



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

EVALUACIÓN DE LA GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (ECG) EN
GESTACIONES GEMELARES EN EL GANADO CEBÚ (*BOS INDICUS*)

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Médica Veterinaria

AUTORA: SANDRA LUCÍA CALDERÓN ABAD

TUTOR: DR. FROLÁN PATRICIO GARNICA MARQUINA, MGTR.

Cuenca - Ecuador

2024

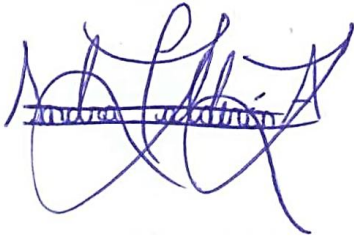
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Sandra Lucía Calderón Abad con documento de identificación N° 0106110521, manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 20 de febrero del 2024

Atentamente,



Sandra Lucía Calderón Abad

0106110521

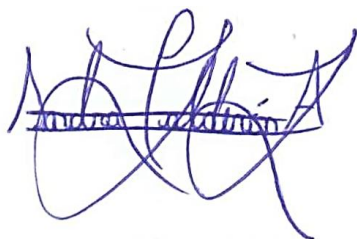
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Sandra Lucía Calderón Abad con documento de identificación N° 0106110521, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo experimental: “Evaluación de la Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) en gestaciones gemelares en el ganado cebú (*Bos indicus*)”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Médica Veterinaria, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 20 de febrero del 2024

Atentamente,



Sandra Lucía Calderón Abad

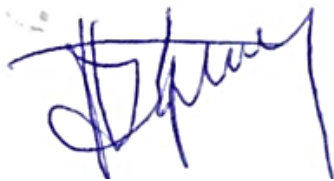
0106110521

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Froilán Patricio Garnica Marquina con documento de identificación N° 0101650299, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE LA GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (ECG) EN GESTACIONES GEMELARES EN EL GANADO CEBÚ (*BOS INDICUS*), realizado por Sandra Lucía Calderón Abad con documento de identificación N° 0106110521, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 20 de febrero del 2024

Atentamente,



Dr. Froilán Patricio Garnica Marquina, Mgtr

0101650299

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico con mucho cariño a mis papás Carlos Calderón y Norma Abad por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, por sus consejos y sabiduría que me han ayudado a ser una mejor persona, en especial a mi padre por su lucha y esfuerzo diario para sacarnos adelante a mi hermana y a mí, que ha hecho todo lo posible para cumplir nuestro sueño de culminar mi carrera universitaria, también de manera especial a mi mamá por ser mi guía, ayudarme en cada aspecto de mi vida y por siempre darme paz. A mi hermana Andrea Calderón por brindarme sus consejos y su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera.

Dedico de manera muy especial a mi novio Sebastián López Vanegas por ser mi centro y apoyarme en todos los aspectos de mi vida, por darme animo en los momentos más duros y por estar siempre junto a mí.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a Dios por ser mi guía en este largo camino, por estar presente en cada paso, también agradezco a mis amigas por siempre escucharme y apoyarme en todo momento.

Agradezco de manera muy especial a mi padre, Carlos Calderón, por haberme apoyado incondicionalmente en cada aspecto de mi vida, por nunca darse por vencido a pesar de las adversidades, por ser mi ejemplo a seguir de que la vida no es fácil, pero que nunca debemos darnos por vencidos fácilmente.

De igual manera mi más profundo agradecimiento a todos los docentes que conforman la carrera de Medicina Veterinaria, por ser nuestros guías, por compartir sus conocimientos y vivencias en el transcurso de este largo camino.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Problema	10
1.2. Delimitación.....	11
1.2.1. Espacial.....	11
1.2.2. Ubicación.....	11
1.2.3. Temporal.....	12
1.2.4. Académica	12
1.3. Explicación del problema	12
1.4. Objetivos	12
1.4.1. Objetivo general	12
1.4.2. Objetivos específicos	12
1.5. Hipótesis	13
1.5.1. Hipótesis alternativa	13
1.5.2. Hipótesis nula	13
1.6. Fundamentación teórica	13
2. REVISIÓN Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL.....	14
2.1. Conducta sexual en la hembra bovina	14
2.2. Variables que influyen en el comportamiento sexual de la hembra bovina	15
2.2.1. Nutrición principal variable en la reproducción animal	16
2.3. Signos del estro	16
2.4. Ciclo estral en la hembra bovina.....	18
2.5. Control neurológico y endocrinológico del ciclo estral.....	19

2.5.1.	Hipotálamo	19
2.5.2.	Hipófisis.....	19
2.5.3.	Ovarios.....	20
2.5.4.	Útero	20
2.6.	Fases del ciclo estral	20
2.6.1.	Fase folicular	21
2.6.2.	Fase periovulatoria	22
2.6.3.	Fase luteal	22
2.7.	Dinámica folicular y hormonal	23
2.7.1.	Reclutamiento	24
2.7.2.	Selección.....	24
2.7.3.	Dominancia.....	25
2.7.4.	Atresia.....	25
2.8.	Hormonas usadas en protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo	27
2.9.	Gonadotropinas placentarias	27
2.9.1.	Gonadotropina coriónica equina eCG	27
2.10.	Ultrasonografía.....	29
2.11.	Resumen del estado del arte del estudio del problema.....	31
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1.	Materiales.....	33
3.1.1.	Materiales físicos	33
3.1.2.	Materiales químicos.....	34
3.1.3.	Materiales biológicos.....	34
3.2.	Método	34
3.3.	Diseño	34
3.4.	Población y muestra	35

3.5.	Estadística	35
3.6.	Operalización de variables	36
3.6.1.	Variable independiente (Hormona eCG):.....	36
3.6.2.	Variable dependiente (Preñez de animales):	36
3.7.	Consideraciones éticas	36
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1.	Porcentaje de gestación	37
4.1.1.	Tratamiento N°1 con 400 UI	37
4.1.2.	Tratamiento N°2 con 700 UI	38
4.2.	Análisis t de student pareado	40
4.3.	Discusión.....	42
5.	CONCLUSIONES.....	44
6.	RECOMENDACIONES	45
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
8.	ANEXOS	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 <i>Datos meteorológicos</i>	11
Cuadro 2 <i>Hormonas de la reproducción</i>	26
Cuadro 3 <i>Hormonas exógenas para la reproducción</i>	27
Cuadro 4 <i>Materiales físicos</i>	33
Cuadro 5 <i>Materiales químicos</i>	34
Cuadro 6 <i>Materiales biológicos</i>	34
Cuadro 7 <i>Gonadotropina coriónica equina (eCG)</i>	36
Cuadro 8 <i>Preñez gemelar</i>	36
Cuadro 9 <i>Preñez gemelar tratamiento 1 (400 UI eCG)</i>	37
Cuadro 10 <i>Preñez gemelar tratamiento 2 (700 UI eCG)</i>	38
Cuadro 11 <i>Gestaciones gemelares obtenidas en la investigación</i>	39
Cuadro 12 <i>Distribución de datos transformados a (X + 0,5)</i>	41
Cuadro 13 <i>Significación</i>	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mapa de ubicación de la zona de estudio</i>	11
Figura 2 <i>Interacciones hormonales del eje hipotálamo – hipófisis – ovario</i>	19
Figura 3 <i>Fases del ciclo estral</i>	21
Figura 4 <i>Hormonas del ciclo estral</i>	23
Figura 5 <i>Dinámica folicular</i>	23
Figura 6 <i>Gestaciones obtenidas de los tratamientos</i>	39
Figura 7 <i>Porcentaje de concepción total y gemelar con 700 UI de eCG</i>	40

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la hacienda La Balarezo, situada en cantón El Carmen, en la provincia de Manabí. Su objetivo fue evaluar el efecto de la Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) en la inducción de gestaciones gemelares en ganado cebú *Bos indicus* mediante un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). El estudio involucró a 40 unidades experimentales que presentaban una condición corporal entre 3 y 5 (en una escala de 1 a 5), edades comprendidas entre los 2 y los 8 años, y un periodo posparto de 45 a 120 días. Se implementó un protocolo de sincronización E2-P4-PgF2 α + eCG, dividiendo los animales en dos grupos de 20 para los tratamientos: el primer grupo (T1) recibió 400 UI de eCG y el segundo grupo (T2) 700 UI. Cada tratamiento se repitió 20 veces. Posteriormente, a los 45 días post inseminación se realizó la ultrasonografía de todas las unidades experimentales, en donde como resultado se obtuvieron 11 vacas preñadas en el tratamiento 1 sin presencia de gestaciones gemelares, en el tratamiento 2 se lograron 16 preñeces con efecto negativo gemelar, por lo cual, estadísticamente no hubo diferencias significativas, rechazando la hipótesis alternativa y aceptando la hipótesis nula, que la inclusión de la hormona Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) en dosis de 700 UI en el protocolo E2-P4-PGF2 α al momento de retirar el dispositivo intravaginal liberador de progesterona, no mejora el porcentaje de concebir gestaciones gemelares en vacas cebú.

ABSTRACT

The present research work was carried out at La Balarezo farm, located in the canton of El Carmen, in the province of Manabí. Its objective was to evaluate the effect of Equine Chorionic Gonadotropin (eCG) on the induction of twin pregnancies in *Bos indicus* zebu cattle through a fixed-time artificial insemination (FTAI) protocol. The study involved 40 experimental units with a body condition between 3 and 5 (on a scale of 1 to 5), ages ranging from 2 to 8 years, and a postpartum period of 45 to 120 days. An E2-P4-PgF2 α + eCG synchronization protocol was implemented, dividing the animals into two groups of 20 for the treatments: the first group (T1) received 400 IU of eCG and the second group (T2) 700 IU. Each treatment was repeated 20 times. Subsequently, 45 days after insemination, ultrasonography was performed on all the experimental units, resulting in 11 pregnant cows in treatment 1 without the presence of twin pregnancies, and in treatment 2, 16 pregnancies were achieved with a negative twin effect, therefore, statistically there were no significant differences, rejecting the alternative hypothesis and accepting the null hypothesis, that the inclusion of the hormone Equine Chorionic Gonadotropin (eCG) in doses of 700 IU in the E2-P4-PGF2 α protocol at the time of removing the intravaginal progesterone release device, does not improve the percentage of conceiving twin pregnancies in zebu cows.

1. INTRODUCCIÓN

La productividad reproductiva en las ganaderías de cría es principalmente influenciada por la tasa de fecundidad. En Sudamérica, estas tasas son notablemente bajas, oscilando entre el 60% y el 70%, según datos de (Anualpec, 2012). De manera similar, los sistemas de cría bovina en nuestro país reflejan esta tendencia, caracterizándose por una eficiencia reproductiva reducida, lo cual es evidente en las bajas tasas de fecundidad.

Entre los diversos aspectos a considerar, es importante resaltar la problemática de la baja actividad ovárica, donde menos del 30% de las vacas muestran ciclos regulares al comienzo de la temporada de apareamiento. Según datos oficiales recogidos en los últimos veinte años, se ha identificado que la tasa promedio de procreo no excede el 63% en las hembras destinadas a la reproducción anualmente (Menchaca, de Castro, Alvarez, & Chifflet, 2002). Ante esta problemática, se han sugerido varias soluciones, enfocadas principalmente en aumentar la tasa de concepción o gestación.

A lo largo del tiempo, se ha observado una disminución en la eficiencia reproductiva debido al aumento en la producción de carne y leche. Por ello, se han introducido tratamientos hormonales para mejorar la fertilidad, y en la última década se han desarrollado numerosos protocolos de ovulación sincronizada, como se menciona (Garnica, et al., 2015). Un ejemplo de ello es el uso de dispositivos intravaginales que liberan progesterona, combinados con hormonas como la Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) o la Gonadotropina Coriónica Humana (hCG). Sin embargo, la efectividad de estos tratamientos también depende de la gestión técnica de los productores, lo que ha resultado en una disminución en el número de crías anuales.

La elección adecuada de hormonas y sus dosificaciones en el ganado puede contribuir significativamente al avance genético, especialmente en sistemas semi-intensivos de producción de carne y leche, donde es crucial la obtención eficiente de crías. En la producción lechera, es preferible el nacimiento de hembras para su incorporación como futuras productoras de leche. Por otro lado, en la industria cárnica, se favorece el nacimiento de machos debido a su crecimiento más rápido y una ganancia de peso más eficiente, lo que optimiza el tiempo necesario para alcanzar los objetivos de producción (Ruiz, León , Ruiz, León , & Palacios, 2017).

Estudios realizados en las últimas décadas sobre bovinos han demostrado que el uso de la hormona eCG al concluir un tratamiento de 7 a 12 días con progesterona mejora las tasas de

gestación en vacas de carne, especialmente aquellas que están lactando y presentan una condición corporal deficiente. Investigaciones más recientes en nuestra área han confirmado los beneficios de administrar eCG al final de un tratamiento de sincronización de ovulación que utiliza progesterona y estradiol, específicamente para la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), según (Núñez, 2014).

El mismo investigador indica que en vacas de razas índicas, el uso de eCG está vinculado con un incremento en el tamaño del cuerpo lúteo (CL), lo cual eleva las concentraciones de progesterona en la sangre después de la ovulación. Este aumento contribuye a mejorar tanto el desarrollo embrionario como el mantenimiento del embarazo. Además, se ha descubierto que varios genes implicados en el desarrollo del CL son objetivos directos de la prolactina. Un estudio reciente mostró que la administración de 400 UI de eCG al final de un protocolo de sincronización de la ovulación influye en la expresión genética y proteica de los receptores de prolactina (PRLR) en el CL, indicando que la eCG juega un papel en la regulación de estos receptores, lo que a su vez favorece el desarrollo del CL y el aumento en la síntesis de progesterona. Estos hallazgos apoyan la teoría de que una dosis de eCG al finalizar un tratamiento con progesterona y estradiol puede ser beneficiosa para el desarrollo luteal, la producción de progesterona y la continuidad de la gestación en vacas reproductoras.

El objeto de realizar la siguiente investigación es evaluar el comportamiento de la Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) en un protocolo IATF a base de estrógenos, progesterona y prostaglandina, en donde la cantidad de dosis de la hormona (eCG) será superior a la administración normal de la mencionada, logrando así obtener un alto porcentaje de preñez, siendo como objetivo la obtención de dos gestaciones en un mismo útero.

1.1. Problema

La baja tasa de fecundación y las pérdidas embrionarias tempranas son factores que impactan negativamente la eficiencia y rentabilidad de los sistemas de producción ganadera. Esto se debe principalmente a los niveles insuficientes de progesterona tras la ovulación, lo que repercute en el desarrollo del embrión y el reconocimiento de la gestación por parte de la hembra bovina.

Este estudio sugiere una intervención para superar este obstáculo aplicando una técnica sencilla y práctica: la administración de dosis elevadas de Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) en el momento de retirar el dispositivo intravaginal que libera progesterona, dentro de un programa de sincronización de la ovulación. Esta estrategia tiene como objetivo no solo mantener una gestación viable sino también fomentar la posibilidad de gestaciones múltiples.

La implementación de esta alternativa podría ser una solución efectiva a problemas específicos relacionados con la eficiencia reproductiva, beneficiando así a la industria ganadera y mejorando su productividad.

1.2. Delimitación

1.2.1. Espacial

La etapa experimental de la investigación se llevó a cabo en la hacienda La Balarezo, ubicada en la parroquia La Bramadora, en la zona conocida como El Campamento, dentro del cantón El Carmen, en la provincia de Manabí.

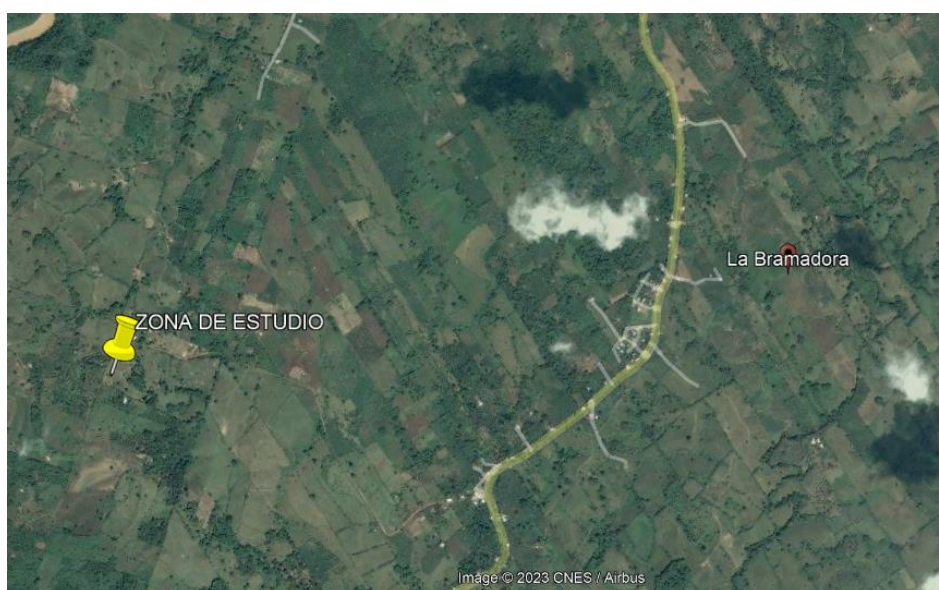
1.2.2. Ubicación

Cuadro 1 *Datos meteorológicos*

Altitud	300 m.s.n.m
Clima	Lluvioso tropical
Temperatura	23 °C
Longitud	79°34'16.78"O
Latitud	0°30'14.30"S
Nubosidad	94%
Humedad relativa	85%
Velocidad de viento	8 km/h

Fuente: (López, 2020)

Figura 1 *Mapa de ubicación de la zona de estudio*



Fuente: (Google Earth Pro, 2023)

1.2.3. Temporal

Este estudio se extendió por un total de 400 horas, tiempo que se dividió entre el trabajo experimental y la elaboración del documento final.

1.2.4. Académica

La investigación se enmarca en el campo de la Medicina Veterinaria, específicamente en el área de Reproducción Animal. Este trabajo tiene como objetivo enriquecer el conocimiento y aportar información valiosa tanto para estudiantes, profesionales del sector, como para los productores, acerca de cuál protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo es más adecuado para optimizar la mejora genética en este caso de la hembra bovina.

1.3. Explicación del problema

La administración en los diferentes protocolos de la inseminación artificial a tiempo fijo de la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG), por la doble actividad FSH y LH que mantiene, siendo sustancial para conseguir mayor impacto reproductivo debido a su alto porcentaje de preñez que genera, debido a esto se pretende aumentar la dosis de dicha hormona en el protocolo mejor utilizado E2-P4-PGF2 α , esto con el fin de intentar concebir una gestación gemelar en las vacas administradas.

Considerando que para mantener estos objetivos el correcto manejo técnico de los productores es fundamental, como lo es una adecuada alimentación y/o nutrición, un calendario sanitario estricto de vacunación y desparasitación, con el fin de conseguir el objetivo que todo ganadero requiere, una cría por año.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la gonadotropina coriónica equina (eCG) en el porcentaje de gestaciones gemelares en vacas cebú (*Bos indicus*), en la hacienda “La Balarezo” de la provincia de Manabí.

1.4.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la hormona Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) con 400 UI y 700 UI aplicada al momento de retirar el dispositivo intravaginal liberador de progesterona en el protocolo E2-P4-PGF2 α , con respecto a la tasa de gestaciones gemelares en vacas cebú.

Determinar la relación costo beneficio de la inclusión de la hormona (eCG) en un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis alternativa

La inclusión de la hormona gonadotropina coriónica equina en dosis de 700 UI en el protocolo E2-P4-PGF2 α al momento de retirar el dispositivo intravaginal liberador de progesterona, mejora el porcentaje de concebir gestaciones gemelares en vacas cebú (*Bos indicus*).

1.5.2. Hipótesis nula

La inclusión de la hormona gonadotropina coriónica equina en dosis de 700 UI en el protocolo E2-P4-PGF2 α al momento de retirar el dispositivo intravaginal liberador de progesterona, no mejora el porcentaje de concebir gestaciones gemelares en vacas cebú (*Bos indicus*).

1.6. Fundamentación teórica

La investigación de este trabajo experimental tiene como finalidad presentar datos confiables del comportamiento de los vientres bovinos con el uso de diferentes hormonas y sus dosis, como lo son los estrógenos, los progestágenos, las prostaglandinas, y hormonas ajenas como lo es la Gonadotropina Coriónica Equina (eCG), esta última teniendo como objetivo en el ensayo aumentar la dosis normal en cada unidad experimental, llegando a lograr la hipótesis planteada que es la obtención de gestaciones gemelares.

Datos referenciales para muchos propietarios y/o profesionales que mantienen explotaciones ganaderas de alto impacto, logrando mejorar la calidad de gestación y aumentar los ingresos económicos y sostenibles de sus propiedades.

2. REVISIÓN Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

2.1. Conducta sexual en la hembra bovina

El ciclo estral de una vaca comienza al inicio de la pubertad. Esta es una etapa fisiológica en un animal definida por el inicio de la actividad ovárica, dándole al animal la oportunidad de quedar preñado. La pubertad se alcanza a los 10-12 meses en las vacas lecheras, a los 11-15 meses en el ganado vacuno *Bos Taurus* y a los 18-24 meses en las razas cebú. El ciclo estral se refiere al estro, que ocurre periódicamente entre 18 y 24 días. Para que se produzca el ciclo estral es necesario activar el ciclo ovárico. El ciclo ovárico se refiere a la fisiología y anatomía asociadas con el desarrollo y función de las estructuras ováricas, incluidas las etapas de proestro, estro, metaestro y diestro. Esto está determinado por las hormonas del eje hipotalámico-pituitario que actúan sobre las gónadas femeninas y las hormonas producidas en respuesta. La duración del estro puede variar de 9 a 28 horas, pero la forma de medirlo puede afectar la duración. (Sepúlveda & Rodero, 2003, p. 9).

Según (Durán, 2006, p. 12), el primer estado fisiológico es la atracción, que ocurre durante el proestro y representa la capacidad de la hembra para atraer a un macho. Esta actividad se manifiesta y puede medirse por la frecuencia de acercamientos del macho o incluso de otra hembra del mismo grupo (comportamiento homosexual). Existen tres canales de comunicación biológica a través de los cuales la hembra puede transmitir su atracción hacia el macho.

- Estimula la libido del macho a través de la comunicación química mediante la secreción de feromonas genitales.
- A diferencia de otras hembras, las hembras utilizan bramidos para comunicarse acústicamente para indicar su estado.
- La comunicación visual, al ver una hembra moverse inquieta o levantar la cola, también puede indicar agresión hacia el grupo.

La proceptividad es un estado fisiológico en el que la hembra demuestra un comportamiento activo de búsqueda activa hacia el macho. Esta condición se manifiesta en la vaca mediante señales táctiles.

Otro comportamiento común es intentar o negarse a aparearse. Esto sirve como estímulo visual para los machos u otras hembras dentro del mismo grupo y fomenta la formación de grupos sexualmente activos.

La receptividad representa la etapa final de estos estados fisiológicos, el momento en que la hembra se deja tranquilamente montar por el macho o por otra hembra del grupo. Esta condición ocurre durante el estro cuando los niveles de estradiol de la hembra son altos y los niveles de progesterona son bajos. Este ciclo termina cuando los niveles de ambas hormonas disminuyen y finaliza la receptividad de apareamiento.

2.2. Variables que influyen en el comportamiento sexual de la hembra bovina

Algunos defectos ocurren cuando la condición de la vaca no es óptima, lo que también conduce a la interrupción del ciclo estral de la vaca. Actualmente, las condiciones ambientales se consideran uno de los principales factores que afectan negativamente a la reproducción animal. Por ejemplo, el estrés calórico (EC) altera la función del ciclo estral, acortando el ciclo estral en 5 horas (Macmillan & Peterson, 1993, p. 97).

El estrés calórico durante más de 10 horas en un día de celo afecta negativamente la calidad de los ovocitos, el desarrollo del embrión y la supervivencia. El desarrollo embrionario temprano también está expuesto a este estrés, porque no se crean proteínas de “shock calórico”. Sin embargo, el embrión en desarrollo puede producir proteínas para protegerse (Bañuelos, Silva & Aréchiga, 2001, pp. 41-50).

Los factores ambientales también pueden afectar la gestación, el parto y la etapa posparto, provocando anomalías fetales, cambios hormonales y reducción de la producción de leche. La luz solar extremadamente intensa, la alta humedad y la temperatura son factores ambientales que pueden retrasar o incluso detener el proceso de parto en el ganado. Por otro lado, el EC afecta a la dieta de las vacas lecheras, provocando un balance energético negativo y un aumento del número de días abiertos, aumentando con ello el intervalo parto-concepción. Esto se debe al bajo consumo de materia seca. Además de los factores ambientales y hormonales, las actividades de gestión de los trabajadores agrícolas son fundamentales para un mejor control del comportamiento sexual de las hembras (Montes, 2020, p. 6).

2.2.1. Nutrición principal variable en la reproducción animal

La calidad de la nutrición que se da a los animales siempre se refleja en su madurez. Esto es importante para lograr resultados eficientes en términos de producción animal y del comportamiento futuro de los animales en ese momento para continuar el ciclo reproductivo. En este punto, la nutrición animal adecuada se basa principalmente en la pubertad de la hembra, esencialmente en la edad y el peso óptimos para alimentar una raza en particular (Forero, 2004, p. 2).

La nutrición animal está estrechamente ligada a las condiciones ambientales en casi todas las etapas de desarrollo y madurez sexual porque ambos son factores clave para un comportamiento reproductivo óptimo. La fertilidad de las hembras se ve directamente afectada por su condición corporal y calidad nutricional durante el servicio. Esto se debe a que el balance energético debe mantenerse positivo para el mantenimiento del embrión. Cuando se trata de la actividad reproductiva de los machos, la nutrición es de gran importancia para el desarrollo y actividad de los órganos reproductivos. La desnutrición en estos animales conduce a un desarrollo testicular deficiente tanto antes como después de la pubertad (Hafez, 2002).

Además, la suplementación con minerales y vitaminas juega un papel importante en la reproducción animal. La adición de minerales a la dieta ha demostrado ser útil para mejorar tanto la productividad como el índice reproductivo de las poblaciones del ganado. Este enfoque no sólo reduce la mortalidad, sino que también promueve el rendimiento óptimo de los animales dentro del grupo.

Segundo (Díaz & Henao, 1967, pp. 7-13). A menudo se cita la importancia del fósforo para el funcionamiento y el comportamiento de los órganos reproductivos y se considera uno de los elementos más esenciales para el funcionamiento general de los animales. Este elemento tiene un impacto significativo en la fertilidad animal, especialmente en lo que respecta al calcio, que debe ser al menos 2,1:1 (Ca:P). Una proporción deficiente de calcio y fósforo puede provocar trastornos graves y afectar la capacidad de procesar otros elementos, como la vitamina A.

2.3. Signos del estro

Según (Fraser, 1980, p. 547), las hembras de los mamíferos pueden exhibir tres niveles de expresión conductual del estro, siendo estos niveles particularmente importantes para lograr un apareamiento exitoso con un macho. Estos son atraktividad, proceptividad y receptividad. El atractivo se mide por el grado en que una mujer provoca una respuesta sexual al macho. La

reacción depende del olor que produce y del grado de proceptividad, es decir, la medida en la que demuestre comportamiento de invitación o de solicitud, y la receptividad es el interés de la hembra a acceder el cortejo y la cópula del macho.

Este autor alega los siguientes signos del estro en la vaca:

- **Aumento de la actividad:** Las vacas parecen ansiosas, el pastoreo y la alimentación se interrumpen con frecuencia, el tiempo de rumia se acorta y la producción de leche disminuye. En lugar de pastar, las vacas se mueven más e intentan montar o pedir a otras vacas que las monten, independientemente del rango social. Se utilizó un podómetro para comprobar, cuantificar y relacionar los cambios producidos en la actividad cinética de las vacas en los periodos periestrales. Según (Senger, 1994, p. 28), con los podómetros se puede registrar entre el 70 y el 80% de los celos, porque en condiciones intensivas, las vacas en celo son 2,76 veces más activas y pueden moverse hasta 4 veces más libremente que las vacas que no están en celo. El movimiento aumenta entre 80 y 16 horas antes del celo, el aumento de la actividad se produce 4 horas antes de la aparición del celo y el momento óptimo para la IA es 12 horas después de la detección de mayor actividad. Al igual que con otras señales de celo, el movimiento aumenta con el número de vacas que paren y disminuye con la lactancia.
- **Mugido:** Las vacas en estro pueden mugir más de lo habitual. Además, aunque la cola permanece levantada y la frecuencia de micción aumenta, no se observa ningún aumento en la frecuencia de defecación.
- **Hinchazón de la vulva:** Es posible observar hinchazón de la vulva y producción de moco claro que se pega a la cola o gotea al suelo.
- **Mayor acicalamiento:** Aumento de la actividad de acicalamiento mutuo en forma de lamido de otros animales. Las vacas en celo generalmente olfatean a otras vacas y las empujan cerca de sus colas, pero también obtienen esta actividad de otras vacas del rebaño, por lo que pueden terminar con barro en los costados y saliva en el lomo. Después de los olfateos, puede ocurrir el reflejo de Flehmen o levantamiento el labio superior.
- **Monta:** Normalmente, las vacas en celo intentarán montar a otras vacas. En las primeras etapas del estro, las vacas se montan entre sí, lo que dificulta a los observadores identificar las vacas en estro dentro de un grupo. Sin embargo, si un determinado animal se queda quieto mientras otro animal lo monta, está en estro. Por esta razón, también se puede ver pelaje rígido en los costados y la base de la cola.

Una investigación sobre el conocimiento de estas señales por parte de los ganaderos y responsables de la detección de celo en las granjas encontró que carecían de conocimiento sobre las señales de estro e invertían poco tiempo en las actividades de detección (Sepúlveda & Rodero, 2002, pp. 169-174).

2.4. Ciclo estral en la hembra bovina

Según (Carvajal, Martínez & Tapia, 2020, p. 2), la especie bovina es poliéstrica continua. Esto significa que tienen periodos de estro o celo durante todo el año. Sin embargo, la cantidad de tiempo que una hembra puede ser fértil y receptiva ante un macho es muy limitada y sólo unas pocas horas al mes. El celo tiene un impacto directo en el intervalo de los partos, por lo que es importante una detección eficiente. Incrementando esta eficiencia, podemos mejorar significativamente los parámetros reproductivos y por tanto aumentar la productividad del rebaño.

Este autor reconoce el ciclo estral como la serie de eventos fisiológicos que ocurren entre un celo o estro y el siguiente. Para el ganado bovino el plazo normal es de 18 a 24 días, con un promedio de 21 días. Durante este tiempo, se producen una serie de cambios hormonales en el eje que conecta el hipotálamo, la hipófisis y el ovario, que desencadenan una variedad de eventos fisiológicos y conductuales. Este ciclo incluye un período de receptividad sexual (estro o celo), ovulación y cambios adaptativos necesarios para mantener el embrión después de la fecundación. Como ocurre con todos los mamíferos, las hembras no presentan estro ni ovulación hasta la pubertad (y por lo tanto no pueden preñarse). El inicio de la pubertad depende de factores genéticos y ambientales (por ejemplo, la alimentación) que influyen en el peso corporal y el estado hormonal.

Las vacas adecuadamente alimentadas suelen alcanzar la pubertad entre los 9 y los 15 meses de edad, y las razas lecheras entran en la pubertad antes que las razas carniceras.

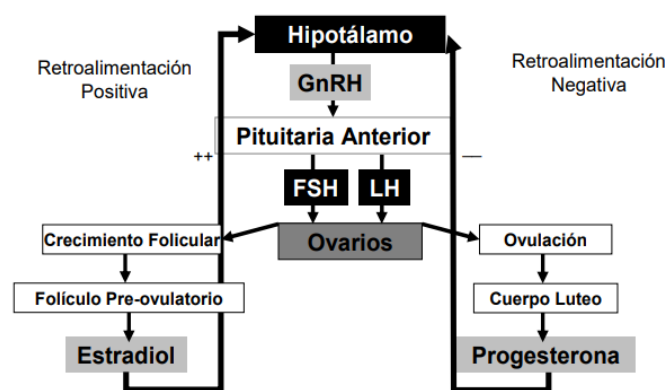
Una vez que ocurre el primer celo, la hembra continúa el estro aproximadamente cada 21 días, excluyendo los períodos de gestación y durante el postparto inmediato.

De lo contrario, puede deberse a una enfermedad reproductiva, malnutrición y/o desequilibrio hormonal.

2.5. Control neurológico y endocrinológico del ciclo estral

El ciclo estral se encuentra bajo la regulación de la interacción entre distintos órganos, abarcando el eje hipotálamo-hipófisis, los ovarios y el útero. Las hormonas, funcionando como mensajeros químicos, se desplazan por el torrente sanguíneo hacia órganos y tejidos dotados de receptores para hormonas particulares, gestionando así las distintas etapas del ciclo estral. (Lamb et al., 2010, págs. 16-17).

Figura 2 *Interacciones hormonales del eje hipotálamo – hipófisis – ovario*



Fuente: (Rippe, 2009)

(Rippe, 2009, pp. 111-112). Describe el eje Hipotálamo – Hipófisis – Gonadal de la siguiente manera:

2.5.1. Hipotálamo

Se ubica en la base del cerebro y sus neuronas generan la Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH). Esta hormona se propaga por los capilares hacia el sistema hipofisiario, llegando a las células de la hipófisis anterior. Su rol principal es promover la producción y liberación de hormonas hipofisiarias, en especial la Hormona Folículo Estimulante (FSH) y la Hormona Luteinizante (LH), entre otras.

2.5.2. Hipófisis

Está compuesta por una sección anterior y otra posterior. La sección anterior, conocida como adenohipófisis, secreta diversas hormonas, destacando la Hormona Foliculoestimulante (FSH) y la Hormona Luteinizante (LH) por su papel crucial en el ciclo estral. La FSH es responsable de la esteroidea génesis ovárica, los procesos de crecimiento y maduración de los folículos, y la LH participa en los procesos de ovulación, formación del cuerpo lúteo y mantenimiento.

La oxitocina, hormona producida también por el hipotálamo, se almacena en la adenohipófisis e interviene en los procesos de parto, bajada de la leche y transporte de espermatozoides en el útero, así como en el proceso de luteolisis en el ovario.

2.5.3. Ovarios

Son glándulas que tiene dos funciones: una exocrina, que libera óvulos y otra endocrina, que produce y secreta hormonas. Las hormonas producidas por los ovarios incluyen estrógeno o estradiol, progesterona e inhibina. El estrógeno es una hormona esteroide producida por los folículos ováricos que actúa sobre el sistema nervioso central de los animales para estimular el comportamiento sexual y el celo. Además, ejerce influencia sobre otros órganos del sistema reproductor, incluyendo las trompas de Falopio, el útero, la vagina y la vulva. Los estrógenos generan una retroalimentación positiva en el hipotálamo, estimulando la liberación de GnRH, lo cual a su vez promueve la liberación de FSH y LH por la adenohipófisis. Por otro lado, la progesterona, un esteroide producido en el cuerpo lúteo bajo la influencia de la LH, juega un rol esencial en la preparación del útero para la implantación del embrión y el sostenimiento de la gestación. Esta hormona induce una retroalimentación negativa en el hipotálamo. La inhibina, una hormona proteica originada en el folículo, participa en la regulación de la secreción de FSH y ejerce una retroalimentación negativa sobre la adenohipófisis, disminuyendo la liberación de FSH.

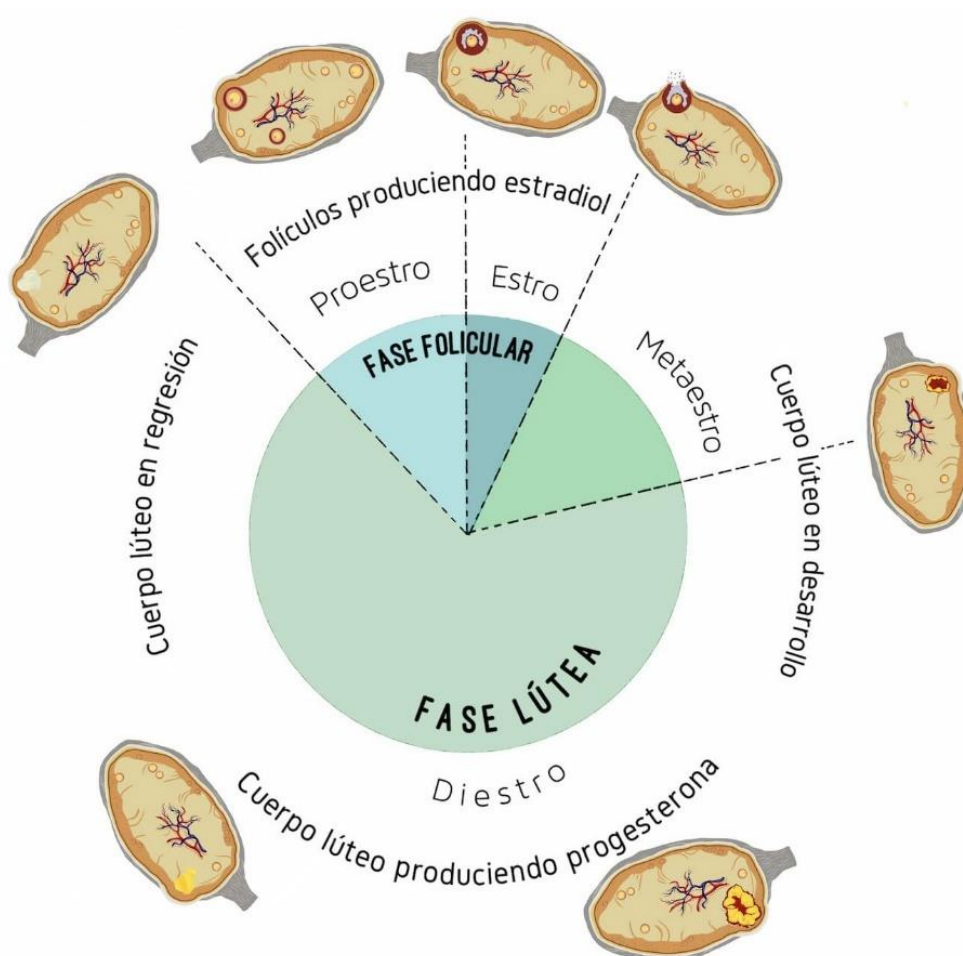
2.5.4. Útero

Produce prostaglandina $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$), que interviene en la regulación del ciclo estral mediante efecto de la luteolisis o regresión del cuerpo lúteo. También interviene en los procesos de ovulación y parto.

2.6. Fases del ciclo estral

A continuación, describiremos los eventos principales que ocurren durante el ciclo estral. El ciclo estral se puede dividir en tres fases:

- Fase Folicular o de regresión del cuerpo lúteo (Proestro)
- Fase Periovulatoria (Estro y Metaestro)
- Fase Luteal (Diestro)

Figura 3 *Fases del ciclo estral*

Fuente: (UNAM, 2021)

2.6.1. Fase folicular

La fase folicular comienza con la luteolisis, durante la cual los niveles de progesterona en sangre caen rápidamente a niveles inferiores a 1 ng/ml. La reducción de la concentración de progesterona elimina la retroalimentación negativa sobre la secreción de gonadotropinas.

Esto aumenta la frecuencia de estimulación de la LH y en menor medida la de la FSH. Un aumento en la frecuencia de los pulsos de LH estimula el desarrollo del folículo dominante, lo que resulta en un aumento de la secreción de estradiol. El grado de desarrollo folicular en el momento de la luteolisis determina el tiempo que transcurre hasta que los folículos sean capaces de producir cantidades suficientes de estradiol para completar el crecimiento y comenzar el celo y la liberación preovulatoria de LH (Roche, 1987, p. 1-18).

2.6.2. Fase periovulatoria

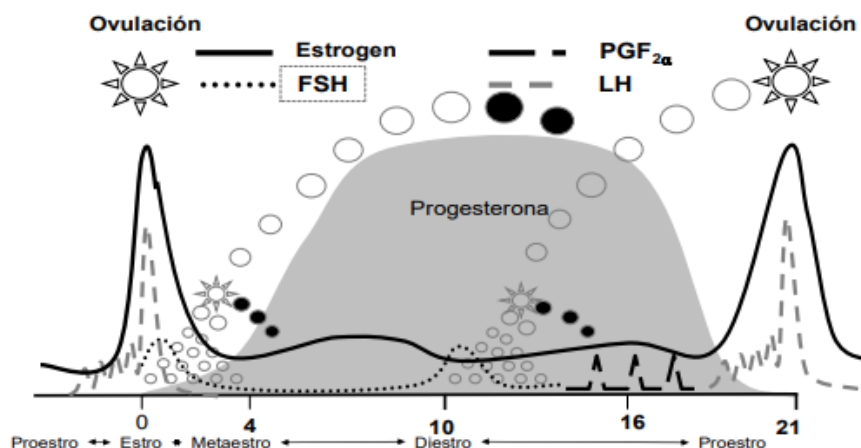
Durante este período se producen fenómenos importantes: inicio del celo, ondas de gonadotropinas preovulatorias y ovulación. El período entre el inicio de la luteolisis y el desarrollo del celo es de aproximadamente 58 a 60 horas. Los niveles de estradiol aumentan desde la regresión del cuerpo lúteo hasta alcanzar su punto máximo el día antes de la aparición del celo. Este aumento de estradiol desencadena el comportamiento del celo típico e induce la liberación preovulatoria de LH. Dura de 6 a 10 horas, comienza con el celo y alcanza su máximo a las 4 a 5 horas. Durante el pico preovulatorio, la secreción de LH sigue un patrón pulsátil. Las principales funciones de la LH son estimular la maduración final del folículo, activar el ovocito para continuar la meiosis (en profase I, ovocito I) y mantener al CL.

El pico preovulatorio de LH coincide con el pico de FSH al inicio del estro. Se cree que este aumento de LH desencadena la ovulación e inicia la luteinización de las células de la granulosa y de la teca. La ovulación suele ocurrir entre 24 y 30 horas después de que comienza el pico preovulatorio de LH y FSH. El pico preovulatorio de LH aumenta el flujo sanguíneo a nivel ovárico y hay un aumento y cambio en la secreción de esteroides, que se manifiesta por una mayor síntesis de progesterona. El tejido conectivo que separa el folículo de la superficie ovárica comienza a romperse y comienza a formarse el estigma (un área muy delgada del ápice folicular). Otro cambio que se produce es un aumento en los niveles de $PGE2\alpha$ y $PGF2\alpha$, que culmina en la formación del estigma.

Posteriormente, la contracción de los ovarios provocada por la $PGF2\alpha$ conduce a la rotura del folículo, que luego se contrae sobre la propia $PGF2\alpha$ y libera el ovocito (Cabrera & Nadal, 2017, p. 10).

2.6.3. Fase luteal

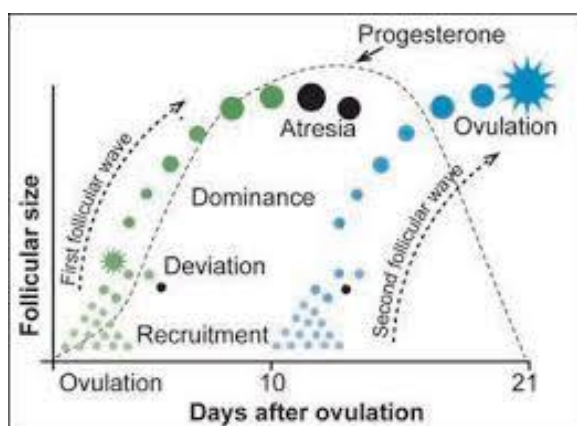
Tras la ovulación, los niveles de progesterona empiezan a aumentar aproximadamente en el tercer o cuarto día, llegan a su máximo entre los días 8 y 12, y posteriormente disminuyen a niveles basales justo antes del siguiente estro, debido a la liberación de $PGF2\alpha$ por parte del útero y en ausencia de un embrión viable en el útero. (Hansel & Transmitir, 1983, p. 52).

Figura 4 *Hormonas del ciclo estral*

Fuente: (Senger, 1994)

2.7. Dinámica folicular y hormonal

(Tovío-Luna & Duica-Amaya, 2012, p. 31). Propuso que durante el ciclo reproductivo del ganado bovino hay dos ondas de crecimiento folicular que emergían en los ovarios, que se hacen evidentes entre los días 3 a 12 y los días 13 a 0 del ciclo estral. Desde entonces, diversos investigadores han confirmado la presencia de estas ondas de crecimiento y el patrón de desarrollo de los folículos antrales, utilizando la ecografía como método eficaz para monitorizar y evaluar la actividad de los folículos ováricos. El número de ondas de crecimiento folicular presentes en cada ciclo varía entre 1 y 6. Presentándose en la mayoría de las hembras dos o tres ondas.

Figura 5 *Dinámica folicular*

Fuente: (Mercado, 2015)

A lo largo del desarrollo de una onda folicular, se pueden identificar claramente cuatro etapas distintas: reclutamiento, selección, dominancia y atrésia:

2.7.1. Reclutamiento

Durante el ciclo estral (CE), comienzan a desarrollarse grupos de 3 a 6 folículos (2 a 5 mm) a partir de una cohorte folículos antrales pequeños. Estos folículos comienzan a madurar cuando hay un aporte adecuado de gonadotropinas, en especial por un aumento en la concentración de FSH, que permite que su desarrollo avance (Palma & Brem, 2018, p. 39).

El desarrollo del folículo antral es estimulado por un segundo pico (aumento transitorio) de FSH que ocurre después de la ovulación y desencadena el comienzo de la primera ola de crecimiento del folículo. En el momento del reclutamiento, los diferentes folículos de la cohorte de la población a menudo son desiguales. Los más pequeños son ricos en Factor de Crecimiento Epidérmico (EGF) y son más sensibles al efecto inhibitorio del EGF sobre la diferenciación celular. Por lo tanto, el efecto estimulante de la FSH sobre la actividad de la aromatasa es más pronunciado en los folículos más grandes de la cohorte. Se ha informado que la competencia por la dominancia surge entre los folículos reclutados en cada onda folicular, de modo que sólo un folículo en una cohorte recibe desarrollo funcional y estructural y continúa creciendo en un ambiente con bajas concentraciones de gonadotropinas. Otros folículos en desarrollo sufren atresia (Montaño & Ruiz, 2005, p. 18).

2.7.2. Selección

Los días 2, 3 y 4 del ciclo estral se descubren mediante ecografía uno o más folículos (de la fase de reclutamiento) con un tamaño promedio de 6 a 9 mm y se inicia la fase de selección.

A medida que los folículos maduran, se vuelven dependientes de la LH, que puede ser parte del mecanismo de selección del folículo dominante. La selección se asocia con el deterioro por parte de los folículos grandes de la capacidad de los folículos más pequeños para recibir un apoyo gonadotrópico adecuado. Esto se puede lograr a través de dos vías: una vía pasiva, en la que los folículos más grandes inhiben indirectamente el crecimiento de folículos menos maduros al reducir las concentraciones de FSH por debajo del umbral requerido para mantener otros folículos, y una vía activa, en la que los folículos más grandes secretan inhibina, que inhibe directamente el crecimiento de otros folículos (Recabarren, Lobos, Poblete & Muñoz, 2003, p. 35).

2.7.3. Dominancia

En este proceso, el folículo dominante inhibe la aparición de un nuevo grupo de folículos. Esta supresión se mantiene hasta que la dominancia del folículo termina, ya sea por su muerte o por su ovulación. Los folículos dominantes, notablemente más grandes que los demás, son responsables de la secreción de estradiol y tienen la capacidad de seguir creciendo incluso cuando existen otras hormonas que generan condiciones adversas para los folículos restantes. La ovulación o eliminación del folículo dominante provoca un incremento en los niveles de FSH, dando lugar al comienzo de una nueva onda folicular. El ciclo estral en el ganado bovino se caracteriza principalmente por dos ondas foliculares, iniciándose cada una con el reclutamiento de un conjunto de folículos antrales de un grupo reducido de folículos. De este conjunto, solo uno es seleccionado y crece hasta alcanzar la dominancia, mientras que los demás se vuelven atrésicos. (Lamb, et al., 2010, p. 23).

2.7.4. Atresia

La mayoría de los folículos presentes al nacer degeneran mediante un proceso conocido como atresia (el cierre o desaparición de una cavidad o tubo en el cuerpo), que ha sido descrito en diversas especies de mamíferos.

La fase atrésica consiste en la desaparición de los folículos seleccionados no dominantes o de los folículos dominantes no ovulantes (a menos que la lisis del cuerpo lúteo coincida con la dominancia folicular). Cabe aclarar que la atresia se presenta en todas las etapas del desarrollo folicular, y aunque ocurre con mayor frecuencia en los folículos antrales, su frecuencia está directamente relacionada con el tamaño del folículo. Los folículos de mayor tamaño presentan una tasa de proliferación elevada, lo que incrementa su susceptibilidad a la apoptosis y su posterior muerte por atresia.

Durante el proceso atrésico de un folículo, se detiene la producción de estradiol y se observa un incremento en la concentración intrafolicular de progesterona (P4). Además, este proceso se caracteriza por varios cambios morfológicos e histológicos significativos, entre ellos la picnosis y la fragmentación nuclear en las células de la granulosa; el desprendimiento de estas células debido a la pérdida de la matriz intercelular; la separación del complejo cumulus-ovocito y, en algunos casos, la hipertrofia de las células de la teca. (Huanca, 2001, p. 12).

Cuadro 2 *Hormonas de la reproducción*

FUENTE O GLÁNDULA	HORMONAS LIBERADORAS	ACTIVIDADES FISIOLÓGICAS
HIPOTÁLAMO	Hormona liberadora de hormona luteinizante (LHRH)	Estimula la liberación de FSH y LH
	Hormona liberadora de hormona de crecimiento (GHRH)	Estimula la liberación de hormona del crecimiento
	Hormona inhibidora de hormona de crecimiento (GHIH) (somatostatina)	Inhibe la liberación de hormona del crecimiento
	Hormona liberadora de tirotrópina (TRH)	Estimula la liberación de hormona estimulante de tiroides (TSH) y prolactina
	Factor inhibidor de prolactina (PIF)	Inhibe la liberación de prolactina
	Hormona liberadora de corticotropina (CRH)	Estimula la liberación de ACTH
HIPÓFISIS ANTERIOR	Hormona foliculoestimulante (FSH)	Estimula el crecimiento folicular, la espermatogénesis y la secreción de estrógeno
	Hormona luteinizante (LH)	Estimula la ovulación, el funcionamiento del CL y la secreción de P4, E2 y andrógeno
	Prolactina (PRL)	Promueve la lactación, estimula el funcionamiento del CL y la secreción de P4 en algunas especies, promueve el comportamiento materno Promueve el crecimiento tisular y óseo
HIPÓFISIS POSTERIOR	Oxitocina	Estimula las contracciones uterinas, el parto y el transporte de espermatozoides y óvulos Facilita la eyección de leche Posible efecto luteolítico
OVARIO	Estrógenos	Promueven el comportamiento materno; estimulan características sexuales secundarias, contracciones uterinas y crecimiento de los conductos mamarios Controlan la liberación de gonadotropina, estimulan la captación de calcio en los huesos, tienen efectos anabólicos
ÚTERO	Inhibina y activina Relaxina Prostaglandinas	Una inhibe la FSH y otra estimula Dilata el cuello uterino Producen contracciones uterinas y son luteolíticas
PLACENTA	Gonadotropina coriónica humana (hCG)	Actividad de LH, mantiene el cuerpo amarillo de la preñez en primates
	Gonadotropina coriónica equina (eCG /PMSG)	Actividad de FSH, estimula la formación de cuerpos amarillos accesorios en la yegua

Fuente: (Hafez, 1996, p. 59)

2.8. Hormonas usadas en protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo

Cuadro 3 *Hormonas exógenas para la reproducción*

Hormona	Origen	Función
GnRH	Hipotálamo	Estimulación para la producción y liberación de FSH y LH
FSH	Adenohipófisis	Crecimiento y producción folicular
LH	Adenohipófisis	Maduración final folicular, ovulación y formación del cuerpo lúteo.
Estrógenos	Ovarios (folículos)	Comportamiento estral, liberación de LH para la ovulación y crecimiento uterino
P4	Ovarios	Mantenimiento de la gestación
PgF2a	Útero	Regresión del cuerpo lúteo

Fuente: (SINTEX, 2005)

2.9. Gonadotropinas placentarias

De acuerdo con Gutiérrez (2008, p. 519), las placentas de las yeguas y las mujeres producen gonadotropinas con características parecidas a las gonadotropinas producidas por la hipófisis. Entre estas gonadotropinas extrahipofisarias se encuentra la gonadotropina coriónica equina (eCG), anteriormente denominada gonadotropina del suero de yegua preñada (PMSG). Los niveles de eCG se mantienen en la circulación sanguínea de las yeguas gestantes y no se eliminan a través de la orina. La función principal de la secreción de eCG es fomentar el crecimiento de los folículos ováricos. Algunos folículos ovulan, pero la mayoría se luteinizan debido a la acción de la eCG, que es similar a la LH y la gonadotropina coriónica humana (hCG). Estas hormonas actúan sobre las células gonadales de la hembra gestante y estimula la biosíntesis de hormonas esteroidales. Las cadenas de hCG y eCG tienen una mayor cantidad de aminoácidos que las gonadotropinas hipofisarias. Además, su alto contenido en carbohidratos da como resultado una vida media más larga.

2.9.1. Gonadotropina coriónica equina (eCG)

La gonadotropina coriónica equina (eCG), principalmente conocida como gonadotropina sérica de yegua preñada (PMSG), normalmente se producen en las copas endometriales de las yeguas preñadas y, junto con la LH y la FSH, pertenece a la familia de las hormonas glicoproteínas. Se obtiene del suero de animales gestantes, la acción de esta hormona es similar a la de la hormona luteinizante y folículo estimulante, actúa durante 2 días, aunque en bovinos puede estar presente hasta por 10 días (Plaza, 2023, pág.6).

(Carrasco, 2020, p. 19). Enfatizó que esta hormona proporciona un mecanismo de acción que ayuda a expresar los efectos biológicos de la FSH y la LH en una proporción de 1,4:1. En las yeguas, la eCG tiene principalmente un efecto luteotrófico, lo que hace que las copas endometriales crezcan y aumente el contenido de eCG, induce la ovulación de folículos más grandes generando CL accesorios y aumenta los niveles de P4.

(De Rensis & López-Gatius, 2014, p. 3). Se ha identificado que la acción de la eCG en el ganado se atribuye a su capacidad para actuar tanto como FSH como LH. Esta aplicación promueve el crecimiento de folículos de tamaño medio y grande y provoca la ovulación de los folículos dominantes existentes en el momento del tratamiento, con una respuesta que varía según la dosis administrada (respuestas ováricas más intensas con dosis mayores). Además, se ha registrado que el incremento en el tamaño del folículo preovulatorio conduce a la formación de un cuerpo lúteo más grande y a un aumento en los niveles de progesterona.

En cuanto a la dosificación (Garnica, 2012, p. 18), menciona que se han realizado estudios con diferentes dosis de eCG en bovinos, los cuales demostraron estimulación directa del desarrollo, maduración y ovulación en la mayoría de las especies domésticas. La administración de 400 UI de eCG tras la retirada del dispositivo de liberación de progesterona elevó los niveles de progesterona en sangre en vacas durante el anestro posparto. No obstante, en vacas con una condición corporal deficiente, la aplicación de eCG mejoró las tasas de gestación, especialmente en aquellas vacas que, al comienzo del tratamiento presentaban estructuras ováricas o folículos no detectables al tacto (ausencia de cuerpo lúteo).

(Ospina, 2013, págs. 15-16). Indica que en el momento en que se espera una nueva onda de crecimiento folicular, la aplicación de eCG resultará eficiente en términos de superovulación y/o desarrollo de folículos dominantes de mayor diámetro, lo que resultará en un mayor número de cuerpos lúteos o derivaciones CL más grandes. Esto se acompaña de mayores concentraciones plasmáticas de P4 y mejores tasas de utilización, concepción y preñez en comparación con el tratamiento sin el uso de esta hormona. Han confirmado que el uso de eCG en el octavo día de sincronización provoca doble ovulación en solo el 2% de los embriones receptores, pero demostraron que con el uso de esta hormona aparece y aumenta cuerpos lúteos únicos y de mayor tamaño, lo que permite evaluar la preñez. También se demostró que el uso de eCG el día ocho mejoró la tasa de aprovechamiento, pero esta hormona no provocó ninguna mejora en el área del CL.

Se han efectuado estudios en ganado vacuno utilizando varias dosis de eCG, que estimularon directamente el desarrollo, la maduración y la ovulación en la mayoría de las especies domésticas. El uso de 400 UI de eCG después de retirar el dispositivo liberador de progesterona aumentó la concentración plasmática de progesterona y la tasa de preñez en vacas lactantes tratadas durante el anestro posparto. Sin embargo, cuando se utilizó vacas con condición corporal mala o moderada, la aplicación de eCG incrementó la tasa de preñez, especialmente en vacas con estructuras ováricas palpables o solo con folículos (sin cuerpo lúteo) al inicio del tratamiento (Álava, 2013).

2.10. Ultrasonografía

La ecografía ofrece la capacidad de medir los cambios dinámicos in situ de manera precisa. Entre los usos prácticos de la ecografía transrectal en la gestión reproductiva del ganado se encuentran el análisis del ciclo ovárico, la detección precisa de enfermedades uterinas y ováricas, el reconocimiento temprano de animales no gestantes, la identificación de gestaciones múltiples y el reconocimiento de embriones que no sobreviven. Adicionalmente, se utiliza para evaluar la efectividad de tratamientos farmacológicos u hormonales destinados a sincronizar los periodos de celo y ovulación.

La mayoría de los veterinarios ven la ecografía como un medio para la detección temprana de vacas vacías. Sin embargo, la incorporación del ultrasonido en las rutinas de detección de celo reduce significativamente los errores de detección y aumenta la fertilidad del rebaño. En granjas que utilizan programas de IA a tiempo fijo (IATF), el uso de ultrasonido puede ayudar a identificar animales que no responden adecuadamente a los protocolos y realizar pequeños cambios para mejorar significativamente la sincronía y las tasas de concepción. (Kastelic, 2014, p. 3).

El escáner, que es el principio básico del ultrasonido que se utilizan en la veterinaria reproductiva del bovino, es en modo B, lo que significa modalidad de brillo de la imagen. La consola está conectada a un transductor que actúa como transmisor (envía ondas sonoras inaudibles de alta frecuencia) y receptor (captura ecos que regresan), produciendo imágenes de tejido en tiempo real. Una imagen bidimensional consta de numerosos puntos (llamados píxeles) de intensidad de brillo variable y se asemeja a una "rebanada" de tejido de aproximadamente 2 mm de espesor.

Las estructuras llenas de líquido (por ejemplo, folículos ováricos, líquido amniótico, etc.) no reflejan las ondas sonoras y aparecen de color negro (no ecogénico o anecoico) en la pantalla del monitor, mientras que el tejido denso (por ejemplo, el hueso) refleja la mayoría de las ondas sonoras y aparece de color blanco (ecogénicas o hiperecoicas). Otros tejidos reflejan ondas

sonoras a diferentes velocidades, por lo que aparecen diferentes tonos de gris en la pantalla de la consola. Los transductores preferidos para la ecografía transrectal son transductores lineales (cristales piezoeléctricos alineados a lo largo de la superficie) de alta frecuencia (5 MHz o 7,5 MHz, 1 MHz = 1×10^6 ondas sonoras/seg), porque las ondas sólo penetran unos pocos centímetros, pero tienen alta resolución (por ejemplo, puede identificar objetos de hasta 1-2 mm de tamaño) Los transductores de baja frecuencia (3,5 MHz) tienen mayor penetración y campo de visión, pero menor resolución para imágenes transabdominales o cuantificación del grosor de la grasa dorsal o del área de las costillas. (Pierson y Ginther, 1988, p. 21-37).

La detección temprana de vacas vacías acorta el intervalo entre inseminaciones y aumenta la eficiencia reproductiva de las vacas. Originalmente se informó que las vesículas embrionarias podían detectarse en vaquillas Holstein tan pronto como 11,7 días después de la ovulación (rango de 10 a 17 días). Durante el alargamiento embrionario, la altura de las vesículas fue de aproximadamente 2 mm. Después de un promedio de 19,7 días, se observó una protuberancia (de 4 a 5 mm de diámetro), y el embrión se ubicó consistentemente en la parte dorsal de esta protuberancia, ubicada entre la primera y segunda curvatura del cuerno uterino (Kastelic, 2014, pág.6).

En el campo, la confirmación de la preñez por ultrasonido generalmente se realiza entre 28 y 32 días después de la inseminación artificial. La identificación de un embrión viable caracterizado por un latido cardíaco correcto es el indicador más fiable de gestación. El desarrollo embrionario es increíblemente rápido y después de la inseminación, el embrión crece aproximadamente 2,0 cm después de 40 días y 6,5 cm después de 60 días.

La primera visualización del amnios se produce en promedio después de 30 días, de los placentomas después de 35 días, la pezuña partida después de 45 días y las costillas después de 53 días. (Curran, Pierson & Ginther, 1986, p. 189).

Además, el aborto espontáneo suele ocurrir después de que la membrana corioalantoidea se desprende del endometrio y disminuye la cantidad de líquido corioalantoideo. En el ganado bovino, parece haber una relación constante entre el momento de la muerte embrionaria, la causa de la muerte y el destino de la CL.

Si la muerte embrionaria ocurre antes del día 25, la regresión del CL parece ser la causa de la muerte embrionaria. Por otro lado, si la muerte embrionaria se produjo después de 25 días, el CL persistió durante varios días (de 1 a 3 semanas). Independientemente del momento y la causa de la muerte embrionaria, el embrión se elimina mediante expulsión a través del cuello uterino en lugar de mediante reabsorción (Kastelic, Curran, Pierson y Ginther, 1988, p. 29).

La incidencia de gemelos parece aumentar en vacas con alta producción de leche. La doble ovulación es la principal causa de gestaciones gemelares en el ganado vacuno, y las gestaciones gemelares se diagnostican de forma más precisa y temprana mediante ecografía transrectal. La pérdida de embriones es mayor en vacas gestantes de gemelos y puede ser difícil de detectar mediante palpación transrectal, particularmente si ambos embriones están ubicados en el mismo cuerno uterino. Según nuestra experiencia, las vacas lecheras que están preñadas con gemelos tienen mayor probabilidad de abortar entre los días 39 y 53, o aproximadamente 150 días después de la inseminación artificial. Además, las vacas con gestaciones gemelares tienen más probabilidades de experimentar problemas durante el parto, como distocia, muerte fetal y retención de membranas fetales. Aunque no existen estrategias efectivas para reducir la aparición de gemelos en el ganado bovino, el conocimiento previo de que una vaca está preñada de gemelos facilita el cuidado y permite un mejor control durante el parto (Roberts, 1986).

2.11. Resumen del estado del arte del estudio del problema

Resultados obtenidos en anteriores investigaciones sobre el uso de la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG) en vacas de producción cárnica y lechera de diferentes razas y características de crianza, demostraron los siguientes resultados.

En la investigación de (Sagbay, 2012), llevada a cabo a 2640 metros sobre el nivel del mar, se dividieron 60 unidades de estudio en dos grupos de 30 para cada tratamiento. Se administraron 400 UI de eCG siguiendo el protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en concreto el protocolo E2-P4-PGF2 α , en el momento de retirar el dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR) en vacas Holstein postparto. Los resultados indicaron que en el grupo que recibió eCG (Tratamiento 1), 21 de 30 vacas quedaron gestantes, mientras que en el grupo sin eCG (Tratamiento 2), la cifra fue de 16 de 30, no registrándose casos de gestaciones gemelares.

Por otro lado, (Orellana , 2015) aplicó el mismo tratamiento hormonal y dosis en 30 vacas Brown Swiss, divididas en dos grupos de 15 animales cada uno, a una altitud de 3100 msnm. En este estudio, se encontró que en el grupo 1 (con eCG) hubo 9 vacas preñadas de 15, y en el grupo 2 (sin eCG) hubo 6 preñadas de 15, sin presencia gemelar en las unidades experimentales.

Adicionalmente, (Garnica, et al., 2015) examinó variables como el diámetro del folículo dominante y la presencia del cuerpo lúteo en un estudio similar a los anteriores. Los resultados mostraron que el diámetro folicular fue similar en los tratamientos A y B.

No obstante, la tasa de ovulación en el tratamiento A, con la inclusión de eCG, aumentó un 55.5% en comparación con el tratamiento B, que no utilizó eCG. Se determinó que el uso de eCG al momento de retirar el dispositivo intravaginal de progesterona no incrementó el tamaño del folículo dominante, aunque sí mejoró la ovulación en vacas Holstein postparto, sin reportar casos de úteros con doble gestación.

Asimismo, (López, 2020) realizó una evaluación en dos conjuntos de 30 vacas cada uno. En el grupo T1 se administraron 400 UI de eCG al retirar el dispositivo intravaginal, resultando en 23 gestaciones, mientras que en el grupo T2, donde no se incluyó la hormona, 19 vacas quedaron preñadas.

Finalmente, (Gallardo, 2023) en su estudio, optó por incrementar la dosis de eCG en los tratamientos subsiguientes, diferenciándose de las investigaciones previamente citadas. Utilizando el método estadístico t de Student, se encontraron los siguientes resultados: en el tratamiento T1 con 400 UI de eCG, se registró un 0% (0/20) de casos de gestación gemelar, mientras que en el tratamiento T2 con 600 UI de eCG, se observó un 10% (2/20) de incidencia de gestaciones gemelares.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Materiales físicos

Cuadro 4 *Materiales físicos*

Descripción	Cantidad	Unidad de medida
Overol	1	Unidad
Guantes ginecológicos	1	Caja/100
Cámara fotográfica	1	Unidad
Mesa	1	Unidad
Computadora	1	Unidad
Impresora	1	Unidad
Paquete de hojas A4	1	Unidad
Bolígrafo	1	Unidad
Libreta de campo	1	Unidad
Rollo de papel desechable	1	Unidad
Aplicador de dispositivos intravaginales	1	Unidad
Jeringas de 3 ml	2	Caja/100
Aretes (identificación)	40	Unidad
Pistola de inseminación artificial	2	Unidad
Catéter de inseminación	2	Caja/50
Camisas sanitarias	1	Caja/100
Corta pajuelas	2	Unidad
Termo de agua	1	Unidad
Ecógrafo	1	Unidad
Termómetro	1	Unidad
Documento en digital (CD)	3	Unidad

3.1.2. Materiales químicos

Cuadro 5 *Materiales químicos*

Descripción	Cantidad	Unidad de medida
Dispositivos intravaginales de P4	40	Unidad
Benzoato de estradiol	4	Frasco/50 ml
Prostaglandina	4	Frasco/20 ml
eCG	4	Frasco/6000 UI
Yodo	1	Galón
Gel para ecografía	1	Unidad

3.1.3. Materiales biológicos

Cuadro 6 *Materiales biológicos*

Descripción	Cantidad	Unidad de medida
Unidades experimentales	40	Unidad
Pajuela de inseminación artificial	40	Unidad

3.2. Método

El enfoque metodológico adoptado en esta investigación fue el experimental inductivo, el cual comienza con la observación detallada para luego analizar y clasificar los hechos. Este proceso lleva a la formulación de una hipótesis que busca resolver el problema planteado.

3.3. Diseño

En cuanto al análisis de datos, se eligió el método estadístico "t de Student pareado" para evaluar la presencia o ausencia de gestaciones gemelares. La investigación se estructuró con 20 unidades experimentales en cada tratamiento. La diferencia clave entre estos tratamientos radica en la dosificación de la Gonadotropina Coriónica Equina (eCG): el primer tratamiento empleó una dosis estándar, mientras que el segundo utilizó una dosis elevada acorde con los protocolos habituales de sincronización de ovulación. El propósito de esta diferenciación es confirmar o refutar la hipótesis formulada.

3.4. Población y muestra

El estudio se realizó con una población de 40 hembras bovinas (*Bos indicus*), divididas en dos grupos de 20. Ambos grupos fueron sometidos a un protocolo de sincronización de celo que incluía E2-P4-PGF2 α con eCG. La diferenciación en la dosis de eCG entre los dos grupos constituyó el aspecto experimental central de la investigación.

En el T1 se aplicó la dosis de 700 UI de eCG, y al resto de animales que conforman el T2, se aplicó 400 UI de la hormona en el protocolo. Cada tratamiento con 20 repeticiones cada uno.

Dichas unidades experimentales se seleccionaron mediante la determinación de la condición corporal de 3 a 5 en una escala de 1 a 5, edad entre 2 a 8 años, y con un período posparto de 45 a 120 días.

3.5. Estadística

En el análisis estadístico de la investigación se empleó la prueba "t de Student pareado" para evaluar dos diferentes tratamientos. El primer tratamiento consistió en la administración de 700 UI de la hormona Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) a un grupo de 20 animales en un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). El segundo tratamiento, por otro lado, involucró la aplicación de 400 UI de la misma hormona a los 20 animales restantes. Este diseño permitió comparar directamente los efectos de las dos dosificaciones diferentes de eCG en el contexto de la inseminación artificial.

Para obtener los resultados de la muestra estudiada, se utilizó el coeficiente de variación (CV) y, por último, los resultados provenientes del análisis se graficaron mediante un diagrama en forma de barras.

3.6. Operacionalización de variables

3.6.1. Variable independiente (Hormona eCG):

Cuadro 7 <i>Gonadotropina coriónica equina (eCG)</i>			
Concepto	Categorías	Indicadores	Índice
Sustancias que se liberan por el torrente circulatorio que actúan como mensajeros para establecer las funciones de varias partes del cuerpo	Química	Dosis	400 UI 700 UI

3.6.2. Variable dependiente (Preñez de animales):

Cuadro 8 <i>Preñez gemelar</i>			
Concepto	Categorías	Indicadores	Índice
Condición biológica del animal	Biológica	Concepción gemelar	Presencia/ Ausencia

3.7. Consideraciones éticas

La ganadería en los últimos años en nuestro país, ha sido uno de los pilares fundamentales para el crecimiento económico del mismo, el cual las actividades que se realizan en criar y aprovechar las bondades que nos brindan estos animales como la producción de carne y de leche han crecido notoriamente, esto con el uso de nuevas biotecnologías en el objetivo de todo propietario el cual es tener partos anuales de sus vacas, obteniendo estabilidad y rentabilidad en sus propiedades. Estas actividades que están sujetas a los cuatro ejes de sostenibilidad de la producción pecuaria, el manejo técnico, la sanidad, la nutrición y el mejoramiento genético de los animales; puntos que garantizan el bienestar animal de los animales en explotación, con el fin de contribuir con una mayor seguridad alimentaria al consumo diario de los seres humanos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de gestación

4.1.1. Tratamiento N°1 con 400 UI

En el siguiente cuadro podemos observar la ausencia y la presencia de gestaciones de ganado cebú con el uso de 400 UI de eCG al momento de retirar el dispositivo intravaginal liberador de progesterona.

Cuadro 9 *Gestación normal tratamiento 1 (400 UI eCG)*

N°	Identificación	Edad	CC	Estado Reproductivo	Gestación	Gemelos
1	Lechera	5 años	3,5	3 partos	SI	NO
2	Cachoncita	3 años	3	1 parto	NO	NO
3	Negra pava	8 años	2,5	4 partos	NO	NO
4	Rosero amarilla	5 años	3	3 partos	SI	NO
5	Lúcuma	4 años	3	2 partos	SI	NO
6	Tonga	2 años	3,5	Vacona	NO	NO
7	Ceniza	2 años	3	Vacona	SI	NO
8	Muñeca	3 años	3,5	1 parto	SI	NO
9	Canica	3,6 años	2,5	2 partos	SI	NO
10	Lucero	4 años	2,5	3 partos	SI	NO
11	Victoria	2,6 años	3	1 parto	SI	NO
12	Avalancha	3 años	3,5	2 partos	NO	NO
13	Mira	8 años	3,5	4 partos	SI	NO
14	Dalila	6 años	3,5	4 partos	NO	NO
15	Malena	4,6 años	3	2 partos	SI	NO
16	Germania	4,9 años	4	3 partos	NO	NO
17	Monga	3 años	3	1 parto	NO	NO
18	Paluga	2 años	3	Vacona	SI	NO
19	Llorona	2 años	3,5	Vacona	SI	NO
20	Patona	2,6 años	2,5	Vacona	SI	NO

Observaciones

4.1.2. Tratamiento N°2 con 700 UI

En el siguiente cuadro podemos observar la ausencia y la presencia de gestaciones gemelares de ganado cebú con el uso de 700 UI de eCG al momento de retirar el dispositivo intravaginal liberador de progesterona.

Cuadro 10 *Gestación gemelar tratamiento 2 (700 UI eCG)*

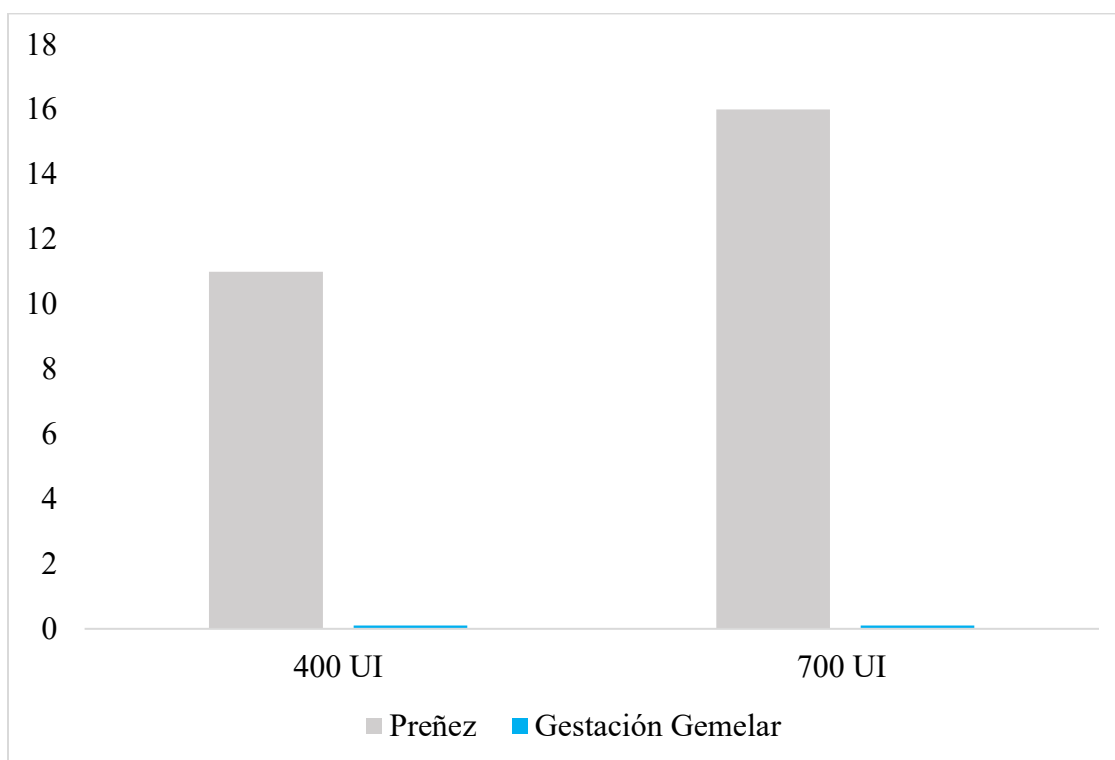
N°	Identificación	Edad	CC	Estado Reproductivo	Gestación	Gemelos
1	Gyr amarilla 4885	4 años	4	1 parto	NO	NO
2	Gyr roja arisca	2,6 años	3,5	Vacona	SI	NO
3	Brangus negra	2,6 años	3	Vacona	SI	NO
4	Vacona roja	2,8 años	3	Vacona	SI	NO
5	Guzerat	2,6 años	3	Vacona	SI	NO
6	Isol	3 años	3	Vacona	SI	NO
7	Doble jamón	6 años	4	4 partos	NO	NO
8	Gyr pequeña 7237	3 años	3,5	1 parto	SI	NO
9	Saltarina 4879	7 años	3,5	4 partos	SI	NO
10	Arisca 4867	7 años	3,5	1 parto	NO	NO
11	4416	8 años	3,5	4 partos	SI	NO
12	Hermana del finado	3 años	3	1 parto	SI	NO
13	Orejona	2,5 años	3	4 partos	SI	NO
14	7235	3 años	2,5	4 partos	SI	NO
15	Coloso	4 años	3	5 partos	SI	NO
16	Cacho 4883	5 años	4	Vacona	SI	NO
17	4 orejas 4879	6 años	4	Vacona	SI	NO
18	4422	6 años	3,5	1 parto	SI	NO
19	Hija finado	4 años	3	4 partos	NO	NO
20	Hija silvestre	3,5 años	3	3 partos	SI	NO

Observaciones

Cuadro 11 *Gestaciones gemelares obtenidas en la investigación*

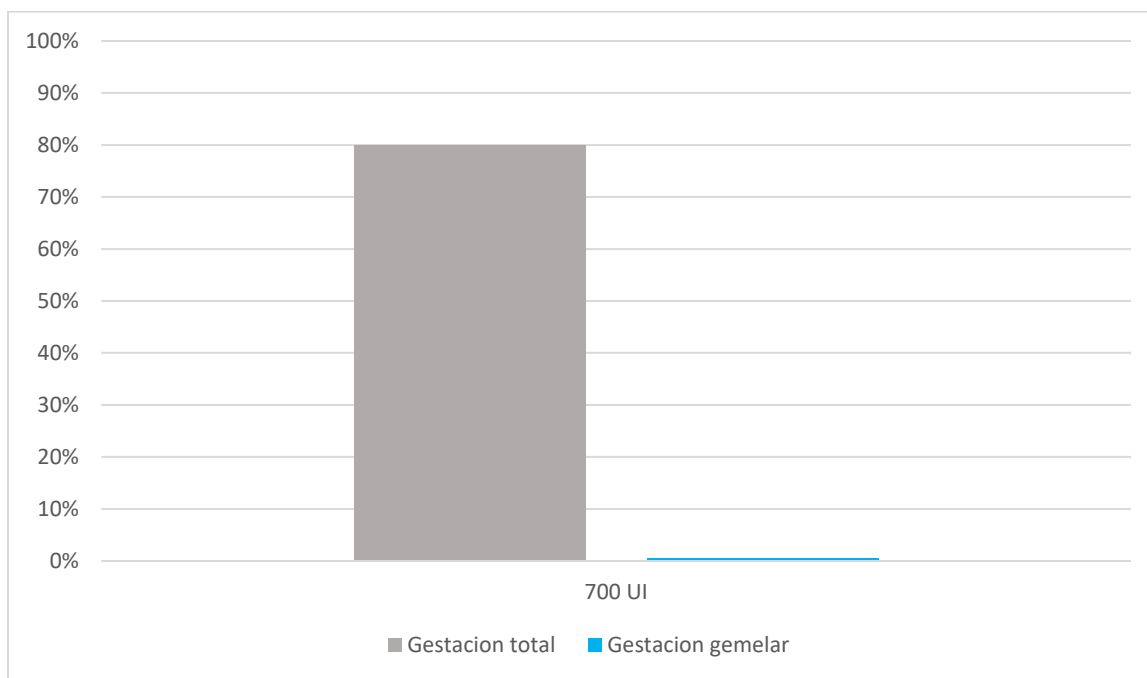
	400 UI de eCG	700 UI de eCG
Presencia	0	0
Subtotal	0	0
Total	00	

En el cuadro 11 se logra observar que en la administración de 400 UI y 700 UI de eCG al momento de retirar el dispositivo intravaginal liberador de progesterona no incrementó significativamente la tasa de gestaciones gemelares.

Figura 6 *Gestaciones obtenidas de los tratamientos*

En la figura 6 se aprecia las gestaciones obtenidas en la investigación en un total de 40 unidades experimentales. En el tratamiento con 400 UI se aprecian 11 animales preñados sin la presencia de gestación gemelar. En el tratamiento con 700 UI se observan 16 animales preñados con gestación gemelar negativa.

Figura 7 Porcentaje de concepción total y gemelar con 700 UI de eCG



En la figura 7 se puede observar que el porcentaje de concepción total de las unidades experimentales es del 80% y el porcentaje de preñeces gemelares corresponde a un efecto negativo del 0%.

4.2. Análisis t de student pareado

En el análisis estadístico utilizando la prueba t de Student, con un número igual de repeticiones para ambos tratamientos, T1 (400 UI) y T2 (700 UI), se asignó un valor de 1 a la presencia de gestación gemelar y un valor de 0 a su ausencia. Para mejorar la precisión de los resultados ante la variabilidad de los datos normales, se transformaron los valores utilizando la fórmula $(\sqrt{X + 0,5})$. Esta transformación se empleó con el objetivo de estabilizar la varianza y obtener resultados más precisos en el análisis estadístico de los datos relacionados con la preñez.

Cuadro 12 *Distribución de datos transformados a $(\sqrt{X + 0,5})$*

N°	T1 (400 UI)	T2 (700 UI)
1	NO 0.71	NO 0.71
2	NO 0.71	NO 0.71
3	NO 0.71	NO 0.71
4	NO 0.71	NO 0.71
5	NO 0.71	NO 0.71
6	NO 0.71	NO 0.71
7	NO 0.71	NO 0.71
8	NO 0.71	NO 0.71
9	NO 0.71	NO 0.71
10	NO 0.71	NO 0.71
11	NO 0.71	NO 0.71
12	NO 0.71	NO 0.71
13	NO 0.71	NO 0.71
14	NO 0.71	NO 0.71
15	NO 0.71	NO 0.71
16	NO 0.71	NO 0.71
17	NO 0.71	NO 0.71
18	NO 0.71	NO 0.71
19	NO 0.71	NO 0.71
20	NO 0.71	NO 0.71

El cuadro 12 muestra los datos recolectados en la investigación, los cuales fueron organizados y transformados para facilitar el análisis estadístico utilizando la prueba t de Student, manteniendo el mismo número de repeticiones en ambos tratamientos. Esta preparación de datos es crucial para asegurar la validez y precisión del análisis estadístico, permitiendo una comparación efectiva entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 13 *Significación*

NIVEL DE SIGNIFICACIÓN	T TAB	
T CAL	5%	1%
1 NS	2.093	2.861

CV= 0%

Al realizar el análisis estadístico en una distribución t de student para el efecto de la hormona Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) en la tasa de gestaciones gemelares en ganado *Bos indicus*, se obtiene un valor t calcular de 1, el cual es inferior a los valores t tabulares al 5% y al 1%, indicando que el valor obtenido es no significativo, en donde se rechaza la hipótesis alternativa por lo que los tratamientos se comportan de diferente manera y se acepta la hipótesis nula de que los tratamientos se comportan de la misma manera, lo que quiere decir que la hormona eCG no aumenta la tasa de gestaciones gemelares en vacas *Bos indicus*.

En cuanto al coeficiente de variación, se obtiene un valor del 0%, el cual indica la confiabilidad de la investigación.

4.3. Discusión

Al comparar este estudio con la investigación de (Gallardo, 2023), en donde usó dosis elevadas en ganado bovino *Bos primigenius taurus*, obtuvo como resultado un porcentaje de concepción de gemelos reducido del 10%, siendo no significativo el uso de la gonadotropina coriónica equina (eCG) en dosis elevadas, estamos de acuerdo con la hipótesis que no es necesario aumentar la dosis de esta hormona, ya que con dosis normales de 400 UI es suficiente para mantener estable la producción de terneros anualmente, concordando con lo obtenido en mi investigación.

Se mantiene que el uso de la eCG provoca marcadas ovulaciones incluida en protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo con el uso de progestágenos y estrógenos en dosis normales, debido a su doble acción en la FSH y LH, concordando con otros ensayos:

Esta investigación evidenció que aplicar eCG al retirar progestágenos en tratamientos de IATF en ganado con anestro posparto mejora significativamente las probabilidades de concepción. Esta mejora se debe a que la eCG interactúa con los receptores de las hormonas FSH y LH, potenciando la actividad de las gonadotropinas endógenas, lo cual resulta en un aumento en el desarrollo folicular y en las tasas de ovulación. Por estas razones, la eCG es recomendada para su uso en vacas con anestro posparto y en vaquillonas (Bó, et al., 2012).

La combinación de eCG con dispositivos intravaginales de P4 se ha convertido en un método común para tratar el anestro posparto en vacas, gracias a su efecto similar al de la FSH, facilitando el crecimiento folicular necesario después del parto.

Se ha observado también que la eCG mejora los resultados de protocolos de reproducción natural, mostrando un estudio que, tras colocar un dispositivo de P4 durante 14 a 21 días, el 93% de las vacas que recibieron eCG fueron montadas por toros en las primeras 96 horas después de su retiro, comparado con el 88% de aquellas que no recibieron la hormona (Macmillan & Peterson, 1993).

La investigación de (Baruselli, Marques, Reis, & Bó, 2003), evidencia que la administración de eCG en vacas anéstricas con terneros incrementa los niveles de progesterona plasmática y mejora la tasa de éxito en la concepción mediante protocolos de IATF. Estos resultados sugieren que la eCG es efectiva para acortar el intervalo posparto y aumentar la eficiencia reproductiva en los sistemas ganaderos. Este hallazgo se suma a la discusión previa sobre la importancia de la nutrición y otros factores en la reproducción bovina.

5. CONCLUSIONES

El uso de 700 UI de Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) con el protocolo de sincronización de la ovulación con prostaglandina, progestágenos y benzoato de estradiol no mejora la tasa de concepción de gestaciones gemelares en ganado bovino *Bos indicus* con un porcentaje del 0%, en un total de 20 unidades experimentales, de igual manera en el tratamiento base.

En cuanto al análisis estadístico de las diferentes dosis de aplicación de la hormona eCG no mostró diferencias significativas, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa de esta investigación, de que la inclusión de esta hormona en un protocolo de IATF en dosis elevadas aumenta la concepción de preñeces gemelares.

Este estudio muestra que es factible lograr resultados positivos usando la IATF en ganado de cría, eliminando así la necesidad de detectar celos. No obstante, para que la inseminación artificial sea efectiva, debe superar no solo el desafío de la detección de celos sino también abordar el anestro causado por el manejo técnico y el estrés alimenticio. La adopción de protocolos de IATF como los que se examinan en este estudio podría minimizar la dificultad de identificar celos. En donde, los hallazgos indican que el uso de eCG en dosis normales es suficiente para favorecer el rendimiento reproductivo de estas vacas.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda proseguir con estudios sobre los tratamientos utilizados, aplicándolos a un mayor número de ejemplares experimentales para robustecer los resultados estadísticos de este estudio. Esto facilitará evaluaciones futuras y proveerá a los productores locales con el conocimiento necesario para implementar efectivamente protocolos de inseminación y sincronización.

Implementar los protocolos investigados en este estudio en diferentes razas bovinas y bajo distintas condiciones fisiológicas podría ayudar a identificar aquellos contextos en los que se observan los resultados más favorables. Esto contribuiría a recopilar información adecuada para evaluar y recomendar su uso en sistemas de producción ganadera locales.

Basándose en los hallazgos de este estudio, se sugiere la administración de gonadotropina coriónica equina (eCG) en dosis de 400UI y no de 700 UI para bovinos *Bos indicus*. Este enfoque de la primera dosis no impacta negativamente en los indicadores de producción analizados, incluso con el incremento del uso de esta hormona en los procedimientos de sincronización.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álava, J. (2013). Evaluación de la hormona coriónica equina para disminuir la muerte embrionaria en vacas. (*Tesis de grado*). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ, Manabí.
- Anualpec. (2012). *Estadísticas agropecuarias*. Obtenido de <http://www.anualpec.com.br>.
- Bañuelos, R., Silva, J., & Aréchiga, C. (2001). La función de las proteínas de choque calórico en la reproducción animal. *Orinoquia*, 5(1), 41-50.
- Baruselli, P., Marques, M., Reis, E., & Bó, G. (2003). Tratamientos hormonales para mejorar la performance reproductiva de vacas de cría en anestro en condiciones tropicales. *Resúmenes V Simposio Internacional de Reproducción Animal*, (págs. 103-116). Córdoba.
- Bó, G., Cutaia, L., Chesta, P., Balla, E., Picinato, D., Peres, L., . . . Baruselli, P. (Septiembre de 2012). *Implementación de programas de inseminación artificial en rodeos de cría de Argentina*. Obtenido de Engormix.com : https://www.engormix.com/ganaderia/inseminacion-artificial-ganado-carne/implementacion-programas-inseminacion-artificial_a29622/
- Cabrera, F., & Nadal, J. (2017). COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS CON INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN VAQUILLONAS RAZA HEREFORD POR LIMOUSIN. (*Tesis de grado*). UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA, Montevideo - Uruguay.
- Carrasco, J. (2020). Efecto de la Gonadotropina Coriónica Equina (eCG), sobre la tasa de concepción en vacas holstein, sincronizadas con prostaglandina y benzoato de estradiol e inseminadas a tiempo fijo. (*Tesis de Grado*). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba, Ecuador.
- Carvajal, A., Martínez, M., & Tapia, M. (2020). El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva. *INIA*, 4. Obtenido de <file:///C:/Users/PC/Downloads/Informativo%20INIA%20N%C2%B0%20246.pdf>

- Curran, S., Pierson, R., & Ginther, O. (15 de Noviembre de 1986). Aspecto ecográfico del concepto bovino desde los días 20 al 60. *J Am Vet Med Assoc*, 189(10), 1925-302. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3793570/#:~:text=The%20mean%20length%20of%20the,rate%20after%20approximately%20day%2050.>
- De Rensis, F., & López-Gatius, F. (Abril de 2014). Uso de gonadotropina coriónica equina para controlar la reproducción de la vaca lechera: una revisión. *Reproduction in Domestic Animals*, 49(2), 177-182. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rda.12268>
- Díaz , G., & Henao, P. (1967). *Determinación de Calcio y Fosforo en Ganado Bovino en la Sabana de Bogotá*. Obtenido de <file:///C:/Users/PC/Downloads/Dialnet-DeterminacionDeCalcioYFosforoEnGanadoBovinoDeLaSab-6107479.pdf>
- Durán, F. (2006). Inseminación y Transferencia de Embriones en Animales de Granja. (*Tesis de Grado*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Forero, L. (2004). *FALLAS REPRODUCTIVAS ASOCIADAS A DEFICIENCIAS DE MICROMINERALES: CASO COLOMBIANO*. Obtenido de Produccion-animal: https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/12-deficiencias_microminerales_colombia.pdf
- Fraser, A. (1980). *Comportamiento de los animales de granja*. Zaragoza Acribia: DBRA.
- Gallardo, D. (2023). Evaluación de la Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) en gestaciones gemelares en ganado de carne Charolais Bos Primigenius Taurus. (*Tesis de Grado*). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Garnica, F. (2012). EFECTO DE LA GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (eCG) EN LA OVULACIÓN CON PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS HOLSTEIN POSPARTO. (*Tesis de grado*). UNIVERSIDAD DE CUENCA, Cuenca.
- Garnica, F., Sagbay, C., Brito, M., Masache, J., Webster, P., & Mínguez, C. (2015). EFECTO DE LA GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (eCG) EN LA TASA DE FERTILIDAD EN VACAS DE LECHE CRUZADAS BAJO CONDICIONES DE ALTITUD EN ECUADOR. *AIDA*, 343-345. Obtenido de https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2015/comunicaciones/2015_Rep_05.pdf

- Ginther, O., Bergfelt, D., Kulick, L., & Kot, K. (1 de Agosto de 2000). Selection of the Dominant Follicle in Cattle: Role of Estradiol. *Biology of Reproduction*, 63(2), 383-389.
- Gutiérrez, J. (2008). Role of melatonin in bovine gametes competence and preimplantation embryo development in vitro. (*Tesis de Grado*). University of Veterinary Medicine Hannover, Hannover, Germany.
- Hafez, E. (1996). *Reproducción e inseminación artificial en animales*. México: INTERAMERICANA.
- Hafez, E. (2002). *Reproducción e inseminación artificial en animales*. México: INTERAMERICANA-McGRAW-HILL.
- Hansel, G., & Transmitir, E. (Julio de 1983). Fisiología del ciclo estral. *Journal of Animal Science*, 57(2), 404-424. Obtenido de https://academic.oup.com/jas/article-abstract/57/suppl_2/404/4665387?login=false
- Huanca, W. (2001). Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas lecheras. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172001000200020
- Kastelic, J., Curran, S., Pierson, R., & Ginther, O. (1988). Ultrasonic Evaluation Of The Bovine Conceptus. *Theriogenology*, 29(1), 39-54. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/89191320/0093-691x_2888_2990030-120220802-1-whk1qt-libre.pdf?1659407732=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUltrasonic_evaluation_of_the_bovine_conc.pdf&Expires=1708061990&Signature=FBUiFYJxGpEDSYEz72jq
- Kastelic, M. C. (Abril de 2014). Aspectos básicos y aplicados del uso de la ultrasonografía en el manejo reproductivo del ganado bovino. *ResearchGate*, 21. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/262106056_Aspectos_basicos_y_aplicados_del_uso_de_la_ultrasonografia_en_el_manejo_reproductivo_del_ganado_bovino

- Lamb, G., Smith, M., Perry, G., Atkins, J., Risley, M., Busch, D., & Patterson, D. (Primavera de 2010). Endocrinología Reproductiva y Control Hormonal del Ciclo Estral. *El Practicante Bovino*, 44(1), 18-26. Obtenido de file:///C:/Users/PC/Downloads/lfurbot,+Journal+manager,+aabp_2010_v44_1_004_ReproductiveEndocrinology.pdf
- López, S. (2020). EFECTO DE LA GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (ECG) EN LA TASA DE PREÑEZ EN VACAS BRAHMAN CON PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF) EN CONDICIONES DE ALTITUD. (*Tesis de Grado*). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Macmillan, K., & Peterson, A. (Octubre de 1993). Un nuevo dispositivo intravaginal de liberación de progesterona para bovinos (CIDR-B) para la sincronización del estro, el aumento de las tasas de preñez y el tratamiento del anestro posparto. *ELSEVIER*, 33(1-4), 1-25. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037843209390104Y>
- Menchaca, A., de Castro, T., Alvarez, M., & Chifflet, N. (2002). Uso combinado de IATF y destete precoz en vacas de cría en anestro posparto. 193-194. Obtenido de https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/341/JB2005_193-194.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mercado, J. (2015). EFECTO DEL ESTRADIOL Y EL FACTOR LIBERADOR DE GONADOTROPINAS SOBRE LA DINÁMICA FOLICULAR DE VACAS HOLSTEIN. (*Tesis de Grado*). UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, La Molina.
- Montaño, E., & Ruiz, Z. (2005). ¿Por qué no ovulan los primeros folículos dominantes de las vacas cebú posparto en el trópico colombiano? *Rev Col Cienc Pec*, 18(2), 127-135.
- Montes, C. (2020). Comportamiento sexual en reproductores bovinos. (*Tesis de Grado*). Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.
- Núñez, R. (2014). USO DE GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA EN LA SINCRONIZACIÓN DE LA OVULACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LA GESTACIÓN EN VACAS DE CARNE. (*Tesis de Grado*). Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.

- Orellana , S. (2015). EFECTO DE LA GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (eCG) EN LA TASA DE PREÑEZ CON PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS BROWN SWIS. (*Tesis de Grado*). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Ospina, A. &. (2013). *Efecto de la eCG, sobre el crecimiento del folículo preovulatorio y la tasa de preñez pos IATF, en vacas y novillas normando*. Córdova: IRAC.
- Palma, G., & Brem , G. (2018). Biotecnología de la reproducción. *INTAC*, 1-19. Obtenido de http://www.reprobiotec.com/libro_azul/cap_01.pdf
- Pierson, R., & Ginther, O. (Enero de 1988). Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. *Theriogenology*, 29(1), 21-37. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0093691X88900295>
- Plaza , R. (2023). EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE GONADOTROPINA CORIONICA EQUINA (ECG) EN PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF) EN VACAS MESTIZAS. (*Tesis de Grado*). Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manabí, Ecuador.
- RECABARREN, S., LOBOS, A., POBLETE, O., & MUÑOZ, P. (Diciembre de 2003). Secreción pulsátil diurna de la hormona folículo estimulante (FSH) en ovejas prepúberes con y sin restricción alimenticia. *Scielo*, 35(2). Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2003000200003
- Rippe, C. (2009). El Ciclo Estral. *Dairy Cattle Reproduction Conference*. Obtenido de file:///C:/Users/PC/Downloads/EL_CICLO ESTRAL.pdf
- Roberts, S. (1986). *Veterinary Obstetrics and Genital Diseases*. New York, USA: Woodstock.
- Roche, I. (1987). *Hipotesis sobre el desarrollo de folículos dominantes durante el ciclo estral en bovinos*. Boston: Farm animals.
- Ruiz, H., León , H., Ruiz, A., León , Ó., & Palacios, V. (2017). Porcentaje de concepción gemelar en el ganado bovino con la utilización de embriones in vitro F1 (Brahman x Angus) con semen sexado. *Quehacer Científico*, 12(1). Obtenido de https://dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-QUEHACERCIENTIFICO/2017-ener-jun/5.Porcentaje_de_concepcion_gemelar_en_el_ganado.pdf

- Sagbay, C. (2012). EFECTO DE LA GONADOTROPINA CORIONICA EQUINA (eCG) APLICADA AL MOMENTO DE RETIRAR EL DISPOSITIVO DE PROGESTERONA (P4) SOBRE EL PORCENTAJE DE PREÑEZ EN VACAS HOLSTEIN POST-PARTO. (*Tesis de Grado*). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Savio , D., Thatcher, W., Badinga , L., de la Sota, R., & Wolfenson, D. (Enero de 1993). Regulación del recambio del folículo dominante durante el ciclo estral en vacas. *Reproduction*, 97(1), 197–203. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8464011/>
- Senger, P. (Septiembre de 1994). El problema de la detección del estro: nuevos conceptos, tecnologías y posibilidades. *Revista de ciencia láctea*, 77(9), 2745-2753. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030294772179>
- Sepúlveda , N., & Rodero , E. (2002). Evaluación de la detección de celo en explotaciones lecheras. *Revista Científica de Veterinaria FCV-LUZ*, 12(3), 169-174. Obtenido de <file:///C:/Users/PC/Downloads/14838-Texto%20del%20art%C3%ADculo-15347-1-10-20141023.pdf>
- Sepúlveda, N., & Rodero, E. (Septiembre de 2003). COMPORTAMIENTO SEXUAL DURANTE EL ESTRO EN VACAS LECHERAS. *Interciencia*, 28(9), 500-503. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33908402.pdf>
- SINTEX. (2005). *Manejo Reproductivo en Bovinos de Carne*. Obtenido de http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/69-manejo_reproductivo_bovinos.pdf
- Tovío-Luna , N., & Duica-Amaya, A. (Julio-Diciembre de 2012). Factores relacionados con la dinámica folicular en la hembra bovina. *Revista Spei Domus*, 8(17), 38-47. Obtenido de [file:///C:/Users/PC/Downloads/manfred,+Art_05%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/manfred,+Art_05%20(1).pdf)
- UNAM. (2021). REPRODUCCIÓN DE LOS ANIMALES DOMÉSTICOS. Obtenido de <https://reproduccionanimalesdomesticos.fmvz.unam.mx/libro/capitulo6/fases-del-ciclo-estral.html>

8. ANEXOS

Anexo 1 Hormonas para el protocolo de IATF*Anexo 2 Día 0 aplicación de P4 + BE*

Anexo 3 Aplicación de BE



Anexo 4 Asepsia de dispositivos intravaginales



Anexo 5 Limpieza vulva



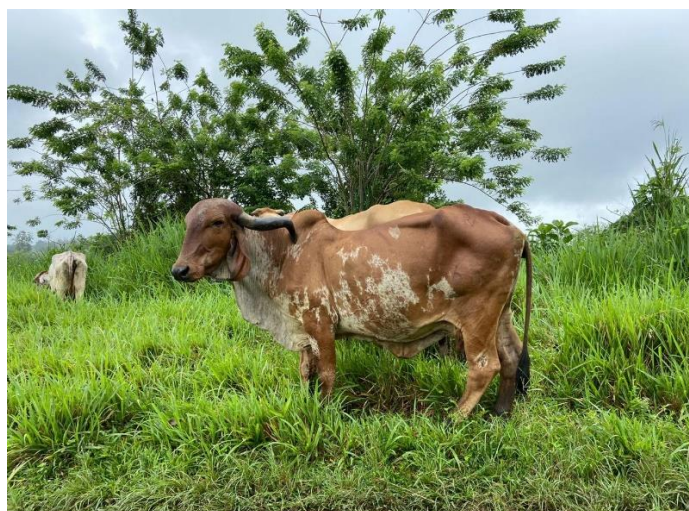
Anexo 6 Aplicación de dispositivo intravaginal liberador de P4



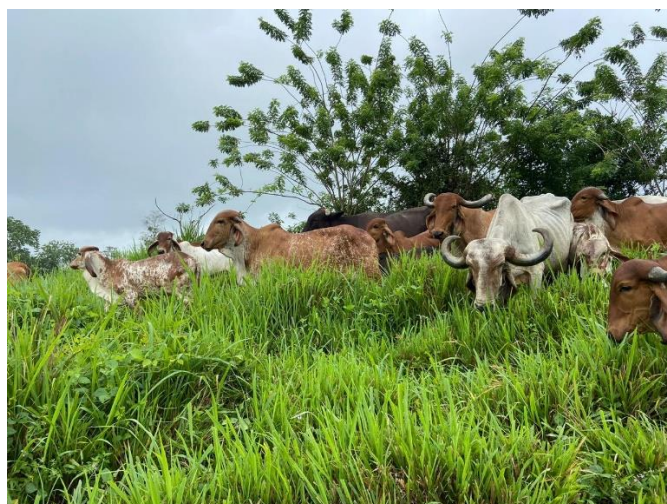
Anexo 7 Condición corporal



Anexo 8 Unidad experimental



Anexo 9 Post sincronización



Anexo 10 *Minerales post sincronización*



Anexo 11 *Sal mineral*



Anexo 12 *Ultrasonografía*



Anexo 13 *Gestación*

