



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

**Demostración del efecto de la aplicación de biotecnologías reproductivas en
cabras de la granja Santa Inés de la UTMACH**

**CABRERA ASANZA CRISTHIAN JOEL
MEDICO VETERINARIO**

**RODRIGUEZ MENDIETA CHRISTOPHER ALFREDO
MEDICO VETERINARIO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

**Demostración del efecto de la aplicación de biotecnologías
reproductivas en cabras de la granja Santa Inés de la UTMACH**

**CABRERA ASANZA CRISTHIAN JOEL
MEDICO VETERINARIO**

**RODRIGUEZ MENDIETA CHRISTOPHER ALFREDO
MEDICO VETERINARIO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

Demostración del efecto de la aplicación de biotecnologías reproductivas en cabras de la granja Santa Inés de la UTMACH

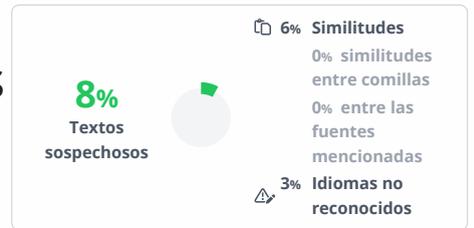
**CABRERA ASANZA CRISTHIAN JOEL
MEDICO VETERINARIO**

**RODRIGUEZ MENDIETA CHRISTOPHER ALFREDO
MEDICO VETERINARIO**

SANCHEZ QUINCHE ANGEL ROBERTO

**MACHALA
2024**

Demostración del efecto de la aplicación de biotecnologías reproductivas en cabras de la granja Santa Inés de la UTMACH



Nombre del documento: Demostración del efecto de la aplicación de biotecnologías reproductivas en cabras de la granja Santa Inés de la UTMACH.docx
ID del documento: 7f66ac5466cee188c05eb88c6eedfe2722e7ac86
Tamaño del documento original: 43,74 kB
Autores: []

Depositante: Sánchez Quinche Angel Roberto
Fecha de depósito: 4/2/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 4/2/2025

Número de palabras: 6042
Número de caracteres: 38.538

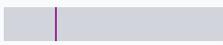
Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.scielo.org.mx Aspiración de ovocitos por laparoscopia para la transferencia d... 4 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (195 palabras)
2	www.produccion-animal.com.ar https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/inseminacion_ovinos/20-Cordova-Proc...	1%		Palabras idénticas: 1% (72 palabras)
3	es.slideshare.net Capitulo 5 PDF https://es.slideshare.net/slideshow/capitulo-5-22891738/22891738 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (59 palabras)
4	ri.uaemex.mx http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/105102/Tesis_extenso-Cabras_criollas_2019... 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (53 palabras)
5	ovinapp.com Raza Caprina Boer y su producción - OvinApp https://ovinapp.com/raza-cabra-boer/ 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	content.ces.ncsu.edu Razas de caprinos de carne en los USA y sus características ... https://content.ces.ncsu.edu/razas-de-caprinos-de-carne-en-los-usa-y-sus-caracteristicas-product...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
2	es.slideshare.net Expo de porcinos razas duroc pietrain PPT https://es.slideshare.net/slideshow/expo-de-porcinos-razas-duroc-pietrain/50986183	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)
3	www.iga-goatworld.com IGA Blog - INTERNATIONAL GOAT ASSOCIATION https://www.iga-goatworld.com/blog/la-caprinocultura-en-ecuador-un-sector-prospero-y-emerge...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)
4	agrosabio.com 4 Claves Para Entender El Ciclo Reproductivo Del Ganado Caprino - ... https://agrosabio.com/4-claves-para-entender-el-ciclo-reproductivo-del-ganado-caprino/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
5	www.msdrvvetmanual.com Sincronización del estro en cabras - Manejo y nutrición ... https://www.msdrvvetmanual.com/es/manejo-y-nutricion/manejo-de-la-reproduccion-cabras/sinctr...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, RODRIGUEZ MENDIETA CHRISTOPHER ALFREDO, CABRERA ASANZA CRISTHIAN JOEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado **DETERMINACION DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOTECNOLOGIAS REPRODUCTIVAS EN CABRAS DE LA GRANJA SANTA INES DE LA UTMACH**, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



**RODRIGUEZ MENDIETA CHRISTOPHER
ALFREDO
0706145364**



**CABRERA ASANZA CRISTHIAN JOEL
0707354098**

DEDICATORIA

Cristhian Joel Cabrera Asanza

Este trabajo se lo dedico a mis padres, Miguel Cabrera y Mercedes Asanza por ser mi pilar, mi guía, por cada sacrificio silencioso, por cada palabra de aliento en los momentos de duda y por el amor incondicional que me ha impulsado a alcanzar mis sueños.

A mi hermano, Dulio Cabrera por su ayuda durante mi carrera y por su apoyo para poder seguir con mis estudios.

A mi fiel compañera, Nube, por ser mi compañía desde los inicios de mi carrera y por la compañía en los momentos difíciles y noches en vela. Esta tesis también es para ti, por haber estado siempre a mi lado.

Christopher Alfredo Rodríguez Mendieta

Este trabajo es dedicado principalmente a mis padres, Mariuxi Mendieta y Alfredo Rodríguez, un fruto de arduo esfuerzo desde mi niñez hasta ahora a terminar mi carrera universitaria, cada sacrificio se ve reflejado en mis acciones, en especial para mi madre que tuvo que migrar a otro país y reflejarme en su dedicación y esfuerzo diario que fue crucial para mi persona e incrementar mi deseo y fuerza para enfrentar cada día, Te amo madre.

Dedico este trabajo a mi abuela materna que en paz descanse, que siempre quiso verme como profesional, este logro también es para ella, siempre voy con su bendición y todo es en su nombre. También dedico este trabajo a mi hermana pequeña, Violeta Rodríguez, la cual me hizo amar mucho más mi carrera y sentirme orgulloso de esta carrera, cuando me hizo saber que ella también quiere seguir mis pasos de médico veterinario. Mi compañera, Luna, siempre estuvo en mis noches de desvelos, cuando he pasado momentos duros, llegó hace 5 años a mi vida a alegrármela y a vivirla diferente, también va en su nombre. Familiares, amigos y mi pareja que fueron personas en darme consejos y motivarme a seguir diariamente.

AGRADECIMIENTO

Christian Joel Cabrera Asanza

A mis estimados tutores el Dr. Ángel Roberto Sánchez Quinche, Dr. Guido Manuel Apolo Arévalo y la Dra. Esmeralda Dioselina Pimbosa Ortiz, con profundo respeto y gratitud, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su orientación y compromiso durante el desarrollo de esta tesis. Su guía experta y su confianza en mi trabajo han sido fundamentales para culminar este proyecto. Gracias por su tiempo, dedicación y por compartir conmigo su conocimiento con generosidad y entrega.

Al Ing. Juan Carlos Alvarado, quiero expresar mi reconocimiento por su orientación y apoyo a lo largo de este proceso. Su guía ha sido esencial para la realización de esta tesis, y cada consejo brindado ha sido un pilar fundamental en mi crecimiento académico. Este logro no solo representa mi esfuerzo, sino también el reflejo de su dedicación y confianza en mi trabajo.

Christopher Alfredo Rodríguez Mendieta

Al Dr. Ángel Roberto Sánchez Quinche, Dr. Guido Manuel Apolo Arévalo y la Dra. Esmeralda Dioselina Pimbosa Ortiz. Que también son partícipes de nuestro proyecto de titulación, este trabajo no es solo de mi compañero y mío, sino también suyos. Manifiesto mi más profundo respeto hacia ustedes, orgulloso de haber contado con su ayuda, orientación que me sirvieron a crecer en lo académico y personal. Su labor como docente, se ve reflejada en trabajos sobresalientes como el presente trabajo.

Al Dr. Juan Carlos Alvarado quién me hizo conocer más sobre biotecnología reproductiva en mi visita a la prestigiosa Universidad Católica de Cuenca, el cuál con su orientación y dedicación hacia su profesión hizo de este proyecto posible. Siempre estuvo dispuesto a ayudar y trabajo con nosotros durante todo el transcurso de nuestro proyecto de forma telemática, estuvo presente en cada problema presentado en el proyecto, agradecerle por sus consejos y ayuda a que el proyecto culmine con resultados positivos.

INDICE

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	6
I. INTRODUCCION.....	11
1.1 Objetivo general.....	12
1.1.1 Objetivos específicos	12
1.2 Generalidades de las cabras	13
1.2.1 Origen.....	13
1.2.2 Morfo fisiología de las cabras.....	13
1.2.3 Fisiología de la reproducción en cabras	15
1.2.4 Hormonas.....	16
1.3 Razas caprinas de carne	16
1.3.1 Raza Boer.....	16
1.3.2 Producción caprina en Ecuador	18
1.4 Biotecnologías reproductivas.....	18
1.4.1 Inseminación artificial en cabras	18
1.4.2 Superovulación	19
1.5 Transferencia de embriones	23
1.5.1 Definición	23
1.5.2 Objetivos	23
1.5.3 Ventaja de la transferencia de embriones	23
1.5.4 Sincronización y recolección de embriones.....	23
1.5.5 Selección de donadoras.....	24
1.5.6 Aspiración de ovocitos por laparoscopia	24
1.5.7 Método no quirúrgico	25
II. MATERIALES Y METODOS	28
2.1 Materiales y equipos	28
2.1.1 Lugar de estudios	29
2.2 Metodología	29
2.2.1 Selección de las hembras donantes y receptoras.....	29
2.2.2 Alimentación y manejo de cabras de estudio.....	29
2.2.3 Protocolo de superovulación en cabras donantes.....	31

2.2.4 Protocolo de sincronización de celo en cabras receptoras	40
2.2.5 Lavado y colecta de embriones	40
2.2.6 Transferencia de embriones a las receptoras	45
2.2.7 Monitoreo post-transferencia	46
III. RESULTADOS Y DISCUSION	46
3.1 Resultados	46
3.2 Discusión.....	51
IV. CONCLUSIONES.....	53
V. RECOMENDACIONES.....	54
VI. ANEXOS	55
VII. BIBLIGRAFIA.....	61
Imagen 1 Evaluación previa, para verificar que no haya preñez.	30
Imagen 2 Complemento de la dieta de las hembras del proyecto con balanceado.	31
Imagen 3 Esponja con acetato de medroxiprogesterona 60mg.....	33
Imagen 4 Día 0: inicio del proyecto junto con Dr. Ángel Sánchez.	34
Imagen 5 colocación de la esponja intravaginal. (cabra 1)	34
Imagen 6 Día 0: Colocación intravaginal de esponja con progesterona (cabra 2).....	35
Imagen 7 Día 0: Inyección complejo vitamínico 5ml.IM	35
Imagen 8 Hormona FSH (Pluset).....	35
Imagen 9 Día 8: Preparación de las dosis de pluset, primeras aplicaciones de 2ml IM.	36
Imagen 10: Día 9, aplicación de la hormona pluset, por la mañana 7:00am en punto	36
Imagen 11 Dia 9: Aplicación de la hormona pluset por la tarde 6:00pm en punto.	37
Imagen 12 Día 10:Extraccion de la esponja de progesterona.	37
Imagen 13 Hormona eCG..	38
Imagen 14 Ingreso de la cabra macho al aprisco, 2 días antes de realizar las montas.	38
Imagen 15 Celo presente en las hembras donantes.	39
Imagen 16 Detección de celo con las hembras donantes.	39
Imagen 17 Día 12: Realización de montas controladas con las hembras donantes.	39
Imagen 18 Colocación del animal de cubito dorsal en la mesa de laparoscopia.	41
Imagen 19 Bloqueo loco regional	41

Imagen 20 Fijación de los ovarios por laparoscopia.....	42
Imagen 21 Observación de los ovarios por laparoscopia.....	42
Imagen 22 lavado y colecta.....	43
Imagen 23 Colecta de los embriones.	43
Imagen 24 Lavado de los embriones.....	44
Imagen 25 Solución heparina.....	44
Imagen 26 Solución Flushing.	45
Imagen 27 Respuesta ovulatoria (cabra 1).....	48
Imagen 28: Respuesta ovulatoria (cabra 2).....	49
Imagen 29: Evidencia de la respuesta a la sincronización de celo.....	50

RESUMEN

Este estudio analiza el uso de biotecnologías reproductivas en cabras Boer en la granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala. Se aplicaron protocolos de superovulación, sincronización del celo y transferencia de embriones para mejorar la eficiencia reproductiva y genética del hato. La respuesta ovárica a la superovulación fue positiva, con un incremento en el número de folículos, pero no se obtuvieron embriones viables para la transferencia. Se identificaron factores que pudieron afectar los resultados, como la calidad de las hormonas, el manejo técnico y el estado fisiológico de las cabras donantes. La sincronización del celo en las receptoras fue exitosa, mostrando signos evidentes de estro y presencia de cuerpos lúteos. Sin embargo, la falta de embriones transferibles limitó el éxito del procedimiento. Este estudio resalta la necesidad de mejorar los protocolos hormonales y el manejo reproductivo en caprinos. A pesar de los desafíos, la biotecnología reproductiva sigue siendo una herramienta clave para el mejoramiento genético y la producción caprina. Los hallazgos pueden servir de referencia para futuras investigaciones en reproducción asistida en pequeños rumiantes.

Palabras claves: Superovulación, sincronización, colecta, lavado, óvulos, boer.

ABSTRACT

This study analyses the use of reproductive biotechnologies in Boer goats at the Santa Inés farm of the Technical University of Machala. Superovulation, oestrus synchronisation and embryo transfer protocols will be applied to improve the reproductive and genetic efficiency of the herd. The ovarian response to superovulation was positive, with an increase in the number of follicles, but no viable embryos were obtained for transfer. Factors that could affect the results were identified, such as hormone quality, technical management and physiological status of the donor goats. Oestrus synchronisation in the recipients was successful, showing obvious signs of oestrus and presence of corpora lutea. However, the lack of transferable embryos limited the success of the procedure. This study highlights the need for improved hormonal protocols and reproductive management in goats. Despite the challenges, reproductive biotechnology remains a key tool for genetic improvement and goat production. The findings can serve as a reference for future research in assisted reproduction in small ruminants.

Keywords: Superovulation, synchronization, collection, washing, eggs, boer.

I. INTRODUCCION

La producción caprina tiene una participación importante en el mundo, ya que en muchas regiones contribuye en la economía rural y en la sustentabilidad de sistemas agropecuarios, ya que debido a su adaptabilidad a las diferentes condiciones adversas como también la calidad de los productos derivados como la carne, la leche y el cuero. Dentro las variables razas caprinas, la cabra Boer tiende a destacar por su notable capacidad en la producción de carne, la tasa de crecimiento es rápida y su robustez, obteniendo la cualidad para la producción intensiva de carne. Sin embargo, mejorar la genética de esta raza es un gran desafío mediante métodos tradicionales puede llegar ser un proceso largo y con alcance limitado. (1)

La transferencia de embriones in vivo como herramienta de reproducción asistida que tiene el gran potencial de acelerar el progreso genético y la utilización de protocolos de superovulación y fertilización en cabras donantes para la posterior transferencia de los mismos, aprovechando las cualidades de las hembras altamente genéticas para producir múltiples crías en un corto período de tiempo. El procedimiento consiste en la estimulación a una cabra hembra donante para generar múltiples embriones, que posteriormente se recolectan y son transferidos a una hembra receptora, la cual será encargada de llevar adelante la gestación. La adopción de esta tecnología en cabras Boer podría mejorar notablemente la eficiencia reproductiva e incrementar la productividad del hato, optimizando así la rentabilidad y la sostenibilidad en los sistemas. (2)

A pesar de sus múltiples ventajas, la transferencia de embriones en cabras Boer confronta distintos desafíos, entre los que resaltan la sincronización del ciclo estral de las hembras, los variados controles de las condiciones de manejo y también las circunstancias de salud de los animales implicados en el proceso. Este estudio tiene como finalidad, superovular a las hembras receptoras y sincronizar a las hembras donantes, además de la implementación de la técnica de transferencia de embriones in vivo en cabras Boer, examinando su viabilidad y eficacia en el ámbito de la producción caprina. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan y aporten a una mejor comprensión sobre el uso práctico de las aplicaciones de la biotecnología reproductiva y sirvan de referencia para futuras investigaciones y avances en el campo de la reproducción animal. Sin embargo, esta técnica ha mostrado ser un éxito en otros rumiantes, su aplicación en cabras presenta algunos desafíos únicos, especialmente en el entorno de los sistemas de producción a pequeña

escala, donde a menudo carece de la infraestructura y con el tampoco conocimiento suelen ser limitados. (3) (4)

Uno de los primordiales retos en la implementación de la transferencia de embriones en cabras es la sincronización hormonal, junto con los altos costos implicados durante el proceso. La estimulación hormonal de la hembra donante, necesaria para producir múltiples ovulaciones, puede llegar a inducirse efectos adversos, como una regresión lútea temprana, lo cual disminuyen las tasas de éxito en la recolección y la viabilidad de los embriones. Además, el costo de los tratamientos hormonales y la tecnología necesaria para la transferencia constituye una barrera muy significativa para muchos productores, limitándose a implementar esta técnica en sistemas de producción caprina. (5)

La transferencia de embriones in vivo y la superovulación son procedimientos cuando llegan a manipularse correctamente incrementan la tasa de natalidad y el desarrollo del mejoramiento genético con características deseables en un corto periodo, esta técnica contribuye a una mayor diversidad genética en la población, Además, alineándose con las tendencias actuales hacia la sostenibilidad dentro de la producción caprina. (6)

La optimización y el desarrollo de protocolos específicos para la transferencia de embriones en cabras Boer podrían renovar drásticamente la capacitación técnica para los productores. Esto no solo elevaría la tasa de éxito de la técnica, sino que también fomentaría una gestión mucho más profesional dentro de la gestión de hatos, impactando positivamente en la rentabilidad de las explotaciones caprinas. Invertir en investigaciones y capacitaciones dentro de este campo que beneficia a muchos de los productores interesados en contribuir con el desarrollo del ámbito biotecnológico de la reproducción animal. (7)

1.1 Objetivo general.

Establecer un programa de superovulación, sincronización y aplicación de la técnica de transferencia de embriones en las cabras de la granja Santa Inés de la UTMACH

1.1.1 Objetivos específicos

- Establecer un protocolo de superovulación en hembras donantes.
- Establecer un programa de sincronización de celo en hembras receptoras de raza boer de la UTMACH.

- Verificar la respuesta ovárica al tratamiento de superovulación
- Evaluar los resultados de los procesos de superovulación

1.2 Generalidades de las cabras

1.2.1 Origen

El cómo se ha originado el ganado caprino ha sido objeto de distintas teorías, mismas que se basan en restos arqueológicos y estudios genéticos; Además, en los años 1982 se identificaron al menos cinco especies ancestrales de caprinos, que son: *C. Ibex*, *C. caucánica*, *C. Hircus*, *C. Pyrenaica* y *C. Falconery* (8)

En años posteriores la clasificación de las cabras se basó en tres tipos: bezoar, savana y nubiano, mencionando a las cabras bezoar, como cabras con cuernos en cimitarra, cabra savana, a las cabras con cuernos de tipo espiral y cabra nubiano, a cabras con un perfil convexo, con orejas grandes y caídas. En la península Ibérica; destacaron la influencia de los tipos savana y nubiano en algunas razas locales. Investigaciones recientes de ADN mitocondrial revelan que las razas actuales descenden de múltiples domesticaciones en diferentes regiones geográficas, como el Creciente Fértil y el Valle del Indo, identificándose cinco haplogrupos mitocondriales distintos (A, B, C, D y E) (8)

1.2.1.1 Taxonomía

La cabra es un rumiante con cuernos huecos que pertenece a los mamíferos, orden *Artiodactyla*, suborden *Ruminantia*, y familia *Bovidae*. Está clasificada en los géneros *Capra* o *Hemitragus*. Inicialmente, la distinción entre estos dos géneros se basaba en la estructura de los cuernos, pero esta diferencia ha sido confirmada genéticamente. (9)

1.2.2 Morfo fisiología de las cabras

1.2.2.1 Cabeza

La cabeza es prominente, con ojos color café y un aspecto apacible. Las características específicas varían según la raza. Por ejemplo, las cabras boer tienen una nariz curva con ollares amplios, una boca fuerte y mandíbulas bien fijadas. Presentan una frente prominente y una curva uniforme que une la nariz y los cuernos. Los cuernos deben ser oscuros, redondos, fuertes, de longitud moderada y con una curva posterior gradual antes de girar simétricamente hacia afuera. Las orejas son amplias, lisas, de longitud media y cuelgan hacia abajo. (10)

1.2.2.2 Cruz

En las cabras, la cruz está ligeramente levantada, con los hombros bien separados y destacados. El dorso es más alto en la cruz, con una depresión moderada entre esta y la región lumbar, que suele ser algo cóncava y más pronunciada en las cabras multíparas; de acuerdo un estudio realizado en Chile, la altura a la cruz en cabras va a variar de acuerdo a la edad y el sexo; se encontró que la altura a la cruz aumentaba con la edad en ambos sexos, aunque es mucho mayor en machos. Esta medida es clave para evaluar el crecimiento y conformación corporal de las cabras. (11)

1.2.2.3 Perímetro torácico

El pecho refleja el diámetro del tórax y está relacionado con la separación de los miembros delanteros. En animales con sobrepeso, la grasa tiende a acumularse en la parte inferior del pecho. Es deseable un pecho que sea ancho, profundo y sin exceso de grasa. El diámetro del tórax debe ser amplio, con un desarrollo en altura mayor que en anchura, para proporcionar un espacio adecuado que permita el libre movimiento del corazón y los pulmones. (12)

1.2.2.4 Glándula mamaria de las cabras

La glándula mamaria debe tener pezones de longitud adecuada, terminados en punta y orientados hacia adelante, sin pezones adicionales. El tamaño ideal de los pezones es de 5 a 6 cm; no deben ser ni demasiado pequeños ni excesivamente grandes, y deben estar bien ubicados, sin sobrepasar los corvejones. La ubre debe ser ovalada o esférica, con un desarrollo óptimo, bien implantada y con una textura sedosa en lugar de carnosa (11)

1.2.2.5 Extremidades

Las extremidades de las cabras comprenden los miembros anteriores y posteriores, y su tamaño, forma, posición y separación varían según la raza y la especialización zootécnica. Estas diferencias se reflejan en las medidas morfológicas, como la alzada de la cruz, la anchura de la grupa, el diámetro longitudinal, el diámetro dorso esternal, la longitud de la grupa, el perímetro de la caña y el perímetro del tórax. (13)

En términos zootécnicos, los miembros deben ser fuertes, bien formados, finos y vigorosos, con corvejones sólidos y bien articulados para cumplir con las funciones biológicas y zootécnicas requeridas. La evaluación de las extremidades debe considerar tanto sus aplomos como posibles fallas, y dentro de las características raciales específicas, estos miembros deben cumplir con los

estándares de robustez y funcionalidad necesarios para la adecuada adaptación y desempeño de la raza. (13)

1.2.3 Fisiología de la reproducción en cabras

El ciclo reproductivo de una cabra incluye una etapa de gestación que varía entre 148 y 153 días. Después del parto, sigue un período de lactancia y la cabra entra en un estado de vacío reproductivo. El primer celo suele aparecer tres semanas después del parto, pero se recomienda no inseminar durante este tiempo, ya que el útero está aún en proceso de recuperación. Aproximadamente 42 días después del parto, la cabra puede ser montada. La lactancia continúa hasta seis semanas antes del próximo parto, es decir, entre 109 y 115 días después de la monta. En total, el ciclo reproductivo dura al menos seis meses y medio, que se desglosan en cinco meses de gestación y un mes y medio de periodo vacío (12)

1.2.3.1 Ciclo estral

Se define como ciclo estral al conjunto de eventos que se repiten sucesivamente en un periodo de tiempo, que siempre es el mismo para cada especie. El primer día del ciclo se llama celo; de acuerdo a la especie, los ciclos se van a repetir sucesivamente en el animal no preñado durante todo el año (poliétricas no estacionales) o durante un periodo del año (poliétricas estacionales). (14)

Durante cada ciclo estral, los órganos del aparato reproductor de la hembra presentan varios cambios morfológicos, los cuales dependerán de la secreción de hormonas; durante este ciclo existen 4 fases: proestro, estro, metaestro y diestro. (15)

El proestro dura de 2 a 3 días e inicia la fase de liberación folicular, es decir se forman los folículos; el estro, que también se denomina celo o calor, ocurre de 24 a 48 h dependiendo la raza, en este periodo, el animal se encuentra receptivo a la actividad sexual; en el metaestro comienza la formación del cuerpo lúteo y el diestro que es la última fase del ciclo estral en la cual, si no hay fecundación, ocurre la regresión del cuerpo lúteo. (15)

1.2.3.2 Eje hipotálamo-hipófisis

En los caprinos, el eje hipotálamo-hipofisario regula el ciclo reproductivo, especialmente en respuesta a los cambios estacionales de luz. Como los ovinos, los caprinos son poliétricos estacionales, con varios ciclos de celo en una estación específica. La reducción de horas de luz

estimula la hipófisis para secretar hormonas como la FSH y la LH, que inducen el celo y la maduración de óvulos en las hembras y regulan la producción de espermatozoides en los machos. El cuerpo lúteo, tras la ovulación, produce progesterona para mantener el embarazo; si no hay fecundación, involuciona y el ciclo se reinicia. La reducción artificial de luz a 14 horas diarias puede también inducir el celo en los machos fuera de la estación normal, evidenciando la influencia del eje hipotálamo-hipofisario en la sincronización reproductiva (16)

1.2.4 Hormonas

El ciclo estral es el resultado de la coordinación de cuatro órganos principales: el hipotálamo, la hipófisis, los ovarios y el útero, que se comunican principalmente a través de hormonas. Las hormonas clave que intervienen en este proceso son: GnRH, LH, FSH, estradiol, inhibina, progesterona y PGF2 alfa. (14)

1.2.4.1 Hormona Folículo estimulante

La función de la hormona folículo estimulante (FSH) es participar en la estimulación del desarrollo folicular del ovario para la producción de óvulos (17)

1.2.4.2 Hormona luteinizante

Esta hormona actúa en la etapa final del crecimiento de los folículos y provoca la ovulación (17)

1.2.4.3 Estrógeno

El estrógeno es liberado por los folículos en proceso de maduración y su aumento en la sangre provoca el comportamiento conocido como celo o calor, lo que lleva a la aceptación de la cópula (17)

1.2.4.4 Progesterona

Esta hormona prepara al endometrio para la nidación del CL, promueve el comportamiento del celo y mantiene la gestación o inhibiendo la secreción de GnRH (18)

1.3 Razas caprinas de carne

1.3.1 Raza Boer

Se denominan de la raza Boer, a aquellos caprinos cuyo origen es el Sur de África; el nombre de la raza se deriva de una palabra holandesa “boer”, cuyo significado es granjero. No existen muchos registros acerca del origen de esta raza, solo se intuye que estas cabras se derivan de razas caprinas

indígenas, que cohabitaban con tribus migratorias Hotentotes y Bantu, con una posible influencia de sangre hindú y europea. (19)

Se conoce que esta raza se originó en el siglo XX, producto de cruzamientos realizados por productores de Sudáfrica; al realizar estos cruzamientos, se buscaba tener un tipo caprino que tenga un fin productivo cárnico, además que su conformación corporal sea ideal, su tasa de crecimiento sea alta, que sea prolífica, además de pelo corto y blanco con manchas rojas en cuello y cabeza. Según la asociación de productores caprinos de raza Boer, esta es la única raza que ha estado involucrada rutinariamente en pruebas de comportamiento y progenie para la producción de carne. (19)

1.3.1.1 Principales características

Esta raza se dedica a la producción de carne, tiene un gran desarrollo corporal, su caja torácica ancha, gran capacidad abdominal, su cuello es corto y profundo. Los machos tienen un peso promedio de 130kgs; esta cabra es primariamente de carne, con adaptaciones según las regiones en las que se ha desarrollado; su crecimiento es de gran velocidad y desarrollo, es bastante rustica, esta característica le da paso a gran adaptación a climas calientes o fríos, zonas desérticas y tropicales, además de tener una gran resistencia a las enfermedades. (16)

Esta raza caprina tiene un cuerpo predominantemente blanco con cuello, cabeza y orejas de color rojo, aunque un 15% de la población es completamente roja. Su pelaje es corto, terso y grueso. Presenta un cuerpo simétrico, adecuado para la producción de carne, con una cabeza grande, cuernos fuertes y oscuros, ojos grandes y un perfil ligeramente convexo. Sus orejas son medianas y caídas, y el cuello es moderadamente largo y ancho. Las extremidades son robustas y están adecuadamente alineadas, con cuartos y pezuñas firmes. Las ubres están bien formadas, aunque a menudo presentan pezones adicionales. Esta raza es prolífica, con frecuencia tienen partos de gemelos y, a menudo, de trillizos. (16)

1.3.1.2 Características reproductivas

La raza Boer es considerada la productora de carne por excelencia, ya que mejora sustancialmente la calidad y cantidad de carne, especialmente después del destete, al desarrollar su potencial productivo a partir del tercer mes de vida, superando a otras razas en este aspecto. La pubertad en las hembras ocurre entre los seis y siete meses de edad, mientras que en los machos se presenta

entre los siete y ocho meses. Su prolificidad puede alcanzar hasta 1,6 crías por parto. Además de su capacidad para producir carne, esta raza destaca por su excelente aptitud maternal (20)

1.3.1.3 Zonas de explotación

Clima tropical seco, muy adaptables. No recomendable para zonas de monte tupido y leñosas invasoras, debido a la alta frecuencia de mastitis traumática, que se producen por el poco despegue de las ubres (19)

1.3.2 Producción caprina en Ecuador

En Ecuador, los principales genotipos de cabras, según la zona geográfica, son: Criolla y Boer (aptitud cárnica), Saanen y Alpina (producción de leche) y Anglo Nubia (doble propósito de carne y leche). En la región Sierra se encuentran los cinco genotipos, mientras que en la región Costa solo hay Anglo Nubia, Boer y Criolla; y, en la región Oriente e Insular, se localiza la raza Criolla. La raza Anglo Nubia es la más difundida en el país, especialmente en las zonas cálidas y deforestadas con problemas de erosión eólica e hídrica, como en las provincias de Loja, Santa Elena y Manabí. (21)

1.4 Biotecnologías reproductivas

El campo de biotecnologías reproductivas asistidas ha tenido un progreso notable; a pesar de eso, el uso de protocolos de superovulación y transferencia de embriones en cabras no ha sido tan aprovechado como con el ganado bovino (22)

1.4.1 Inseminación artificial en cabras

1.4.1.1 Sincronización de celo

La sincronización de las cabras donantes y receptoras es importante para realizar la técnica de la aspiración de ovocitos por laparoscopia. Los protocolos difieren en las hormonas exógenas utilizadas, pero resultan similares en la duración y la aplicación. (23)

La superovulación se logra con hormonas exógenas que promueven el desarrollo y el crecimiento folicular. Para mejorar la recolección de ovocitos durante la AOL en la TE se requiere previa sincronización en la hembra receptora y donadora; además de superovular a la hembra donadora. La sincronización manipula el ciclo estral y la superovulación genera mayor cantidad de ovocitos para la recolección y la evaluación. La sincronización del estro (receptora-donadora) se realiza mediante dispositivos intravaginales impregnados de P4. (23)

1.4.2 Superovulación

1.4.2.1 Definición

La superovulación se define como un proceso mediante el cual se estimula artificialmente la ovulación en hembras de ovejas y cabras, con el objetivo de incrementar la tasa de ovulación y el tamaño de la camada. Este proceso se logra mediante la administración de gonadotropinas exógenas, como la hormona folículo estimulante (FSH), y agonistas de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), que inducen un aumento en la producción y liberación de folículos ováricos maduros. Además, la melatonina exógena se utiliza para manipular el patrón de luz y adelantar la estación reproductiva normal, especialmente en situaciones de anestro estacional. La superovulación permite maximizar la eficiencia reproductiva de los rebaños al incrementar el número de embriones transferibles disponibles para la reproducción asistida y la conservación genética de las especies y razas (24)

1.4.2.2 Protocolos de superovulación

En un estudio comparativo realizado con 24 cabras Boer durante la temporada de reproducción natural, se evaluaron tres protocolos de superovulación. En el Grupo 1 (protocolo Día 0), los ciclos estrales de las cabras fueron sincronizados durante 7 días utilizando dispositivos intravaginales de liberación controlada de progesterona (CIDR) y se administró PGF2 α al insertar los CIDR. En intervalo de dosis, se administró PGF2 α . Las inseminaciones cervicales se llevaron a cabo 24 y 36 horas después del último tratamiento superovulatorio. (25)

En contraste, en los Grupos 2 y 3, los ciclos estrales también fueron sincronizados durante 17 días mediante el uso de CIDR. En el Grupo 2, se inyectó PGF2 α en el día 14 de la inserción de los CIDR, seguido de un tratamiento de superovulación similar al del Grupo 1, comenzando 48 horas antes de la retirada de los CIDR. Todas las cabras en estos grupos fueron inseminadas cervicalmente con semen fresco no diluido de cabras Boer 24 y 36 horas después de la retirada de los CIDR. Los embriones de los tres grupos fueron extraídos quirúrgicamente el día 6 después de la inseminación artificial. (25)

El protocolo Día 0 (Grupo 1) resultó en una respuesta de superovulación significativamente inferior en términos de número total de estructuras recuperadas y número de embriones recuperados, en comparación con los Grupos 2 y 3. Además, se observó una diferencia significativa en el número de ovulaciones por donante entre el Grupo 1 (4.0 ± 0.7) y los Grupos 2

y 3 (14.5 ± 0.6 y 16.5 ± 0.8 , respectivamente). Este estudio destaca la importancia de la sincronización estral precisa y el momento de inicio del tratamiento superovulatorio para mejorar el rendimiento de embriones en cabras Boer. (25)

En otro estudio realizado en dos grupos de cabras lecheras se evaluaron dos protocolos de superovulación: el Protocolo Día 0 y el Protocolo Tradicional. El Protocolo Día 0 consistió en una sincronización corta de ovulación utilizando progesterona (CIDR-G, 5 días + eCG + PGF2 α), seguido de la administración de FSH en seis dosis decrecientes cada 12 horas, comenzando 84 horas después de retirar el dispositivo de progesterona. Se aplicaron medias dosis de un análogo de PGF2 α junto con las últimas dosis de FSH. Por otro lado, el Protocolo Tradicional incluyó un tratamiento más prolongado con progesterona durante 11 días, combinado con FSH administrado a partir de las 60 horas antes de retirar el dispositivo de progesterona, con una dosis de un análogo de PGF2 α al inicio del FSH. (26)

Ambos protocolos evaluaron la presencia de folículos grandes (≥ 5 mm) mediante ultrasonografía al inicio del tratamiento con FSH. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los protocolos en cuanto a la respuesta de superovulación. El Protocolo Día 0 demostró una mayor eficacia en la inducción de ovulaciones y la producción de embriones en comparación con el Protocolo Tradicional. Específicamente, las cabras tratadas con el Protocolo Día 0 exhibieron una mayor tasa de respuesta ovárica y un número más alto de estructuras y embriones recuperados en comparación con aquellas sometidas al Protocolo Tradicional (26)

1.4.2.3 Factores que afectan la eficiencia de la superovulación

Existen múltiples factores extrínsecos e intrínsecos que pueden alterar la respuesta de la superovulación de forma significativa, restringiendo la practicabilidad de la superovulación y la transferencia de los embriones; el uso de técnicas para inducir la superovulación es un paso crucial en la transferencia de embriones, ya que así se acelera la propagación de animales con genes que tengan características específicas. (27)

- **Tipos de hormonas y número de inyecciones**

Tanto la eCG como la FSH se emplean comúnmente para inducir la superovulación en ovejas. El uso de eCG es económico y, debido a su larga vida media, puede administrarse en una sola inyección. Sin embargo, dosis elevadas de eCG pueden afectar negativamente los perfiles

hormonales, la ovulación, la fertilización, la recuperación embrionaria y las tasas de viabilidad. Para evitar estos problemas, se utilizan varios compuestos comerciales de FSH. No obstante, ya que tiene una vida media corta, la FSH debe administrarse en múltiples dosis a lo largo de un máximo de cuatro días, este proceso es laborioso, además de que existe un pequeño margen de error, causado por mal dosificación o mal tiempo de inyección. Además, la manipulación repetida puede ser estresante para los animales y perjudicial para su rendimiento reproductivo, especialmente en aquellos criados en condiciones extensivas. (27)

Aunque es posible lograr una respuesta superovulatoria con una sola inyección de FSH disuelta en solución salina, esto puede aumentar la incidencia de regresión lútea prematura, como lo indican las concentraciones de progesterona post-estro. Se ha sugerido que un vehículo oleoso podría permitir una absorción más lenta de la FSH administrada en una sola dosis, pero este enfoque no ha sido estudiado de manera exhaustiva (17). Administrarse en múltiples dosis a lo largo de un máximo de cuatro días, lo que puede ser laborioso y propenso a errores en la dosificación y el tiempo de inyección. Además, la manipulación repetida puede ser estresante para los animales y perjudicial para su rendimiento reproductivo, especialmente en aquellos criados en condiciones extensivas. Aunque es posible lograr una respuesta superovulatoria con una sola inyección de FSH disuelta en solución salina, esto puede aumentar la incidencia de regresión lútea prematura, como lo indican las concentraciones de progesterona post-estro. Se ha sugerido que un vehículo oleoso podría permitir una absorción más lenta de la FSH administrada en una sola dosis, pero este enfoque no ha sido estudiado de manera exhaustiva (28)

- **Edad de los animales**

En un estudio realizado por Lehloenya y Greyling en el año 2010, se evaluó el efecto de la edad y paridad de las donantes de embriones en la respuesta superovulatoria y la tasa de recuperación embrionaria en cabras boer; Se sincronizaron los ciclos estrales de siete hembras jóvenes (1-2 años) y nueve hembras adultas (3-4 años) usando CIDR durante 17 días, y se superovularon con FSH. (29)

Las hembras adultas mostraron un inicio de celo más rápido tras la retirada del CIDR en comparación con las hembras jóvenes. No hubo diferencias en la duración del celo inducido entre los grupos. Sin embargo, las hembras adultas tuvieron un mayor número medio de cuerpos lúteos (CL), estructuras y embriones recuperados. (29)

Aunque la tasa de fecundación fue similar entre ambos grupos, las hembras adultas produjeron más embriones transferibles. La respuesta más rápida al inicio del celo en las hembras jóvenes no afectó su tasa de fecundación, pero el menor número total de embriones producidos sugiere que las hembras multíparas adultas son más eficaces como donantes de embriones en programas de ovulación múltiple y transferencia embrionaria. (29)

- **Dosis de hormonas aplicadas**

El factor de la dosis es relevante para obtener respuestas superovulatorias homogéneas. Varios estudios han informado que dosis grandes y pequeñas de FSH durante el tratamiento superovulatorio pueden causar disminuciones en el número de embriones transferibles. Cuando se produce una disminución muy grande en la dosis de FSH, se observa una reducción en el reclutamiento folicular, y esta reducción también disminuye la tasa de ovulación y, en consecuencia, el número de embriones transferibles. Sin embargo, cuando se administra una dosis muy grande, se observan disminuciones en la fertilización de los ovocitos y en la calidad de los embriones. (30)

- **Razas**

En un estudio realizado en cabras de Sudamérica, se evaluó cómo la raza Boer y criollas influye en la respuesta a la superovulación y el rendimiento de embriones. Se utilizaron progestágenos para sincronizar los ciclos estrales y hormona folículo-estimulante porcina para la superovulación. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas entre las razas en términos de actividad estral, respuesta ovárica y calidad de los embriones. El número y tamaño de los folículos al inicio del tratamiento de superovulación tampoco variaron significativamente entre las razas. (31)

En un estudio reciente realizado con cabras de las razas Nubian y Alpina, se encontró que no hay diferencias significativas que sugieran que la raza sea un factor determinante en los protocolos de superovulación. Este hallazgo es consistente con la evidencia presentada en el estudio mencionado, donde se observó que tanto las cabras Alpinas como las Nubian respondieron de manera similar a los tratamientos hormonales para la superovulación, sin diferencias destacables en la respuesta ovárica, el número de ovulaciones o la calidad de los embriones recuperados. (32)

1.5 Transferencia de embriones

1.5.1 Definición

La transferencia de embriones (TE) es una técnica avanzada de reproducción asistida que implica la recolección de varios embriones producidos por una hembra donante y su posterior transferencia a hembras receptoras para gestación. Esta técnica permite incrementar el potencial reproductivo de los animales que son sometidos a esta técnica; se han descrito técnicas en bovinos, ovinos, caprinos, entre otros animales (33)

1.5.2 Objetivos

El propósito fundamental de la TE es aumentar la descendencia de hembras con un alto valor genético; aprovechando la reserva de ovocitos presentes en los ovarios. Implementar la TE disminuye el intervalo entre generaciones y aumenta la tasa reproductiva de las hembras de manera similar al rol de la inseminación artificial en los machos. (33)

La razón para utilizar esta técnica en animales domésticos se basa en factores genéticos, comerciales, sanitarios y de conservación de especies. Entre sus objetivos principales está el mejorar el progreso genético en la producción mediante el aumento de la intensidad de selección de las madres destinadas a producir machos superiores. También se busca introducir y difundir rápidamente razas o genotipos de alto valor productivo, lo que reduce los altos costos de producción asociados con animales de baja eficiencia reproductiva. Las características deseables y de alta heredabilidad pueden multiplicarse rápidamente (34)

1.5.3 Ventaja de la transferencia de embriones

Una de las principales ventajas de la transferencia de embriones es que permite aumentar la intensidad de selección en los programas de mejora genética, al obtener un gran número de descendientes en un corto periodo de tiempo a partir de hembras con alto potencial genético. Otra ventaja es la posibilidad de combinar esta técnica con semen sexado, lo que facilita la obtención del sexo deseado para la selección, con una eficacia del 90%. Además, esta técnica puede aplicarse con fines sanitarios, evitando la transmisión vertical de enfermedades entre animales (35)

1.5.4 Sincronización y recolección de embriones

El método de transferencia de embriones requiere la sincronización entre la donadora y la receptora, asegurando que el embrión sea recolectado en el estado apropiado de desarrollo (mórula

o blastocisto temprano) y después transferido a la receptora en el estado adecuado del ciclo estral, la colección de embriones es realizada 5-7 días después del estro; los métodos laparoscópicos de recolección y transferencia de embriones han reemplazado a los métodos de laparotomía quirúrgica, reduciendo el riesgo de complicaciones postoperatorias del tracto reproductivo. (36)

1.5.5 Selección de donadoras

La selección adecuada de donantes es crucial y debe considerar varios criterios. Los animales nulíparas no son recomendables debido al pequeño diámetro de su lumen cervical, lo que dificulta la penetración en comparación con cabras multíparas. Se prefieren animales con una condición corporal intermedia (BCS 2.5-4.0) y que tengan al menos 100 días de lactancia o estén secas, ya que un periodo más largo desde el parto puede causar una mayor constricción cervical. Además, la eficacia de la penetración cervical para inseminación artificial y la recuperación de embriones varía según la raza, con tasas de éxito que van del 61.2% al 100% en diferentes razas. La anatomía cervical, incluyendo el número de anillos cervicales y las características del cuello uterino, también influye en la dificultad de la penetración, siendo la raza un factor determinante en este proceso (37)

1.5.6 Aspiración de ovocitos por laparoscopia

La recolección de ovocitos por medio de laparoscopia es una técnica efectiva mínimamente invasiva, la cual permite una repetida recolecta de los ovocitos del mismo animal donante, además de extender el uso del donador para otros animales (38)

1.5.6.1 Hormonas

En un estudio en donde se describe el método de recuperación de ovocitos por medio de laparoscopia (LOPU), se describe cómo se dividieron a cabras adultas de la raza Nigerian Dwarf en diferentes grupos para evaluar distintos regímenes hormonales; antes de realizar la aspiración de ovocitos por laparoscopia, las cabras donantes se estimularon con gonadotropinas. Se probaron diferentes regímenes hormonales, basado en trabajos previos en ovejas, se comparó un régimen de múltiples inyecciones de FSH con una combinación de FSH y eCG en un régimen "único". Las cabras se sincronizaron mediante esponjas intravaginales que contenían 60 mg de acetato de medroxiprogesterona insertadas 10 días antes de LOPU y una inyección de 125 µg de Estrumate en la mañana del octavo día. Las esponjas se retiraron en el momento de LOPU. En el régimen de múltiples inyecciones, las cabras recibieron un total equivalente a 133 mg de NIH-FSH-PI de

Folltropin-V administrado dos veces al día durante las 48 horas previas a LOPU. En el régimen "único", las cabras recibieron una inyección de 80 NIH-FSH-PI de Folltropin-V y 300 IU de eCG en una sola aplicación 36 o 48 horas antes de LOPU. (39)

1.5.6.2 Método de aspiración laparoscópica de ovocitos

En un estudio en donde se buscaba evaluar el efecto de la administración de enalapril maleato durante la recuperación de ovocitos mediante aspiración laparoscópica serial (LOPU) sobre la respuesta ovárica y la producción de embriones in vitro (IVP); se describe el siguiente método de aspiración de ovocitos: en primera instancia, los ovocitos se aspiraron 24 horas después del tratamiento administrado de FSH/eCG y tras un ayuno de 36 horas. (40)

Durante el procedimiento, las cabras fueron anestesiadas con xilacina y ketamina, y se les aplicó anestesia local con lidocaína. Los animales fueron inmovilizados en posición dorsal para el procedimiento laparoscópico, en el cual se introdujo un endoscopio en la cavidad abdominal para visualizar y manipular los ovarios. Se utilizó una aguja de aspiración para recolectar el fluido folicular, que fue aspirado bajo vacío controlado y colectado en tubos con solución salina tamponada de Dulbecco (D-PBS) a 38 °C, con suero fetal de ternera, antibióticos y heparina. Los folículos se clasificaron en pequeños, medianos y grandes, y el fluido folicular se utilizó para recuperar los complejos cúmulo-ooocito (COCs), que fueron evaluados y clasificados en función de su calidad, desde completamente desarrollados hasta degenerados. (40)

1.5.7 Método no quirúrgico

1.5.7.1 Preparación y manejo inicial de los animales.

Los animales, ya sean superovulados o no, pueden someterse a una recuperación no quirúrgica de embriones o conocida por sus siglas NSER, con la recolección de embriones generalmente realizada entre el 5° y 7° día del ciclo estral. Cuando se realiza el procedimiento con el animal en posición de pie, no es necesario restringir la comida o el agua. Sin embargo, si se prefiere la posición de decúbito dorsal, se requiere ayuno, similar a la recolección quirúrgica (41)

El día del procedimiento, se debe lavar la región perineal con agua limpia y detergente, evitando soluciones a base de alcohol. Es esencial eliminar cualquier material fecal residual en el ano o vulva. Se realiza una tricotomía en áreas como la región sacrocóccix o lumbosacra para la anestesia epidural, y en algunos casos, el pelo de la cola debe ser afeitado un día antes del procedimiento.

Además, se evalúa el cuerpo lúteo (CL) por ultrasonido para determinar la respuesta superovulatoria del donante, y el lavado uterino comienza en el cuerno uterino ipsilateral al ovario con mejor respuesta. En las receptoras, la localización y evaluación del CL ayudan a elegir el cuerno uterino adecuado para la transferencia de embriones. (41)

1.5.7.2 Inducción de dilatación cervical en cabras

En cabras, se ha utilizado principalmente la administración de PGF2 α para inducir la dilatación cervical. Las investigaciones han probado la administración de PGF2 α en diferentes tiempos antes de la NSER, con los mejores resultados obtenidos al administrar una dosis única de cloprostenol entre 12 y 16 horas antes del procedimiento. Aunque también se han probado prostaglandinas como PGE1 y PGE2, PGF2 α ha sido la opción más común debido a su disponibilidad en diversos lugares. Los protocolos de dilatación cervical han sido adaptados y refinados en función de la efectividad de las estrategias hormonales en diferentes razas de ovejas y cabras. La combinación de PGF2 α con otros agentes hormonales ha demostrado ser eficaz en la dilatación cervical, y los métodos para la NSER han mejorado con el tiempo gracias a estos avances en la investigación. (42)

1.5.7.3 Recuperación de embriones de las donantes

En un estudio realizado en cabras lecheras raza Saanen, en el cual se quería evaluar la recuperación no quirúrgica de embriones combinada con la transferencia quirúrgica de embriones; se describe que, una vez que las cabras donantes alcanzaron el estro, se recuperaron los embriones entre los 5 a 7 días después. Primero se premedicó a las donantes con glicopirrolato, seguido de anestesia utilizando una combinación de diazepam y ketamina, con mantenimiento mediante halotano y oxígeno administrados a través de un tubo endotraqueal durante la recuperación de los embriones. (43)

Las donantes anestesiadas se colocan en posición dorsal en una mesa de operaciones para el lavado uterino no quirúrgico. Se accede a la cavidad uterina mediante un espejulo vaginal y se asegura la pared lateral del cuello uterino con fórceps de tejido. Se utiliza un catéter uretral modificado y un estilete de pistola de inseminación artificial para guiar el catéter a través del cuello uterino. El medio de colección de embriones, equilibrado a temperatura y mezclado con suero fetal bovino, se introduce en el útero hasta que el flujo hacia adentro se detiene, momento en el cual se recupera por gravedad a través de un filtro. Este procedimiento se repite hasta que se haya pasado 1 litro de

medio a través del útero, seguido de un segundo litro. Los embriones se recuperan, evalúan y transfieren a un medio de cultivo equilibrado para su conservación antes de ser transferidos a receptoras sincronizadas. (43)

1.5.7.4 Transferencia de embriones

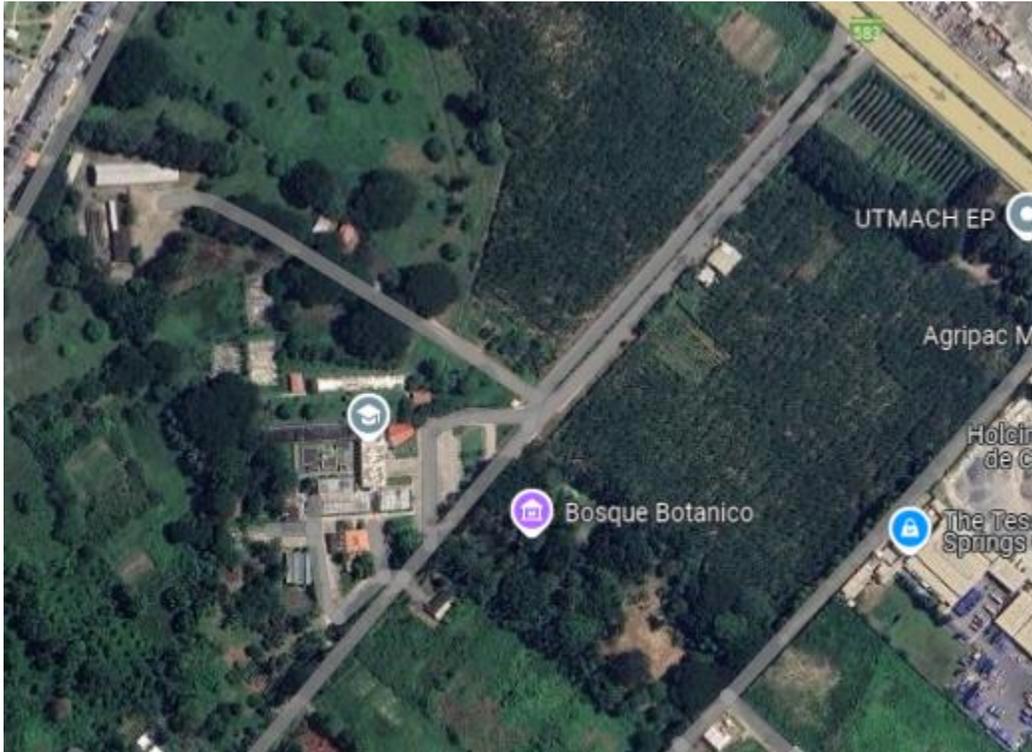
Las receptoras utilizadas para la transferencia de embriones fueron anestesiadas utilizando el mismo procedimiento que las donantes. Los embriones fueron transferidos quirúrgicamente a las receptoras sincronizadas dentro de varias horas después de su recuperación. Inmediatamente antes de la transferencia, los embriones lavados se colocaron en Ham's F-12 equilibrado con 10% de suero fetal bovino. El útero de una cabra receptora se accedió a través de una laparotomía media. Se realizó una pequeña perforación (usando una aguja de 18 ga) en el cuerno uterino ipsilateral a un CL detectado en uno de los ovarios. Utilizando un catéter Tom Cat de 3.5 adjunto a una jeringa de 1 ml, se transfirieron de 1 a 3 embriones en un solo cuerno uterino de cada receptora, a 2-4 cm de la unión utero-tubárica. (43)

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 Materiales y equipos

- Overol
- Jeringas de 1ml; 3ml; 5ml
- Hormona eCG
- Prostaglandina
- Esponja con acetato de medroxiprogesterona 60mg
- Balanceado
- Heno de alfalfa
- Botas
- Guantes desechables
- Ecógrafo Chison eco 2 (4.5MHz-8.0 MHz-Micro-Conv MC6-A)
- Vitaminas (complejo B)
- Hormona Pluset (FSH)
- Equipo laparoscópico
- Camilla para laparoscopia
- Microscopio
- Fármacos pre anestésicos: Xilacina, ketamina, lidocaína
- Reverin spray
- Antibiótico (Penicilina)

2.1.1 Lugar de estudios



Coordenadas: -3.292885, -79.914531

El presente estudio se llevó a cabo en el aprisco y clínica de docentes veterinarias de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicado en el km 5 de la carretera vía Pasaje-Machala. (P35P+CCW, E583, El Cambio).

2.2 Metodología

2.2.1 Selección de las hembras donantes y receptoras

Todas las hembras, tanto donadoras como receptoras, para ser incluidas en el programa de sincronización, superovulación, colecta y transferencia de embriones fueron chequeadas ginecológicamente (imagen 1). para descartar cualquier patología o traumatismo en su sistema reproductor, así como también se comprobó la ciclicidad ovárica, mediante el seguimiento de dos ciclos estrales consecutivos de duración normal (18 a 21 días).

2.2.2 Alimentación y manejo de cabras de estudio

Las cabras de estudio se encontraban adecuadas en un aprisco, la alimentación de los animales consistió corte de pasto de corte mombasa (*Megathyrus maximus*), Elefante morado (*Pennisetum purpureum Schumach*) y Alfalfa (*Medicago sativa*), y suplementación de 200 g de alimento balanceado con 16 % de proteína por cabra/día (imagen 2). Durante el período experimental las cabras tuvieron libre acceso al agua de bebida.

Las cabras en el estudio, tanto donadoras como receptoras, estaban debidamente registradas e identificadas con arete. Dos meses antes de ingresar al programa reproductivo, todas las cabras fueron desparasitadas con un endectocida, nematodicida de amplio espectro y una faciolicida con acción sobre formas jóvenes y adultas (Triplemic; Triclabendazol 10% + Ivermectina 0,2% + Levamizol 8%, Laboratorios Microsules S.A, Montevideo - Uruguay). Asimismo, fueron vacunadas contra la clostridiosis y el tétano (CLOSTRISAN 9+T, Laboratorios Virbac S.A, Montevideo - Uruguay), e inyectadas con una solución de extracto de Hígado + complejo B (Laboratorios BIO ZOO S.A, Jalisco - México).

El Ecuador al estar en la línea ecuatorial tiene aproximadamente 12 horas luz durante todo el año, motivo por el cual las cabras tiene comportamiento poliestrual continuo. Todos los animales del estudio se manejaron en dos lotes, según el grupo experimental. El tratamiento superovulatorio se realizó en dos hembras. Por otro lado, la sincronización y trasferencia en cabras receptoras se realizó en tres animales. Todos los animales fueron manejados en el mismo ambiente, y recibieron igual manejo alimenticio, reproductivo y sanitario.



Imagen 1 Evaluación previa, para verificar que no haya preñez.

Fuente: Los autores



Imagen 2 Complemento de la dieta de las hembras del proyecto con balanceado.

Fuente: Los autores

2.2.3 Protocolo de superovulación en cabras donantes

El protocolo de superovulación descrito a continuación, es un protocolo basado en el uso de folitropin o FSH, partiendo con el día 0 y la colocación de esponjas con progesterona (imagen 5), y la inyección de complejo vitamínico (imagen 7), de esta forma se va a pausar el ciclo de la hembra con la ayuda de la progesterona a simular una preñez, a su vez, no se van a producir hormonas que trabajan en el proceso de inicio de desarrollo y formación de óvulos pertenecientes del ciclo estral de la hembra como la FSH Y LH, la ayuda del complejo vitamínico en la aplicación del día 0 (imagen 7), es para ayudar y mejorar la fisiología de la hembra, ayudar en los procesos metabólicos que pueden ser un grado de afectación hacia la fertilidad de la hembra, desarrollos foliculares, salud en general de los animales. Posteriormente al día ocho, aplicación de prostaglandina para favorecer a la luteolisis. Empieza el desarrollo de otro ciclo estral. Administración de le hormona folículo estimulante (imagen 9) en dosis decrecientes desde el día ocho, hasta el día once, con esto favorecemos un mejor desarrollo de los óvulos, un mayor número de óvulos, mejora la calidad de los óvulos, reducción de efectos secundarios. Aplicación de la hormona coriónica equina al final del protocolo de superovulación (imagen 13), mejora la

respuesta ovárica, desarrollo, calidad, cantidad y por ultimo inducción del estro. Al siguiente día, montas controladas con el macho cabrío (imagen 16).

Para las montas controladas se adecuó un corral específico para el ingreso un macho cabrío dos días antes de las montas, de raza Boer (imagen 14), con buenas características fenotípicas y genotípicas, de acuerdo al protocolo de superovulación entre los días 12, 13 y 14 se deben realizar las montas, dando un espacio de reposo al macho entre una a dos horas después de trabajar con cada hembra (imagen 17).

DIA	HORA	FECHA	ACTIVIDAD	CANTIDAD	OBSERVACION
0	7:00	8/10/2024	Colocar esponjas	1 Unidad	Vía intravaginal
0	7:00	8/10/2024	Inyectar complejo vitamínico	5ml	Complejo B
8	7:00	16/10/2024	D-Cloprostenol	1ml	Prostaglandina
8	7:00	16/10/2024	Pluset	100 UI	2ml
8	18:00	16/10/2024	Pluset	100 UI	2ml
9	7:00	17/10/2024	Pluset	75 UI	1,5ml
9	18:00	17/10/2024	Pluset	75 UI	1,5ml
10	7:00	18/10/2024	Retiro de la esponja		
10	7:00	18/10/2024	Pluset	50 UI	1ml
10	18:00	18/10/2024	Pluset	50 UI	1ml
10	18:00	18/10/2024	Meter calentador (Detectar Celo)		
11	7:00	19/10/2024	Pluset	25UI	0,5ml
11	18:00	19/10/2024	Pluset	25UI	0,5ml
11	18:00	19/10/2024	eCG	100UI	2ml
12	8:00	20/10/2024	Meter macho, realizar montas controladas si es posible		2 días y verificar que las dos fueron montadas

16	9:00	24/10/2024	Retirar comida		Realizar rasurado y lavado abdominal alrededor de las glándulas mamarias
16	18:00	24/10/2024	Retirar agua		
17	9:00	25/10/2024	Transferencia		

El protocolo descrito es similar al que utilizaron, Martínez, Mejía, Zarco y otros. Con la diferencia que es un protocolo que se trabajó en ovejas pero que fácilmente puede ser adaptado y usarse en cabras, este protocolo también describe el uso de dispositivos intravaginales con progesterona, aplicaciones decrecientes de FSH y aplicación de eCG al momento del retiro del dispositivo intravaginal, similar al protocolo con el que se trabajó en el proyecto. (44)



Imagen 3 Esponja con acetato de medroxiprogesterona 60mg.

Fuente: Los autores



Imagen 4 Día 0: inicio del proyecto junto con Dr. Ángel Sánchez.

Fuente: Los autores



Imagen 5 colocación de la esponja intravaginal. (cabra 1)

Fuente: Los autores



Imagen 6 Día 0: Colocación intravaginal de esponja con progesterona (cabra 2)

Fuente: Los autores.



Imagen 7 Día 0: Inyección complejo vitamínico 5ml.IM

Fuente: Los autores



Imagen 8 Hormona FSH (Pluset)

Fuente: Los autores



Imagen 9 Día 8: Preparación de las dosis de pluset, primeras aplicaciones de 2ml IM.

Fuente: Los autores



Imagen 10: Día 9, aplicación de la hormona pluset, por la mañana 7:00am en punto

Fuente: Los autores



Imagen 11 Día 9: Aplicación de la hormona pluset por la tarde 6:00pm en punto.

Fuente: Los autores



Imagen 12 Día 10: Extracción de la esponja de progesterona.

Fuente: Los autores

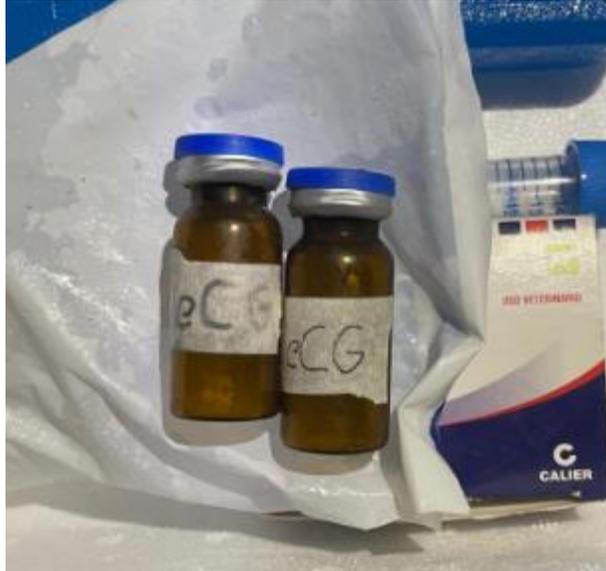


Imagen 13 Hormona eCG..

Fuente: Los autores



Imagen 14 Ingreso de la cabra macho, 2 días antes, posterior a esos días, se realizan las montas.

Fuente: Los autores



Imagen 15 Celo presente en las hembras donantes.

Fuente: Los autores



Imagen 16 Detección de celo con las hembras donantes.

Fuente: Los autores



Imagen 17 Día 12: Realización de montas controladas con las hembras donantes.

Fuente: Los autores

2.2.4 Protocolo de sincronización de celo en cabras receptoras

El protocolo de sincronización descrito a continuación, se trabaja de la siguiente manera, con el día cero, la colocación de las esponjas con progesterona vía intravaginal durante 9 días, con el propósito de pausar el ciclo de la hembra, lo cual simula un estado de preñez, para que la hembra pueda descansar su ciclo y teniendo un control de celo más ordenado. Retiro de la esponja después de 9 días, aplicación de prostaglandina la cual tendrá un efecto de luteolisis, de esta forma ya empieza el nuevo ciclo estral de la hembra, seguido de esto, aplicación el mismo día de la hormona gonotropina coriónica equina (eCG) (imagen 13), para el trabajo de formación, desarrollo de óvulos, mayor estimulación de su ciclo estral.

DIA	FECHA	HORA	ACTIVIDAD	CANTIDAD	OBSERVACION
0	8/10/2024	9:00	Colocar esponjas	1 unidad	Vía Intravaginal
9	17/10/2024	19:00	Retiro de la esponja		
9	17/10/2024	19:00	D-Cloprostenol	1ml	Prostaglandina
9	17/10/2024	19:00	eCG	400 UI	2ml
16	24/10/2024	12:00	Retirar comida y agua		Rasurar y lavado de la cavidad abdominal alrededor de las glándulas mamarias
17	25/10/2024	12:00	Transferencia de Embriones		
17	25/10/2024	12:00	Colocar esponja	1 Unidad	Retirar en 2 semanas

2.2.5 Lavado y colecta de embriones

Para comprobar la respuesta superovulatoria, se cuantificó el número de folículos en los ovarios antes de la colecta de estructuras mediante laparotomía exploratoria (imagen 27, 28). Todas las cabras con un número igual o mayor de tres cuerpos lúteos fueron consideradas como

superovuladas. La recuperación de embriones se realizó mediante laparotomía exploratoria (imagen 23). Previamente, se hizo un lavado completo del área abdominal con jabón neutro, y se rasuró y desinfectó el área a incidir. Seguidamente, se procedió a fijar al animal en una camilla en posición inclinada antes de hacer la operación (imagen 18), y se utilizó anestesia general inducida con xilacina (6 mg / kg IM) más ketamina (10 mg / kg IV).



***Imagen 18** Colocación del animal de cubito dorsal en la mesa de laparoscopia.*

Fuente: Los autores



***Imagen 19** Bloqueo loco regional*

fuelle: Los autores



Imagen 20 Fijación de los ovarios por laparoscopia.

Fuente: Los autores.



Imagen 21 Observación de los ovarios por laparoscopia.

Fuente: Los autores

Se expusieron los cuernos uterinos y se procedió al lavado por arrastre de cada cuerno con una sonda Foley de dos vías (número ocho o 10 dependiendo del tamaño de los cuernos uterinos) en cada cabra (imagen 22). Dicha sonda fue mantenida estable por medio de un globo inflable, lavando cada cuerno uterino con 24 a 30 ml de una solución comercial (ABT complete flush, ABT 360, Pullman, Washinton - EEUU) (imagen 22). Se realizó un leve masaje en cada cuerno y se recuperó la solución en una placa Petri cuadrículada para la posterior búsqueda y evaluación de

estructuras (imagen 23). Terminada la maniobra se procedió a cerrar la incisión con una sutura Vicryl 2-0. Posterior a ello todas las cabras recibieron una dosis de 0,26 mg de prostaglandina para eliminar los cuerpos lúteos existentes.



Imagen 22 lavado y colecta

fuelle: Los autores

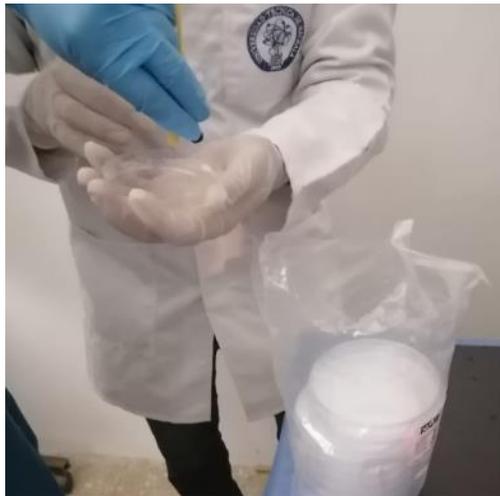


Imagen 23 Colecta de los embriones.

Fuente: Los autores



Imagen 24 Lavado de los embriones

Fuente: Los autores

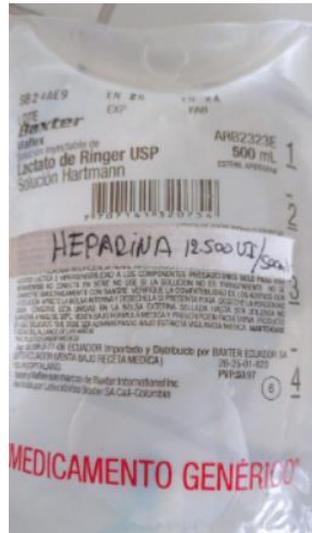


Imagen 25 Solución heparina.

Fuente: Los autores

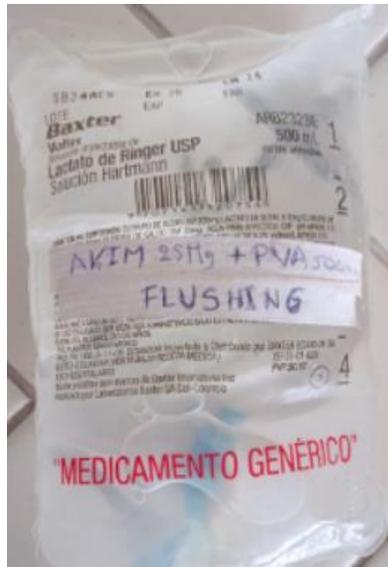


Imagen 26 Solución Flushing.

Fuente: Los autores

2.2.6 Transferencia de embriones a las receptoras

Para las transferencias se escogieron 3 cabras receptoras aleatoriamente. Las receptoras fueron sincronizadas con una esponja impregnada con acetato medroxiprogesterona (60 mg) (imagen 1) durante 9 días, acompañada de 400 UI de eCG (Novormon) al momento del retiro de la esponja (imagen 12). En los días 15 y 16 se verificó el celo con un macho recelador (imagen 15). La transferencia embrionaria se debió realizar 7 días después del retiro de la esponja, las cabras fueron sometidas a un ayuno previo de 24 horas, con la finalidad de garantizar el vaciamiento intestinal, y facilitar la búsqueda de los cuernos uterinos. Durante el día de las transferencias los animales se prepararon previamente, realizando un lavado completo del área abdominal con jabón neutro, y posterior rasurado y desinfección del área a incidir. La respuesta a la sincronización debió ser verificada mediante la confirmación de la presencia de un cuerpo lúteo (CL) indicativo de celo y ovulación, a través de laparoscopia exploratoria (imagen 21). La técnica de la transferencia de embriones se la realiza de la siguiente manera: se realiza una incisión y laparotomía pequeña (de aproximadamente 2 cm) se expone del cuerno uterino ipsilateral al ovario que contenía el CL. Durante el procedimiento se extrae el extremo del cuerno lo más cercano a la unión uterotubárica, y con una aguja de punta roma se incidió el cuerno depositando el embrión con una pipeta, transfiriendo uno o dos embriones por cada hembra receptora, al finalizar la transferencia se coloca

una esponja intravaginal con progesterona por dos semanas. El diagnóstico de gestación se debe realizar 30 días después de la transferencia mediante ecografía transrectal

2.2.7 Monitoreo post-transferencia

El diagnóstico de gestación se debe realizar a los 30 días después de la transferencia mediante ecografía transrectal

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Resultados

El presente estudio tuvo como objetivo principal **establecer un programa de superovulación, sincronización y transferencia de embriones en cabras Boer de la granja Santa Inés de la UTMACH**, utilizando protocolos previamente definidos. Los resultados obtenidos en cada etapa del estudio se detallan y discuten a continuación.

Verificar la respuesta ovárica al tratamiento de superovulación

El protocolo de superovulación fue aplicado en dos cabras donantes, ambas se encontraban aptas para monta, lo que fue confirmado mediante una evaluación clínica y laparoscopia exploratoria. Durante el procedimiento, se observó un desarrollo adecuado de los ovarios y tono uterino, indicadores de una respuesta ovárica positiva. En dicha laparoscopia se evidenció el desarrollo de un número superior de folículos respecto al ciclo natural típico, que generalmente produce de 2 a 3 folículos por ciclo. Los resultados específicos fueron los siguientes:

<i>Animal</i>	<i>Ovarios</i>	<i>Número de folículos</i>
<i>Cabra 1</i>	Ovario derecho	5
	Ovario izquierdo	4
<i>Cabra 2</i>	Ovario derecho	7
	Ovario izquierdo	5

Tabla 1 Número de folículos.

Fuente: Los autores

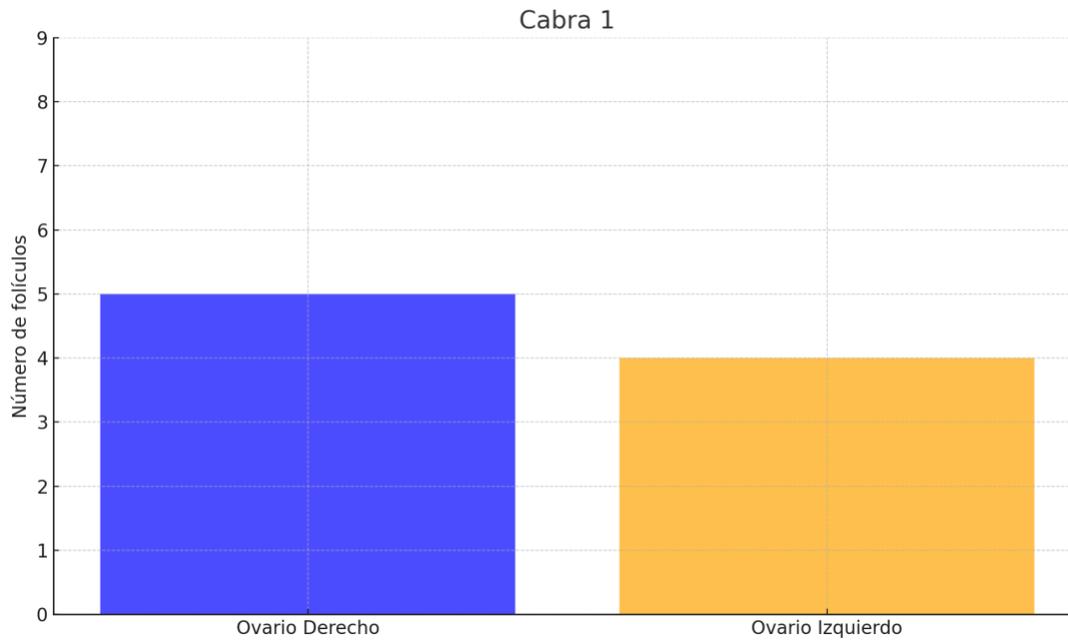


Gráfico 1 Número de folículos en Cabra 1

Fuente: Los autores

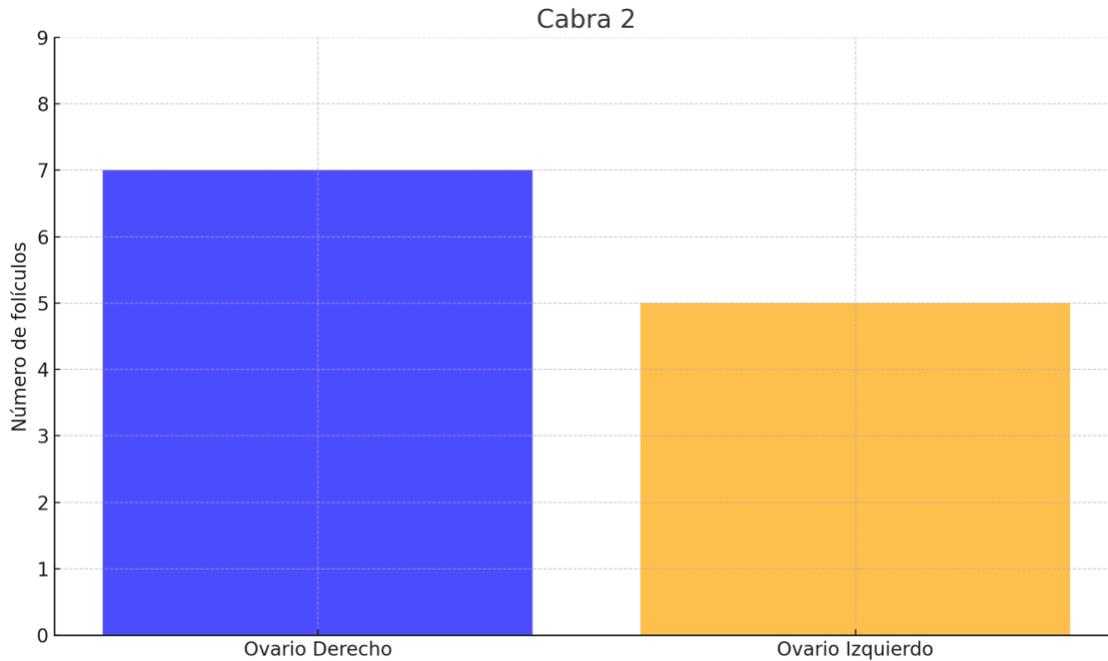


Gráfico 2 Número de folículos en Cabra 2

Fuente: Los autores

Estos datos confirman que el protocolo indujo una respuesta superovulatoria, pero no se logró la ovulación funcional de los folículos desarrollados, lo que resultó en la ausencia de embriones viables. Este fenómeno podría estar relacionado con factores como la calidad de las hormonas utilizadas, el manejo ambiental y las características individuales de las hembras donantes.



Imagen 27 Respuesta ovulatoria (cabra 1)

Fuente: Los autores



Imagen 28: *Respuesta ovulatoria (cabra 2).*

Fuente: Los autores

Sincronización de celo en hembras receptoras

La sincronización del celo en las hembras receptoras fue exitosa. Todas las hembras mostraron signos evidentes de celo, incluyendo edema vulvar, secreciones mucosas claras y comportamiento de monta (imagen 29), lo que indicó la efectividad del protocolo hormonal administrado en el tiempo esperado tras la administración de progesterona, prostaglandina y eCG. La presencia de cuerpos lúteos confirmada mediante ecografía transrectal corroboró la sincronización ovárica. Estos resultados demuestran la eficacia del protocolo hormonal utilizado, aunque el éxito global del procedimiento fue limitado por la falta de embriones viables en las donantes.



Imagen 29: Evidencia de la respuesta a la sincronización de celo.

Fuente: Los autores

Evaluar los resultados de los procesos de superovulación

Si bien la respuesta folicular fue adecuada en términos de número, los folículos no lograron completar el proceso de ovulación. Este resultado puede atribuirse a:

1. **Calidad de las hormonas:** Estudios previos han señalado que variaciones en la pureza o estabilidad de los lotes de FSH y eCG pueden afectar significativamente la respuesta ovárica.
2. **Manejo técnico:** Errores mínimos en la dosificación o sincronización temporal de las inyecciones hormonales podrían alterar el desarrollo y funcionalidad folicular.
3. **Condición fisiológica de las hembras:** Factores como el estrés, la edad y el estado de salud general de las cabras donantes pudieron influir negativamente.

Tasa de éxito

Aunque no se logró obtener embriones viables para la transferencia, se observó una respuesta fisiológica positiva al protocolo superovulatorio, evidenciada por el desarrollo de folículos múltiples en los ovarios de ambas cabras donantes. Estos hallazgos resaltan la capacidad de las cabras para responder a la estimulación hormonal bajo las condiciones del protocolo utilizado.

Factores como el tamaño limitado de la muestra y las condiciones ambientales locales también pudieron influir en los resultados. Estudios realizados en otras regiones han reportado variabilidad significativa en la respuesta superovulatoria debido a diferencias genéticas, climáticas y de manejo, lo que subraya la importancia de adaptar los protocolos a las condiciones específicas de cada lugar.

3.2 Discusión

La aplicación de biotecnologías reproductivas en el presente estudio demostró ser una herramienta eficaz para mejorar la eficiencia reproductiva en caprinos. El protocolo de superovulación implementado en las hembras donantes generó una respuesta ovárica favorable, reflejada en el número de folículos desarrollados y en la calidad de los embriones recolectados. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Córdova Salinas (2011), quien obtuvo una respuesta superovulatoria con un promedio de 8 folículos por hembra, y Bravo Domínguez (2024), quien reportó tasas de ovulación cercanas al 75% en cabras Boer, mismos autores destacaron que el uso de gonadotropinas como FSH y eCG combinado con dispositivos de liberación de progesterona ha mostrado resultados óptimos en caprinos y bovinos. (45) (46)

Sin embargo, se observó una variabilidad en la respuesta superovulatoria que puede atribuirse a factores como la edad, el estado fisiológico y la condición corporal de las donantes, así como a la precisión en la aplicación del protocolo hormonal, aspectos que también han sido reportados por Sánchez Martínez et al. (2022) y Castañeda Barreto et al. (2021). (47) (48)

En lo que respecta a la sincronización del celo en las hembras receptoras, el protocolo basado en el uso de dispositivos intravaginales y prostaglandinas mostró ser una estrategia eficiente para coordinar los ciclos reproductivos. Esto permitió maximizar la sincronía entre las receptoras y los embriones recolectados, una condición esencial para el éxito de la transferencia embrionaria. Sánchez Martínez et al. (2022) y Bravo Domínguez (2024), destacaron que las condiciones ambientales, el manejo técnico de los caprinos y las características individuales de las hembras receptoras pueden influir significativamente en la respuesta al tratamiento. Este hallazgo refuerza la importancia de ajustar los protocolos a las condiciones locales y de realizar un monitoreo más exhaustivo durante su implementación. (47) (46)

La evaluación del proceso de superovulación, considerando tanto la cantidad como la calidad de los embriones recolectados, permitió confirmar que los resultados se alinean con los estándares internacionales en biotecnología reproductiva caprina. Según Castañeda Barreto et al. (2021), la calidad de los embriones y el número de ovocitos recuperados son indicadores clave de la efectividad de los programas de superovulación. (48)

Sin embargo, se identificaron factores limitantes que podrían haber influido en la recuperación de embriones, como el manejo técnico y el estrés inducido en las hembras donantes, lo que coincide

con las observaciones de Sánchez Martínez et al. (2022). Estos aspectos resaltan la necesidad de mejorar la precisión en las técnicas de recolección y optimizar el monitoreo mediante ultrasonografía para garantizar la máxima eficiencia en la obtención de embriones viables. (47)

Cuando se transfieren los embriones, las tasas de preñez reportadas en la literatura varían entre el 50% y el 60%, según Bravo Domínguez (2024), con la posibilidad de alcanzar valores superiores al 70% utilizando técnicas avanzadas como la inseminación artificial a tiempo fijo. (46)

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de biotecnologías reproductivas en la especie caprina, específicamente en programas de superovulación, sincronización y transferencia de embriones, tiene un gran potencial para mejorar la productividad y eficiencia reproductiva en sistemas semi-intensivos. No obstante, se identificaron áreas de mejora que deben ser abordadas en investigaciones futuras, con el fin de optimizar aún más la implementación de estas tecnologías en contextos locales.

IV. CONCLUSIONES

La investigación realizada sobre la aplicación de biotecnologías reproductivas en cabras Boer ha permitido evidenciar tanto los avances alcanzados como los retos que aún persisten en la implementación de estas técnicas. La aplicación de protocolos de superovulación y transferencia de embriones demostró el potencial de las cabras Boer para responder a la estimulación hormonal, evidenciado por el desarrollo de varios folículos en los ovarios de las hembras donantes. Sin embargo, a pesar de esta respuesta positiva, la falta de ovulación funcional y la ausencia de embriones viables indican que los protocolos empleados aún requieren ajustes significativos para ser plenamente efectivos.

El análisis de la respuesta ovárica, a pesar de no haber logrado la obtención de embriones viables, demostró la capacidad de las cabras Boer para ser estimuladas hormonalmente y producir folículos adicionales en comparación con el ciclo natural. Este fenómeno sugiere que las cabras Boer tienen un alto potencial reproductivo que podría aprovecharse con un ajuste más fino en los protocolos hormonales, en particular en la dosificación y la sincronización de los tratamientos, considerando factores como la edad, el estado de salud, y las condiciones ambientales, los cuales impactan directamente en la efectividad de las técnicas de superovulación y transferencia de embriones.

Por otro lado, la sincronización del ciclo estral en las hembras receptoras fue exitosa, lo que permitió una adecuada preparación de las hembras para recibir los embriones. La utilización de esponjas intravaginales impregnadas con progesterona y la aplicación de prostaglandina, junto con la hormona eCG, permitió un control eficaz del celo y la ovulación en las receptoras, lo cual es crucial para maximizar las probabilidades de éxito en la transferencia embrionaria. Sin embargo, los desafíos asociados a la obtención de embriones viables en las hembras donantes limitaron el éxito general del proceso, lo que indica que los factores que afectan la calidad de los embriones deben ser objeto de mayor investigación. Se resalta también la importancia de contar con un manejo adecuado de las técnicas de biotecnología reproductiva, desde la selección de las hembras donantes hasta la aplicación precisa de los protocolos hormonales. A pesar de los retos, este estudio aporta valiosa información que contribuirá al diseño de protocolos más efectivos en el futuro

V. RECOMENDACIONES

- Aumentar el número de la población de los animales para mejores resultados.
- Para garantizar una respuesta con resultados positivos es importante cumplir paso a paso, los procesos de superovulación y sincronización de celo.
- Adquirir hormonas de calidad, para que haya una mejor respuesta en la producción de óvulos.
- Administrar un plan sanitario previo, para no comprometer la salud de los animales que se trabajarán.
- Aplicar las dosificaciones hormonales, a las horas exactas donde se detallan en los protocolos.
- Planificar correctamente, los espacios para los animales, tanto para las hembras sincronizadas, hembras donantes y reproductor.
- Tener en precaución al momento de las aplicaciones de inyecciones para no lesionar a los animales.
- Al momento de la cirugía las técnicas deben ser mínimamente invasivas y acompañadas de anestesia y analgésicos para reducir el dolor. Además, se debe asegurar un ambiente adecuado, tranquilo y cómodo, evitando factores estresantes como temperaturas extremas o hacinamiento.
- El manejo post-procedimiento incluye un seguimiento cercano para asegurar una recuperación sin complicaciones.
- Escoger a las hembras con mejores parámetros reproductivos para donantes y el resto se trabajarán como receptoras.
- Al momento de la dilución de las hormonas, hacerlo correctamente. Debido a que cada dosis decreciente es en base a una concentración menor que la anterior.

VI. ANEXOS



Observación de las hembras en el aprisco



Aplicación intramuscular de la hormona FSH



Observación de la colocación de la esponja con P4



Día 0, con la presencia de nuestro tutor de tesis al momento de la colocación de esponjas



Proporción del alimento de forraje a las cabras



Alimento balanceado que proporcionamos a la dieta de las hembras donantes y receptoras durante el programa



Retiro y observación de la esponjas al momento del retiro



Reflejo de Flehmen por parte del macho cabrío al momento de detección de celo



Preparación para el procedimiento quirúrgico (lavado y colecta de embriones)



Inyección de premedicación anestésica de xilacina a razón de 6mg/kg IM



Colocación de la cabra en la mesa de laparoscopia



Bloqueo locorregional con lidocaína



Exposición de los ovarios



Conteo de los numero de los cuerpos lúteos que en este caso correspondían como cuerpos blancos



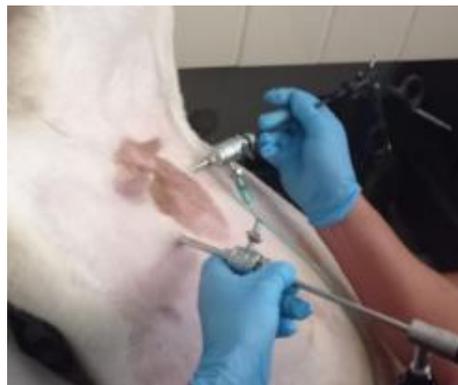
Aplicación de la sonda Foley



Lavado de los cuernos para la recolección de embriones



Aplicación de flunixin post quirúrgico



Aplicación laparoscópica



Colecta de los embriones

VII. BIBLIGRAFIA

1. Khan S, Jamal MA, Khan IM, Ullah I, Jabbar A, Khan NM, et al. Factors affecting superovulation induction in goats (*Capra hircus*): An analysis of various approaches. *Front. Vet. Sci.* 10:1152103. 2023. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1152103>
2. Marín J, Posadas M, Chavez J, Romero C. Aspiración de ovocitos por laparoscopia para la transferencia de embriones en cabras: una revisión. *Abanico Veterinario.* 18(2):14-23. 2018. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet>
3. Herrera C, Romano R, Soto J, Lara S, Aréchiga C, Bañuelos V. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Agroecosistemas tropicales y subtropicales.* 9(1):1-14. 2008. https://www.researchgate.net/publication/237042631_Situacion_actual_y_perspectivas_de_la_produccion_caprina_ante_el_reto_de_la_globalizacion
4. Gonzalez-Bulnes A. Avances en transferencia de embriones en pequeños rumiantes. *Revista Argentina de Producción Animal.* 2017; 37. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20173220336>

5. Falchi L, Ledda S, Zedda M. Embryo biotechnologies in sheep: Achievements and new improvements. *Reproduction in Domestic Animals*. 2022; 57(55): p. 22-33. <https://doi.org/10.1111/rda.14127>
6. Amiridis G, Cseh S. Assisted reproductive technologies in the reproductive management of small ruminants. *Anim Reprod Sci*;130 (3-4):152-61. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.009>
7. Bergstein T, Busato E, Bertol M, Ignácio F. *Reproduction Biotechnology in Farm Animals*; 2018. https://www.researchgate.net/profile/Tacia-Bergstein-Galan/publication/328513019_Reproduction_Biotechnology_in_Farm_Animals/links/5bd1d7b2299bf12253af9876/Reproduction-Biotechnology-in-Farm-Animals.pdf
8. Bayona J, Martínez L, Bermejo J, Galván G. *Colonización americana y el ganado caprino*. Universidad Cooperativa de Colombia ed. Bogotá; 2016. https://www.academia.edu/44719371/Biodiversidad_caprina_iberamericana_Biodiversidad_caprina_iberamericana
9. Solaiman SG. *Goat Science and Production*. 1st ed.: Wiley; 2010. <https://www.perlego.com/book/2768705/goat-science-and-production-pdf>
10. Rojas A, Meneses R. Características de la raza Boer. 115th ed.: La Serena: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias; 2004. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7001>
11. Castellaro G, Orellana C, Escanilla J, Ruz Y. Características morfo estructurales de un rebaño caprino de la zona mediterránea central de Chile. *Agro Sur* [Internet]: *Agro Sur* 47(2): 19-29; 2019. <http://dx.doi.org/10.4206/agrosur.2019.v47n2-03>
12. CARRERO H, VERSCHUUR M. *Manual de producción caprina* Tuluá: SENA; 2005. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/4273/1/capricultura_2005.pdf
13. Herrera CW, Hernández CL. Caracterización morfológica de la cabra Motilona de Norte de Santander, Colombia. *Rev MVZ Cordoba* [Internet]. 2712149th ed.; 2021. <https://revistamvz.unicordoba.edu.co/article/view/e2149>
14. Ungerfeld R. *REPRODUCCIÓN DE LOS ANIMALES DOMÉSTICOS*. 9788418339264th ed.: Edra - Grupo Asís (España); 2020. https://www.researchgate.net/publication/343295606_REPRODUCCION_DE_LOS_ANIMALES_DOMESTICOS/citations

- 1 Guevara S. Respuesta Estral en cabras nulíparas y múltíparas con progesterona y hCG durante el anestro
5. estacional. Torreón, Mexico: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; 2018.
<https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/45248>
- 1 R M. Manual de producción caprina: La Serena, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones
6. Agropecuarias. no. 370; 2017. <https://biblioteca.inia.cl/items/37f221ba-7f31-4f52-9c98-c6cc76e3ff64>
- 1 Ortíz M. DETERMINACIÓN DE LA TASA DE PREÑEZ EN CABRAS (*Capra hircus*), AL UTILIZAR
7. DOS PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2018.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/10606/>
- 1 Herrera M. Respuesta estral en cabras múltíparas en anestro tratadas con eCG o hCG Torreón, Mexico:
8. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; 2018.
<https://repositorio.uaaan.mx/handle/123456789/45250>
- 1 Luginbuhl J, Pietrosemoli S. Razas de caprinos de carne en los USA y sus características productivas:
9. Animal Science Facts; 2004. <https://content.ces.ncsu.edu/razas-de-caprinos-de-carne-en-los-usa-y-sus-caracteristicas-productivas>
- 2 Gómez-Carpio M, Toalombo-Vargas P, Avilés-Esquivel D, Mendoza B. Recursos genéticos caprinos
0. locales en el Ecuador. En: Biodiversidad Caprina Iberoamericana; 2016.
http://193.137.98.100/media/contentbuilder/upload/b36410ac7652fce6b5d85f081393ed66_2017_Biodiversidad_caprina_iberamericana_2017.pdf
- 2 Pesántez M, Sánchez D. La caprinocultura en Ecuador: un sector próspero y emergente. Association IG,
1. editor.: ISSN: 2340-9827, N°. 32; 2020. https://www.iga-goatworld.com/uploads/6/1/6/2/6162024/tierras_caprinas_ecuador_abril_2021.pdf
- 2 Córdova A, Córdova , Córdova C, Guerra J. Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en
2. ovejas y cabras: Rev. vet. 19: 1, 67–79; 2008.
<https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/4305/3960>
- 2 Gaspar M, Lalli D, Ruiz N. Sincronización de celo en cabras: experiencia en el uso de dos protocolos
3. hormonales. Universidad Nacional del Litoral (UNL). 2018.
https://www.fcv.unl.edu.ar/investigacion/wp-content/uploads/sites/7/2018/11/PA_GASPAR_SINCRONIZACION.pdf

- 2 Córdova A, Córdova M, Córdova C, Guerra J. Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en
4. ovejas y cabras: *Rev. vet.* 19: 1, 67–79; 2008.
<https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/4305/3960>
- 2 Lehloenya K, Greyling J. The ovarian response and embryo recovery rate in Boer goat does following
5. different superovulation protocols, during the breeding season. *Small Ruminant Research*. *Small Ruminant Research*. 2010; 88(1): p. 38-43.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448809002508?via%3Dihub>
- 2 Vilariño M. Respuesta ovulatoria y embrionaria en cabras superovuladas con el protocolo día 0
6. comparado con un protocolo tradicional: UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA, MONTEVIDEO; 2008.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19239/1/FV-27742.pdf>
- 2 Simonetti L, Forcada F, Rivera O, Carou N, Alberio R, Abecia J. Simplified superovulatory treatments
7. in Corriedale ewes. *Anim Reprod Sci*: 104(2–4):227–37; 2008.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378432007000401?via%3Dihub>
- 2 Abecia J, Forcada F, González A. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Anim Reprod*
8. *Sci*: 130(3–4):173–9; 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011>
- 2 Lehloenya K, Greyling J. The effect of embryo donor age and parity on the superovulatory response in
9. Boer goat does. *S Afr J Anim Sci* (40)1, editor.; 2010. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v40i1.54130>
- 3 Loiola J, Monte A, Souza T, Miranda M, Magalhães L, Barros C. Effect of pFSH dose reduction on in
10. vivo embryo production in Dorper ewes. *Semin Cienc Agrar*. 36624215th ed.; 2015.
<http://dx.doi.org/10.5433/16790359.2015v36n6supl2p4215>
- 3 Mpebe N, A GA, Lehloenya K. Effect of breed and follicular status on response to superovulation in
1. South African goats: *Journal of Applied Animal Research* ; 2018.
<https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1277530>
- 3 Nuti L, Minhas B, Baker W, Capehart J, Marrack P. Superovulation and recovery of zygotes from Nubian
2. and Alpine dairy goats. *Theriogenology*. 2844818th ed.; 1987.
[http://dx.doi.org/10.1016/0093691x\(87\)90252-4](http://dx.doi.org/10.1016/0093691x(87)90252-4)

- 3 María M, Juan V, Richard S, Richard M. PROTOCOLOS DE SUPEROVULACIÓN UTILIZANDO
3. DIFERENTES DOSIS DE GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (eCG) EN LA PRODUCCIÓN
DE EMBRIONES OVINOS: (6)1; 2019. <http://dx.doi.org/10.36331/revista.v6i1.66>
- 3 Cueto M, Gibbons A, Bruno M, Fernández J. MANUAL DE OBTENCION, PROCESAMIENTO Y
4. CONSERVACION DEL SEMEN OVINO. 2nd ed.: INTA; 2016.
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/106147/CONICET_Digital_Nro.734a3ad9-2123-41cb-84e0-543367254ca2_X.pdf?sequence=5
- 3 García P, Quintela L, Becerra J, Martínez A. Portal Veterinaria. [Online]; 2018. Disponible en:
5. <https://www.portalveterinaria.com/rumiantes/articulos/14123/latransferencia-de-embryones-en-bovinos.html>.
- 3 van der Spek D, van Arendonk J, Bovenhuis H. Genome-wide association study for claw disorders and
6. trimming status in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 2015; 98(2):1286–95.
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8302>
- 3 Fonseca J, Oliveira M, Brandão F, Batista R, Garcia A, Bartlewski P. Non-surgical embryo transfer in
7. goats and sheep: the Brazilian experience. Reproduction, Fertility and Development. 2019; 31(1):17-26.
<http://dx.doi.org/10.1071/rd18324>
- 3 Pierson J, Wang B, Neveu N, Sneek L, Côté F, Karatzas C. Effects of repetition, interval between
8. treatments and season on the results from laparoscopic ovum pick-up in goats. Reproduction, Fertility
and Development. 2004; 16(8):795- 799. <http://dx.doi.org/10.1071/rd04066>
- 3 Baldassarre H, Keefer C, Wang B, Lazaris A, Karatzas C. Nuclear transfer in goats using in vitro matured
9. oocytes recovered by laparoscopic ovum pick-up. Cloning Stem Cells. PubMed. 2003; 5(4):279.
https://www.researchgate.net/publication/8910712_Nuclear_Transfer_in_Goats_Using_In_Vitro_Matured_Oocytes_Recovered_by_Laparoscopic_Ovum_Pick-Up
- 4 Bravo P, Moreno M, Fernandes C, Rossetto R, Cavalcanti C, Fernandes D. Effect of continuous
10. administration of enalapril maleate on the oocyte quality and in vitro production of parthenote embryos
in nulliparous and multiparous goats undergoing serial laparoscopic ovum pick-up. Animals (Basel).
2019; 9(11):868. <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/11/868>

- 4 Fonseca J, Souza J, Oliveira M, Leite C, Nascimento P, Brandão F. Nonsurgical embryo recovery and
1. transfer in sheep and goats. *Theriogenology*. 2016; 86(1):144–51.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.025>
- 4 Souza J, Oliveira M, Guimarães M, Brandão F, Bartlewski P, Fonseca J. Review: Non-surgical artificial
2. insemination and embryo recovery as safe tools for genetic preservation in small ruminants. *Animal*.
2023; 17(1). <http://dx.doi.org/10.1016/j.animal.2023.100787>
- 4 Melican D, Gavin W. Repeat superovulation, non-surgical embryo recovery, and surgical embryo transfer
3. in transgenic dairy goats. *Theriogenology*. 2008; 69(2):197–203.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.09.012>
- 4 Martínez-Rojero R, Mejía-Villanueva O, Zarco-Quintero L, Mastache-Lagunas A, Reyna-Santamaría L.
4. Evaluación de un protocolo de superovulación para transferencia de embriones en ovejas Criollas de la
Montaña de Guerrero. *Abanico vet vol.7 no.3 Tepic. SCIELO*. 2017.
<https://doi.org/10.21929/abavet2017.73.3>
- 4 Córdova A. PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN Y SUPEROVULACIÓN PARA
5. TRANSFERENCIA DE EMBRIONES EN BOVINOS. UNIVERSIDAD DE CUENCA. 2011.
<https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a2b7fb82-0196-40d4-ab8e-40bf7adde8ee/content>
- 4 Domínguez A. EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO CORTO Y LARGO DE SINCRONIZACIÓN DE
6. CELO EN CABRAS INSEMINADAS CON SEMEN CONGELADO EN RÍO VERDE.
UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA. 2024. <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a2b7fb82-0196-40d4-ab8e-40bf7adde8ee/content>
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12045>
- 4 Martínez D, Vargas N. Biotecnologías reproductivas utilizadas en países Latinoamericanos en desarrollo
7. en la especie caprina (*Capra aegagrus hircus*). Universidad de Cundinamarca, Cundinamarca,
Fusagasugá. 2022. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/server/api/core/bitstreams/7433e102-633f-4643-bbf1-b1004d104a8d/content>
- 4 Barreto R, Romero A. Importancia de la biotecnología reproductiva en las hembras caprinas. Universidad
8. de Cundinamarca Fusagasugá, Colombia. 2021.

<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/server/api/core/bitstreams/2fe538d3-58ab-44f6-b87b-ffca8f3a700e/content>

- 4 Laura Falchi SLMTZ. Biotecnologías de embriones en ovinos: logros y nuevas mejoras. Reproducción
9. en animales domésticos. 2022; 57.