cabras, inmunidad pasiva.

ABSTRACT

The quality of goat colostrum is closely related to the concentration of immunoglobulins, which provide passive immunity to the goat kids until their immune system is fully developed. Adequate colostrum quality is crucial for the health and survival of kids, directly influencing goat production. Several factors, such as age, body condition, nutritional status, parity, and calf weight, affect the concentration of immunoglobulins in colostrum. Paying attention to these factors is essential to improve the quality of colostrum, which in turn contributes to the well-being of the goat kids and the efficiency of goat production. To measure the amount of immunoglobulins in colostrum, tools such as Brix refractometry are used, which determines the amount of total solids in a liquid and has an approximate relationship with the concentration of immunoglobulins, although this relationship can vary. This work reviews the literature on goat colostrum, its characteristics and the factors that determine its quality, the relationship between colostrum quality and the immunity of the goat kids is analyzed, as well as the influence of various productive parameters on this quality. In addition, a case study was presented in which colostrum quality was managed through measurements with Brix refractometry in a group of 26 dairy goats, the range of colostrum quality in the group and the relationship of certain productive variables of the group were analyzed. mother with the quality of colostrum.

Keywords: colostrum, immunogloulins, goats, passive immunity.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a sus hábitos alimenticios, la cabra (*Capra hircus*) tiene la capacidad de aprovechar la vegetación propia de áreas áridas, convirtiéndola en la especie ganadera idónea al adaptarse y producir en condiciones desérticas (Alejandre-Ortiz *et al.*, 2016). Obteniendo productos como carne, leche y derivados, los cuales son consumidos y comercializados por la población que reside en estas regiones, así la cabra se convierte en una fuente crucial de alimentos e ingresos para los productores que cuentan con recursos naturales limitados. La población de cabras destaca especialmente en países en desarrollo y México, siendo uno de ellos, ha experimentado un crecimiento en los últimos cinco años del 3.75% en producción de ganado en pie y de un 4.5% en producción de leche de cabra (Rebollar-Rebollar *et al.*, 2012; Morales-Hernández *et al.*, 2018; SIAP, 2023). A nivel mundial, la industria láctea caprina ha experimentado un crecimiento significativo, destacando uno de los factores determinantes en el aumento del consumo de leche de cabra y sus derivados son los beneficios que aporta a la salud humana (Barrera-Perales *et al.*, 2018). Entre estos beneficios, se destaca su menor capacidad alergénica en comparación con la leche de vaca, así como su mayor digestibilidad para el ser humano (Méndez-Zamora *et al.*, 2021).

La cabra al ser un rumiante cuenta con una placenta de tipo cotiledonaria sindesmocorial, por sus características morfológicas e histológicas existe una separación entre los suministros de sangre materna y fetal, lo cual ocasiona una restricción en el paso de inmunoglobulinas (Álvarez-Oxiley, 2022). Debido a esto, las crías nacen agammaglobulinémicas y dependen durante sus primeras horas de vida de la transferencia pasiva de inmunoglobulina G (IgG) vía calostro (Weaver *et al.*, 2000; Angulo-Villavicencio, 2020). El calostro es un fluido materno fundamental que brinda al cabrito nutrientes de alta calidad y protección que la madre no logra traspasar al feto. En todo sistema productivo el consumo de calostro permite disminuir las pérdidas económicas por una mejor resistencia a enfermedades y en consecuencia mejor viabilidad de las crías (Gómez *et al.*, 2018). Sin embargo, no todos los calostros en un mismo rebaño presentan la misma calidad que aseguren una mínima inmunidad de la cría en su primer mes de vida (Silva, 2013; Raboisson *et al.*, 2016; Ulfman *et al.*, 2018). Consiste en un conjunto de secreciones lácteas

y componentes que incluyen inmunoglobulinas, leucocitos maternos de crecimiento, hormonas, citoquinas, factores antimicrobianos, agua y nutrientes (Godden, 2008; Silva & Talmón, 2022), los cuales durante 3-4 semanas previas al parto se almacena en la glándula mamaria (Baumrucker & Bruckmaier, 2014). Dentro de las inmunoglobulinas presentes en el calostro la IgG es la principal clase de inmunoglobulina, pero igual es rico en IgG, IgA e IgM (Lima, 2008; Aguaiza-Aguaiza, 2017).

Las inmunoglobulinas, también conocidas como anticuerpos, proporcionan inmunidad pasiva a las crías; durante las primeras horas de vida el tracto digestivo de las crías es permeable a las inmunoglobulinas, lo que permite su absorción en el torrente sanguíneo, esto es esencial para la transferencia de inmunidad pasiva desde la madre a las crías (Cooper *et al.*, 2014; Roy *et al.*, 2022). La concentración de inmunoglobulinas en el calostro caprino es un indicador clave de su calidad y tiene un impacto directo en la salud y la inmunidad de las crías, un calostro de baja calidad con una concentración insuficiente de inmunoglobulinas pone a las crías en riesgo de infecciones y enfermedades debido a la falta de inmunidad pasiva (Auad, 2022). La concentración de IgG en el calostro puede variar significativamente entre hembras, los factores que influyen en esta variabilidad incluyen la salud de la madre, nutrición, edad de la cabra al momento del parto entre otros factores (Salas & Castro, 2016; Álvarez-Triana, 2020).

Los productores de cabras deben implementar buenas prácticas de gestión para garantizar la calidad del calostro; esto incluye la recolección de calostro de alta calidad, el suministro adecuado a las crías poco después del parto y el almacenamiento adecuado si es necesario (Matamala, 2014; Silva-Salas, 2021). La gestión adecuada del calostro y la atención a la concentración de IgG son esenciales para garantizar un comienzo saludable en la vida de las crías y una producción exitosa en la industria caprina (Paterna *et al.*, 2013). Un calostro de alta calidad tiene una concentración de IgG mayor a 50 mg/ml (Heinrichs & Jones, 2011; Hernández-Castellano *et al.*, 2019).

La variación de la calidad en el calostro hace necesario que se disponga de métodos sencillos, rápidos y precisos, que faciliten la toma de decisiones a nivel predial al momento del nacimiento de las crías; para evaluar la calidad del calostro se utiliza la concentración

de IgG, existen metodologías para medir la calidad de calostro entre las que se destaca la refractometría Brix, esta escala se encuentra diseñada para medir la cantidad de sacarosa en una solución, pero los valores Brix pueden estar relacionados con la IgG en el calostro (Heinrichs & Jones, 2011). A medida que la concentración de IgG aumenta, también lo hace la cantidad de sólidos totales en el calostro, lo que permite inferir la localización del calostro mediante la escala Brix (Buranakarl *et al.*, 2021).

2. OBJETIVOS

Realizar una revisión bibliográfica para indagar la relación de la calidad y relevancia del calostro caprino con la inmunidad en las crías, como primera línea de defensa, empleando la refractometría por grados Brix, en un estudio de caso de estancia en las instalaciones del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA), adscrito a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calidad del calostro de cabra está directamente vinculada con su concentración de inmunoglobulinas, las cuales son conocidas como anticuerpos, brindan inmunidad pasiva a las crías, protegiéndolas hasta que su propio sistema inmunológico se haya desarrollado completamente. Una alta calidad del calostro es esencial para garantizar la salud y la supervivencia de las crías, lo que tiene un impacto directo en la producción de ganado caprino. Diferentes factores o parámetros productivos de cada animal van a influir en la concentración de inmunoglobulinas del calostro, factores como la edad, condición corporal, estado nutricional número de parto, peso de la cría, etc. La atención a estos factores contribuirá a garantizar la salud y el bienestar de las crías a través de la mejora en la calidad del calostro, así como la sostenibilidad y la eficiencia de la producción caprina. Existen herramientas para poder medir la cantidad de inmunoglobulinas en el calostro, una de estas herramientas puede ser la medición por refractometría Brix. Los grados Brix indican la cantidad de sólidos totales en un líquido, pero se ha comprobado que existe una relación aproximada entre la medición de grados brix y la concentración de inmunoglobulinas presentes en el calostro, aunque esta relación puede variar.

Este trabajo realiza una revisión de la literatura sobre el calostro caprino, sus características y los factores que definen su calidad. Se explora la relación directa entre la calidad del calostro y la inmunidad de las crías, así cómo es que diversos parámetros productivos influyen positiva o negativamente en esta calidad. Además, se desarrollará un estudio de caso en el que se gestionó la calidad del calostro caprino mediante la medición con refractometría Brix. Basándose en los datos obtenidos de un grupo de cabras lecheras, se pretende analizar el rango de calidad del calostro predominante en el grupo. También se busca interpretar la relación entre las variables o parámetros productivos de la madre y la calidad del calostro caprino y determinar cómo la calidad del calostro y el tipo de lactancia afectan el desarrollo de las crías.

4. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una investigación exhaustiva de material bibliográfico, incluyendo artículos técnicos y científicos, capítulos de libros, trabajos de grado, memorias y documentos publicados en plataformas de divulgación reconocidas por su veracidad y calidad, como revistas científicas de renombre. Se recopiló información precisa y extensa para respaldar el desarrollo de este trabajo.

Journal of Veterinary Internal Medicine

International Journal of Morphology

Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias

Journal of Biological Sciences

Animal Biotechnology

Small Ruminant Research

A partir de la recopilación de datos cuantitativos, se creó una base de datos que se organizó y analizó para el estudio de caso. Paralelamente, se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica utilizando documentos, artículos, tesis y trabajos previos, con el objetivo de enriquecer el contenido sobre la calidad, relevancia e inmunidad proporcionada por el calostro en caprinos.

Todos los recursos consultados se citaron adecuadamente en la sección de literatura citada, otorgando los créditos correspondientes. Este trabajo tiene la finalidad informativa para aquellos lectores interesados, ofreciendo un análisis de los datos recopilados acerca de la calidad del calostro caprino.

Finalmente se llevó a cabo una recopilación de datos cuantitativos en un grupo de cabras lecheras dentro del rebaño caprino del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA), adscrito a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con el fin de analizar la calidad del calostro caprino. Esta información se empleó para ser reportado como un estudio de caso

5. RESULTADOS

5.1 Caprinocultura en México

Para el ser humano los animales de producción como los caprinos son de importancia tanto económica como cultural, debido a que pueden producir y reproducirse en zonas áridas y semiáridas en ambientes adversos del mundo, obteniendo productos como carne, leche y queso que son consumidos y comercializados por la población que habita en estas regiones (Meza-Herrera *et al.*, 2022). Las cabras, cuentan con gran adaptabilidad en la recolección de especies nativas de ramoneo y herbáceas, además de tener una gran capacidad de recorrer distancias largas en estos ambientes, lo que les permite llevar a cabo un pastoreo en gran extensión de terreno por día en comparación con otras especies (Armenta-Quintana *et al.*, 2011; Contreras-Villarreal *et al.*, 2022). En México la ganadería ha estado sujeta a una relación de estigmatización, principalmente en el ámbito de las ciencias sociales debido a su asociación con la ganadería extensiva vinculada en su mayoría con el despojo de tierras y el deterioro del medioambiente (Agudelo-López, 2018). Dentro de los sistemas de producción animal que hay en nuestro país el sistema de producción caprina carece de un adecuado desarrollo, esto a causa de diversos factores, entre los que sobre salen un manejo productivo inadecuado, falta de interés que se muestra por parte del gobierno para implementar programas de desarrollo caprino, de investigación y transformación de subproductos, acordes a la realidad productiva del país (Dubeuf *et al.*, 2004; Anzaldo-Montoya, 2020; García-Rodríguez & Zeledón, 2020).

En México la producción caprina cuenta con los sistemas que son principalmente intensivos o semi-intensivos, en los cuales se produce leche y carne, estas producciones se localizan principalmente en zonas áridas y semiáridas del país, como lo son: la Laguna, Centro y El Bajío. Para el año 2022 la leche caprina en México tuvo una producción de 169,204.212 mdl (miles de litros) con un valor de 1,336,869.953 mdp (miles de pesos) siendo los principales estados productores de leche caprina Coahuila, Durango, Guanajuato (SIAP, 2023). La leche de cabra se utiliza para la elaboración de productos lácteos como queso de cabra, yogur y otros derivados. México es uno de los principales productores de queso de cabra en América Latina (Escareño *et al.*, 2012).

5.1.1 La caprinocultura en el Estado de Querétaro

La entidad posee un destacado mercado de leche fluida, alcanzando una producción de 2,948.747 millones de litros anuales en 2023, con un valor de producción de 23,882.345 millones de pesos (SIAP, 2023). La producción caprina se concentra principalmente en dos regiones: del Valle, que abarca los municipios de San Juan del Río, El Marqués, Tequisquiapan y Colón; y la región del Semi desierto Queretano, que incluye Cadereyta de Montes, Peñamiller y Tolimán. En la región del Valle, predomina el sistema intensivo, experimentando un notable crecimiento desde los años 90's debido a la introducción de animales con alto potencial lechero y la instalación de rebaños especializados. Esta producción se destina principalmente a la industria de dulces y quesos (Rodríguez-Licea *et al.*, 2018). Por otro lado, en la región del Semi desierto Queretano, prevalece el sistema semi intensivo, con un crecimiento sostenido del 6% en promedio en los últimos cinco años (SIAP, 2023). Los sistemas de producción a pequeña escala son predominantes y contribuyen a mantener arraigadas a las comunidades, evitando la migración.

La leche de cabra se utiliza principalmente para autoconsumo, mediante la elaboración de quesos frescos y madurados para la venta local y regional; en menor medida, se destina a la elaboración de yogur, dulces y productos de belleza (Silva-Salas, 2021).

5.2 Sistemas de producción

Existen tres tipos de sistema de producción en México, intensivo, semi-intensivo y extensivo. Los sistemas de producción suelen clasificarse conforme al nivel de tecnificación, grado económico, mano de obra, fin zootécnico, extensión de territorio, estabulación o esquemas de pastoreo, sin embargo, estos elementos de clasificación, por si solos, no cubren todos los aspectos de la producción (Gelasakis *et al.*, 2017; Rúa *et al.*, 2017).

5.2.1 Sistema Extensivo

Tradicionalmente el sistema extensivo se fundamenta en el uso de áreas de pastoreo como la principal o única fuente de alimentación. La composición vegetal varía según la región,

en el norte de México se encuentra una vegetación xerófila de arbustos, mezquites y güizaches, mientras que, en el trópico seco, la vegetación consiste en selva baja caducifolia y órganos (González-Medrano, 2012; Barrera-Perales *et al.*, 2018; Mandujano *et al.*, 2019). Generalmente se localiza en regiones áridas y semiáridas en los estados de Coahuila, San Luis Potosí y Zacatecas, en el norte; en el trópico seco en Oaxaca y Guerrero; y en la planicie central en Puebla, Querétaro y México (Silva-Salas, 2021). Las inversiones en maquinaria, mano de obra, capital e infraestructura son limitadas, lo que implica ganancias económicas no tan elevadas. Las zonas de ganadería extensiva suelen ser gestionadas por pequeñas familias productoras de manera tradicional, sin el uso de infraestructuras elaboradas (García-Rodríguez & Zeledón, 2020).

En los sistemas de producción extensivos, el control y manejo de los animales es más difícil en comparación con los sistemas intensivos (Goddard *et al.*, 2006). Esta dificultad afecta el seguimiento del nacimiento y el cuidado adecuado del animal recién nacido. En estos sistemas, la tasa de mortalidad en cabritos oscila entre el 7.5% y el 15% (Temple & Manteca, 2020).

5.2.2 Sistema Intensivo

Como característica principal, el sistema intensivo mantiene al ganado estabulado o en pastoreo inducido con praderas sembradas, buscando altos rendimientos productivos en tiempos reducidos. Requiere mayores inversiones en instalaciones y alimentación concentrada de alto valor proteico y energético, incrementando los costos, pero mejorando los índices productivos de carne y leche (Espinoza-Herrera, 2023). Se desarrolla con enfoque empresarial y demanda conocimientos técnicos especializados, mano de obra capacitada, buena gestión del espacio y recursos alimenticios, así como inversión significativa en terreno, instalaciones, equipos y ganado de alta genética. Las principales zonas de producción lechera intensiva de cabras se encuentran en la Laguna en Durango y el bajío en Guanajuato y Querétaro, con ganado de alta genética apoyado por tecnologías avanzadas (Torres-Vázquez *et al.*, 2010).

5.2.3 Sistema Semi-Intensivo

Los últimos años el sistema de producción ha evolucionado hacia un enfoque semi-intensivo, que combina el pastoreo con suplementos alimenticios en corrales, como raciones equilibradas o forrajes alternativos estacionales como mezquite, nopal, cardón, maguey y residuos agrícolas locales (Ramos-Reyes, 2022). Además de la alimentación, se adoptan prácticas que mejoran la rentabilidad y eficiencia, como el control sanitario, registro de montas, partos y nacimientos, división del rebaño según categorías o intereses productivos, mejoras en las instalaciones, cosecha de pastos nutricionales, rotación de potreros y registro de animales, contribuyendo a la formación de una producción sustentable (Camacho, 2008; Bazan *et al.*, 2009; García-Bonilla *et al.*, 2018).

5.2.4 Sistema de Traspatio

Las producciones familiares de traspatio representan un modelo que favorece la economía de las familias rurales acompañado de tradiciones. Este espacio productivo permite la crianza de animales domésticos, lo que brinda a los integrantes de la familia acceso a una fuente de proteína más económica. El manejo de los traspacios está mayormente a cargo de las mujeres del hogar, ya que son ellas quienes se encargan del suministro y la preparación de alimentos (Valdovinos *et al.*, 2024). Así, los productos obtenidos no solo proveen insumos para el consumo familiar, sino que también pueden generar ingresos económicos a través de la venta de los excedentes, lo que contribuye a las estrategias de vida de la familia. En México la producción de traspatio con el paso del tiempo ha tenido una tendencia a desaparecer debido a la presión ejercida por la mancha urbana, la construcción en zonas rurales e innovación de tecnologías en el sistema agrícola (Guarneros-Zarandona, 2014).

5.3 Razas Caprinas

La introducción de cabras a México inició con razas orientadas principalmente a la producción de carne, como la Blanca Celtibérica, Murciana y Granadina, las cuales dieron

origen a la criolla mexicana (Alejandre-Ortiz *et al.*, 2016; Ramos-Reyes, 2022). En la actualidad, hay diversas razas empleadas para la producción de carne, leche o con propósitos mixtos, siendo la preferida por los mexicanos la primera categoría. Esta preferencia se refleja en platillos populares como cabrito, birria, guisos regionales y hasta barbacoa (Covarrubias-Balderas, 2022).

En el ámbito lechero, en México las razas más destacadas son la Saanen, Alpina,, Toggenburg y Anglonubia, mientras que para la producción de carne se recurre a la Boer, y Criolla (Cruz-Torres *et al.*, 2011; SAGARPA, 2017).

5.3.1 Saanen

La raza Saanen es de origen suizo, con un peso adulto que oscila entre 50 y 60 kg en hembras y entre 78 y 90 kg en machos, siendo una raza de tamaño mediano. Su pelaje es blanco a crema, fino, liso y corto, aunque existen variedades de pelo largo. La piel es rosada, con la posibilidad de que hembras y machos tengan barbas. Presenta frente plana y amplia, líneas faciales cóncavas a rectas, orejas erectas de tamaño mediano orientadas hacia adelante y puede o no tener cuernos (Domínguez *et al.*, 2018). Es una raza prolífica con ubres espaciosas y desarrolladas, y pezones simétricos dirigidos hacia abajo, características propias de un animal lechero. Tiene un período de lactancia de largo produce 600-1000 litros por lactancia, en promedio de 4 a 5 kg de leche por día, con un contenido de grasa del 4%. A pesar de su alta producción, requiere una nutrición elevada para expresar su potencial genético (Rúa-Bustamante, 2016; Schettino-Bermúdez *et al.*, 2018).

5.3.2 Alpina Francesa

La raza Alpina, gracias a su rusticidad, logra adaptarse a sistemas que ofrecen alimentación tanto en estabulación como en pastoreo, incluso en áreas montañosas. Es versátil y puede aclimatarse a diversos climas, manteniendo una salud robusta y una buena producción lechera; este animal posee una fortaleza notable (Espinoza-Herrera, 2023).

Su origen se remonta a los Alpes suizos y franceses, con un peso promedio en hembras de 55 kg y en machos de 75 kg, clasificándose como una raza de talla mediana a grande. El color de su pelaje varía según su origen; si es de origen francés, presenta un tono pardo rojizo con marcas negras en la cabeza y un pelaje que va de mediano a corto. Su frente es amplia y cóncava, con ojos grandes y prominentes. Pueden o no tener cuernos, y su cuello es largo y flexible, lo que la hace considerada como un animal rústico. Su ubre es adecuada para la producción lechera, logrando una producción promedio de 3 litros por día (Rúa-Bustamante, 2016; Cruz-Rodríguez, 2022).

5.3.3 Toggenburg

Las cabras Toggenburg tienden a ser más pequeñas en comparación con las razas Sannen y Alpina, aunque su producción de leche es comparable, esta raza, considerada la más antigua y de origen suizo, tiene un peso promedio adulto de 50 kg en hembras y 60 kg en machos. El desarrollo de esta raza es mejor en condiciones de frío; se caracteriza por su excelente desarrollo y altas producciones de leche, 600-900 kilos de leche por lactancia, con 3-4 litros diarios y con 3,3 % de materia grasa. Su pelaje puede ser corto o largo, con colores que van desde castaño claro a oscuro, presentando líneas claras en ambos lados de la cara (desde los ojos hasta el hocico) y manchas claras por debajo de la cara; su cabeza es ligeramente cóncava, con ojos grandes, orejas erectas y pequeñas (Domínguez *et al*, 2018; Cruz-Rodríguez, 2022; Espinoza-Herrera, 2023).

5.4 Manejo Reproductivo

El manejo reproductivo de cabras lecheras tiene como objetivo primordial optimizar la tasa y el patrón de partos en el rebaño. Esto se realiza con el propósito de sostener el programa de producción de leche de acuerdo con la estrategia definida, suministrar cabras de reemplazo y mantener el progreso genético en la producción del rebaño. Para lograr estos objetivos, se deben gestionar las tasas de ovulaciones y la fertilidad del empadre tanto dentro como fuera de la temporada reproductiva (García-Agüero, 2018). Además, se implementan tecnologías reproductivas para el movimiento de la genética, y se lleva a cabo

un manejo específico de las gestaciones y partos para optimizar la supervivencia de las crías y preservar la integridad de la lactancia subsiguiente. Este enfoque integral busca garantizar un rendimiento reproductivo eficiente y sostenible en el contexto del programa lechero definido (González-Álvarez, 2015; García-Rodríguez & Zeledón, 2020).

En la hembra caprina la pubertad puede aparecer a partir de los 5-6 meses, pero el momento apropiado para la primera cubrición no llega sino hasta los 7-10 meses, cuando han alcanzado al menos las 2/3 partes de su peso vivo adulto cuando el individuo alcanza el desarrollo sexual y comienza la funcionalidad fisiológica y endocrina (Urviola-García & Fernández, 2017).

5.4.1 Fotoperiodo

El fotoperiodo es un factor crucial para la estacionalidad reproductiva en caprinos y se define como la duración del día dentro de un periodo de 24 horas, y tanto el día como la noche experimentan variaciones en su duración, de acuerdo con la latitud de un lugar específico y las distintas estaciones del año. Las variaciones en el fotoperiodo (FTP) son percibidas a través de la traducción de estímulos luminosos captados por los fotoreceptores de la retina, estímulos desencadenan un patrón de producción de melatonina desde la glándula pineal (Otalora-Pardo & Vallejo-Benavidez, 2022). Dado que la melatonina se produce únicamente durante la noche, sus concentraciones son elevadas en la oscuridad y basales durante el día. Por lo tanto, la concentración de melatonina durante un periodo señala la longitud de las horas de luz, proporcionando así al animal información sobre la duración del día y la noche (Galián-Arnaldos, 2022).

5.5 Ciclo Estral

El ciclo estral se refiere a todos los cambios morfológicos, endocrinológicos y fisiológicos tanto en los ovarios como en el tracto genital que conducen a la expresión del estro, ovulación y la preparación del tracto genital para la cópula, la fertilización y la implantación del embrión (García-Agüero, 2018). En caprinos, se reporta una duración promedio de ciclo estral de 20.7 ± 0.7 días, con una alta incidencia de ciclos cortos (<13 días) y largos (>25

días), se clasifican como poliéstricos estacionales, lo que significa que experimentan múltiples períodos de estro durante su temporada reproductiva, que abarca desde febrero-marzo hasta julio. Después, la reproducción se vuelve inactiva durante julio-agosto y enero. Este período inactivo se conoce como la temporada de anestro, ya que gradualmente se suprimen los estros y las ovulaciones en la mayor parte del rebaño (Abecia *et al.*, 2012; Goodman *et al.*, 2018; García-Rodríguez & Zeledón, 2020).

El ciclo estral comprende períodos repetitivos a lo largo de la vida de la hembra, siendo interrumpidos por diversos motivos fisiológicos como gestación, lactación o cambios en el fotoperíodo. También pueden experimentar interrupciones debido a periodos de nutrición inadecuada o condiciones ambientales estresantes. Además, factores patológicos como infecciones uterinas, cuerpos lúteos persistentes, fetos momificados, entre otros, pueden también interrumpir el ciclo estral (Mogedas-Moreno, 2016; Mansilla, 2018; Molina *et al.*, 2023).

El ciclo estral se divide en dos grandes fases, dependiendo de la estructura presente en cada etapa: la fase folicular y la fase lútea. La fase folicular comienza con la regresión del cuerpo lúteo y concluye con la ovulación; durante esta etapa, se produce el desarrollo folicular, y el estradiol, generado en las células de la granulosa del folículo dominante, es el esteroide predominante (Carrillo-Lang, 2020). La fase lútea se refiere a la formación del cuerpo lúteo y alcanza su máxima funcionalidad, en esta etapa, la hormona primordial es la progesterona, que, en caso de ocurrir la ovulación, favorecerá la implantación y la formación de la leche uterina (histotrofo). Esta leche está compuesta por glicoproteínas que contribuirán a la nutrición del embrión, además, la progesterona establece una retroalimentación negativa con el hipotálamo, evitando la síntesis de GnRH, y con la hipófisis, bloqueando la síntesis de receptores para GnRH (Serrano-Rodríguez, 2022; Ramos-Reyes, 2022; Galián-Arnaldos, 2022).

5.5.1 Hormonas del Ciclo Estral

El hipotálamo y la adenohipófisis secretan proteínas y hormonas peptídicas que regulan la actividad gonadal. Las hormonas esteroides ováricas, como el estrógeno y la

progesterona, influyen en la secreción de gonadotropinas (Cuadro 1; Alvarado-García *et al*, 2022). La adenohipófisis produce hormonas proteicas para el control de la reproducción, incluyendo dos gonadotropinas: la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH). La FSH y la LH actúan de manera sinérgica en el desarrollo y la ovulación de los folículos ováricos. La FSH es más importante durante el crecimiento folicular, mientras que la LH predomina en las etapas finales de la maduración folicular y la ovulación (Cuadro 1). En los caprinos, el celo ocurre en respuesta a los estrógenos solo si el animal ha estado previamente expuesto a progesterona, gracias a la presencia de un cuerpo lúteo (CL) anterior (Klein, 2020).

Cuadro 1. Hormonas involucradas en el ciclo estral

| Hormona | Sitio de Producción | de | Función |
|--|----------------------|-----|---|
| Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) | Neuronas hipotálamo. | del | responsable de la liberación de hormona estimulante del folículo (FSH) y de hormona luteinizante (LH) |
| Folículo estimulante (FSH) | Hipófisis anterior | | intervenir en la estimulación del desarrollo de los folículos de los ovarios para la producción de óvulos |
| Luteinizante (LH) | Hipófisis anterior | | actúa en la fase final del crecimiento de los folículos y desencadena la ovulación |
| Estrógeno | Ovarios | | produce el comportamiento por lo tanto la aceptación de la copula |
| Progesterona | Cuerpo lúteo | | cumple la función de mantener la gestación |

Prostaglandina
PGF2 α

Endometrio

causa la lisis del cuerpo lúteo

Adaptado de Abecia *et al.*, 2012; Goodman *et al.*, 2018; Dávila & Muñoz, 2020; Serrano-Rodríguez, 2022.

5.5.2 Etapas del Ciclo estral

El ciclo estral de la cabra comprende cinco etapas: proestro, estro, metaestro, diestro y anestro. Cada una de estas etapas involucra acciones diferentes que son fundamentales para el adecuado funcionamiento del aparato genital de la hembra y permiten la realización exitosa del proceso reproductivo (Mansilla, 2018; Molina *et al.*, 2023).

5.5.2.1 Proestro

El proestro, una etapa del ciclo estral en los mamíferos inicia tras la regresión del cuerpo lúteo y la disminución de las concentraciones de progesterona, su duración es de aproximadamente 2 o 3 días. La lisis del cuerpo lúteo es desencadenada por la prostaglandina (PGF2 α). La retroalimentación negativa de la progesterona sobre el hipotálamo desaparece, permitiendo la liberación pulsátil de gonadotropinas, hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH). Durante el proestro, los folículos dominantes, influenciados por LH y FSH, producen principalmente 17 β estradiol. Estos folículos experimentan un crecimiento, alcanzando la fase preovulatoria bajo la acción de LH, mientras los folículos subordinados se degeneran. El nivel plasmático de 17 β estradiol aumenta durante esta etapa (Aisen, 2004; Goodman *et al.*, 2018; Dávila & Muñoz, 2020).

5.5.2.2 Estro

El estro ocurre alrededor del día 16-17 del ciclo estral o el día 0 del estro, se caracteriza por un fuerte aumento en la liberación pulsátil de LH después de la disminución de la progesterona. El aumento de los niveles de estrógenos afecta los centros nerviosos del hipotálamo, controlando las manifestaciones externas de celo. Se observan niveles elevados de estrógenos, favoreciendo la queratinización celular en el endometrio. La ovulación ocurre aproximadamente 20 a 26 horas después del pico máximo de LH, marcando el final de esta fase (Ramos-Reyes, 2022; Otalora-Pardo & Vallejo-Benavidez, 2022).

5.5.2.3 Metaestro

El metaestro inicia después de la ovulación, marcando el comienzo del proceso de luteinización de las células foliculares. Las hormonas trópicas, como la hormona luteinizante de la adenohipófisis, activan genes y enzimas que regulan la esteroidogénesis, aumentando las concentraciones de progesterona a niveles elevados durante aproximadamente 16 días. Durante esta fase lútea, el crecimiento folicular dependiente de gonadotropinas continúa, pero la progesterona secretada por el cuerpo lúteo inhibe la ovulación (Carrillo-Lang, 2020; Molina *et al.*, 2023).

5.5.2.4 Diestro

La etapa del diestro en el ciclo estral de la cabra comienza aproximadamente alrededor del día 5, durante esta fase, las concentraciones periféricas de progesterona permanecen elevadas hasta el inicio de la luteólisis alrededor del día 16-18 (Elizondo-Tamez, 2021). La luteólisis se refiere a la regresión del cuerpo lúteo, y en este caso, es desencadenada por la prostaglandina F₂ α secretada por el útero ingravido. Esta acción provoca la lisis del cuerpo lúteo formado durante el metaestro, marcando así el inicio de un nuevo ciclo estral (Melchor-Saavedra, 2020; Zamora-López, 2022).

5.6 Protocolos de reproducción

El establecimiento de la gestación es el objetivo fundamental de los programas reproductivos. Se ha estudiado que superar la estacionalidad intrínseca del estro en la producción lechera es particularmente difícil; no obstante, se han logrado avances significativos gracias al aumento en la comprensión de los procesos subyacentes de la fisiología reproductiva y la estacionalidad asociada. Estos avances han llevado a un desarrollo gradual en la gestión de la reproducción (González-Álvarez, 2015; Luo *et al.*, 2019). Son herramientas indispensables para el manejo y planificación de los rebaños en la actualidad, fundamentalmente para aumentar las pariciones por año (Alvarado-Espino, 2015; Köbrich *et al.*, 2021).

La sincronización del celo en ovinos y caprinos se puede lograr mediante el uso de prostaglandina F2 α (PGF2 α) o progesterona. Dispositivos intravaginales, como esponjas o CIDR (Controlled Internal Drug Release), que contienen progesterona, son comúnmente utilizados para este fin. Estos dispositivos tienen la ventaja de permitir la sincronización del celo fuera de la temporada reproductiva habitual (Serrano-Rodríguez, 2022). Experimentos han demostrado que las esponjas conservan aproximadamente un tercio (25-41%) de la hormona una vez utilizadas (Mogedas-Moreno, 2016; Carrillo-Lang, 2020). Otros estudios indican que después de 12 días de colocación, los CIDR pueden contener niveles de 2.2 ± 0.5 g de progesterona (González-Álvarez, 2015; Urviola-García & Fernández, 2017).

Además, la administración de gonadotropinas exógenas, como la gonadotropina coriónica equina (eCG), puede simular las descargas preovulatorias de FSH y LH, induciendo la ovulación. La eCG, una glicoproteína placentaria obtenida del suero de yeguas gestantes tiene actividad biológica propia de las hormonas folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH) en una misma molécula (Aisen, 2004; Alvarado-Espino, 2015; Mogedas-Moreno, 2016; Galián-Arnaldos, 2022). La eCG se utiliza ampliamente en caprinos para inducir el estro, con dosis que varían entre 200 y 600 UI al final de un tratamiento de progesterona intravaginal, con o sin la administración de prostaglandina (PGF2 α). Su aplicación hacia el final del tratamiento puede acortar el tiempo de crecimiento folicular, posiblemente debido a su efecto similar a la LH, resultando en intervalos más cortos entre el retiro y el estro, alrededor de 30 horas. Esto se asocia con mayores tasas

de fertilidad en inseminaciones artificiales a tiempo fijo (IATF) realizadas 54 horas después del protocolo corto (5 días). La precisión en la dosificación de eCG es crucial, ya que puede tener un impacto significativo en los resultados, incluyendo partos múltiples, baja fertilidad e incluso infertilidad con dosis muy altas (Mogedas-Moreno, 2016; Zamora-López, 2022).

5.6.2 Fertilización

La fertilización es el proceso mediante el cual los gametos, tanto masculinos como femeninos, se fusionan para dar lugar al cigoto, que es la célula a partir de la cual se desarrollará un nuevo individuo (Melchor-Saavedra, 2020). Este proceso inicia con la penetración del espermatozoide y concluye con la unión de los dos juegos haploides de cromosomas, conocidos como pronúcleos, en un proceso llamado singamia. Antes de la fertilización, los espermatozoides deben someterse a la capacitación, lo que implica cambios morfológicos y fisiológicos necesarios para que estén listos para fertilizar (Rahman *et al.*, 2008; Alexander *et al.*, 2010; Lara & Sánchez, 2023).

5.7 Gestación

La gestación es el proceso biológico donde se desencadenan una serie de cambios fisiológicos y anatómicos, cuyo objetivo final es preservar la genética de los progenitores. Realizada la fecundación, el embrión se desplaza a través del oviducto hacia el útero para implantarse y así permitir el desarrollo embrionario hasta finalizarlo (Cueto *et al.*, 2000; Suarez & Bernal, 2022). El objetivo de la gestación es para el feto, desarrollarse hasta un nivel en el que la supervivencia fuera del útero sea posible, pero al ser la unidad fetoplacentaria un producto tanto de los genes paternos como maternos, existe potencialmente un riesgo desde la concepción al parto, de ser un objetivo del sistema inmune. El período de gestación promedio en las cabras es de aproximadamente 150 días, pero puede variar entre 145 y 155 días (Velázquez, 2023).

5.7.1 Desarrollo embrionario

Después de la fecundación, el embrión inicia su desarrollo en el oviducto y posteriormente se desplaza hacia el útero, donde se implanta en la pared uterina. Durante este proceso, el embrión experimenta divisiones celulares y forma el blastocisto, que se compone de dos capas: trofoectodermo (capa externa) y embrioblasto (capa interna) (Triana-Gelvez, 2021). El trofoectodermo dará lugar a la placenta fetal, mientras que el embrioblasto se diferenciará en ectodermo, mesodermo y endodermo (López *et al.*, 2008; Cabezas-Ávila, 2023). En sus primeras etapas de desarrollo, el blastocisto se alimenta inicialmente mediante la secreción de las glándulas endometriales. Conforme las necesidades del embrión en crecimiento se intensifican, surge la necesidad de un mecanismo nutritivo más eficiente, dando paso a la formación de la placenta. Este órgano compuesto, con secciones fetal y uterina, desempeña un papel crucial en la transferencia de nutrientes y oxígeno desde la madre al embrión, así como en la eliminación de productos de desecho (Suarez & Bernal, 2022).

Aproximadamente a los 4 a 5 días después de la fertilización, el embrión se traslada al útero y pierde la zona pelúcida; entre los días 6 y 13, se forma el trofoblasto, cambia su función y comienza el desarrollo de membranas extraembrionarias, que eventualmente se convierte en la placenta fetal; desde el día 16 en adelante, el embrión emite señales que evitan la luteólisis, prolongando la vida del cuerpo lúteo y facilitando la formación de la placenta para el desarrollo de la gestación; a medida que el embrión continúa su desarrollo en el útero, se forman estructuras como el sistema nervioso, circulatorio, órganos internos y sistema inmunológico (Alexander *et al.*, 2010; Lara & Sánchez, 2023).

5.7.2 Reconocimiento materno

El reconocimiento materno de la preñez es un proceso fisiológico en el cual el embrión utiliza señales moleculares, como la secreción de interferón tau (IFN-t), para informar su presencia en el tracto reproductivo materno (Mathew *et al.*, 2022). Esto evita la activación del mecanismo luteolítico inducido por la prostaglandina F₂α (PGF₂α) sobre el cuerpo lúteo, prolongando su vida y garantizando la producción continua de progesterona para el

mantenimiento de la preñez. Este proceso implica la interacción coordinada de varios órganos, como ovarios, útero y embrión. Aunque se considera al IFN-t como la señal principal para el reconocimiento materno de la preñez, también se debe tener en cuenta el papel de los estrógenos, la progesterona y las prostaglandinas en los procesos de señalización molecular que ocurren durante la ventana de implantación (Rahman *et al.*, 2008; Cabezas-Ávila, 2023).

5.7.3 Implantación

Para que se lleve a cabo la implantación del embrión en el endometrio se requiere de la preparación de este por secreción de estrógenos junto con progesterona. Un paso necesario para que el embrión pueda implantarse es la formación de tres membranas extraembrionarias, las cuales son el corion, amnios y alantoides (Mathew *et al.*, 2022; Gómez *et al.*, 2023). Una vez implantado el embrión se da el reconocimiento materno se da por la producción de proteína trofoblástica IFN-t, que inhibe la síntesis de receptores para oxitocina en el endometrio. Adicionalmente, se une a la glándula uterina y promueve la síntesis de proteínas que participan en la nutrición embrionaria (Enders & Carter, 2006; Alexander *et al.*, 2010; Ciccarelli *et al.*, 2017; Ashary *et al.*, 2018).

Cuando el embrión se encuentra ya implantado empieza la formación de un órgano transitorio que se encarga de facilitar el intercambio metabólico entre madre y embrión, este órgano se conoce como placenta y está compuesta por una parte fetal derivada del corion y una parte materna derivada de modificaciones del endometrio (Enders & Carter, 2006; López *et al.*, 2008; Velázquez, 2023).

5.8 Placenta

La formación de la placenta es un paso crucial para la gestación, ya que establece una conexión vascular entre la madre y el feto, lo que permite el intercambio de nutrientes, gases y productos de desecho (Barbeito & Diessler, 2022). Además de su función metabólica, la placenta también desempeña un papel esencial en la producción de

hormonas que son fundamentales para el mantenimiento de la gestación. Esta estructura compleja es vital para el desarrollo y bienestar del feto, proporcionando el soporte necesario durante todo el periodo gestacional (Rahman *et al.*, 2008; Auad *et al.*, 2019).

En la placenta fetal están comprendidos el corion, amnios, alantoides y vestigios de saco vitelino. Otras dos estructuras que se presentan anexas a la placenta son el saco vitelino y el cordón umbilical.

El **corion**, en contacto directo con el útero materno, es la membrana más externa que da lugar a la formación de las vellosidades coriónicas (Tanner *et al.*, 2022). Por otro lado, el **amnios**, ubicado más cerca del feto, se llena con líquido amniótico, proporcionando un entorno nutritivo vital para el desarrollo intrauterino. Este fluido, rico en sales minerales, seroalbúminas, grasas, fructosa y aminoácidos esenciales, es absorbido y deglutido por el feto en cantidades significativas (Roa *et al.*, 2012; Triana-Gelvez, 2021). En cuanto al **alantoides**, surge como un divertículo en la parte posterior del intestino, en su parte externa, se desarrolla una red vascular que se conecta a la aorta fetal mediante las arterias umbilicales. Este alantoides se fusiona con el trofoblasto, formando el alantocorion, entre las capas internas y externas del alantoides, se encuentra la cavidad alantoidea, que básicamente actúa como depósito para los productos de desecho de los riñones fetales (Donnelly & Campling, 2014). El alantocorion, principal componente de la placenta en mamíferos presenta tres capas celulares de origen fetal, que son el epitelio del corion fetal, el tejido mesenquimático fetal y el endotelio del capilar fetal (Chavatte & Tarrade, 2016; Suarez & Bernal, 2022).

Durante las etapas iniciales del periodo embrionario, el **saco vitelino** se forma a partir del endodermo, aunque desaparece rápidamente, permanece como un residuo dentro de las membranas fetales. Su función principal es proporcionar nutrición durante las primeras fases de la gestación, sin embargo, su importancia disminuye gradualmente con la consolidación de la placenta definitiva (Meza-Herrera *et al.*, 2019). En cuanto al **cordón umbilical**, este tiene su origen en las envolturas del amnios en el pedúnculo vitelino y su función principal es envolver los vasos alantoideos y establecer el vínculo vascular esencial entre la madre y el feto (Tomás *et al.*, 2016; Anabela *et al.*, 2020).

5.8.1 Morfología placentaria

Las vellosidades coriónicas, que constituyen la unidad funcional de la parte fetal de la placenta, son proyecciones alargadas en la superficie del corion que se extienden hacia el endometrio uterino (Aquad *et al.*, 2019). La clasificación de las placentas (Cuadro 2) se realiza según la distribución de estas vellosidades coriónicas en su superficie, otorgando a cada tipo de placenta una apariencia anatómica única; asimismo, pueden clasificarse según el número de capas de tejido que separan la sangre materna y fetal (Roa *et al.*, 2012; Chavatte & Tarrade, 2016; Elizondo-Tamez, 2021).

En función de la distribución de las vellosidades coriónicas clasifican morfológicamente a las placentas, que se dividen en cuatro tipos: difusa, zonal, discoidea y cotiledonaria (Mullen *et al.*, 2012).

En la placenta cotiledonaria se define un cotiledón como una unidad de la placenta derivada del trofoblasto y compuesta por numerosos vasos sanguíneos y tejido conectivo (Enders & Carter, 2006; Anabela *et al.*, 2020). En este caso, puede haber entre 90 y 120 cotiledones dispuestos alrededor del corion; la unión entre el cotiledón fetal, que se origina en el corion y el cotiledón materno, originado en las carúnculas del útero, se denomina placentoma, siendo el sitio de intercambio entre la materno- fetal (Roa *et al.*, 2012; Ashary *et al.*, 2018). En los pequeños rumiantes, se observa la presencia de 80 a 90 placentomas; tanto en ovejas como en cabras, la carúncula se eleva en una forma cóncava sobre el endometrio, mientras que el cotiledón presenta una estructura convexa (Elizondo-Tamez, 2021).

5.8.2 Histología Placentaria

La clasificación histológica de la placenta se centra en el número de capas entre la sangre fetal y materna, siendo un máximo de seis (Chavatte & Tarrade, 2016; Serrano-Rodríguez, 2022). Los tejidos maternos, como el epitelio de la mucosa uterina, tejido conectivo y endotelio de los capilares maternos son constantes en número independientemente de la especie. Los tejidos fetales, incluyendo el epitelio del corion fetal, tejido mesenquimático

fetal y endotelio del capilar fetal, varían según la especie (Sandra *et al.*, 2017; Anabela *et al.*, 2020). La estructura histológica, especialmente el número de capas celulares tiene implicaciones funcionales en la permeabilidad placentaria entre la sangre materna y fetal. Los tipos de placenta se nombran según los tejidos en contacto, siendo la placenta epiteliochorial, sindesmochorial, endoteliochorial y hemochorial (Cuadro 3; Köbrich *et al.*, 2021; Montoya *et al.*, 2023).

En la placenta sindesmochorial se destacan las "células gigantes binucleares", que se originan en el trofoblasto y desempeñan funciones importantes en la gestación de los rumiantes, incluyendo la secreción de lactógeno placentario y la síntesis de diversas proteínas exclusivas de la gestación rumiante (Sandra *et al.*, 2017; Anabela *et al.*, 2020; Velázquez, 2023).

Cuadro 2. Placentas según su clasificación morfológica y características

| Placentas | Especies | Características |
|-----------|---------------------------------|---|
| Difusa | Porcinos, equinos, camélidos | Las vellosidades o pliegues del corion que entran en contacto con el endometrio uterino se distribuyen por toda la superficie de la bolsa coriónica, ya sea formando pliegues o adheridos a toda la superficie del endometrio, creando microcotiledones |
| Zonaria | Caninos, felinos | Se caracteriza por tener una estrecha zona de contacto que forma un cinturón o banda ecuatorial alrededor del saco coriónico |
| Discoidea | Primates, roedores y lagomorfos | En esta variante, las vellosidades del corion cubren un área circular y polarizada, presentándose de forma única, en disco o de manera doble, formando un disco bidiscoide |

Cotiledonaria Bovinos, Las vellosidades coriales se agrupan en rosetas
ovinos y llamadas cotiledones que se relacionan con las
caprinos carúnculas endometriales del útero.

Adaptado de Tomás *et al.*, 2016; Ashary *et al.*, 2018; Dávila & Muñoz, 2020.

Cuadro 3. Tipo de placenta de acuerdo con sus características histológicas

| Tipo de Placenta | Especies | Características |
|------------------|---------------------------------|---|
| Epiteliocorial | Porcinos, equinos y llamas | Seis capas separan la circulación materna de la fetal. Las vellosidades coriales contactan con el epitelio uterino, con interdigitaciones entre ambos tejidos. |
| Endoteliocorial | Caninos y felinos | Cuatro capas separan la sangre materna de la fetal, con el corion en contacto con el endotelio de los vasos sanguíneos del endometrio |
| Hemocorial | Primates, roedores y lagomorfos | En este tipo, el trofoblasto es más invasivo, erosionando el tejido endometrial y sumergiendo el corion directamente en la sangre materna, resultando en tres capas de tejido entre las circulaciones materno-fetal |
| Sindesmocorial | Rumiantes | Se pierde el epitelio uterino a nivel de las vellosidades, se produce una erosión transitoria del epitelio endometrial, exponiendo intermitentemente los capilares maternos al epitelio del corion fetal. |

Adaptado de Auad *et al.*, 2019; Barbeito & Diessler, 2022; Suarez & Bernal, 2022; Montoya *et al.*, 2023.

5.8.3 Función de intercambio

Una vez que el embrión se implanta se establece la comunicación entre la madre y el feto mediante las membranas fetales. Desde este momento empieza el periodo hemotrofo que refiere a cuando el feto comienza a nutrirse directamente de materiales provenientes de la

circulación materna vía placentaria (Mullen *et al.*, 2012; Díaz *et al.*, 2016; Gómez *et al.*, 2023). De la madre al feto existe un intercambio de sustancias nutritivas tales como oxígeno, agua, glucosa, lactato, aminoácidos, ácidos grasos libres, vitaminas, electrolitos, hormonas, anticuerpos, así como también algunos medicamentos y patógenos. Por su parte del feto a la madre, se intercambian productos finales del metabolismo, tales como urea y anhídrido carbónico (Auad *et al.*, 2019). El intercambio gaseoso es la función primordial dentro de los aspectos fisiológico materno fetal a través de la placenta, seguido por la absorción de nutrientes y la excreción de desechos (Roa *et al.*, 2012; Mura, 2017; Fiorimanti *et al.*, 2021).

El feto recibe un suministro continuo de glucosa de la madre; dicho azúcar constituye el principal combustible metabólico fetal. Aunque la fructosa aporta alrededor del 70 a 80% del azúcar en la sangre fetal de la cabra, su utilización es insignificante, excepto cuando las concentraciones sanguíneas de glucosa son bajas (Tanner *et al.*, 2022). En fetos de pequeños rumiantes, el acetato, lactato y aminoácidos pueden ser sustratos energéticos de importancia. El feto sintetiza todas sus proteínas a partir de los aminoácidos proporcionados por la madre y tiene la capacidad única de agotar las reservas esqueléticas maternas de calcio si los alimentos son bajos en este mineral (Hafez, 2002; Gómez *et al.*, 2023).

5.8.4 Función endócrina

El desarrollo y crecimiento del feto están estrechamente ligados a la placenta desde diversos aspectos, como la anatomía, genética y metabolismo (Burton & Fowden, 2015; Alvarez-Oxiley, 2022). Más allá de su función primaria de facilitar un flujo constante de nutrientes al feto y eliminar sus desechos, la placenta también actúa como un órgano endocrino. A través de esta función, se generan señales endocrinas tanto maternas como fetales, dando lugar a un auténtico diálogo entre los compartimentos fetal y materno (Schuler *et al.*, 2018). Parte importante de la fisiología de la gestación es la endocrinología correspondiente a las hormonas placentaria. Se tienen hormonas peptídicas, como lo son el lactógeno placentario (PI) y la gonadotrofina coriónica (CG), y hormonas esteroidales que

son la progesterona (P4) y los estrógenos (E2), estas hormonas contribuyen el establecimiento y mantenimiento de la preñez, la adaptación del organismo materno a ésta, el crecimiento y desarrollo del feto y el mecanismo de parto (Tanner *et al.*, 2022). Su mecanismo de acción puede ser local, actuando en la misma placenta, o a distancia a nivel uterino o fetal, variando la secreción y las concentraciones ampliamente de una especie a otra (Chavatte & Tarrade, 2016; Fiorimanti *et al.*, 2021).

Para mantener toda la preñez y el cuerpo lúteo persiste durante toda la misma, la P4 es la hormona clave necesaria. El cuerpo lúteo es la fuente principal de P4 en la cabra (Hafez, 2002; Díaz *et al.*, 2016; Alvarez-Oxiley, 2022). En cabras también se ha detectado Lactógenos placentarios que tienen una función química similar a la somatotropina y a la prolactina; en el último trimestre de gestación existe una mayor concentración de lactógeno placentario y sus principales funciones son: aumento en la síntesis proteica, movilización de ácidos grasos, disminución de la gluconeogénesis, son antagónicos a la insulina. Estas acciones se efectúan exclusivamente en el comportamiento materno (Fernández *et al.*, 2006; Mura, 2017; Fiorimanti *et al.*, 2021).

5.9 Sistema inmunológico

El sistema inmunológico desempeña un papel esencial al proteger a los animales contra la invasión de microorganismos. Este sistema abarca una serie de órganos, tejidos, células y moléculas que trabajan en conjunto para contrarrestar las infecciones causadas por patógenos. En cuanto a los tejidos del sistema inmune, la médula ósea es crucial, ya que es el sitio donde ocurre la hematopoyesis (Williams, 2011; Angulo-Villavicencio, 2020).

En el caso de pequeños rumiantes, el sistema inmunitario incluye diversos órganos linfoides, clasificados como primarios y secundarios. El timo es el órgano primario para los linfocitos T en todas las especies, mientras que los linfocitos B tienen la médula ósea y las placas de Peyer como órganos primarios. Los linfocitos B y T se desplazan y colonizan los órganos linfoides secundarios como los nódulos linfáticos, el bazo y el tejido linfoide asociado a las mucosas (MALT, por sus siglas en inglés, mucosa-associated lymphoid tissue) (Tizard, 2017; Parreño & Saif, 2017). Existen principalmente dos tipos de inmunidad:

la inmunidad innata y la inmunidad adquirida, estos dos tipos de inmunidad trabajan juntos para proteger al organismo contra enfermedades y patógenos.

La inmunidad innata es la primera línea de defensa del cuerpo contra patógenos; incluye barreras físicas, como la piel, y respuestas celulares y químicas no específicas (Roy *et al.*, 2022). La Inmunidad adquirida se desarrolla después de la exposición a antígenos específicos. Incluye la inmunidad humoral, que involucra anticuerpos producidos por células B, y la inmunidad celular, que implica la acción de células T. La inmunidad adquirida tiene la capacidad de recordar patógenos para una respuesta más rápida en encuentros futuros (Roy *et al.*, 2022).

Entre las células que forman parte del sistema inmune innato encontramos a los eosinófilos, basófilos, mastocitos, neutrófilos, células NK (Natural Killer), monocitos, macrófagos y células dendríticas.

Los eosinófilos liberan gránulos con histamina y citosinas; los basófilos y mastocitos liberan rápidamente mediadores proinflamatorios; los neutrófilos, constituyen hasta el 70% de los leucocitos, desencadenan defensinas y fagocitosis; las células NK presentan citotoxicidad contra células tumorales e infectadas; monocitos, al constituir el 5% de leucocitos, migran a tejidos y pueden convertirse en macrófagos o células dendríticas; los macrófagos fagocitan sustancias extrañas y son células presentadoras de antígeno; las células dendríticas, con morfología única, derivan de monocitos y activan respuestas específicas de células T (Jakubzick *et al.*, 2017; Angulo-Villavicencio, 2020).

Entre las células que forman parte del sistema inmune adquirido se encuentran las células T, se diferencian en células T (CD4+) cooperadoras o helper (Th) o en células T (CD8+) citotóxicas ("CTL" cytotoxic T lymphocytes). Las células Th CD4+ median la respuesta inmune mediante la secreción de citocinas, participando en la activación de otras células del sistema inmune y la supresión de la respuesta inmune. Pueden diferenciarse en Th1 o Th2, determinando el tipo de respuesta inmune; las Th1 combaten infecciones virales intracelulares, mientras que las Th2 eliminan parásitos extracelulares (Casas-Camacho, 2022). Las células T citotóxicas CD8+ son citolíticas frente a células infectadas por virus y células tumorales. Las células B son responsables principalmente de la producción de

anticuerpos y tienen funciones adicionales, como la presentación de antígenos, producción de citocinas y capacidad de supresión mediante la secreción de IL-10 (Auad *et al.*, 2020; Angulo-Villavicencio, 2020). Las citocinas, sintetizadas y secretadas por células del sistema inmune, regulan respuestas inmunes al comunicarse entre ellas; son clasificadas como proinflamatorias o antiinflamatorias, algunas citocinas son TNF, IL-1, IL-10 e IL-12. Las respuestas inmunitarias adaptativas son mediadas por IL-2, IL-4, IL-5, TGF- β e IFN, producidas por células T y NK (Angulo-Villavicencio, 2020) Los anticuerpos, o inmunoglobulinas, son glicoproteínas que reconocen antígenos y desencadenan respuestas efectoras. En el ganado, existen cuatro clases principales: IgG, IgA, IgM e IgE, cada una con características específicas (Mórtola *et al.*, 2004; Williams, 2011; Tizard, 2017; Casas-Camacho, 2022).

5.9.1 Inmunidad Pasiva

Tras desarrollarse en el ambiente estéril del útero, los mamíferos nacen en un ambiente rico en microorganismos, siendo capaces de desarrollar respuestas inmunes, tanto innatas como adquiridas, en el momento del nacimiento. La inmunidad pasiva recibe anticuerpos en lugar de producirlos con el propio sistema inmunitario. La protección contra antígenos extraños en los animales recién nacidos depende de la transferencia pasiva de inmunidad a través del calostro (Mórtola *et al.*, 2004; Mura, 2017). Cuando las crías que no adquieren inmunidad pasiva adecuada por medio del calostro materno tienen un mayor riesgo de desarrollar enfermedades infecciosas tales como diarrea, enteritis, septicemia, artritis, onfalitis y neumonía, estas ocasionan un deterioro en la salud de la cría y se vuelven las principales causas de muerte neonatal, teniendo un impacto en la calidad productiva dentro de la unidad de producción (Auad *et al.*, 2019).

Durante su gestación, las cabras no son capaces de transferir sus anticuerpos por medio de la placenta a las crías, al nacer los cabritos poseen un sistema inmunológico competente pero que no se encuentra completamente desarrollado y es necesario favorecer una adecuada transferencia de inmunidad pasiva (Mórtola *et al.*, 2004; Espinosa, 2011; Casas-Camacho, 2022). La estructura compleja de la placenta, determina que el transporte de Inmunoglobulinas (Ig) en rumiantes se realice exclusivamente a través de la ingesta de calostro (Auad *et al.*, 2016). El feto no recibe anticuerpos maternos vía placenta,

y las crías nacen agammaglobulinémicas. Por lo cual la adquisición de Igs se produce obligatoriamente por la ingesta de calostro durante las primeras horas de vida (Fernández *et al.*, 2006; Parreño & Saif, 2017; Auad *et al.*, 2020).

En rumiantes el isotipo de inmunoglobulina (Ig) que es principalmente transferido por parte de la madre a la cría, y a su vez, es el que más predomina a nivel sistémico es la inmunoglobulina G (IgG), estas inmunoglobulinas son transportadas desde la circulación materna a la circulación fetal a través de la placenta o al calostro, para posteriormente ser ingeridas por la cría (Parreño & Saif, 2017). Hay diferentes razones por las que exista una falla de transferencia en la inmunidad pasiva por medio de la ingesta de calostro por parte de la cría. Puede ser por una producción escasa o de mala calidad por parte de la madre esto depende de factores como la edad, estado fisiológico, número de partos o incluso el ordeño de calostro previo al parto, por parte de la cría puede haber una falla en la ingesta o en la absorción intestinal (Mórtola *et al.*, 2004; Auad, 2022).

5.9.2 Falla en la transferencia de inmunidad pasiva

La relación entre calostro y mortalidad es bien conocida, pero no es directa, como el calostro es la única fuente de Ig en neonatos de pequeños rumiantes, animales que reciben poca cantidad de calostro o calostro de mala calidad aumentan el riesgo de enfermedades (Lopez & Heinrichs, 2022). Cuando un neonato no ingiere o absorbe suficiente IgG del calostro y las concentraciones en sangre son inferiores a 10 mg/ml, se produce la falla de transferencia de inmunidad pasiva (FTP); esta situación compromete la activación y regulación de las respuestas inmunitarias innatas del neonato contra la infección (Raboisson *et al.*, 2016; Ulfman *et al.*, 2018). Para mejorar las posibilidades de éxito en la transferencia pasiva, se considera que en las primeras 24 horas de vida el animal debe ingerir unos 160-180 ml de calostro por kg de peso vivo. La FTP se considera un factor de riesgo para la morbilidad y mortalidad neonatal, asociada con enfermedades como septicemia, diarrea y neumonía ya que la FTP puede ser el resultado de varios factores, como la formación inadecuada de calostro, la limitada ingestión y la pobre absorción (Gómez *et al.*, 2018). La contaminación bacteriana del calostro puede aumentar el riesgo

de transferencia de patógenos y disminuir la absorción de IgG en el intestino, lo que contribuye a la FTP. Las bacterias pueden unirse a las inmunoglobulinas en el intestino o bloquear su transporte a través de las células epiteliales, interfiriendo con la absorción pasiva de los componentes del calostro y favoreciendo la FTP. Por lo tanto, es crucial mejorar las prácticas de manejo del calostro para prevenir la FTP y sus consecuencias negativas en la salud y productividad de los terneros (Jiménez-Moreno, 2020).

De acuerdo con Schudel (2017) y Elizondo-Tamez (2021) existen tres razones principales por la cual un neonato puede presentar FTP a través del calostro materno:

1. **Falla en la producción:** la madre puede producirlo en cantidad insuficiente o ser de mala calidad
2. **Falla en la ingesta:** La cría puede no ingerir las cantidades necesarias
3. **Falla en la absorción:** el neonato puede presentar deficiencia en la absorción intestinal.

5.10 Inmunoglobulinas

Al momento en que se presenta el ataque de un patógeno, el organismo animal actúa con una defensa específica donde se da la estimulación por parte de un antígeno para que los Linfocitos B maduros sintetizen células plasmáticas y glucoproteínas, estas glucoproteínas reciben el nombre de inmunoglobulinas, anticuerpos o gammaglobulinas (Rojas *et al.*, 2007; Ríos-Moreno, 2022). Las inmunoglobulinas (Igs) se encuentran presentes en la membrana de los linfocitos B constituyendo el receptor del antígeno o podemos encontrarlas de forma soluble en secreciones biológicas como lo es la orina, líquido cefalorraquídeo, saliva y el calostro (Mura, 2017; Auad, 2022; Roy *et al.*, 2022). Las moléculas de las inmunoglobulinas tienen como función esencial unirse a antígenos, de esta manera, pueden colaborar en la destrucción de estos cuando las inmunoglobulinas se encuentran de forma soluble o pueden actuar como receptoras de señales antigénicas cuando se encuentran formando parte de los receptores de los linfocitos B (Ramos-Medina *et al.*, 2012; Jakubzick *et al.*, 2017; Casas-Camacho, 2022).

Las inmunoglobulinas (Igs o anticuerpos) comparten una estructura común y simétrica, conformada por cuatro cadenas polipeptídicas de dos tipos: dos cadenas pesadas (H) y dos cadenas ligeras (L), unidas por puentes disulfuro, dando lugar a una forma de letra Y. Cada cadena (H y L) tiene regiones constantes (C) y variables (V), con una región bisagra que asegura flexibilidad. La base de la Y, llamada región Fc, está formada por dos cadenas pesadas, mientras que los brazos de la Y, denominados región Fab, están compuestos por parejas de cadenas pesadas y ligeras, siendo las zonas de unión a antígenos (Castelo-Manga, 2020). La composición de las regiones variables y las glucosilaciones caracterizan a cada Ig; estas cumplen dos funciones principales: el reconocimiento específico de antígenos a través de la región Fab y funciones efectoras llevadas a cabo por la región constante (Abbas *et al.*, 2008; Ramos-Medina *et al.*, 2012; Jakubzick *et al.*, 2017; Auad, 2022). Existen clases o isotipos diferentes de Inmunoglobulinas que se diferencian de acuerdo a su estructura y función, estas son IgA, IgD, IgE, IgG e IgM (Cuadro 4). La clase que se encuentra en concentraciones más elevadas en el suero se denomina inmunoglobulina G (IgG) (Pinheiro *et al.*, 2014; Parreño & Saif, 2017; Ríos-Moreno, 2022).

A través de la pared intestinal se absorben las inmunoglobulinas, siendo esta más eficiente en el yeyuno e íleon; la capacidad de absorción con la que cuenta el intestino para absorber grandes moléculas depende de tiempo, ya que al momento del nacimiento es del 100% y aproximadamente del 0 a las 24 horas después del nacimiento. Cada tipo de inmunoglobulinas se absorben en diferentes tiempos, tal es el caso de las IgG que se absorben durante las primeras 27 horas, la IgA durante 22 horas y la IgM solamente por las primeras 16 horas (Weaver *et al.*, 2000; Anabela *et al.*, 2020; Auad, 2022).

Cuadro 4. Isotipos de Inmunoglobulinas

| Inmunoglobulina | Función |
|-----------------|---|
| IgG | Representa el 80% de las inmunoglobulinas en la sangre y la leche mate. Es eficaz en recubrir toxinas y virus para su eliminación, indicando protección contra agentes extraños y siendo importante en el diseño de vacunas |
| IgM | Constituye el 5-10% de las inmunoglobulinas en la sangre y es fundamental en la eliminación de bacterias, siendo un indicador de exposición a patógenos |
| IgE | Presente en concentraciones bajas en sangre y asociada a respuestas alérgicas e infecciones por parásitos |
| IgD | En bajas concentraciones en sangre, principalmente unida a células de defensa para estimular respuestas inmunitarias |
| IgA | Representa el 10-15% de las inmunoglobulinas en sangre y se encuentra en fluidos corporales como saliva, lágrimas y leche materna. Protege superficies internas del cuerpo contra toxinas, bacterias y virus |

Adaptado de Roth & Smith, 2004; Álvarez-Triana, 2020; Auad, 2022

5.10.1 Inmunoglobulina G

La Inmunoglobulina G (IgG) tiene una estructura molecular compuesta por cuatro cadenas polipeptídicas: dos cadenas pesadas (H1 y H2) y dos cadenas ligeras (L1 y L2). La IgG es una glicoproteína encontrada en concentraciones de entre 900 mg/dL a 2400 mg/dL. Esta inmunoglobulina se encuentra en la proteína total en plasma en un aproximado del 20% y cuenta con un promedio de vida de 23 días (Maximiliano- Guerra 2014; Sandoval-Palacios,

2020), en sangre es donde alcanza mayor concentración y por esta razón es a inmunoglobulina que tiene un papel primordial en los mecanismos de defensa mediados por anticuerpos (Tizard, 2008; Hernández-Castellano *et al.*, 2019; Silva & Talmón, 2022). La producción y secreción de IgG se lleva a cabo por células plasmáticas del bazo, nódulos linfáticos y médula ósea (Rojas *et al.*, 2007; Aguaiza-Aguaiza, 2017; Sandoval-Palacios, 2020). La IgG posee capacidad neutralizante, precipitante, de fijar complemento, de unirse a células NK y a macrófagos y son capaces de atravesar las membranas biológicas, es la que más aumenta en una respuesta secundaria; puesto a que es la inmunoglobulina más pequeña y tiene mayor facilidad de escapar por los vasos sanguíneos, lo cual reviste especial importancia en el tejido inflamado, donde el aumento de permeabilidad vascular facilita la participación de la IgG en la defensa de los tejidos y las superficies del organismo (Velásquez-Cabrera, 2023). Al igual que dentro de las inmunoglobulinas existen subtipos como la IgA, IgD, IgE IgM, la IgG cuenta con dos subtipos, que son IgG1 y la IgG2, sus diferencias se encuentran dentro de sus cadenas de polipéptidos y en la cantidad presente de cada una en el calostro, siendo la de mayor concentración la IgG1 con un 80% (Hernández *et al.*, 2019; Castelo-Manga, 2020).

La IgG1 se transfiere desde el torrente sanguíneo a través de la barrera de la glándula mamaria directo al calostro, a través de un mecanismo de transporte específico, donde los receptores de las células epiteliales del alveolo de la glándula mamaria capturan la IgG1 desde el fluido extracelular y la transportan por endocitosis liberándola finalmente dentro de las secreciones del lumen. Las células epiteliales del alveolo dejan de expresar este receptor en respuesta al aumento de las concentraciones de prolactina al comienzo de la lactación (Godden, 2008; Álvarez-Triana, 2020). La IgG2 puede derivar de la sangre o ser sintetizada por el plasma o por células epiteliales de la glándula mamaria y es transferida a las células secretoras de la glándula mamaria (Gapper *et al.*, 2007; Aguaiza-Aguaiza, 2017; Silva & Talmón, 2022).

A pesar de los importantes roles fisiológicos que tienen las otras clases de inmunoglobulinas, la predominante cantidad de IgG total o IgG1 en el suero sanguíneo es un indicador adecuado para medir la transferencia de inmunidad pasiva y se ha demostrado que la concentración de IgG en sangre de las crías está relacionada con la sobrevivencia

y salud, por lo que es de importancia determinarla (Elizondo-Salazar, 2007; Parreño & Saif, 2017; Castelo- Manga, 2020). La concentración de IgG es inversamente proporcional al volumen producido, de tal forma que, mientras mayor sea el volumen de calostro producido, menor concentración de IgG contendrá (Botero, 2013; Álvarez- Triana, 2020). Existen diferencias en la concentración de esta inmunoglobulina en suero y calostro de cabras dependiendo de la raza y las condiciones climáticas y de producción inmunoglobulina (Mejía-Vázquez *et al.*, 2017; Velásquez-Cabrera, 2023).

5.11 Calostro

El calostro es la leche inicial secretada por los mamíferos durante el parto y los primeros días después del nacimiento. Proporciona protección al sistema inmunológico de los recién nacidos y proporciona inmunidad pasiva contra patógenos (Sánchez-Macías *et al.*, 2014; Sandoval-Palacios, 2020; Álvarez-Triana, 2020). Durante el último tercio de la gestación en la glándula mamaria empieza la acumulación de inmunoglobulinas, siendo a las tres semanas previas al parto donde se alcanza su mayor concentración y estas inmunoglobulinas se presentan en el calostro desde el momento de parto hasta las 36 horas post parto aproximadamente (Medina, 2012; Silva & Talmón, 2022). Los componentes del calostro incluyen principalmente tres tipos de inmunoglobulinas siendo en mayor concentración la IgG con 85-90%, IgM en una concentración de 7% e IgA en un 5%, también se encuentran leucocitos maternos, linfocitos, neutrofilos, macrófagos, citoquinas, hormonas como la insulina y cortisol, factores de crecimiento como el epitelial (EgF), insulinoide I y II (IgF-I e IgF-II), factor de crecimiento de los fibroblastos (FgF), factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), factores de crecimiento transformadores A y B (TgA y B), hormona del crecimiento (GH), factores antimicrobianos inespecíficos y nutrientes como grasas, proteínas, minerales y vitaminas (Bielmann *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2019; Zhou *et al.*, 2023).

Debido a que en términos de su concentración de IgG y transferencia de inmunidad del calostro caprino aún está por definirse, varias literaturas se basan para considerar un buen calostro, en el umbral del calostro bovino de (IgG > 50 mg/mL) (Zamuner *et al.*, 2023)

cantidad equivalente a 8 g de IgG/ kg de peso vivo al nacimiento y es recomendable que el cabrito ingiera la cantidad equivalente al 10% proporcional a su peso vivo al nacimiento (Heinrichs & Jones, 2011; Hernández *et al.*, 2019). En cuanto a calidad nutritiva el calostro supera a la leche entera; conteniendo dos veces más la cantidad de sólidos totales siendo los del calostro 21-27% y los de la leche entera 12-13%, de igual manera el calostro contiene 4 veces más proteínas totales, 24 veces más inmunoglobulinas, 100 veces más tripsina y 2 veces más energía y grasa (Indra *et al.*, 2012; Hernández *et al.*, 2019; Zhou *et al.*, 2023). El único componente que se encuentra en menor porcentaje en el calostro es la lactosa a comparación que en la leche entera, esto se relaciona con una menor incidencia de diarreas en cabritos (Botero, 2013; Mejía-Vázquez *et al.*, 2017; Sandoval-Palacios, 2020). La calidad del calostro influye directamente en la tasa de supervivencia y el crecimiento de las crías, lo que impacta en la productividad a largo plazo de la industria (López *et al.*, 2019; Álvarez-Triana, 2020). El consumo de calostro es esencial para los rumiantes durante sus primeras horas de vida, debido a que durante el desarrollo fetal existe una falta de transferencia de inmunoglobulinas. La calidad y cantidad de calostro producido por una hembra se encuentran influenciados por diversos factores (Silva & Talmón, 2022).

Un manejo inadecuado de la alimentación con calostro, caracterizado por baja calidad del calostro, volumen reducido y retraso en la primera ingesta después del nacimiento, puede tener efectos negativos a corto plazo, como el aumento de la mortalidad y el uso de antibióticos (Hernández-Castellano *et al.*, 2015). A largo plazo, este manejo deficiente puede aumentar el riesgo de infecciones en los animales, resultando en un menor desarrollo y rendimiento, especialmente en la producción de leche en la edad adulta.

5.11.1 Calostrogenesis

La lactogénesis se refiere a la capacidad de producir lactosa y marca un período de transición en el cual las células del tejido mamario pasan de un estado no lactante a lactante (Truchet & Honvo-Houéto, 2017). Este proceso se divide en dos fases principales, la lactogénesis I y la lactogénesis II.

La lactogénesis I, donde se produce la diferenciación celular y enzimática junto con la calostrogénesis. La lactogénesis II que se caracteriza por una secreción abundante de leche (Preusting *et al.*, 2017; Zhou *et al.*, 2023). Durante la lactogénesis I, la glándula mamaria comienza a producir calostro materno aproximadamente tres semanas antes del parto (Roth & Smith, 2004; Hurley, 2019), debido a niveles bajos de estrógeno y prolactina y altos niveles de progesterona. La calostrogenesis es el proceso de formación del calostro mediante la transferencia de inmunoglobulinas a la secreción mamaria, regulado por hormonas, se contempla como la etapa de transición entre la lactogénesis y la galactopoyesis, aunque cronológicamente concuerda con la primera etapa de la lactogénesis (Hurley, 2019; Meza-Correa, 2020). La glándula mamaria durante el proceso de activación secretoria o fase de lactogenesis I es influenciada por las hormonas E2 y P4 y en ausencia de prolactina (PRL), se produce el calostro alrededor de tres semanas previas al parto (Roth & Smith, 2004; Preusting *et al.*, 2017).

La IgG sérica que se encuentra en circulación es dirigida al lumen mediante el receptor específico FcRn neonatal que es expresado por la célula epitelial mamaria, este FcRn media el paso desde el espacio extracelular en el extremo basal de la célula al lumen alveolar mamario. A este proceso se le conoce como transcitosis, es un mecanismo endocítico y es dependiente de pH, con una alta afinidad al pH ácido (pH 6.5) uniéndose a este con el receptor de alta afinidad (IgG-FcRn) y con una afinidad débil o nula al pH neutro (Cervenak & Kacs Kovics, 2009; Preusting *et al.*, 2017). Cuando la unión la IgG se da con el receptor FcRn, comienza el tránsito intracelular y la IgG se transporta al extremo apical, el receptor es reciclado quedando habilitado nuevamente. Un mes antes del parto incrementan los E2 y hay un decrecimiento marcado de P4, dos días antes del parto se da el paso de IgG al calostro mediante el receptor FcRn (Barrington, *et al.*, 2001; Mondeshka *et al.*, 2022). Al inicio de la lactancia el receptor FcRn deja de ser expresado por las células epiteliales alveolares, debido al aumento de concentraciones de PRL (Godden 2008; Meza-Correa, 2020). Al momento de que se da el parto la cría debe ingerir y digerir el calostro, conservando sus componentes que deben llegar con su potencial biológico para que se pueda absorber (Truchet & Honvo-Houéto, 2017; Guzmán & Olivera, 2020).

5.11.2 Digestión de calostro

El calostro cuando es ingerido por la cría atraviesa por una contracción de dos pliegues musculares que forman una derivación del esófago al abomaso y como resultado no pasa ni por el retículo ni por el rumen, sino que fluye directamente al abomaso, conocida como la gotera esofágica (Braun *et al.*, 2013; Huertas-Molina *et al.*, 2020). En el abomaso se secreta renina, enzima que coagula el calostro en pocos minutos, convirtiendo una de las proteínas de mayor tamaño y abundancia del calostro, la caseína, soluble (Zhou *et al.*, 2023). El calostro coagulado se retrae rápidamente y se segrega junto a otros sustratos que componen el suero del calostro, en este caso similares a los del suero de la leche. Debido a esto, la caseína se retiene en el estómago de la cría un tiempo prolongado a diferencia del resto de las proteínas del suero (Miyazaki *et al.*, 2017). Una vez ya dentro del abomaso el calostro se divide en dos fracciones, la primera fracción es el coágulo formado por caseínas y grasa, mientras que en la segunda fracción está el suero conformado por lactosa, minerales y otras proteínas de la leche, como inmunoglobulinas y lactoglobulinas. (Guzmán & Olivera, 2020). El suero es rico en IgG y pasa rápidamente del estómago al intestino delgado sin degradar; no se usa como fuente de alimento por su baja actividad proteolítica y por la presencia de la tripsina que es un inhibidor y es 100 veces mayor en el calostro que en leche (Godden, 2008; Huertas-Molina *et al.*, 2020).

5.11.3 Absorción de calostro

La absorción intestinal inmediatamente después del nacimiento es transitoria y no selectiva; durante las primeras 24-36 horas, el intestino delgado del recién nacido está revestido con células epiteliales mucosas (enterocitos) altamente vacuoladas e inmaduras, permitiendo la absorción no selectiva de macromoléculas, incluidas IgG e IgA (Hurley & Theil, 2011; Ulfman *et al.*, 2018). Esta absorción no diferenciada cesa una vez que las células epiteliales maduras reemplazan a los enterocitos inmaduros, activando la barrera intestinal como la primera línea de defensa contra patógenos entéricos. El transporte de IgG en el enterocito es bidireccional, sugiriendo su papel en la vigilancia inmune y defensa de la mucosa intestinal. La IgG reciclada hacia el lumen intestinal contribuye a la protección

gastrointestinal contra la infección (Hernández *et al.*, 2019). La producción de IgA a nivel intestinal depende de la interacción entre células B y T y células dendríticas en el tejido linfoide asociado a la mucosa (TLAI). La IgA producida localmente se transporta a través de células epiteliales intestinales mediante el receptor polimérico de inmunoglobulina. La producción de calostro, influenciada por varios factores, es crucial para prevenir la falla de transferencia de proteínas (FTP) (Argüello & Castro, 2019; Lopez & Heinrichs, 2022).

5.11.4 Factores que influyen en la calidad y cantidad de calostro

La producción de calostro no es estándar, sino que varía de unos animales a otros, tanto en cantidad como en calidad. Asimismo, la ingestión y aprovechamiento del calostro tampoco es constante, va a depender de la cría (Ulfman *et al.*, 2018; Lopez & Heinrichs, 2022). Entre los factores que influyen en que el encalostado sea correcto destacan:

1. **Edad de la madre:** La producción óptima de calostro ocurre en hembras de 2 a 6 años, siendo menor en primíparas y cabras mayores. El calostro de las cabras multíparas contiene mayores concentraciones totales de inmunoglobulinas (Ig), IgA, IgG e interferón gamma (INF- γ) en comparación con el calostro de las cabras primíparas a las 0 horas postparto (Zhou *et al.*, 2021). Las hembras mayores pueden tener una concentración de inmunoglobulinas mayor debido a su exposición prolongada a agentes infecciosos (Gómez *et al.*, 2018).
2. **Número de crías nacidas:** En un estudio Zhou *et al.* (2021) menciona que, en cuanto al número de crías nacidas, las cabras que dieron a luz a gemelos presentaron mayores niveles de materia seca (MS), grasa, inmunoglobulinas totales (Ig total), IgG, interferón gamma (INF- γ) e interleucina-2 (IL-2) en el calostro a las 0 horas postparto, en comparación con las cabras que tuvieron un solo crío. Siempre que las madres mantengan una condición corporal aceptable, la producción de calostro es mayor en los partos múltiples que en los simples. La relación calostro total/número de neonatos es menor, es decir a mayor número de crías menor ingesta de calostro consumen (Elizondo-Tamez, 2021; Zhou *et al.*, 2021). Mientras que Kessler *et al.* (2019) en una

investigación menciona que el tamaño de la camada se asoció con cambios en la composición del calostro, excepto el contenido de IgG.

3. **Inmunización en la gestación:** Se ha demostrado que tanto las vacunas vivas modificadas como las inactivadas mejoran los títulos de anticuerpos en el calostro (Pravieux *et al.*, 2007). Para asegurar una adecuada transferencia de inmunidad pasiva a través del calostro y controlar enfermedades infecciosas específicas, se recomienda vacunar a las hembras preñadas aproximadamente 4 semanas antes de la fecha probable de parto (Lilius & Marnila, 2001; Zamuner *et al.*, 2024). Un estudio realizado por Auad, (2022) se inmunizaron cabras gestantes contra *C. pseudotuberculosis* las cuales produjeron niveles más altos de IgG en el calostro a diferencia de las cabras gestantes del grupo control.
4. **Nutrición y condición corporal de la madre:** La producción de calostro puede ser menor en cabras con una condición corporal baja. La suplementación alimenticia durante el último tercio de la gestación puede mejorar la producción de calostro y la supervivencia de los neonatos (Fiorimanti *et al.*, 2021).
5. **Raza de la madre:** Kessler *et al.* (2019) encontró diferencia significativa en las concentraciones de IgG en calostro entre cabras lecheras y de carne, las cabras de carne tienen una concentración más alta.
6. **Temperatura ambiente:** Las reducciones drásticas de temperatura pueden disminuir la cantidad de calostro ingerido y su absorción, lo que puede afectar la supervivencia de los neonatos, siendo los meses de invierno los más críticos.
7. **Comportamiento materno:** Un comportamiento materno inadecuado, especialmente en hembras primíparas o en partos prolongados y dolorosos, puede dificultar la ingesta temprana y adecuada de calostro por parte de los neonatos. En casos de partos múltiples, algunas madres pueden prestar más atención a una cría, dejando a las otras desatendidas. Es crucial disponer de instalaciones y atención adecuadas en estas situaciones para garantizar la supervivencia de todos los neonatos (Jiménez-Moreno, 2020).

5.11.5 Higienización del calostro

El calostro puede ser un medio de transmisión de diversos patógenos, ya sea por la descamación directa de la glándula mamaria, la contaminación después del ordeño o la proliferación bacteriana en el calostro almacenado de manera inapropiada (Falconi-Báez, 2018). El calostro, podría ser un medio propicio para diversos patógenos, requiere métodos de higienización para controlar enfermedades como la enfermedad de Johne y el virus de la artritis-encefalitis caprina (CAEV), entre los patógenos que pueden encontrarse en el calostro se incluyen *Mycobacterium avium ssp.*, *Escherichia coli*, *Campylobacter spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Mycoplasma spp.* y *Salmonella spp.* (Godden *et al.*, 2006; Cid & Muricio, 2018). El control inicial para asegurar un calostro con una baja carga bacteriana implica prevenir la contaminación durante el ordeño, almacenamiento y proceso de alimentación. Además, se pueden implementar estrategias para evitar la proliferación bacteriana en el calostro almacenado, como la refrigeración, el congelamiento y el uso de agentes conservantes como el sorbato de potasio en el calostro fresco (Martínez & Suárez, 2018). Un método adicional para reducir o eliminar los patógenos bacterianos, cuyo uso está en aumento, es la pasteurización del calostro fresco (Falconi-Báez, 2018).

5.11.6 Pasteurización de calostro

La pasteurización es un método ampliamente utilizado para tratar el calostro, pero las variaciones en la temperatura y el tiempo pueden afectar su eficacia y los componentes nutritivos (Argüello & Castro, 2019). Los métodos convencionales de pasteurización, como el de alta temperatura durante poco tiempo (75°C durante 15 segundos), pueden desnaturalizar hasta el 35% de las inmunoglobulinas, lo cual no es aceptable. En contraste, la pasteurización lenta a baja temperatura (60 minutos a 60°C) permite reducir la carga bacteriana sin comprometer el valor nutricional o la funcionalidad de las inmunoglobulinas y otras moléculas bioactivas (Godden *et al.*, 2006; Martínez & Suárez, 2018).

En un estudio realizado por Castro *et al.* (2005), se aplicaron dos métodos de pasteurización: uno a 56°C durante 60 minutos y otro a 57°C durante 10 minutos; observando una significativa reducción en las unidades formadoras de colonias y una

disminución del contenido de IgG en el calostro, del orden del 36,92% y 37,84%, respectivamente. Por otro lado, Trujillo *et al.* (2007) sugieren que los tratamientos térmicos convencionales a 56°C durante 60 minutos y a 63°C durante 30 minutos pueden garantizar la higiene y preservar en gran medida la concentración de IgG en el calostro caprino. Sin embargo, los tratamientos de alta presión, aunque efectivos para eliminar patógenos, pueden ocasionar pérdidas significativas de IgG en el calostro caprino (Trujillo *et al.*, 2007; Cid & Muricio, 2018).

5.12 Lactancia natural y lactancia artificial

En el periodo de lactancia, el rumen no está funcional y el esófago está conectado directamente al abomaso mediante la gotera esofágica. Durante las primeras dos semanas de vida, el rumen permanece inactivo y el retículo sigue en proceso de desarrollo. En los primeros dos días después del nacimiento, el calostro es fundamental para proporcionar energía y protección inmunológica al cabrito (Mondeshka *et al.*, 2022). Luego de este período y durante las siguientes ocho semanas de lactancia, la leche se convierte en el alimento más importante para garantizar la supervivencia y el desarrollo adecuado del cabrito. Posteriormente, el cabrito comenzará a explorar alimentos sólidos, dando inicio al proceso de la rumia (Gutiérrez, 2007; Steffen *et al.*, 2021). El tipo de lactancia y el alimento proporcionado pueden variar según el sistema de producción, pero lo más importante es asegurar el desarrollo óptimo de las crías, ya sea a través de la lactancia natural o artificial (Vázquez-Briz *et al.*, 2015).

La lactancia natural es un proceso que ocurre durante los primeros meses de vida de la cría, durante el cual permanece junto a su madre y se alimenta directamente de ella, aprovechando la leche que esta produce. Esta práctica es ampliamente empleada en sistemas de producción caprina extensivos y, en consecuencia, es preferida en el país debido a su bajo costo en comparación con la lactancia artificial (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009; Simonetti *et al.*, 2019). En algunos casos como la muerte de la madre, la no aceptación a su cría o la falta de producción de leche dificulta llevar a cabo la lactancia natural, por lo que se recurre a la lactancia artificial, en donde se utilizan biberones para

alimentar a las crías después del parto y hasta alcanzar el destete, pudiendo utilizar leche de cabra o sustitutos lácteos (Vázquez-Briz *et al.*, 2015; González-Cuéllar, 2020). La lactancia artificial ha ganado popularidad en la cría caprina debido al aumento en la demanda de productos lácteos de cabra. Sin embargo, la lactancia natural sigue siendo preferida en muchos casos, ya que permite que los cabritos permanezcan junto a sus madres, lo que conduce a ganancias de peso diarias más altas en un período de tiempo más corto (Sandoval-Palacios, 2020). Esto se refleja en un mejor rendimiento de las canales de cabrito y en las hembras de reemplazo, a que alcancen un 70 a 75% del peso racial al destete, ideal para llegar a la pubertad. Además, la lactancia natural ayuda a reducir el estrés asociado con el destete, disminuyendo las pérdidas de peso. En contraste, la lactancia artificial puede reducir la transmisión de enfermedades infecciosas a través del calostro y disminuir el desgaste de la glándula mamaria, lo que prolonga la vida útil de la hembra (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009; González-Cuéllar, 2020). Es crucial tener en cuenta que los cabritos son extremadamente sensibles a los cambios en la cantidad de leche suministrada, temperatura, frecuencia y horario de las tomas. La falta de atención a estos puntos críticos puede resultar en trastornos digestivos graves y una alta mortalidad antes del destete (González-Cuéllar, 2020). Por lo tanto, al implementar la lactancia artificial, es indispensable seguir ciertas prácticas de manejo, como calentar el alimento, ya sea leche o sustituto lácteo, a una temperatura entre 37 y 39°C, lavar las mamilas o utensilios después de cada alimentación, alimentar a las crías tres veces al día, especialmente durante las primeras semanas después del parto (Arriaga, 2007; Simonetti *et al.*, 2019).

Cualquiera de ambos sistemas de lactancia que se utilice debe incluir alimentos que vayan proporcionando nutrientes necesarios para el desarrollo del cabrito, durante la lactancia se debe complementar la alimentación del cabrito con alimento sólido. Aunque los cabritos sean mantenidos bajo un sistema de lactancia artificial, siempre será necesario suplementar a las crías para mejorar las ganancias de peso (Carreras, 2012; Steffen *et al.*, 2021).

5.13 Condición corporal de la madre

La condición corporal es un método subjetivo que valora el grado de engrosamiento del animal vivo como expresión de la energía útil que dispone para los procesos productivos, resultantes del plan de alimentación, es esencial para su salud y productividad. Se evalúa mediante observación y palpación en puntos específicos del cuerpo, como la base o inserción de la cola, vértebras lumbares, esternón, y costillas. Sin embargo, el lomo y el esternón son los más utilizados, se realiza la valoración otorgando la puntuación escala de 1 a 5 puntos (Fiorimanti *et al.*, 2021).

Durante el último tercio de la gestación se produce un aumento exponencial del 70% de crecimiento del feto, con lo cual también lo hacen las necesidades nutricionales, si en esta fase la cabra sufre carencia energética pierde tejido de las ubres lo que puede afectar la producción de leche y el éxito reproductivo y afectara considerablemente el crecimiento de los cabritos recién nacidos (Köbrich *et al.*, 2021). Mantener una buena condición corporal garantiza un parto exitoso y una producción láctea adecuada, se ha demostrado que las hembras con mayor puntaje de condición corporal demuestran un mejor desempeño individual y de sus crías. Podemos relacionar la condición corporal con el peso corporal y rasgos reproductivos como son, el tamaño de la camada, tasa al destete, peso al nacer y peso al destete de las crías y puede mejorar la productividad de la hembra, se recomienda que la PCC de las hembras al reproducirse sea de 3 a 3.5 para garantizar una buena productividad (Jimeno *et al.*, 2003; Vatankhah & Salehi., 2010; Pérez & Medina, 2021).

5.14 Ganancia de peso en cabritos

Las crías con bajo peso al nacer tienen una menor madurez inmunitaria y pueden tener dificultades para ingerir la cantidad adecuada de calostro. Los cabritos demasiado grandes pueden enfrentar problemas durante el parto y mostrar menor vitalidad. Diversos trabajos han demostrado la relación existente entre el peso al nacimiento de los corderos o cabritos y la mortalidad perinatal. En cabritos con menos de 1 kg de peso vivo al nacimiento sobreviven el 30 - 37%; entre 1 - 2 kg el 69% y el 98% entre 2 - 3 kg. Estos datos son variables en función de la raza, manejo, tipo de explotación, etc. (Jiménez-Moreno, 2020).

El peso al nacimiento de los cabritos influye directamente en el peso que alcancen al destete, para ser seleccionados como pie de cría, para las hembras puede influir en el momento en que podrá seleccionarse para gestar, en el caso de los machos influye en el tiempo que dan sus primeras montas como sementales o en cuanto alcanzan el peso vivo necesario para un buen rendimiento en canal (Contreras-Villarreal *et al.*, 2022). Dentro de los factores que pueden afectar el peso al nacimiento son las siguientes:

1. **La raza**, ya que entre las razas lecheras y cárnicas existen diferencia de pesos al nacimiento. En razas lecheras se considera que el peso de un cabrito es una quinceava parte del peso racial adulto, es decir, de 3.2 a 3.4 kg en promedio (Pérez & Medina, 2021).
2. El **sexo de las crías**, la diferencia entre el tamaño y peso de hembras y machos es una característica de la mayoría de las especies domésticas es, tanto en su peso al nacimiento, como en el peso al destete.
3. El **tipo de parto**, investigaciones registran que el peso al nacer de las crías se puede ver afectado por el número de crías que nazcan en un sólo parto. Al ser un parto cuatero el espacio compartido en el útero de la hembra se verá compartido y una de las crías puede abarcar más espacio restringiendo el espacio para que la otra cría tenga un crecimiento adecuado a diferencia de un parto donde una única cría tenga el espacio para desarrollarse libremente (Chacón-Hernández & Boschini-Figueroa, 2016).

5.15 Herramientas para evaluar la calidad del calostro

Existe una serie de métodos, tanto indirectos como directos, para determinar la concentración de inmunoglobulinas del calostro. Dentro de los métodos directos se encuentra el ensayo de inmunodifusión radial (RID) y ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA), en los métodos indirectos están el calostrometro y el refractómetro Brix

5.15.1 Ensayo de inmunodifusión radial (RID)

El ensayo de inmunodifusión radial (RID) permite medir los niveles reales de IgG en el calostro y es considerado el método más preciso para evaluar su calidad. En este proceso, el antígeno precipita al reaccionar con el anticuerpo, formando un anillo de precipitado cuyo diámetro es proporcional a la cantidad de antígeno presente. Midiendo el diámetro del halo y comparándolo con una curva estándar de concentraciones conocidas, se puede determinar con precisión la cantidad de antígeno en muestras desconocidas. Este método se utiliza con frecuencia en ensayos experimentales debido a su alta precisión. Sin embargo, su uso presenta algunas desventajas, como su elevado costo y la tardanza en obtener los resultados, que generalmente demoran más de 48 horas (Chigerwe *et al.*, 2008; Saleski *et al.*, 2017), por lo cual se puede que el RID no sea práctico para medir la calidad del calostro en campo.

5.15.2 Ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA)

La prueba ELISA permite determinar cuantitativamente la concentración de anticuerpos o antígenos utilizando uno en fase sólida y el otro en solución. Generalmente, el material fijado en la fase sólida es el que se desea medir (Miceli *et al.*, 2023). El ensayo comienza con la adición de la muestra de calostro a un pocillo que contiene el primer anticuerpo fijado. Si la muestra contiene IgG, ésta es atrapada por los anticuerpos del pocillo. Después de un periodo de incubación, la muestra se retira y el pocillo se lava. Luego, se añade un segundo anticuerpo conjugado con peroxidasa. Si el primer anticuerpo ha retenido IgG, el segundo anticuerpo se une a la IgG, formando un "sandwich". Si no hay IgG, el segundo anticuerpo no se unirá y será eliminado en los lavados. Finalmente, se añade un sustrato enzimático; si el análisis es positivo, la enzima cataliza una reacción que produce un producto de color visible y cuantificable y si es negativo, no se forma el complejo, y no se produce color (Mata *et al.*, 2001; Romero *et al.*, 2014). Sin embargo, el proceso puede ser extenso y requiere personal capacitado y equipo especializado, lo que puede limitar su uso en algunos laboratorios y factores como la temperatura, el tiempo de incubación pueden afectar la precisión de los resultados.

5.15.3 Calostrómetro

El calostrómetro es un instrumento hidrométrico que relaciona la densidad específica del calostro con la concentración de inmunoglobulinas, basándose en la flotabilidad del instrumento. A mayor concentración de IgG en el calostro, este será más denso, lo cual resultará en una mayor gravedad específica y hará que el calostrómetro flote más (Matamala, 2014). Sin embargo, este método presenta la desventaja de ser inexacto a diferentes temperaturas, ya que puede sobrestimar la calidad del calostro bajo estas condiciones.

5.15.4 Refractómetro grados Brix

En las producciones lecheras para determinar la calidad del calostro actualmente el método más utilizado es el calostrómetro, este es un instrumento frágil y puede existir imprecisión debido a que la medición se ve afectada por la temperatura, además de ser un método lento de evaluación (Silva, 2013). Se considera al refractómetro como un instrumento mucho menos frágil que el calostrómetro, que puede quebrarse fácilmente, es un método barato, rápido y requiere el mínimo de equipo y experiencia del personal (Heinrichs & Jones, 2011).

El refractómetro es una herramienta práctica cuya función determina sólidos solubles en líquidos, se mide la cantidad de luz que se refracta al traspasar una muestra. En el calostro los principales sólidos solubles son IgG, a mayor sea la concentración de IgG en el calostro, mayor va a ser la refracción de la trayectoria de la luz (Gross *et al.*, 2014). Existen refractómetros digitales y ópticos, ambos con resultados similares, siendo los digitales más simples de utilizar; la sensibilidad y especificidad del instrumento es de un 90 – 92.5% digital y 80 - 85% óptico (Bielmann *et al.*, 2010). El refractómetro debe calibrarse con la escala de Brix para determinar la calidad del calostro, con esa escala se mide la cantidad de sacarosa que contiene una solución, pero cuando dicha solución no contiene sacarosa el refractómetro estima la cantidad de sólidos totales (Quigley *et al.*, 2013). Dentro de la escala grados Brix se considera un calostro de buena calidad si cuenta con más de 22% grados Brix, considerando una concentración de inmunoglobulinas mayor a 50 mg/ml, a un calostro que cuente con un porcentaje Brix entre 20 y 22% se le consideró una concentración de

IgG de 20 a 50 mg/ml y se clasifica como de calidad regular, si el calostro presenta un valor Brix que es menor a 20% el calostro es clasificado como de calidad baja ya que este cuenta con una concentración menor a 30 mg/ml de IgG (Bielmann *et al.*, 2010; Matamala, 2014).

5.16 Opinión sobre los resultados

Al llevar a cabo esta revisión de literatura, se identificaron varios estudios en el extranjero que exploran el uso del refractómetro Brix como herramienta para estimar la calidad de las IgG presentes en el calostro. Esta herramienta puede complementarse con análisis de IgG en suero en cabritos, con el fin de determinar si existe una correlación entre los niveles de inmunoglobulinas en la sangre y en el calostro consumido. También se puede relacionar el contenido de IgG en el calostro producido por la madre con sus niveles séricos de IgG antes del parto. Además, se pueden estudiar diferentes métodos de pasteurización del calostro, considerando variaciones en temperatura y tiempo, así como sus efectos en la carga bacteriana, el contenido de IgG y los niveles séricos de IgG en cabritos después de consumir el calostro.

En México, la investigación en caprinocultura es limitada en comparación con otras especies de producción, lo que ha llevado a que muchos métodos aplicados a los caprinos se basen en prácticas usadas en bovinos. Aunque ambas especies son rumiantes y productoras de leche, esto no implica que sus parámetros sean equivalentes. A pesar de que se cuenta con una población significativa de esta especie, la cultura sobre su explotación no ha tenido el desarrollo adecuado, es necesario fomentar el interés del gremio veterinario y del ámbito de investigación para estudiar más a fondo esta especie, generando así parámetros y escalas propios. Si como veterinarios mostramos un mayor interés en los caprinos, podemos motivar a los productores, tanto pequeños como grandes, a verlos como una especie de producción relevante. Al productor tal vez no le preocupe inicialmente si el calostro tiene un alto nivel de IgG o si es mejor pasteurizarlo, ni si es necesario realizar pruebas complementarias para conocer los niveles de IgG sérico en cabritos. Sin embargo, como veterinarios, es nuestro deber educar progresivamente al productor, asesorándolo en la implementación de un buen manejo sanitario, planes de alimentación, medicina preventiva, vacunación, desparasitación y un manejo adecuado durante la gestación, el parto y la recepción de las crías. Estas prácticas mejorarán la calidad del calostro dentro

del rebaño, ofreciendo beneficios visibles para el productor. Con el tiempo, se podrá sugerir la incorporación de ejemplares con mejor genética y de menor edad, lo cual contribuirá a fortalecer la caprinocultura en México, dándole un lugar más destacado en la producción y dejando atrás su percepción como actividad de traspatio.

6 Estudio de Caso

6.1 Localización

El estudio se realizó en el rebaño caprino del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA), perteneciente a la FMVZ de la UNAM, ubicado en Tequisquiapan, Querétaro. Es un centro de enseñanza que busca contribuir con la enseñanza, investigación y extensión de la producción animal a través del desarrollo de modelos prácticos productivos con bovinos, caprinos, ovinos, tanto lecheros como cárnicos; brindar servicios de diagnóstico en salud animal; asimismo evaluar especies pecuarias alternativas como el ciervo rojo. Todo lo anterior mediante sistemas de autogestión forrajera y sus posibles alternativas.

6.2 Especie Caprina

El rebaño caprino con el que cuenta el centro de enseñanza es un inventario de 300 cabezas caprinas de las razas Alpino Francés, Toggenburg, Saanen y Boer, entre algunas cruza. El principal objetivo del rebaño es la producción lechera, la cual destina para su uso en el departamento de lácteos en la elaboración de derivados lácteos para su venta, además de que en los animales se realiza investigación de trabajos a nivel licenciatura y posgrado como el estudio del control de Artritis Encefalitis Caprina.

6.3 Sistema de Producción y alimentación

El área de caprinos del CEIEPAA de la UNAM es un sistema de producción semi-intensivo (Figura 1. A), la alimentación del rebaño se basa en un 80% pastoreo en praderas de alfalfa, 20% ensilado de maíz y alimento industrial concentrado (Figura 1.B), dependiendo la disposición del alimento por temporal se les ofrece avena.

6.4 Manejo del rebaño

Se encuentran lotificado basado en la edad y el estado fisiológico de las cabras en las instalaciones. Los corrales asignados como de ordeña están designados para las cabras que han destetado a sus crías o por otra circunstancia ya no tienen que dar lactancia natural a sus crías. Estos corrales son ordeñados una vez al día durante lo que dura su periodo de lactancia. Además, existen corrales separados para sementales jóvenes y adultos, así como para cabras vacías o preñadas, tanto adultas como jóvenes. También existe un corral específico para la lactancia natural, donde los cabritos son destetados a los 60 días de edad en donde solo se permiten las hembras consideradas como pie de cría y algunos machos seleccionados para futuros sementales. Los machos restantes son vendidos al mercado de carne de cabrito a las dos semanas de nacidos. Por último, se han habilitado corrales externos para la lactancia artificial, con el propósito de llevar a cabo investigaciones específicas.

6.4 Plan de Medicina Preventiva

El rebaño es un hato libre de Brucella desde el año 2017, se aplica anualmente una bacterina contra *Clostridium*, *Mannhemia haemolytica* y *Pasteurella multocida*. Además de la vitamización y desparasitación, antes del manejo reproductivo, después del parto, al momento del destete, previo a entrar a ordeño y al terminar su temporada de lactancia.

6.5 Manejo reproductivo del rebaño

El CEIEPAA tiene como objetivo mantener un ciclo de lactancia constante y garantizar la disponibilidad de cabras para la reproducción. Para lograr una mayor eficiencia reproductiva a lo largo del año, se emplean técnicas de sincronización del celo en períodos en los que biológicamente las cabras están en anestro.

La sincronización se lleva a cabo mediante el uso de dispositivos intravaginales que contienen Progesterona (Figura 2.A). Estos dispositivos tienen la función de inhibir las hormonas GnRH, FSH y LH, regulando así el ciclo estral y la ovulación. Se dejan en su

lugar durante un período de 5 días, tras los cuales se retiran y se administra Gonadotropina coriónica equina (eCG) por vía intramuscular. Este tratamiento estimula el crecimiento folicular y aumenta la ovulación. Con este manejo, se espera que las hembras presenten celo dentro de las siguientes 42-72 horas, lo que permite introducir al macho para la monta natural (Figura 2.B) o llevar a cabo la inseminación artificial (Figura 2.C).



Figura 1. Manejo alimenticio en caprinos. A) Cabras lecheras en pastoreo dentro de praderas de alfalfa; B) Complementación de dieta con ensilado de maíz. Fuente: Obtención en trabajo de campo, 2023.



Figura 2. Manejo reproductivo en caprinos. A) Dispositivo intravaginal CIDR (Controlled Internal Drug Release); B) Manejo reproductivo en caprinos con monta natural; C) Manejo Reproductivo en caprinos con inseminación artificial por vía cervical. Fuente: Obtención en trabajo de campo, 2023.

6.6 Grupo de Estudio

Se utilizó un grupo con un total de 26 cabras lecheras preñadas próximas a parto, múltiparas, en un rango de edad dentro de los 4-11 años, con un peso de ≥ 40 kg de peso, de razas Alpino Francés, Toggenburg y Saanen.

La fecha probable de parto se calculó sumando 145 días a la fecha de monta, por lo que una semana previa al parto se mantenían lotificadas para evitar complicaciones con un parto en pradera. Dentro del rebaño caprino se tiene un estudio para el control de virus AEC por lo que cierto número de crías fue seleccionado para lactancia artificial (Figura 3.A) y eran separadas de las madres una vez salían del canal de parto, aquellas que no eran seleccionadas se dejaban en lactancia natural (Figura 3.B). Por manejo del rebaño solo se consideraron a las hembras debido a que los cabritos se vendieron lechales. Las crías que se evaluarán en este grupo de estudio (23 crías hembras) entraron en un periodo de lactancia de 60 días previo al destete. Durante el tiempo que se evaluó el grupo de estudio hubo cuatro bajas por mortalidad, tres lactancias naturales y una lactancia artificial. Los resultados de necropsia arrojaron como resultado dos bajas por *Mycoplasma*, una baja por neumonía y una por septicemia.



Figura 3. Manejo post parto en cabritos. A) Cabrito dentro de lactancia artificial; B) Cabrito dentro de lactancia natural; C) Atención de distocia en parto caprino. Fuente: Obtención en trabajo de campo, 2023.

6.7 Toma de muestras

Al momento del parto se supervisaba en caso de ser, o no, una distocia (Figura 3.C), cuando las crías eran expulsadas correctamente, antes de que estas mamaran calostro se tomaba un tubo vacutainer de tapón rojo y se llenaba con una muestra de calostro de cada

medio de la glándula mamaria, se tapaba y rotulaba con la identificación de la madre e inmediatamente se transportaba al laboratorio para ser analizado a la brevedad (Figura 4.A).

A la par era registrada la condición corporal de la madre al momento del parto, así como el registro de su edad y tipo de parto. En la cría se registra el sexo y su peso al nacimiento.

6.8 Registro de Crías y administración de calostro

Después de limpiar y secar a las crías, se realizaba la identificación individual, tomando el peso al nacer y desinfectando el ombligo. Si las crías iban a ser alimentadas mediante lactancia natural, se supervisaba que pudieran ponerse de pie y que tuvieran un buen agarre del pezón de su madre para ingerir el calostro adecuadamente.

En el caso de las crías seleccionadas para la lactancia artificial, se les suministraba calostro pasteurizado que previamente había sido analizado y cumplía con los requisitos de calidad ($\geq 20\%$ grados Brix). Este calostro se almacenaba en bolsas de cierre en el congelador en cantidades de aproximadamente 500 ml. Para descongelarlo, se colocaba en un baño maría a una temperatura no superior a los 45°C , y se administraban dos tomas de 250 ml, espaciadas entre 1 hora o 30 minutos.

Se manejó un periodo de lactancia que duro 60 días en ambos grupos, natural o artificial, tomando el peso final al destete. Una vez teniendo el peso al nacimiento y peso al destete, se obtuvo la ganancia de peso diaria restando el peso final del peso inicial entre los días del periodo de lactancia.

6.9 Análisis de muestras

Al obtener las muestras inmediatamente en el laboratorio se llevan a evaluación, para disminuir el margen de error, se realizó este procedimiento dos veces por cada muestra con un refractómetro Brix óptico (Figura 4.C) y un refractómetro Brix digital marca HANNA HI96801 (Figura 4.B).

Para medir con el refractómetro óptico se realizan los siguientes pasos:

1. Se limpia el prisma con gotas de agua destilada y con un paño de tela suave.
2. Depositar alrededor de tres gotas de la muestra de calostro en el prisma del refractómetro Brix.
3. Cerrar el cubreobjetos del prisma para distribuir uniformemente la muestra sobre toda la superficie del prisma, evitando burbujas de aire.
4. Sostener viendo el visor en dirección a una fuente de luz, determinamos dónde termina el área blanca y donde comienza el área azul, la cual indica los grados Brix que contiene la muestra, en ese punto donde cambia la coloración revisamos el valor numérico correspondiente y registramos.
5. Limpiar con agua destilada y secamos un paño suave, para evitar queden restos de calostro que puedan alterar el resultado de las muestras siguientes.

Para la medición con el refractómetro Brix digital HANNA HI96801 se debe guiar de los siguientes pasos:

1. Primero se debe de encender y coloca una gota de agua destilada en el prisma.
2. Se procede a calibrar pulsando la tecla ZERO, tenemos que obtener cero (0.0), si no aparecen mensajes de error, el refractómetro esta calibrado.
3. Se da lectura, con un paño de tela suave retiramos el agua destilada y depositamos una gota de calostro que cubra el prisma pulsando la tecla READ, la medición se mostrara en unidades de % BRIX y registramos el valor que de la lectura.



Figura 4. Evaluación de calostro caprino. A) Muestra de calostro caprino en tubo vacutainer para ser procesado en laboratorio; B) Lectura en refractómetro Brix digital HANNA HI96801; C) Escala grados Brix en refractómetro óptico. Fuente: Obtención en trabajo de campo, 2023.

6.10 Pasteurización del Calostro

El proceso de pasteurización del calostro caprino consiste en la recolección, pasteurización, almacenamiento y administración. Siguiendo la recomendación de investigaciones realizadas por Trujillo *et al.* (2007); Cid & Muricio, (2018); Argüello & Castro, (2019) acerca de tratamientos térmicos convencionales a 56°C durante 60 minutos y a 63 °C durante 30 minutos capaces de garantizar la higiene y preservar en gran medida la concentración de IgG en el calostro caprino, el método de pasteurización es empleado siguiendo los pasos a continuación:

1. La recolección del calostro se realiza inmediatamente después del parto, siguiendo un protocolo completo de ordeño y manteniendo estrictas medidas de higiene para prevenir la contaminación. Se utilizan recipientes específicos y desinfectados para la recolección, evitando la contaminación cruzada.
2. Se procede a la pasteurización del calostro colocándolo en una pasteurizadora a baño maría, asegurándose de que alcance una temperatura de 60°C (Figura 5.A). Se mantiene a esta temperatura durante una hora, agitando suavemente el calostro cada 15 minutos para evitar la coagulación.
3. Una vez completada la pasteurización, se pasa a la fase de enfriamiento. Se toma una muestra del calostro para medir su contenido de grados Brix con un refractómetro, lo que confirma su calidad.

4. El calostro pasteurizado se almacena en una doble bolsa tipo ziploc en congelación (Figura 5.B), etiquetada con la identificación de la madre, los grados Brix del calostro y la fecha de pasteurización. Esta muestra no debe ser administrada hasta después de transcurridas 24 horas.

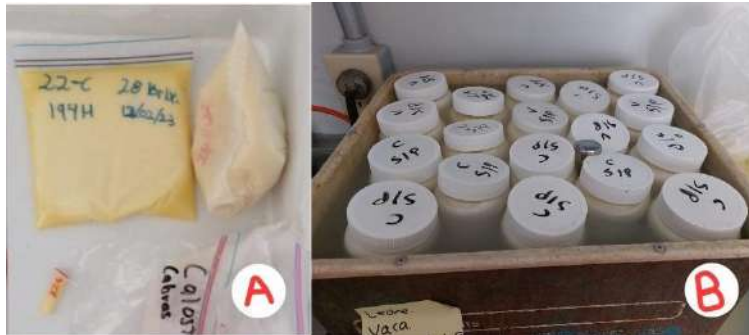


Figura 5. Manejo de calostro caprino. A) Pasteurización de Calostro caprino en baño María; B) Muestra de Calostro caprino pasteurizado y etiquetado. Fuente: Obtención en trabajo de campo, 2023.

7 Evidencias

Al muestrear un total de 26 cabras, la evaluación de la calidad del calostro en relación a los grados brix tomada por refractometría (Figura 14) mostro que 54% (15 cabras) de los calostros cuentan con un rango de calidad buena, con promedio de 28.7°Bx, mientras que un 11% (3 cabras) se consideraria como de calidad medio o regular con 21.5°Bx y finalmente el 35% (8 cabras) podra clasificar de mala calidad con un promedio de 16.07°Bx. Lo anterior indica que dentro del grupo de estudio se obtuvo una buena calidad del calostro analizado en escala de grados brix.

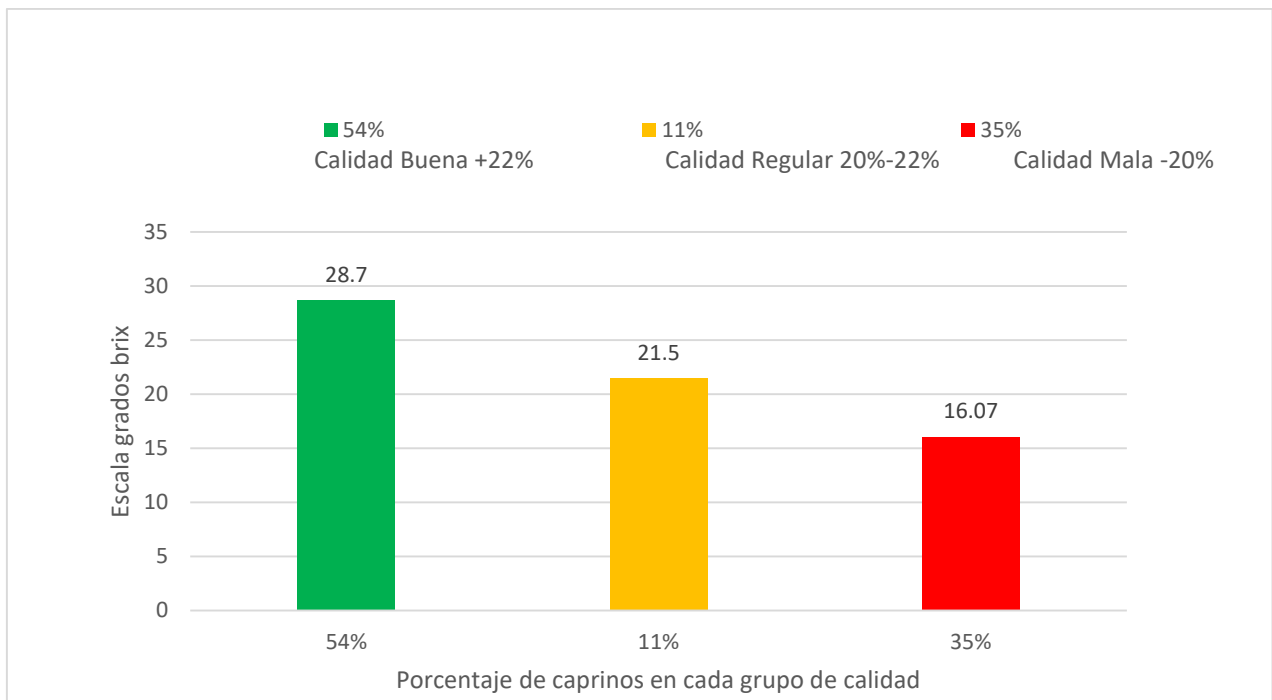


Figura 6. Promedio de grados brix que presentaron en calostro tomado con refractometro Brix y porcentaje de cabras dentro del estudio de caso, clasificadas de acuerdo al tipo de calidad en calostro.

La relación de la calidad del calostro con la condición corporal (Figura 15) se puede observar que un 39% (10 cabras) presentó una condición corporal de 3; dentro de este porcentaje un 35% (9 cabras) también representa que los calostros de las cabras en condición corporal 3 son de buena calidad. A su vez otro 39% (10 cabras) presentó una

condición corporal de 2, dentro de las cuales un 23% (6 cabras) cuentan con calostros de mala calidad y con un 12 % (3 cabras) de buena calidad. Para la condición corporal de 2.5 se tiene un 24 % (6 cabras) cuyos calostros se encontraron equitativamente en cuanto a su calidad. Las cabras con una condición corporal de 3, que es más óptima, produjeron calostro de mejor calidad en comparación con aquellas con una condición corporal inferior. En el grupo con condición corporal de 2, hay una mayor proporción de calostro de mala calidad.

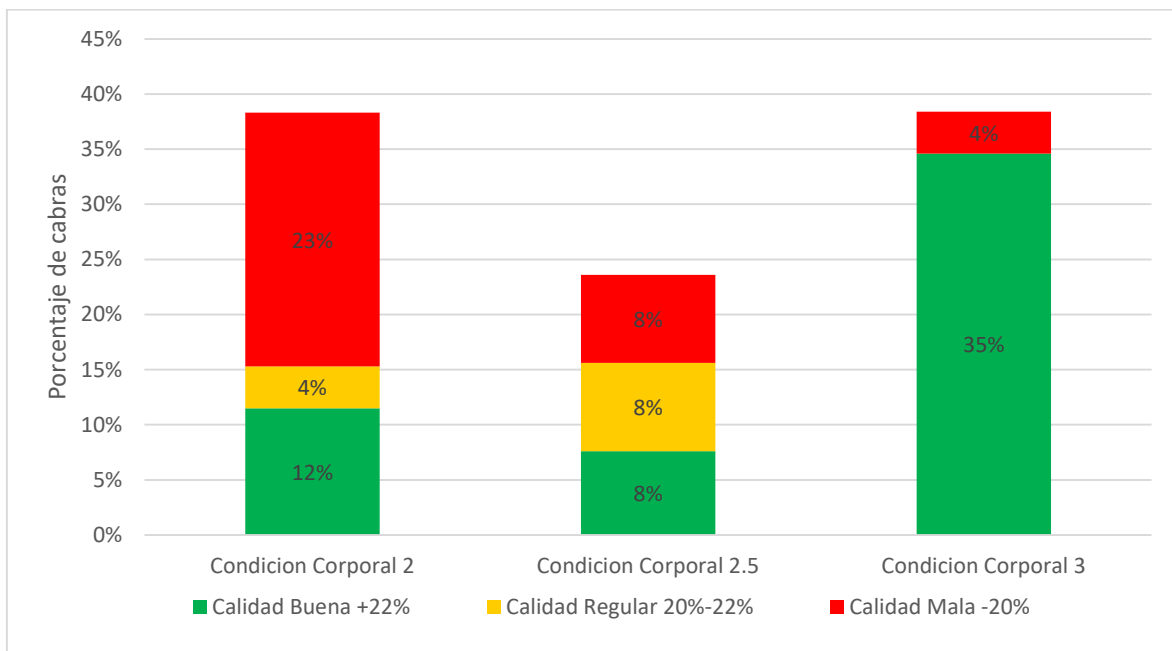


Figura 7. Calidad de grados brix presente en calostro caprino con relación al porcentaje de cabras dentro de los grupos de Condición Corporal en el grupo de estudio.

De acuerdo a la edad de las cabras (Figura 16) en el estudio se observa que un 66% (17 cabras) se encuentra en un rango de 4 y 5 años, presentando calostros con promedios de 29°Bx en buena calidad, 21.5°Bx con una calidad regular y 15.44°Bx con mala calidad. Se observa que un 19% (5 cabras) está dentro del rango de 6 a 9 años contando con un calostro de buena calidad de 26.7°Bx promedio y 16°Bx promedio en calostro de mala calidad. En el último rango de edades tenemos un 15% (4 cabras) dentro de 9 a 11 años, los cuales

tuvieron un promedio de 31.5 °Bx siendo calostro de buena calidad y un promedio de 17.75 grados brix en calostro de mala calidad.

El estudio indica que la edad de las cabras afecta la calidad del calostro, siendo las cabras más jóvenes (4 - 5 años) más variables en la calidad, con calostros de buena calidad, pero también con calostros de mala calidad, mientras que las cabras mayores (9 - 11 años) tienden a producir un calostro de mejor calidad en promedio.

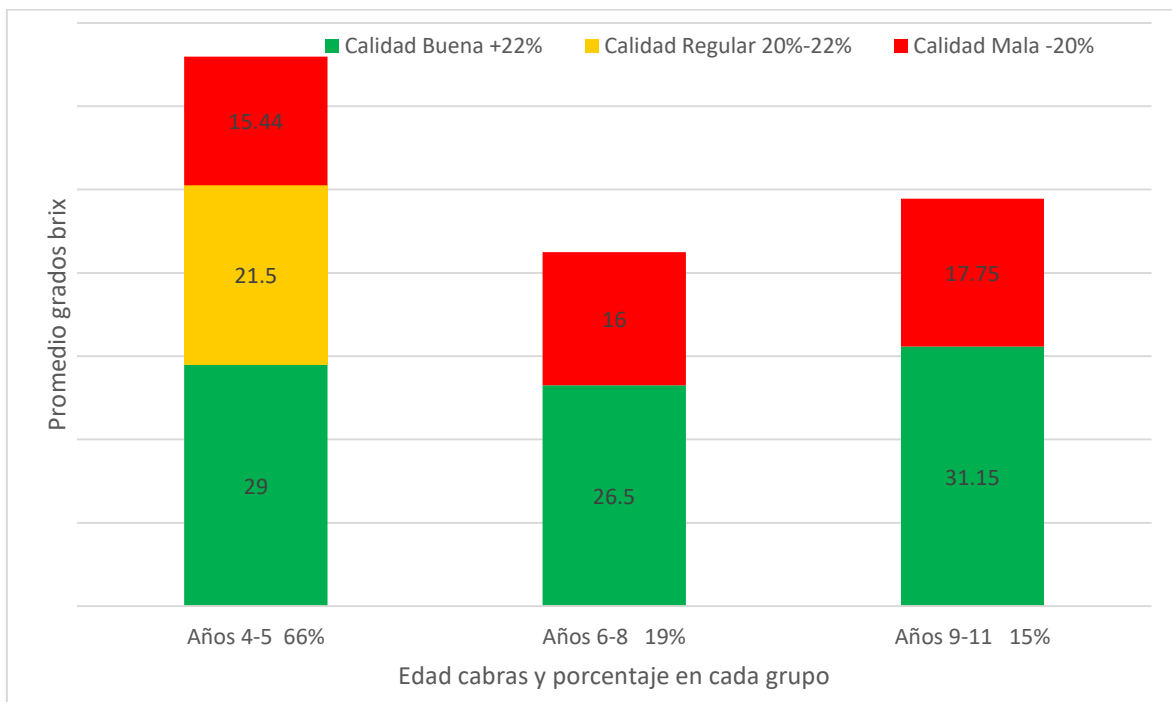


Figura 8. Calidad y promedios de grados brix presente en calostro caprino con relación a la edad de la madre.

Dentro del caso de estudio se pudo evaluar un pequeño lote de las crías (23 crías) las cuales se dividieron en dos grupos de acuerdo con el tipo de lactancia que reciben; artificial o natural. Las variables para evaluar fueron grados brix del calostro ingerido, peso al nacer y peso al destete (Figura 17). El 61% (14 crías) entro en lactancia artificial donde se obtuvo un promedio de 24.94°Bx en el calostro que consumieron, el promedio de peso al nacer fue de 3.18 kg y de 10.87kg promedio en peso al destete. Mientras que un 39% (9 crías) de

cabritos tuvieron lactancia natural con un calostro consumido de 23°Bx promedio, un promedio de 3.2 kg de peso al nacimiento y de 14.07 kg de peso al destete. Aunque entre los cabritos alimentados con lactancia natural y los cabritos de lactancia artificial no hubo diferencia significativa entre calostros ingeridos y peso al nacimiento, los que entraron en lactancia natural mostraron un mayor aumento de peso al destete en comparación con los que recibieron lactancia artificial. Esto indica que, a pesar de la similar calidad del calostro, la lactancia natural podría ofrecer beneficios adicionales en términos de crecimiento y desarrollo.

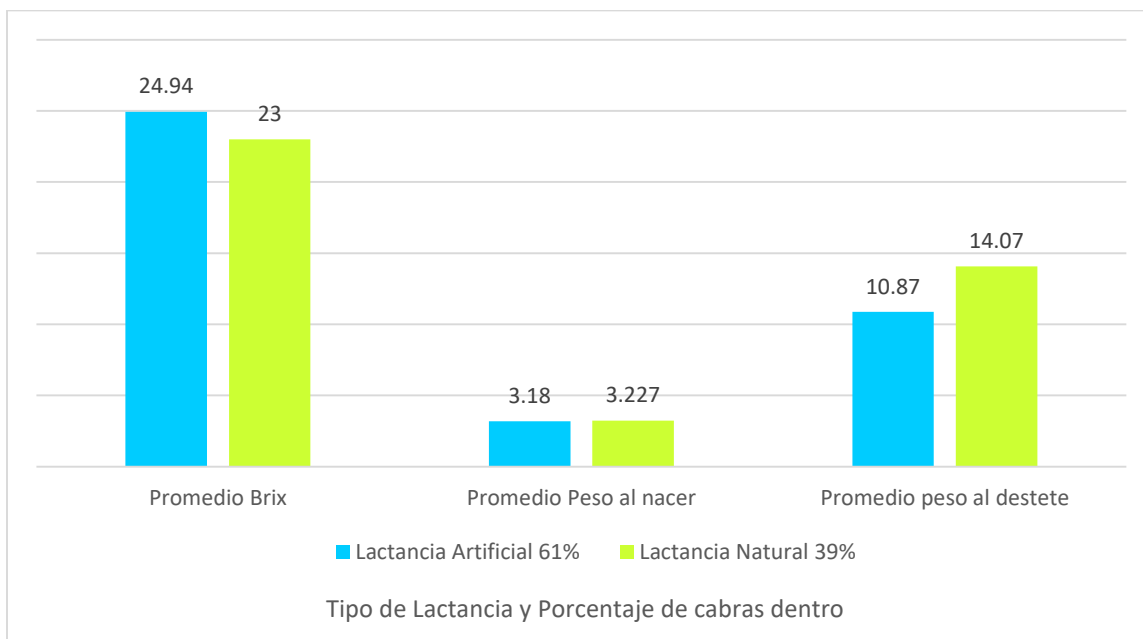


Figura 9. Promedios de grados brix en calostro consumido, peso al nacimiento y peso al destete en cabritos de acuerdo al tipo de lactancia; artificial o natural.

Con relación a la calidad del calostro y el tipo de parto (Figura 18) en el grupo de estudio tenemos que un 65% (17 cabras) presentaron partos gemelares, donde se obtuvieron promedios del calostro producido, teniendo un promedio de 29.6°Bx de buena calidad, 21.8°Bx con calidad regular y 14.9°Bx con mala calidad. Con parto sencillo tenemos un porcentaje del 35% (9 cabras), al evaluar la calidad de su calostro se obtuvo que como promedio presentan un 23.6°Bx de buena calidad, 21.3°Bx de calidad regular y 17.04°Bx de mala calidad. De acuerdo a estos resultados se sugiere que las cabras con partos gemelares

tienden a producir calostro de mejor calidad en promedio en comparación con las cabras con partos sencillos. A pesar de esto, la calidad del calostro en ambos grupos no tiene diferencias, indicando que el parto gemelar no garantiza consistentemente una calidad superior del calostro.

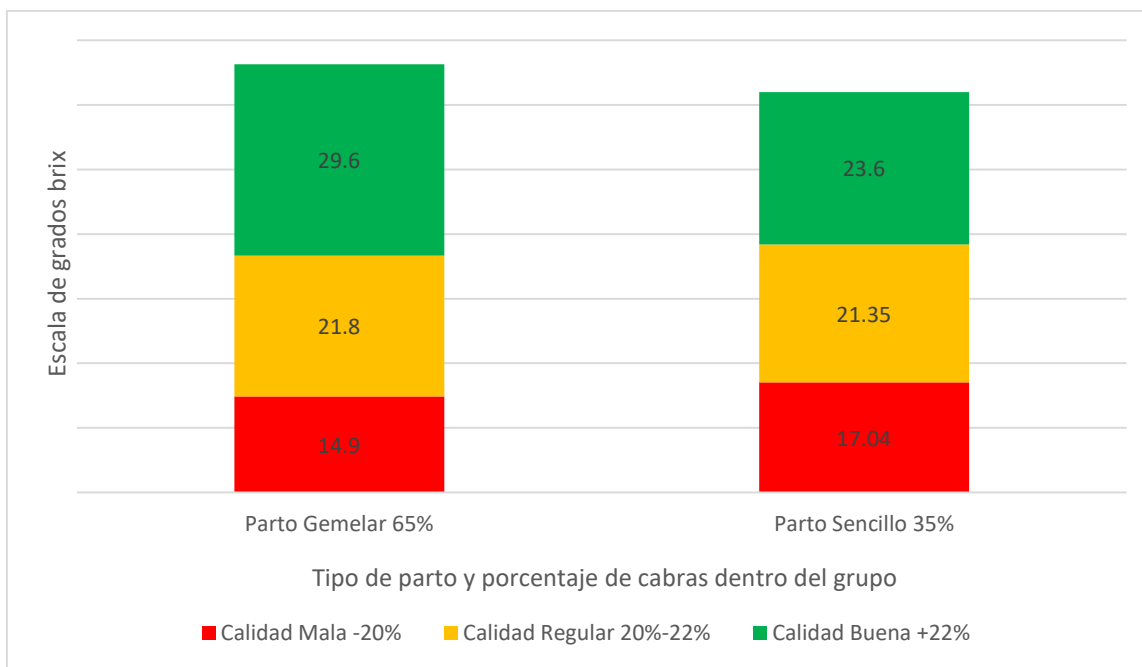


Figura 10. Calidad y promedios de grados brix presente en calostro caprino con relación al tipo de parto.

8. CONSIDERACIONES CASO DE ESTUDIO

El estudio sobre la calidad del calostro en cabras, medido en grados Brix, mostró valores altos en general, lo que indica una buena calidad. Se encontró que la calidad del calostro está relacionada con la condición corporal de las cabras: aquellas con una condición corporal de tres (3) producían mejor calostro que las de condición corporal dos (2). También se observó que las cabras con partos gemelares tienden a producir calostro de mayor calidad, aunque no se observaron diferencias en la respuesta (peso, kg) de las crías. Al comparar métodos de lactancia, no hubo diferencias en el calostro ingerido ni en el peso al nacer, pero los cabritos con lactancia natural mostraron mayor aumento de peso al destete. Además, las cabras más viejas (9-11 años) tienden a producir mejor calostro que las más jóvenes (4-5 años). Sin embargo, la mayoría de las cabras en este grupo de estudio eran del rango 4 - 5 años, lo que puede haber afectado los resultados generales.

Debido a la efectividad de los planes de medicina preventiva y de alimentación implementados en la unidad de producción, se reflejan buenos resultados en la calidad del calostro. Referente a las lactancias se puede proponer un cambio en el plan alimenticio de lactancia artificial para que logren un peso equivalente al de las crías en lactancia natural. Para un mejor control de calidad del calostro en estudios futuros se recomienda corroborar con la medición de concentración de IgG en el suero sanguíneo de las crías a las 0, 24 y 42 h después del parto, al igual que tener un grupo de estudio más homogéneo respecto al rango de edad en las madres.

9. CONCLUSIONES

La caprinocultura en México enfrenta desafíos que limitan su desarrollo; el calostro, que juega un papel fundamental en la salud y el bienestar de los cabritos recién nacidos para recibir la inmunidad pasiva necesaria en las primeras horas de vida, lo que resalta la importancia de asegurar su calidad. La transferencia de inmunidad pasiva no solo depende de la concentración de inmunoglobulinas en el calostro, sino también de varios factores que pueden influir en su eficacia, como la raza, edad de la madre, así como su condición corporal, historial reproductivo y estado de inmunización, así como de las condiciones ambientales. Para asegurar una transferencia de inmunidad pasiva exitosa y efectiva, es esencial realizar un manejo adecuado de todos estos aspectos.

Por otra parte, el uso de herramientas prácticas como el refractómetro Brix permite a los productores medir de manera rápida y efectiva la calidad del calostro, evaluando la concentración de inmunoglobulina G (IgG) que contiene; con lo que facilita una mejor gestión del rebaño, contribuye a optimizar la salud de los cabritos y, en consecuencia, a mejorar el rendimiento general de la caprinocultura. Abordar las deficiencias existentes en infraestructura, alimentación y control sanitario, junto con un enfoque riguroso en la calidad del calostro, será fundamental para potenciar esta actividad pecuaria en el país y asegurar su sostenibilidad y éxito a largo plazo.

El caso de estudio reportó en términos generales una calidad de calostro aceptable que se reflejó en una crianza adecuada.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abbas, A. K., Lichtman, A. H., & Pillai, S. (2008). Inmunología celular y molecular, sexta edición. Editorial Elsevier Health Sciences. (600).
- Abecia, J. A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2012). Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*, 130(3-4), 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011>
- Aguaiza-Aguaiza, O. V. (2017). Identificación de inmunoglobulinas para la determinación de fiebre aftosa en camélidos sudamericanos (alpacas) (Tesis de Licenciatura). Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; Carrera de Ingeniería Agronómica, Ecuador. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4174>
- Agudelo-López, M. (2018). Globalización, seguridad alimentaria y ganadería familiar. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, Universidad Autónoma Chapingo. 15(4), 639-640. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360559686010>
- Aisen, E. (2004). Reproducción ovina y caprina. Argentina. Editorial Inter-Medica. (205).
- Alejandro-Ortiz, M. E., Rubio-Tabárez, E., Pérez-Eguía, E., Zaragoza-Martínez, L., & Rodríguez-Galván, G. (2016). Los recursos caprinos de México en J.E., Vargas-Bayona, L., Zaragoza-Martínez, J.V., Delgado-Bermejo & G. Rodríguez-Galván (Ed.). *Biodiversidad Caprina Iberoamericana*. (246: 95-112). Colombia. Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia
- Alexander, B., Mastromonaco, G. & King, WA (2010). Avances recientes en biotecnologías reproductivas en ovino y caprino. *Revista de Ciencia y Tecnología Veterinaria*, 1 (1).
- Alvarado-Espino, A. S. (2015). Comparación de diferentes dosis de hCG para inducir la actividad sexual en cabras alpinas anovulatorias. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/7322>

- Alvarado-García, P., Cruz, M. T., & Grajales-Lombana, H. A. (2022). Concentraciones de progesterona durante el ciclo estral en ovinos en el trópico colombiano. *Revista MVZ Córdoba*, 27(s), e2156-e2156. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2156>
- Álvarez, L. (2012). Marin Magellan Meat Merino. *Revista Tierra Adentro*, INIA. 96, 82-84.
- Álvarez-Oxiley, A. (2022). Embryonic signals and placental hormones: molecular bases and potential use for the diagnosis and followup of gestation in farm animals. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal* https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2938
- Álvarez-Triana, L. A. (2020). Transferencia de inmunidad en becerras Holstein alimentadas con calostro de vacas suplementadas con selenio y vitamina B12. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/47415>
- Anabela, B. C., Lorena, A., Cristofolini Córdoba, M. R., Bessone, F., Turiello, M. P., Tomás, D. T., & Enaldo, O. 2020. Inmunolocalización De Desmina Y Vimentina En Placentas Caprinas Sometidas A Un Modelo De Restricción Alimentaria. Argentina. In *Morfovirtual 2020*. <http://www.morfovirtual2020.sld.cu/index.php/morfovirtual/morfovirtual2020/paper/view/759>
- Angulo-Villavicencio, M. G. (2020). Inmunomodulación Funcional Por Levaduras De Ambientes Marinos Y Sus B-Glucanos En Cabritos Recién Nacidos (Tesis de doctorado) Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., La Paz, Baja California Sur.
- Anzaldo-Montoya, M. (2020). Entre la vulnerabilidad y la invisibilidad científica. Estudio sobre los aportes de las ciencias sociales a la investigación sobre ganadería caprina en México. *Estudios sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55). <https://doi.org/10.24836/es.v30i55.915>

- Argüello-Henríquez, A., & Castro Navarro, N. (2019). Colostrum-period management: impact on goat kids' body weight and immune system. *Veterinary Ireland Journal*, 8(4):229–233.
- Álvarez, J. C., Castro-Navarro, N., & Argüello-Henríquez (2005). Conservación y manejo del calostro caprino. *Albéitar: publicación veterinaria independiente*, (84), 18-21.
- Armenta-Quintana, J. Á., Ramírez-Orduña, R., & Ramírez-Lozano, R. G. (2011). Forage utilization and diet selection by grazing goats on a sarcocaulous scrubland in Northwest Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(spe), 163-171. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.11.110>
- Arriaga, Y. (2007). Evaluación del estado corporal y sus efectos sobre el comportamiento productivo en cabras lecheras (Tesis Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000620826>
- Ashary, N., Tiwari, A., & Modi, D. (2018). Embryo implantation: war in times of love. *Endocrinology*, Vol.159(2), 1188-1198.
- Auad, J. (2022). Transferencia inmunológica en el binomio madre–cría. Estudio comparativo entre especies (Tesis de Doctorado). Universidad Católica de Córdoba, Argentina. <http://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/id/eprint/3121>
- Auad, J., Cerutti, J., Cooper, L. G., Aguilar, M. S., & Lozano, A. (2020). Dinámica de la transferencia de inmunoglobulina G en el binomio madre-cría de llamas (*Lama glama*). *Revista Veterinaria*, 31(1), 78-81.
- Auad, J., Cerutti, J., Cooper, L. G., Lozano, N. A., Deltrozzo, J., Trezza, C. A., Ponzio, M.F. & Lozano, A. (2019). Estructura de la placenta y su impacto en la transferencia de la inmunidad materno-fetal: revisión en mamíferos domésticos. Universidad Católica de Córdoba; *Revista Methodo*. (52-62). [http://dx.doi.org/10.22529/me.2019.4\(2\)06](http://dx.doi.org/10.22529/me.2019.4(2)06)
- Auad, J., Cooper, L. G., Cerutti, J., Lozano, A., & Marini, V. N. (2016). Concentración de inmunoglobulina G en suero y calostro de cabras de acuerdo al número de crías de la camada. *Revista Veterinaria*, 27(1), 11-13.

- Barbeito, C. G., & Diessler, M. E. (2022). *Introducción a la histología*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Barrera-Perales, O. T., Sagarnaga-Villegas, L. M., Salas-González, J. M., Leos-Rodríguez, J. A., & Santos-Lavalle, R. (2018). Viabilidad económica y financiera de la ganadería caprina extensiva en San Luis Potosí, México. *Mundo Agrario*, 19(40), 77-e1. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.24215/15155994e077>
- Barrington, G. M., McFadden, T. B., Huyler, M. T., & Besser, T. E. (2001). Regulation of colostrogenesis in cattle. *Livestock Production Science*, 70(1-2), 95-104.
- Baumrucker, C. R., & Bruckmaier, R. M. (2014). Colostrogenesis: IgG1 transcytosis mechanisms. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(1), 103–117. <https://doi.org/10.1007/s10911-013-9313-5>
- Bazan, R., Cervantes, E., Salas, G., & Segura-Correa, J. C. (2009). Prevalencia de mastitis subclínica en cabras lecheras en Michoacán, México. *Revista Científica*, 19(4), 334-338.
- 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(8), 3713-3721. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2943>
- Botero, J. (2013). Manejo Perfecto del Calostro. *Memorias de DIGAL día internacional del ganadero*. Chihuahua, Chihuahua, 119-127.
- Braun, U., Krüger, S., & Hässig, M. (2013). Ultrasonographic examination of the reticulum, rumen, omasum and abomasum during the first 100 days of life in calves. *Research in Veterinary Science*, 95(2), 326-333. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.03.019>
- Buranakarl, C., Thammacharoen, S., Nuntapaitoon, M., Semsirboon, S., & Kato, K. (2021). Validation of Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in goat colostrum. *Veterinary world*, 14(12), 3194–3199. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.3194-3199>

- Burton, G. J., & Fowden, A. L. (2015). The placenta: a multifaceted, transient organ. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1663), 20140066. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0066>
- Cabezas-Ávila, O. I. (2023). Desarrollo y Caracterización de un prototipo de hormona folículo estimulante bovina de simple cadena (BscFSH), para reproducción asistida en rumiantes. (Tesis Doctorado). Universidad de Concepción, Concepción, Chile. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/10859>
- Camacho, J. L. (2008). Cría y explotación de caprinos en el municipio de Cadereyta, Querétaro. (Tesis Licenciatura) Universidad Nacional Autónoma de México, FES-Cuautitlán, México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/112418/>
- Carreras, H. (2012). Suplementación del rodeo de cría (creep feeding). *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-4.
- Carrillo-Lang, S. M. (2020). Evaluación del efecto de tres protocolos de sincronización de estro sobre la tasa de preñez en cabras del trópico guatemalteco, inseminadas artificialmente con semen fresco. (Tesis Doctorado). Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/15233>
- Casas-Camacho, O. A. (2022). Revisión Bibliográfica: La Inmunoglobulina y (Igy), Propiedades y usos en la Medicina Veterinaria (Monografía). (Tesis Licenciatura). Universidad Antonio Nariño, Colombia. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/6507>
- Castelo-Manga, P. M., (2020). Concentración de inmunoglobulinas G en alpacas Huacaya con suplementación de concentrado en última etapa de gestación. (Tesis Licenciatura). Universidad Nacional Del Altiplano, Perú. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15039>
- Cervenak, J., & Kacskovics, I. (2009). The neonatal Fc receptor plays a crucial role in the metabolism of IgG in livestock animals. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 128(1-3), 171-177. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.10.300>

- Chacón-Hernández, P., & Boschini-Figueroa, C. (2016). Crecimiento del ganado caprino en una finca del Valle Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 159-165. <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21895>
- Chavatte, P., & Tarrade, A. (2016). Placentation in different mammalian species. In *Annales d'endocrinologie* (Vol. 77, No. 2, pp. 67-74). Elsevier Masson. <https://doi.org/10.1016/j.ando.2016.04.006>
- 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. <https://doi.org/10.2460/javma.233.5.761>
- Cicarelli M., Waqas M.S., Pru J.K., Tibary A. (2017) Oxytocin is not involved in luteolysis and early maternal recognition of pregnancy (MRP) in alpacas. *Animal Reproduction Science*. 187: 28-36. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.10.002>
- Cid, A., & Muricio, A. (2018). Nivel de proteína sérica y su efecto en el desarrollo de becerras lactantes alimentadas con calostro pasteurizado. (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Contreras-Villarreal, V., Martínez-Ruiz, D., Ángel-García, O., Flores-Salas, J., Ortega-Morales, N., Carrillo-Moreno, D., & Gaytán-Alemán, L. (2022). Complementación alimenticia con mezquite y naranja en cabras: efecto sobre el calostro, leche y cabritos. *Abanico Veterinario*, 12. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.20>
- Cooper, L.G., Auad, J., Cerutti, J., Lozano, A., & Sola, A. (2014). Dinámica de la transferencia de inmunoglobulina G en el binomio madre-cría de la especie caprina. *Revista Veterinaria*, 25(2), 105-108.
- Covarrubias-Balderas, A. (2022). Comparación del desempeño de cabritos criollos y criollos x Boer en el sistema de producción tradicional de la mixteca poblana, México (Tesis Maestría). Colegio de Postgraduados, Puebla, México.
- Cruz-Rodríguez, D. (2022). 1, 2-propanodiol en dietas para alimentación de cabras lecheras sobre la producción y calidad de la leche. (Tesis Licenciatura). Benemérita

Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
<https://hdl.handle.net/20.500.12371/18684>

- Cruz-Torres, JA, García Hernández, LA, Espinosa-Ortiz, VE y Araque-Herrera, CA (2011). Análisis económico del sistema de producción caprino en la parroquia Montes de Oca, estado Lara, Venezuela. *Revista Científica*, XXI (3), 239-245.
- Cueto, M. I., Gibbons, A. E., & Abad, M. (2000). Reproducción en caprinos. Grupo de reproducción área de producción animal. INTA Bariloche, Argentina.
- Dávila, F. S., & Muñoz, G. P. (2020). Reproduction in Small Ruminants (Goats). In *Animal Reproduction in Veterinary Medicine* (p. 75). IntechOpen.
- Delgado-Pertíñez, M., Guzmán-Guerrero, J. L., Mena, Y., Castel, J. M., González-Redondo, P., & Caravaca, F. P. (2009). Influence of kid rearing systems on milk yield, kid growth and cost of Florida dairy goats. *Small Ruminant Research*, 81(2-3), 105-111.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.12.007>
- Domínguez, M. Á., de la Rosa, J. D. P., Landi, V., de la Rosa, J. P., Vazquez, N., Martínez, A. M., & Fuentes-Mascorro, G. (2018). Genetic diversity and population structure analysis of the Mexican Pastoreña Goat. *Small Ruminant Research*, 168, 76-81.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.09.019>
- Donnelly, L., & Campling, G. (2014). Functions of the placenta. *Anaesthesia & intensive care medicine*, 15(3), 136-139.
- Dubeuf, J. P., Morand-Fehr, P., & Rubino, R. (2004). Situation, changes and future of goat industry around the world. *Small Ruminant Research*, 51(2), 165-173.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.007>
- Elizondo-Salazar, J. A. (2007). Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía mesoamericana*, 18(2), 271-281.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43718213>
- Elizondo-Tamez, E. (2021). Uso de progesterona para sincronizar e inducir el estro y suplementación post inseminación en cabras (Tesis Doctorado) Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/21682>

- Enders A.C., & Carter A.M. (2006) Comparative placentation: some interesting modifications for histotrophic nutrition- a review. *Placenta*. 27 Suppl A:S11-S16. <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2005.10.013>
- Escareño, S. L. M., Salinas, G. H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J., Meza, H. C., (2012). Dairy goat production systems: status quo, perspectives and challenges. *Tropical Animal Health and Production*, 45 (1): 17–34. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0246-6>
- Espinosa, C. R. (2011). Angiogénesis en la placenta de los animales domésticos. *Revista Veterinaria*, 22(2), 131-138. <https://doi.org/10.30972/vet.2221840>
- Espinoza-Herrera, M. (2023). Cabras, razas sus características, tipos de infraestructura y tipos de crianza en Zacatecas. (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/49159>
- Falconi-Báez, M. I. (2018). Efecto de la presencia de calostro sobre la calidad microbiológica, físico-química, y sensorial de la leche pasteurizada en refrigeración. (Tesis Licenciatura). Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- Fernández, A., Ramos, J. J., Loste, A., Ferrer, L. M., Figueras, L., Verde, M. T., & Marca, M. C. (2006). Influence of colostrum treated by heat on immunity function in goat kids. *Comparative immunology, microbiology and infectious diseases*, 29(5-6), 353-364. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2006.09.005>
- Fiorimanti, M. R., Cristofolini, A. L., Benzoni, A., Bozzo, A. A., Díaz, T., Flores Bracamonte, M. C., Audap, S. R., Coniglio, M. V., Cavaglieri L. R., Barbeito, C. G., & Merkis, C. I. (2021). Eficiencia placentaria en cabras restringidas nutricionalmente durante la gestación. *Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria; Ab Intus*; 7; 4; 4-8-2021; 35-42. <http://hdl.handle.net/11336/150056>
- Galián-Arnaldos, S. (2022). Optimización y mejora de la inseminación artificial en la raza caprina murciano-granadina. Proyecto de investigación: los recursos genéticos animales resilientes al cambio climático. Mejoray diversificación de productos

alimenticios derivados y obtenidos de forma biosostenible. (Tesis Doctorado). Universidad de Murcia, España.

Gapper, L. W., Copestake, D. E., Otter, D. E., & Indyk, H. E. (2007). Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 389, 93-109. <https://doi.org/10.1007/s00216-007-1391-z>

García-Agüero, K. M. (2018). Determinación de la tasa de presentación de celo y la tasa de concepción en cabras Saanen sincronizadas con acetato de medroxiprogesterona (MAP), durante dos épocas del año. (Tesis Licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10066>

García-Bonilla, D. V., Vargas-López, S., Bustamante-González, A., Torres-Hernández, G., Calderón-Sánchez, F., & Olvera-Hernández, J. I. (2018). La producción de caprinos para carne en la montaña de Guerrero, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(1), 1-17.

García-Rodríguez, A. K., & Zeledón, Y. Y. (2020). Manual de manejo y técnicas reproductivas de la especie caprina. (Tesis Licenciatura). Universidad Nacional Agraria; Facultad de ciencia animal, Managua, Nicaragua. <https://cenida.una.edu.ni/Monografias/tnl53g216.pdf>

Gelasakis, A. I., Rose, G., Giannakou, R., Valergakis, G. E., Theodoridis, A., Fortomaris, P., & Arsenos, G. (2017). Typology and characteristics of dairy goat production systems in Greece. *Livestock Science*, 197, 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.01.003>

Goddard, P., Waterhouse, T., Dwyer, C., & Stott, A. (2006). The perception of the welfare of sheep in extensive systems. *Small Ruminant Research*, 62(3), 215-225. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.08.016>

Godden, S. (2008). Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24(1), 19-39. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005>

Godden, S., McMartin, S., Feirtag, J., Stabel, J., Bey, R., Goyal, S., Metzger, L., Fetrow, J., Pozos, J., & Chester-Jones, H. (2006). Heat-treatment of bovine

colostrum. II: effects of heating duration on pathogen viability and immunoglobulin G. *Journal of dairy science*, 89(9), 3476-3483. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72386-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72386-4)

Gómez, K. P., Fiorimanti, M. R., Cristofolini, A. L., Benzoni, A., Luján, M., Luján, O., Barbeito C.G. & Merkis, C. (2023). Factor de crecimiento placentario (PIGF) y su receptor FLT-1 en placentas caprinas restringidas nutricionalmente durante la etapa prepuberal. *Vetec Revista Académica de Investigación, Docencia y Extensión de las Ciencias Veterinarias*, 4(3), 47-48.

Gómez, L. M., Vélez, J. R., & Rodríguez-Lecompte, J. C. (2018). Influencing Factors of Immunoglobulin Concentration in Colostrum from Tropical Dairy Cows. National Mastitis Council 57th Annual Meeting. Arizona, USA.

González-Cuéllar, C. D. (2020). Evaluación comparativa de la lactancia natural contra lactancia artificial sobre el comportamiento del peso vivo en cabritos de la raza alpina francesa en un sistema intensivo. (Tesis Licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3604354>

González-Álvarez, V. H. (2015). Administración de GnRH para mejorar la respuesta sexual de las cabras anéstricas tratadas con hCG. (Tesis Maestría). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/7331>

González-Medrano, F. (2012). Las Zonas Áridas y Semiáridas de México y su Vegetación; Instituto Nacional de Ecología–Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales: Ciudad de México, México pag. 194.

Goodman, R. L., Ohkura, S., Okamura, H., Coolen, L. M., & Lehman, M. N. (2018). KNDy hypothesis for generation of GnRH pulses: evidence from sheep and goats. *The GnRH Neuron and Its Control*. Hoboken, NJ: Wiley, 289-324.

- Gross, J. J., Kessler, E. C., & Bruckmaier, R. M. (2014). Colour measurement of colostrum for estimation of colostral IgG and colostrum composition in dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 81(4), 440-444. <https://doi.org/10.1017/S0022029914000466>
- Guarneros-Zarandona, N. (2014). El traspatio en la comunidad de Santa María Nepopualco, Huejotzingo. (Tesis Maestría). Colegio de Postgraduados; Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, Puebla. <http://hdl.handle.net/10521/2554>
- Gutiérrez, M. J. (2007). Estrategias de Alimentación de la cabra lechera, 586 CEPIPSA. *FMVZ, UNAM, México*, 587, 588.
- Guzmán, V., & Olivera-Ángel, M. (2020). 2. Calostrogénesis, digestión y absorción del calostro. Fondo Editorial Biogénesis, 17-30.
- Hafez, E. S. E. (2002). Reproducción e inseminación artificial en animales. Mexico. Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Heinrichs, J.; Jones, C. (2011). Colostrum Management Tools: Hydrometers and Refractometers. Dairy & Animal Science. The Pennsylvania State University. <https://extension.psu.edu/colostrum-management-tools-hydrometers-and-refractometers>
- Hernández-Castellano, L. E., Argüello Henríquez, A., & Castro Navarro, N. (2019). El encalostrado en corderos un factor determinante para obtener un máximo rendimiento en la edad adulta. *Consortio Manchego* (Vol. 53, 9).
- Hernández-Castellano, L. E., Suárez-Trujillo, A., Martell-Jaizme, D., Cugno, G., Argüello, A., & Castro, N. (2015). The effect of colostrum period management on BW and immune system in lambs: from birth to weaning. *Animal*, 9(10), 1672-1679. <https://doi.org/10.1017/S175173111500110X>
- Huertas-Molina, O. F., Vargas, K., & Olivera-Angel, M. (2020). 3. Lactogénesis. Fondo Editorial Biogénesis, 31-58.
- Hurley, W. L. (2019). Mammary gland development in swine: embryo to early lactation. *Animal*, 13(S1), s11-s19. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000521>

- Hurley, W. L., & Theil, P. K. (2011). Perspectives on immunoglobulins in colostrum and milk. *Nutrients*, 3(4), 442-474. <https://doi.org/10.3390/nu3040442>
- Indra, E., Daina, K., & Jeļena, Z. (2012). Analysis of factors influencing immunoglobulin concentration in colostrum of dairy cows. *Lucrari Stiintifice Journal* 57: 256-259.
- Jakubzick, C.V., Randolph, G.J. & Henson, P.M. (2017). Diferenciación de monocitos y funciones presentadoras de antígenos. *Inmunología de Nature Reviews* , 17 (6), 349-362. <https://doi.org/10.1038/nri.2017.28>
- Jiménez Moreno, A. N. (2020). Comparación de la transferencia de inmunidad pasiva en terneras alimentadas con calostro de vacas primíparas versus calostro de vacas múltiparas. (Tesis Doctorado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Jimeno, V., Rebollar, P., & Castro, T. (2003). Nutrición y alimentación del caprino de leche en sistemas intensivos de explotación. *XIX Curso de Especialización FEDNA. Producción animal*, 19(196), 38-47. Madrid, España.
- Kessler, E. C., Bruckmaier, R. M., & Gross, J. J. (2019). Immunoglobulin G content and colostrum composition of different goat and sheep breeds in Switzerland and Germany. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5542–5549. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16235>
- Klein, BG (2020). Reproduccion y Lactancia. en Cunningham. *Fisiología Veterinaria*. Editorial Elsevier. (428-479).
- Köbrich, C., Castellaro, G., Williams, P., Cox, J. F., Pérez, P., Sandoval, C., Ovalle, C., Torres, C. & Contreras, C. (2021). Manual de producción caprina en contexto semiárido. INDAP-IICA, editor. Santiago: PuntoArt.
- Lara, N., & Sánchez, D. (2023). Biotecnologías reproductivas utilizadas en países Latinoamericanos en desarrollo en la especie caprina (*Capra aegagrus hircus*). (Tesis Licenciatura). Universidad de Cundinamarca, Colombia.
- Lilius, E. M., & Marnila, P. (2001). The role of colostral antibodies in prevention of microbial infections. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 14(3), 295-300. <https://doi.org/10.1097/00001432-200106000-00008>

- Lima, A. (2008). Estudio de la fluctuación sérica de los anticuerpos maternos en el pre y posparto y la transferencia de inmunidad pasiva en cabritos recién nacidos utilizando calostro bovino y caprino (Tesis de Maestría). Universidad de São Paulo, Brasil.
- Lopez, A. J., & Heinrichs, A. J. (2022). Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf. *Journal of Dairy Science*, *105*(4), 2733-2749. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20114>
- López, A. P., Gomez, L. F., Ruiz Cortés, Z. T., Olivera, M., & Giraldo, C. A. (2008). Reconocimiento materno de la preñez e implantación del embrión: modelo bovino. *Analecta Veterinaria*, *28*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/11208>
- López, S. V., González, Á. B., Hernández, G. T., Vanegas, J. G., Olmos, J. L. Z. R., Ángel, A., & González, T. (2019). La cría de caprinos en México: de la dependencia externa a un plan de mejora integrado al desarrollo pecuario nacional en La Ganadería Escenarios Complejos, (191-208). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. Primera edición.
- Luo, J., Wang, W., & Sun, S. (2019). Research advances in reproduction for dairy goats. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, *32*(8), 1284. <https://doi.org/10.5713%2Fajas.19.0486>
- Mandujano, S., Barrera-Salazar, A., & Vergara-Castrejón, A. (2019). Similitud de especies de plantas consumidas por rebaños de cabras en el bosque tropical seco de la Cañada, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *10*(2), 490-505. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4370>
- Mansilla, M. A. O. (2018). Determinación de la tasa de preñez en cabras, (*capra hircus*), al utilizar dos protocolos de inseminación artificial con semen fresco. (Tesis Doctorado) Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Martínez, G. M., & Suárez, V. H. (2018). Lechería caprina: producción, manejo, sanidad, calidad de leche. Ediciones INTA.

- Mata, L., Artieda, M., Bosque, A., Langa, V., Razquin, P., Martín, J., , Ena, J.M., Puyol, P., & Alava, M. A. (2001). Desarrollo de un test ELISA para la detección de calostro en leche. *Industrias Lácteas Españolas* Abril, 56-61.
- Matamala C., N. (2014). Evaluación en terreno de la calidad del calostro en vacas de lecherías de alta producción, medido a través de dos métodos. (Tesis Licenciatura). Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Santiago, Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/131831>
- Mathew, D. J., Peterson, K. D., Senn, L. K., Oliver, M. A., & Ealy, A. D. (2022). Ruminant conceptus-maternal interactions: interferon-tau and beyond. *Journal of Animal Science*, 100(7) <https://doi.org/10.1093/jas/skac123>
- Maximiliano-Guerra, J. E. (2014). Falla de transferencia pasiva de inmunoglobulina G y su asociación con mortalidad por enterotoxemia en alpacas neonatas. (Tesis Licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Medina, C. M. (2012). Transferencia de la inmunidad a las becerras. Memorias del III Foro sobre Tópicos Selectos en Producción Animal. Avances de Inmunología Aplicada a la Producción Animal. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Mejía-Vázquez, Á., Vicente Pérez, R., Osorio, Y., Avendaño Reyes, L., Correa Calderón, A., Álvarez, F. D., & Macías Cruz, U. (2017). Síntesis de calostro y desarrollo de las crías por efecto de la inclusión de aceite de soya en la dieta preparto de ovejas de pelo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(1), 1-9. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4307>
- Melchor-Saavedra, G. L. (2020). Fertilidad en cabras en pastoreo, sometidas al efecto macho e inseminadas con semen fresco. (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/46993>
- Méndez-Zamora, G., López-Puga, J. C., Valadez-Pineda, A., Kawas, J. R., Hernández-Martínez, S. P., Sobrevilla-Hernández, G., Rico-Costilla, D. S., & Sinagawa-García, S. R. (2021). Producción de leche de cabra en México y uso de aceites esenciales de

plantas aromáticas en su producción. *Tecnociencia Chihuahua*, 15(3), 234-245.
<http://doi.org/10.54167/tecnociencia.v15i3.839>

Meza-Correa, N. (2020). Análisis de la calidad del calostro en la cría de terneras en hatos lecheros. (Tesis Licenciatura). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

Meza-Herrera, C. A., Navarrete-Molina, C., Luna-García, L. A., Pérez-Marín, C., Altamirano-Cárdenas, J. R., Macías-Cruz, U., C. García de la Peña & Abad-Zavaleta, J. (2022). Small ruminants and sustainability in Latin America & the Caribbean: Regionalization, main production systems, and a combined productive, socio-economic & ecological footprint quantification. *Small Ruminant Research*, 211, 106676.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106676>

Meza-Herrera, C. A., Santamaría-Estrada, C. E., Flores-Hernández, A., Cano-Villegas, O., De la Peña, C. G., Macías-Cruz, U., Calderón-Leyva, G., Ángel-García, O., Mellado, M., Carrillo-Moreno, D. & Véliz-Deras, F. G. (2019). The Opuntia Effect upon the out-of-season embryo implantation rate in goats: Corpus luteal number, corpus luteal diameter and serum progesterone concentrations. *Livestock Science*, 228, 201-206.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.002>

Miceli, G., Larsen, A., & Mortola, E. (2023). Evaluación del método de inmunocrito para cuantificar la calidad inmune del calostro porcino: Assessment of the immunocrit method to measure swine colostrum immunoglobulins. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6(2), 1428-1434. <https://doi.org/10.34188/bjaerv6n2-039>

Miyazaki, T., Okada, K., & Miyazaki, M. (2017). Neonatal calves coagulate first-milking colostrum and produce a large curd for efficient absorption of immunoglobulins after first ingestion. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7262-7270.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-12808>

Mogedas-Moreno, M. (2016). Sincronización de la ovulación y el ciclo inducido por el efecto "macho" mediante la administración de progesterona por vía intravaginal en cabras en período de anestro estacional. (Tesis Doctorado). Universidad Complutense de Madrid, España. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/21021>

- Molina, A., Fernández, G., Alcudia, S., Rodríguez, S., Rubio, G., & Hermoso, B. (2023). Desestacionalización, inducción y sincronización de celos en ganado caprino. *Ovis* (España), (96) págs. 21-30.
- Mondeshka, L., Dimitrova, T., Markov, N., Hristov, M., Stoycheva, S., & Bancheva, T. (2022). Goat colostrum-composition and impact. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 65(1).
- Montoya, R. F., Mederos, Y. G., Escalona, T. C., Fonseca, Y. D., & Barroso, R. L. (2023). Escala de gravedad según la histología de las estructuras placentarias en la corioamnionitis histológica. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 52(2), 02302790.
- Morales-Hernández, J. L., González-Razo, F. D. J., & Hernández-Martínez, J. (2018). Función de producción de la ganadería de carne en la zona sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(1), 1-13. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4345>
- Mórtola, E., Pennimpede, E. F., Gómez, C. M., & Stanchi, N. O. (2004). Transferencia pasiva de la inmunidad materna en los animales domésticos. *Introducción a la Inmunobiología*, 1 Editorial UN La Plata, Argentina, (653)
- Mullen, M. P., Elia, G., Hilliard, M., Parr, M. H., Diskin, M. G., Evans, A. C., & Crowe, M. A. (2012). Proteomic characterization of histotroph during the preimplantation phase of the estrous cycle in cattle. *Journal of Proteome Research*, 11(5), 3004-3018. <https://doi.org/10.1021/pr300144q>
- Mura, N. M. (2017). Inmunolocalización de Angiopoyetina-1 y su receptor TIE-2 en placentas de cabras a lo largo de la gestación. *InVet*, 21(1), 33-44. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Otalora-Pardo, W. L., & Vallejo-Benavidez, H. A. (2022). Comparación de la eficiencia de dos métodos de sincronización de estros en caprinos: esponjas intravaginales de medroxiacetato de progesterona vs dispositivos intravaginales liberadores de progestágenos (cidr). (Tesis de Licenciatura). Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia. <https://hdl.handle.net/20.500.12558/4343>

- Parreño, V., & Saif, L. J. (2017). Capítulo 3. Inmunidad pasiva. Schudel AA,. Vacunación en la prevención, el control y la erradicación de las enfermedades infecciosas de los animales. Primera edición. Editor Schudel AA. Buenos Aires, 47-64.
- Paterna, A., Gómez-Martín, A., Amores, J., Prats-van der Ham, M., Tatay-Dualde, J., Corrales, J. C., C. de la Fe, A. Contreras & Sánchez, A. (2013). Implicaciones sanitarias del manejo del calostro en el ganado caprino. En *Anales de Veterinaria de Murcia* (Vol. 29, pp. 23-37). <https://revistas.um.es/analesvet/article/view/208961>
- Pérez P. P. A., & Medina A. J. C. (2021). Relación de la calidad del calostro y parámetros productivos en un rebaño Hampshire en la sabana de Bogotá. (Tesis Licenciatura). Universidad De La Salle, Colombia.
- Pinheiro, A., Woof, J. M., Almeida, T., Abrantes, J., Alves, P. C., Gortázar, C., & Esteves, P. J. (2014). Leporid immunoglobulin G shows evidence of strong selective pressure on the hinge and CH3 domains. *Open Biology*, 4(9), 140088. <https://doi.org/10.1098/rsob.140088>
- Pravieux, J. J., Poulet, H., Charreyre, C., & Juillard, V. (2007). Protection of newborn animals through maternal immunization. *Journal of comparative pathology*, 137 Suppl 1, S32–S34. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2007.04.009>
- Preusting, I., Brumley, J., Odibo, L., Spatz, D. L., & Louis, J. M. (2017). Obesity as a predictor of delayed lactogenesis II. *Journal of Human Lactation*, 33(4), 684-691. <https://doi.org/10.1177/0890334417727716>
- 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*
- Raboisson, D., Trillat, P., & Cahuzac, C. (2016). Failure of passive immune transfer in calves: A meta-analysis on the consequences and assessment of the economic impact. *PloS one*, 11(3), e0150452. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150452>
- Rahman, A. N. M. A., Abdullah, R. B., & Wan-Khadijah, W. E. (2008). Gametogenesis, fertilization and early embryogenesis in mammals with special reference to goat: a review. *Journal of Biological Sciences*, 8(7), 1115-1128.

- Ramos-Medina, R., Corbí, AL, & Sánchez-Ramón, S. (2012). Inmunoglobulinas intravenosas: llave inmunomoduladora del sistema inmunológico. *Medicina Clínica*, 139 (3), 112-117. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2011.11.022>
- Ramos-Reyes, M. A. (2022). Efecto del sistema de producción y época de empadre sobre la eficiencia reproductiva en cabras productoras de leche en las localidades de San Antonio y Cerro Colorado Municipio de Yurecuaro, Michoacán. (Tesis Maestría). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/6639
- Rebollar-Rebollar, S., Hernández-Martínez, J., Rojo-Rubio, R., & Guzmán-Soria, E. (2012). Gastos e ingresos en la actividad caprina extensiva en México. *Agronomía Mesoamericana*, 23(1), 159-165.
- Ríos-Moreno, N. (2022). Falla en la transferencia de inmunidad pasiva en becerras y su relación con la incidencia de enfermedades. (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Roa, I., Smok, C., & Prieto, R. (2012). Placenta: Anatomía e histología comparada. *International Journal of Morphology*, 30(4), 1490-1496. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022012000400036>
- Rodríguez-Licea, G., Jiménez-Badillo, MDR, Silva-Salas, M. Á., Carrera-Chávez, B., & Tapia-Rodríguez, MZ (2018). La caprinocultura de pequeña escala en el semidesierto de Querétaro: Un análisis sobre ecodesarrollo territorial agrosilvopastoril. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 22 (1),25-26. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83757427009>
- Rojas, W., Anaya, J. M., Cano, L. E., Aristizábal, B. H., Gómez, L. M., & Lopera, D. (2007). *Inmunología de Rojas*. CIB Fondo Editorial. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/28701>
- Romero, T., Beltran, M. C., Pérez-Baena, I., Rodríguez, M., & Molina, M. P. (2014). Effect of the presence of colostrum on microbial screening methods for antibiotic detection in

- goats' milk. *Small Ruminant Research*, 121(2-3), 376-381.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.07.007>
- Roth, J. A., & Smith, R. 2004. "Inmunología". *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Volume 17, Issue 3. 495-516
- Roy, P., Orecchioni, M. y Ley, K. (2022). Cómo el sistema inmunológico da forma a la aterosclerosis: funciones de la inmunidad innata y adaptativa. *Inmunología de Nature Reviews*, 22 (4), 251-265. <https://doi.org/10.1038/s41577-021-00584-1>
- Rúa B C., Rosero N. R., & Posada O. S. (2017). Effect of production system on milk production and food consumption in goats. *Revista MVZ Córdoba*, 22, 6266-6275.
<https://doi.org/10.21897/rmvz.1131>
- Rúa-Bustamante, C. V. (2016). Manual técnico de producción de leche de cabra utilizando buenas prácticas ganaderas. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia <http://hdl.handle.net/20.500.12324/37936>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) Caprinocultura en México. (2017). Consultado en diciembre 2023 <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-caprinocultura-en-mexico>
- Salas, S. M., & Castro, J. P. J. (2016). Evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva en caprinos mediante el uso del calostrómetro y proteína sérica. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, (27), 169-172.
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/view/7615>
- Saleski, J., Marro, O., Monteavaro, C., & Bottini, E. (2017). Determinación de la calidad de calostros en tambos del departamento de Rio Segundo, Córdoba. (Tesis Licenciatura). Tandil, Argentina.
<https://repositorio.unphu.edu.do/bitstream/handle/123456789/3873>
- Sánchez-Macías, D., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-de la Nuez, A., & Argüello, A. (2014). Del calostro de cabra a la leche: evolución física, química e inmune desde el

- parto hasta los 90 días posparto. *Revista de Ciencia Láctea*, 97(1), 10-16. (Tesis Licenciatura). Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- Sandoval-Palacios, S. K. (2020). Evaluación de inmunoglobulinas g pre y post parto, en corderos (4m) en el núcleo genético yanahurco del cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi (Tesis Licenciatura). Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- Sandra, O., Charpigny, G., Galio, L., & Hue, I. 2017. Preattachment embryos of domestic animals: insights into development and paracrine secretions. *Annual Review of Animal Biosciences*, 5, 205-228. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022516-022900>
- Schettino-Bermúdez, B. S., Gutiérrez-Tolentino, R., Vega y León, S., Escobar-Medina, A., Pérez-González, J. J., & González-Ronquillo, M. (2018). Composición láctea y perfil de ácidos grasos en leche de cabra de Guanajuato, México. *Revista de Salud Animal*, 40(2).(14).
- Schudel, A. (2017). La vacunación en la prevención, el control y la erradicación de las enfermedades infecciosas de los animales. 1.ª edición. Fundación de Promoción, Investigación y Educación para la Seguridad Alimentaria, PROSAIA, Buenos Aires Argentina.
- Schuler, G., Fürbass, R., & Klisch, K. (2018). Placental contribution to the endocrinology of gestation and parturition. *Animal Reproduction*, 15(Suppl 1), 822. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0015>
- Serrano-Rodríguez, E. M. (2022). Uso de GnRH para mejorar la implantación embrionaria en cabras bajo un sistema de producción extensivo. (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/48540>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, (2023). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Silva, D. M. D., & Talmón Knuser, C. (2022). Efecto del nivel de ingesta de IgG al nacer sobre el consumo y el crecimiento de terneros Holstein de distinto origen genético (Tesis de

- Doctorado). Universidad de la República Facultad de veterinaria, Montevideo, Uruguay. <https://hdl.handle.net/20.500.12381/3480>
- Silva, S. (2013). Calibración de refractómetro Brix para la determinación del contenido de Inmunoglobulina G en calostro bovino (Tesis de doctorado) Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Silva-Salas, M. A. (2021). Bienestar animal en cabras lecheras: sanidad y producción en sistemas intensivo y semi-intensivo en el Altiplano Mexicano. (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma del Estado de México, Amecameca, Estado de México, México. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/112418>
- Simonetti, L., Valverde, C., & Ghibaudi, M. (2019). Crianza artificial de cabritas Anglo Nubian: comparación de dos lacto-reemplazantes. *Livestock Research for Rural Development*, 31(12).
- Steffen, K. D., Arias, R. O., Gortari, L., & Moré, G. (2021). Caracterización de la curva de lactancia y rendimiento en cabras Saanen de un tambo semi-intensivo de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista FAVE. Sección Ciencias Veterinarias*, 20(1), 41-46.
- Suarez González, A. J., & Bernal Pérez, N. (2022). Transferencia de embriones (te) como estrategia reproductiva en cabras. (Tesis Licenciatura). Universidad de Cundinamarca, Colombia. <https://hdl.handle.net/20.500.12558/4621>
- Tanner, A. R., Kennedy, V. C., Lynch, C. S., Hord, T. K., Winger, Q. A., Rozance, P. J., & Anthony, R. V. (2022). In vivo investigation of ruminant placenta function and physiology a review. *Journal of Animal Science*, 100(6) <https://doi.org/10.1093/jas/skac045>
- Temple, D., & Manteca, X. (2020). Animal welfare in extensive production systems is still an area of concern. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 545902. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.545902>
- Tizard, I. R. (2017). *Veterinary Immunology-E-Book: Veterinary Immunology-E-Book*. Editorial Elsevier Health Sciences. (534).

- Tizard, I. (2008). Conducta de enfermedad, sus mecanismos y significado. *Animal Health Research Reviews* , 9 (1), 87-99.
- Díaz T. T., Merkis J. C., Bozzo C. A., Cots N. D., Flores B. C., Cristofolini C. A., Fiorimanti B. M., Romanini C. M. & Rolando G. A. (2016). Estructura y Ultraestructura de las placentas caprinas a lo largo de la gestación. In convención internacional virtual de ciencias morfológicas.
- Torres-Vázquez, J. A., Valencia-Posadas, M., Castillo-Juárez, H., & Montaldo, H. H. (2010). Tendencias genéticas y fenotípicas para características de producción y composición de la leche en cabras Saanen de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(4), 337-348.
<http://177.242.149.223/index.php/Pecuarias/article/view/1499>
- Triana Gelvez, L. M. (2021). Efecto de la ciclicidad ovárica de las hembras ovinas sobre la tasa de recuperación, competencia ovocitaria y producción de embriones in vitro. (Tesis Licenciatura). Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia.
- Truchet, S., & Honvo-Houéto, E. (2017). Physiology of milk secretion. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 31(4), 367-384.
<https://doi.org/10.1016/j.beem.2017.10.008>
- Trujillo, A. J., Castro, N., Quevedo, J. M., Argüello, A., Capote, J., & Guamis, B. (2007). Effect of heat and high-pressure treatments on microbiological quality and immunoglobulin G stability of caprine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 90(2), 833-839.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71567-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71567-9)
- Ulfman, L. H., Leusen, J. H., Savelkoul, H. F., Warner, J. O., & Van Neerven, R. J. (2018). Effects of bovine immunoglobulins on immune function, allergy, and infection. *Frontiers in Nutrition*, 5, 52 <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00052>
- Urviola-García, A. P., & Fernández, J. L. (2017). Factores moduladores de la estacionalidad reproductiva en ungulados. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(3), 319-336.
<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.297>.

- Vatankhaha M & Salehi SA (2010). Genetic and non-genetic factors affecting Lori-Bakhtiari ewe body weight and its relationship with productivity. *Small Ruminant Research* 2010;(94):98-102. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.07.006>
- Vázquez-Briz, S., Pérez-Baena, I., Gómez, E. A., Rodríguez, M., Peris, C., & Fernández, N. (2015). Características de crecimiento de cabritos de raza Murciano-Granadina comparando un sistema de media leche y uno de lactación artificial. *AIDA* (2015), XVI Jornadas sobre Producción Animal, Tomo I, 93-95
- Velásquez-Cabrera, X. R. (2023). Suplementación proteica y su relación con la ganancia de peso, concentraciones de Inmunoglobulinas G y hemograma en crías de alpacas. (Tesis Licenciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5841>
- Velázquez, E. E. (2023). Desarrollo embrionario. Factores epigenéticos e incidencias durante la gestación. *Anales de la Real Academia de Doctores* (Vol. 8, No. 1, pp. 3-12). Real Academia de Doctores de España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9000337>
- Valdovinos, U. O., de Oca, E. R. M., Flores, A. G., & Millan, M. L. G. (2024). Producción de animales de traspatio: estrategia de vida de las mujeres rurales en Tlaquiltenango. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/4822>
- Weaver, D. M., Tyler, J. W., VanMetre, D. C., Hostetler, D. E., & Barrington, G. M. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal of veterinary internal medicine*, 14(6), 569–577. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2000.tb02278.x>
- Williams, A. E. (2011). *Immunology: mucosal and body surface defences*. United Kingdom. Editorial John Wiley & Sons.
- Zamora-López, C. D. (2022). Relación entre el momento de la aplicación de progesterona y hCG sobre la respuesta estral y luteal en cabras anovulatorias. (Tesis Licenciatura).

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
<http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/48915>

- Zamuner, F., Carpenter, E. K., Gebrekidan, H., Arcos-Gómez, G., Parkinson, A., Cameron, A. W. Leury N., B.J. & DiGiacomo, K. (2024). Successful transfer of passive immunity: the natural alternative to antibiotics for boosting the survival of intensively reared dairy goat kids. *Animal*, 18(1), 101040.
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.101040>
- Zamuner, F., Leury, B. J., & DiGiacomo, K. (2023). Feeding strategies for rearing replacement dairy goats—from birth to kidding. *Animal*, 17(6), 100853.
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100853>
- Zhou, A., Liu, G., & Jiang, X. (2023). Characteristic of the components and the metabolism mechanism of goat colostrum: a review. *Animal Biotechnology*, 34(8), 4135-4146.
<https://doi.org/10.1080/10495398.2023.2199500>
- Zhou, A., Zhang, X., Zhou, Y., Xiao, L., & Li, T. (2021). Effects of lactation number and litter size on the chemical composition and immune components of goat colostrum. *Animal Biotechnology*, 34(4), 1662–1672. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.2013856>