



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

**“EVALUACIÓN DE LA GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (eCG) EN LA
TASA DE PREÑEZ EN VACAS HOLSTEIN MESTIZAS CON UN PROTOCOLO DE
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF) EN CONDICIONES DE
ALTITUD”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Médico Veterinario

AUTOR: STALIN SANTIAGO LEÓN MOROCHO

TUTOR: DR. FROILÁN PATRICIO GARNICA MARQUINA

Cuenca - Ecuador

2026

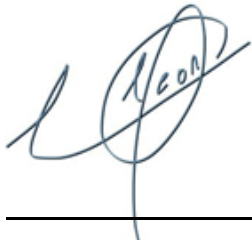
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Stalin Santiago León Morocho con documento de identificación N° 0105608103 manifiesto que:

Soy el autor 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, 9 de abril del 2026

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'LEON', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat circular.

Stalin Santiago León Morocho

0105608103

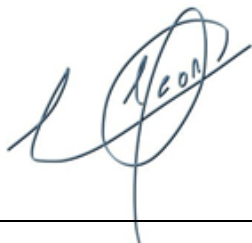
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Stalin Santiago León Morocho con documento de identificación N° 0105608103, 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 autor del Trabajo experimental: “Evaluación de la gonadotropina coriónica equina (eCG) en la tasa de preñez en vacas Holstein mestizas con un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en condiciones de altitud”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Médico Veterinario, 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, 9 de abril del 2026

Atentamente,



Stalin Santiago León Morocho

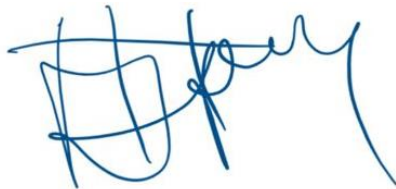
0105608103

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 LA TASA DE PREÑEZ EN VACAS HOLSTEIN MESTIZAS CON UN PROTOCOLO DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF) EN CONDICIONES DE ALTITUD”, realizado por Stalin Santiago León Morocho con documento de identificación N° 0105608103, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 9 de abril del 2026

Atentamente,



Dr. Froilán Patricio Garnica Marquina

0101650299

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a las mujeres que han guiado mi vida académica a mi mamá, abuela María Morocho, hermanas Joselin y Ashley, ustedes estuvieron durante mis momentos tristes, alegres y preocupaciones. Pero sobre todo a mi madre querida Salveria de Jesús León Morocho eres madre y padre para mi gracias a tu esfuerzo, paciencia y tolerancia además del sacrificio que hiciste día a día puedo gozar de los privilegios que me permiten ahora terminar una carrera universitaria además de toda mi familia por brindarme sus mejores deseos, consejos y experiencias.

AGRADECIMIENTO

Agradecido con Dios por guiarme en mi vida no solo académica sino también personal, por ser esa fuerza no física, que me sostuvo cuando más la necesitaba, además de darme la oportunidad de seguir mi hermosa carrera y darme la mejor familia que un estudiante podría querer.

Especialmente a mi madre y abuela que son para mis las mejores mamás del mundo, gracias por todos tus sus consejos, regaños, paciencia, cariño y apoyo incondicional para permitirme que este sueño ahora se vuelva una realidad.

A mis hermanas queridas, gracias por su apoyo emocional e incondicional durante toda mi vida, académica y personal.

A mis amigos que fueron mi segunda familia estuvieron presentes en los problemas académicos, momentos divertidos y vivieron el día a día la realidad de una carrera universitaria José, Ariana, Lizbeth y Franchesca.

A todos los docentes de la carrera de Medicina Veterinaria de la Universidad Politécnica Salesiana, quienes fueron clave para mi formación como profesional, pero en especial al Dr. Patricio Garnica quien es un ejemplo a seguir.

Por último, a esa persona que me acompañó durante mi vida académica brindándome su apoyo incondicional y amor Karolina G.

INDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 13 |
| ABSTRAC | 14 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1.1. Problema | 16 |
| 1.2. Delimitación..... | 16 |
| 1.2.1. Temporal | 16 |
| 1.2.2. Espacial | 17 |
| 1.2.3. Ubicación | 17 |
| 1.2.4. Académica..... | 18 |
| 1.3. Explicación del problema | 18 |
| 1.4. Objetivos..... | 19 |
| 1.4.1. Objetivo general | 19 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 20 |
| 1.5. Hipótesis | 20 |
| 1.5.1. Hipótesis alternativa..... | 20 |
| 1.5.2. Hipótesis nula..... | 20 |
| 1.6. Fundamentación teórica | 20 |
| 2. REVISION Y ANALISIS BIBLIOGRAFICO Y DOCUMENTAL | 21 |
| 2.1. Ciclo estral | 21 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.2. | Hormonas Sexuales..... | 22 |
| 2.2.1. | Clasificación de hormonas..... | 23 |
| 2.3. | Dinámica folicular | 23 |
| 2.4. | Sincronización de celo..... | 24 |
| 2.5. | Inseminación artificial (IA)..... | 25 |
| 2.5.1. | Ventajas de la IA..... | 25 |
| 2.6. | Uso de Estrógenos (E2) | 25 |
| 2.7. | Sales cipionato y benzoato de estradiol | 26 |
| 2.8. | Uso de Progesterona (P4)..... | 26 |
| 2.9. | Uso de prostaglandina F2 alfa (PGF2alfa)..... | 26 |
| 2.10. | Uso de hormona coriónica equina (eCG)..... | 27 |
| 2.11. | Ultrasonografía reproductiva | 27 |
| 2.12. | Monitoreo ecográfico de la gestación | 28 |
| 2.2. | Resumen del estado del arte del problema | 29 |
| 3. | MATERIALES Y MÉTODOS | 30 |
| 3.1. | Materiales..... | 30 |
| 3.1.1. | Materiales físicos..... | 30 |
| 3.1.2. | Materiales químicos | 31 |
| 3.1.3. | Materiales biológicos | 31 |
| 3.2. | Método | 32 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.3. | Diseño | 32 |
| 3.4. | Población y muestra..... | 32 |
| 3.5. | Operacionalización de variables | 33 |
| 3.5.1. | Variables dependientes..... | 33 |
| 3.5.2. | Variables independientes..... | 33 |
| 3.6. | Desarrollo del ensayo..... | 33 |
| 3.6.1. | Identificación de animales..... | 33 |
| 3.6.2. | División de tratamientos..... | 33 |
| 3.6.3. | Aplicación del protocolo de IATF | 34 |
| 3.6.4. | Chequeo ginecológico | 34 |
| 3.7. | Consideraciones éticas | 34 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 36 |
| 4.1. | Análisis estadístico..... | 36 |
| 4.1.1. | Porcentaje de preñez..... | 36 |
| 4.1.2. | Análisis “t de student” | 37 |
| 4.1.3. | Análisis de costos por tratamiento | 40 |
| 4.2. | Discusión..... | 42 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 43 |
| 5.1. | Conclusiones..... | 43 |
| 5.2. | Recomendaciones | 44 |

| | | |
|------|---|----|
| 6. | BIBLIOGRAFIA..... | 45 |
| 7. | ANEXOS..... | 50 |
| 7.1. | Anexo 1 Registro de unidades experimentales para el tratamiento 1 | 50 |
| 7.2. | Anexo 2 Registro de unidades experimentales para el tratamiento 2 | 52 |
| 7.3. | Anexo 3 Evidencias fotográficas | 54 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro N° 1 Datos meteorológicos..... | 17 |
| Cuadro N° 2 Materiales físicos | 30 |
| Cuadro N° 3 Materiales químicos | 31 |
| Cuadro N° 4 Materiales biológicos | 31 |
| Cuadro N° 5 Preñez..... | 33 |
| Cuadro N° 6 Gonadotropina coriónica equina (eCG) | 33 |
| Cuadro N° 7 Resultados de la investigación | 36 |
| Cuadro N° 8 Distribución de datos transformados | 38 |
| Cuadro N° 9 “t de student” para factor preñez con datos transformados..... | 39 |
| Cuadro N° 10 Coeficiente de variación | 39 |
| Cuadro N° 11 Costos directos e indirectos del tratamiento por unidad experimental | 40 |
| Cuadro N° 12 Costos totales | 41 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N°1 Zona de estudio | 18 |
| Figura N° 2 Etapas del ciclo estral y dinámica folicular..... | 22 |
| Figura N° 3 Eje hipotálamo – hipófisis - ovario | 23 |
| Figura N°4 Días de chequeo ecográfico..... | 28 |
| Figura N°5 Presencia y ausencia de preñez en los tratamientos | 36 |
| Figura N°6 Porcentaje de preñez por tratamiento | 37 |
| Figura N°7 Costos del tratamiento por unidad experimental..... | 41 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la hacienda “Cielo de Cristal”, ubicada en la parroquia Victoria de Portete, cantón Cuenca, provincia del Azuay con una altitud de 2600 m.s.n.m. El objetivo del experimento fue evaluar la tasa de preñez en vacas Holstein mestizas con la inclusión de la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG) en un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Se seleccionaron 40 unidades experimentales con una condición corporal de entre 2.5-3, una media de partos de entre 2-4 y edad de entre 3-6 años. La muestra se distribuyó aleatoriamente en 2 grupos experimentales de 20 animales, el T1 con el protocolo E2+P4+PGF2alfa con la aplicación de 400 UI de eCG al momento de retirar el dispositivo de progesterona y el T2 sin la administración de eCG, el diagnóstico de gestación se realizó mediante ultrasonografía a los 25 días post-inseminación. Los datos de la investigación, se analizaron con el diseño estadístico “t de student”, para el T1 con la inclusión de eCG se obtuvieron 11 hembras preñadas (55%) y para el T2 se obtuvieron 7 hembras preñadas (35%). Si bien matemáticamente hay diferencia, el análisis estadístico determinó que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

ABSTRAC

This research was conducted at the Cielo de Cristal ranch, located in the Victoria de Portete parish, Cuenca canton, Azuay province, at an altitude of 2,600 meters above sea level. The objective of the experiment was to evaluate the pregnancy rate in Holstein crossbred cows with the inclusion of equine chorionic gonadotropin (eCG) in a fixed-time artificial insemination (FTAI) protocol. Forty experimental units were selected with a body condition score of between 2.5 and 3, an average of between 2 and 4 calves born, and an age of between 3 and 6 years. The sample was randomly distributed into two experimental groups of 20 animals: T1 with the E2+P4+PGF2alpha protocol with the application of 400 IU of eCG at the time of progesterone device removal, and T2 without eCG administration. Pregnancy diagnosis was performed by ultrasonography 25 days post-insemination. The research data were analyzed using the student's t-test statistical design. For T1 with the inclusion of eCG, 11 pregnant females (55%) were obtained, and for T2, 7 pregnant females (35%) were obtained. Although there is a mathematical difference, the statistical analysis determined that there is no significant difference between the treatments.

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina es un pilar socioeconómico fundamental para el país, esta actividad es una de las prácticas más antiguas en la región interandina siendo sustento de generaciones de productores. En la actualidad, la competitividad de las explotaciones lecheras depende de la optimización de la fertilidad, buscando una relación costo-beneficio que garantice la sostenibilidad del sistema. Los factores que influyen para que un animal pueda expresar su máximo potencial genético son: la nutrición, sanidad, genética y manejo. Sin embargo, la eficiencia reproductiva sigue siendo el “talón de Aquiles” de varias producciones lecheras

En la eficiencia de una producción, el desempeño reproductivo es el factor con mayor impacto económico. En este contexto la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) mediante protocolos de sincronización, es una herramienta clave dentro de la biotecnología para poder intervenir y modificar la fertilidad de hembras bovinas.

Las tasas de preñez en ganado Holstein no supera un porcentaje viable por su propia fisiología, para mitigar esta limitación las hormonas exógenas tienen un mejor efecto sobre el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, aumentando receptores foliculares, incrementando el tamaño de folículos preovulatorios, etc. La gonadotropina coriónica equina destaca por mejorar la actividad de hormonas como FSH y LH, incluso aumentando los valores de P4 en sangre durante una fase luteal. (Carrasco, 2020).

En el experimento realizado en vacas lecheras por (Hidrogo Esquivel, A. M., & Hurtado Hurtado, D., 2014), se comprueba que la hormona coriónica equina (eCG) mejora hasta un 73.7 % en la tasa de preñez 14 días post inseminación en un tratamiento de sincronización de celos, (Sagbay, 2012), en su investigación obtuvo un porcentaje del (80%) de preñez con la aplicación de eCG al retirar el dispositivo de P4 en vacas Holstein post-parto.

El objetivo de este experimento se evaluó mediante protocolos de sincronización de celo con el protocolo E2+P4+PGF2 alfa, con la adición de eCG sobre la tasa de preñez en vacas Holstein mestizas en condiciones de altitud, el propósito final es proveer al sector ganadero, evidencia científica sobre la rentabilidad de estas tecnologías para mejorar la competitividad lechera.

1.1. Problema

En la región interandina, la variabilidad geográfica y la fisiología normal de hembras Holstein mestizas ejercen una influencia sobre el desempeño productivo en ganaderías lecheras. Las condiciones ambientales exigen que el ganado mantenga un comportamiento reproductivo eficiente, ante dicho escenario surge la necesidad imperativa de validar protocolos de sincronización de celo y ovulación que logren adaptarse a condiciones específicas de cada zona optimizando la dinámica hormonal y, por ende, la rentabilidad económica.

Entre los varios desafíos de la gestión en hatos, es la ausencia de registros reproductivos y seguimiento sistemático que impiden identificar con precisión ciclos estrales. Esta problemática se agrava cuando las hembras presentan celos silenciosos o el personal está poco capacitado, en este contexto la implementación de IATF con protocolos con la aplicación de eCG se presenta como una estrategia de mejoramiento en el desarrollo folicular y función lútea (Garnica, 2012), así como el aumento de la tasa de preñez en la raza Holstein.

1.2. Delimitación

1.2.1. Temporal

El presente trabajo tuvo una duración de 400 horas, dichas horas se distribuyeron: trabajo experimental, tabulación de datos y elaboración de documento final.

1.2.2. Espacial

La fase experimental de la investigación se realizó en la hacienda “Cielo de cristal”, de la parroquia Victoria del Portete, Cantón Cuenca, provincia del Azuay.

1.2.3. Ubicación

Cuadro N° 1 Datos meteorológicos

| | |
|---------------------|---------------|
| Altitud | 2500 m.s.n.m |
| Clima | Semi – húmedo |
| Temperatura | 12 °C y 20 °C |
| Longitud | 79°03'36'' |
| Latitud | 3°03'36'' |
| Nubosidad | 97% |
| Velocidad de viento | 20 km/h |
| Humedad relativa | 79% |

Figura N°1 Zona de estudio



Fuente: (Google Earth Pro, 2020)

1.2.4. Académica

El trabajo experimental se realizó en el área de la reproducción buscando proporcionar información técnica validada que sirva de sustento para profesionales del área zootecnista y veterinaria al momento de prescribir biotecnologías reproductivas en zonas altoandinas. Así mismo sus resultados pretenden constituir en una herramienta de consulta para estudiantes y comunidad científica interesada en la fisiología reproductiva en condiciones de altitud, permitiendo a ganaderos locales optimizar sus programas de IATF.

1.3. Explicación del problema

La optimización de la eficiencia reproductiva es el eje fundamental para la rentabilidad de las explotaciones ganaderas. Históricamente, la búsqueda por incrementar la tasa de preñez se ha visto obstaculizada por las limitaciones de los métodos convencionales. La monta natural, aunque es una práctica biológica común, conlleva riesgos críticos como la transmisión de enfermedades

infectocontagiosas y el peligro de accidentes físicos. Por otro lado, los protocolos de sincronización clásicos han mostrado una eficacia variable, enfrentando frecuentemente tasas de concepción que no superan el 50%, debido principalmente a la incidencia de celos silenciosos y al anestro posparto que afecta a la vaca lechera de alta producción.

La persistencia de bajas tasas de fertilidad deriva en un incremento de los días abiertos, lo que genera un impacto económico negativo directo por la disminución en la curva de producción láctea y el aumento en los costos de mantenimiento por cada animal no gestante. Ante esta deficiencia, surge la necesidad de implementar protocolos más dinámicos, como el esquema E2+P4+PGF2alfa, potenciado con la inclusión de la gonadotropina coriónica equina (eCG).

El mecanismo de acción de la eCG es fundamental en este contexto, ya que posee una actividad dual que mimetiza a las hormonas Folículo Estimulante (FSH) y Luteinizante (LH). Esta estimulación exógena promueve un mayor crecimiento del folículo dominante y una ovulación de mejor calidad, factores determinantes para revertir el balance energético negativo y elevar los índices de fertilidad. Por lo tanto, el problema central radica en la ausencia de protocolos adaptados que superen los promedios históricos de preñez en zonas altoandinas, justificando la evaluación de la eCG como una herramienta estratégica para reducir los intervalos entre partos y maximizar los rendimientos reproductivos de la ganadería local.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG), en la tasa de preñez en vacas Holstein mestizas con un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en condiciones de altitud a 2600 m.s.n.m.

1.4.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG) sobre la tasa de preñez en vacas Holstein mestizas, aplicada al momento de retirar el dispositivo intravaginal de progesterona.

Determinar el costo con la inclusión de (eCG) en el protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis alternativa

H1: La inclusión de gonadotropina coriónica equina (eCG), aplicada al momento de retirar el dispositivo de progesterona, si genera cambios significativos sobre la tasa de preñez a 2600 m.s.n.m. en vacas Holstein mestizas.

1.5.2. Hipótesis nula

H0: La inclusión de gonadotropina coriónica equina (eCG), aplicada al momento de retirar el dispositivo de progesterona, no genera cambios significativos sobre la tasa de preñez a 2600 m.s.n.m. en vacas Holstein mestizas.

1.6. Fundamentación teórica

El éxito de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) en bovinos depende estrictamente de la manipulación precisa de la dinámica folicular y el control del momento de la ovulación. La inclusión de la gonadotropina coriónica equina (eCG) al momento del retiro del dispositivo intravaginal de progesterona (P4) se fundamenta en su capacidad para potenciar la respuesta ovárica durante la fase final del crecimiento folicular.

Desde una perspectiva endocrina, la eCG posee una vida media prolongada en la circulación sanguínea y una actividad dual que mimetiza la acción de la hormona folículo estimulante (FSH)

y la hormona luteinizante (LH). Este mecanismo de acción promueve una estimulación sostenida sobre el folículo dominante (FD), incrementando el número de receptores de LH en las células de la teca y la granulosa. Como resultado, se logra una mayor tasa de crecimiento folicular, una maduración óptima del ovocito y una mejora significativa en la capacidad esteroidogénica del folículo, lo que culmina en una ovulación de alta calidad y la posterior formación de un cuerpo lúteo (CL) más robusto y funcional.

La investigación se fundamenta en la capacidad de la eCG para compensar deficiencias hormonales, asegurando la sincronización de la ovulación y elevando la probabilidad de preñez. Al estandarizar estos resultados, se pretende ofrecer una alternativa técnica mitigando el impacto de los días abiertos y optimizando la eficiencia reproductiva global del hato

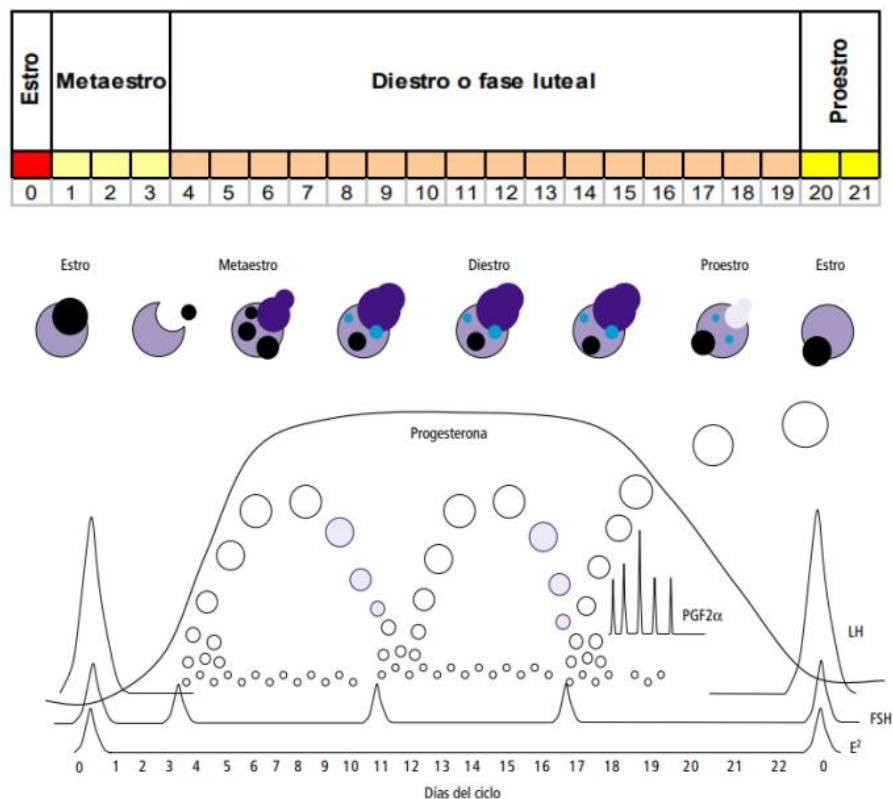
2. REVISION Y ANALISIS BIBLIOGRAFICO Y DOCUMENTAL

2.1. Ciclo estral

Definido como el periodo entre dos estros de una hembra bovina en intervalos de 19-23 días con promedio de 21 días este solo se interrumpe en caso de una gestación, este ciclo comprende 4 etapas: estro, metaestro, diestro y proestro. (Hernández, 2009, pág. 18). Durante estos procesos se incrementan los niveles de 17 β -estradiol producido en el folículo dominante estimulando al pico ovulatorio de la hormona luteinizante (LH) y otras. (Guaqueta, 2009), en este periodo involucran las hormonas del hipotálamo (hormona liberadora de gonadotropinas GnRH), pituitaria (hormona folículo estimulante FSH y hormona luteinizante, LH), de los ovarios (progesterona, P4; estradiol, E2 e inhibinas) y del útero (prostaglandinas F2a, PGF), las cuales se regulan por retroalimentación negativa y positiva. (Colazo, 2017). El proestro dura 2-3 días, la hormona folículo estimulante (FSH) induce al crecimiento de un folículo ovárico dominante produciendo concentraciones altas de estrógenos (E2), el estro considerado como el día del celo dura en promedio 16 horas este da el

comienzo del ciclo estral, en esta etapa debe ocurrir la cópula, se aumenta la hormona luteinizante (LH). (Martinez, 2020). El metaestro y diestro comprende la fase luteínica el metaestro dura 2-3 días donde se libera al óvulo del folículo, culminando este ciclo con la ovulación que se da a partir de las 12-16 hora. (Do Valle, 1991)

Figura N° 2 Etapas del ciclo estral y dinámica folicular

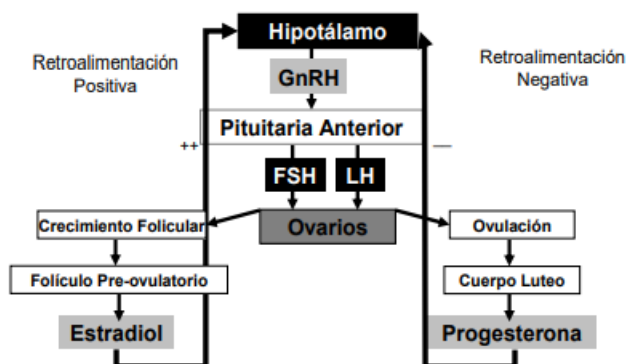


(López S. , 2020)

2.2. Hormonas Sexuales.

Dentro de la dinámica folicular el ciclo reproductivo está regulado por hormonas del hipotálamo-hipófisis-ovarios-útero. (Delgado, 2011)

Figura N° 3 Eje hipotálamo – hipófisis - ovario



Esquema simplificado de las interacciones hormonales del eje Hipotálamo – Hipófisis – Ovario

(Rippe, 2009)

2.2.1. Clasificación de hormonas.

- Hormonas del hipotálamo: la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), se excreta a través del sistema portal hipofisiario actuando en el lóbulo anterior a la hipófisis, que culmina en la liberación de LH Y FSH.
- Hormonas hipofisiarias: La hormona folículo estimulante (FSH), luteinizante (LH) y luteotropa (LTH), actúan a nivel de las gónadas, secretadas por la adenohipófisis.
- Hormonas gonadales: Difieren entre sexos; machos producen testosterona y hembras producen Estrógenos (E2) y progesterona (P4).
- Hormonas placentarias: Producida en la placenta, la gonadotropina coriónica equina (eCG) (Jaime, 1990)

2.3. Dinámica folicular

La hembra bovina nace aproximadamente con 200 mil folículos, estos antes de volverse folículos primordiales suelen sufrir atresias, siendo folículos primordiales sufren un cambio para pasar a llamarse folículos primarios y folículo secundarios aun sin influencia de gonadotropinas,

para luego volverse folículos terciarios los cuales poseen antro y dependen de las gonadotropinas. (Ceron, 2016)

Durante el proceso del ciclo estral se dan de 2-3 ondas foliculares para el reclutamiento de folículos ovulatorios, el diámetro para el folículo ovulatorio es más pequeño y consecuente el tamaño del cuerpo lúteo y la concentración de progesterona (P4). (Gonzalo, 2014, págs. 31-46)

El cuerpo lúteo se forma por las células que siguen en la cavidad folicular, su función producir progesterona y su retroalimentación es mediada por la hormona luteinizante (LH) esta hormona no permite que los folículos dominantes no obtengan dicho sustento para poder concluir con su crecimiento y se produce la regresión, cuando ocurre esto también disminuye el estradiol e inhibina lo cuales son regulados por la hormona folículo estimulante (FSH), que inicia el proceso nuevamente de reclutamiento folicular. (Medrano, 2018).

2.4. Sincronización de celo.

Con este método se pueden obtener mejores oportunidades para que una hembra quede preñada con esto se logra modificar el ciclo estral del animal y conseguir tasas de preñez optimas dentro de una producción. (Toapanta, 2024)

Este tipo de procesos se usa hormonas en un periodo, durante este tiempo logramos prolongar la fase lútea con las hormonas; progesterona (P4), estrógenos (E2) y gonadotropinas (GnRH). El uso de prostaglandina (PGF2 alfa), es para acortar la fase lútea, la combinación de progestágenos y prostaglandinas ayuda a modificar el ciclo estral de la vaca logrando un celo y ovulación en los días más convenientes. (Castro, 2022)

En esta fase se dará la regresión temprana del cuerpo lúteo con la inyección de prostaglandina F2 alfa esta culmina con la fase luteal e inicia una nueva fase folicular, luego de 2-3 días la vaca entra en celo y después de horas dependiendo el protocolo que se implementa. (Iñiguez, 2025)

2.5. Inseminación artificial (IA)

La técnica más básica e importante para mejoramiento genético porque la cantidad de semen que generan toros de excelente genética sirve para inseminar miles de vacas al año a diferencia si se usase el método biológico como la monta natural donde la eficiencia disminuye en gran medida, actualmente sigue siendo la herramienta básica más usada en producciones en conjunto con más herramientas como transferencia de embriones, para consiguiendo el máximo potencial en una producción.

2.5.1. Ventajas de la IA.

- Mejoramiento genético con machos de alta gama.
- Control de enfermedades de transmisión sexual.
- Disponibilidad de registros de apareamientos no deseados.
- Servicio económico Seguridad a través de machos no deseados.
- Facilidad de pruebas de progenie.
- Facilita la cruce entre razas obteniendo los mejores resultados de cada raza.
- Acelera la introducción de nuevo material genético.
- Conservar la genética mediante el semen congelado de un toro incluso fallecido. (Hafez, 2002)

2.6. Uso de Estrógenos (E2)

Los principales para animales son; 17 β estradiol, estrona y estriol. Promueven la maduración y diferenciación sexual de los órganos sexuales, (Sumano, 2006). El estradiol usado para protocolos su función importante sobre el desarrollo folicular, además de inducir a una oleada de GnRH del hipotálamo, la cual induce al pico de LH estimulando a la maduración final y ovulación del folículo dominante, esto aumenta la receptibilidad al macho.

Su uso en un protocolo tiene como finalidad; causar la atresia de folículos existentes, para inducir a una nueva onda folicular y después del retiro del dispositivo de progesterona (CIDR) inducir a la retroalimentación positiva en el hipotálamo de GnRH. (Montejano, 2019)

2.7. Sales cipionato y benzoato de estradiol

La sal cipionato de estradiol producida por estratificación del estradiol con el ácido ciclopentanopropiónico siendo esto una propiedad usada en un protocolo por el aumento de la vida media por el acumulo en tejido adiposo. (Sumano, 2006). La sal benzoato de estradiol derivado sintético de 17beta estradiol sintetizada por el folículo ovárico utilizando en protocolos de sincronización para inducir al pico de LH. (Mosquera, 2018)

2.8. Uso de Progesterona (P4)

Se utiliza la P4 para el control del ciclo estral donde se simulaba un cuerpo lúteo artificial dando como final de un periodo de entre los 14 días más o menos la sincronización de estro u ovulación, creando la imitación de la acción inhibidora de los niveles luteales sobre la secreción de LH para el desarrollo de una nueva onda de desarrollo folicular.

Cuando se utiliza dispositivos intravaginales de P4 (DIB o CIDR) al momento de que se extrae después de un periodo según el protocolo utilizado, aumenta la frecuencia de los pulsos de LH y se da el crecimiento del folículo dominante que ovulara entre 48-72 horas después. (Marco Tulio Pinto Portillo, 2009).

2.9. Uso de prostaglandina F2 alfa (PGF2alfa)

En varios protocolos se la utiliza por el efecto luteolítico, inhibir la conducta del estro y control folicular y lúteo con la hormona GnRH, estas propiedades realizan una regresión del cuerpo lúteo en hembras que se encuentran ciclando, induce a un estro fértil en un periodo de 3-5 días facilitando el manejo en un protocolo de sincronización. (Romero-Santamaría M. E., 2009)

2.10. Uso de hormona coriónica equina (eCG).

Esta hormona que se obtiene del suero de yegua preñada durante la primera mitad de la gestación, su función es ser folículo estimulante y acciones luteinizantes, por esto se utiliza e conjunto con implantes intravaginales para sincronización y producir una ovulación por el efecto de la PGF2 alfa, la ovulación varía entre 20 óvulos. (Sumano, 2006)

En su estructura es una glucoproteína similar a la LH y FSH con una vida media larga, lo cual ayuda a mantener niveles de P4 sérica en la fase luteal tardía estimulando a un cuerpo lúteo más completo, potenciando la tasa de preñez, si se administra eCG antes de la ovulación aumenta los receptores de FSH y LH en los folículos incrementando el tamaño de los folículos preovulatorios y la concentración plasmática de P4. (Toapanta, 2024)

2.11. Ultrasonografía reproductiva

Con el empleo de esta técnica se puede distinguir varios procesos, pero principalmente; la dinámica folicular, ovulación formación, funcionamiento del cuerpo lúteo, desarrollo embrionario y fetal. En esta técnica se emplea el sonido como base, el oído humano distingue hasta 20,000 Hertz, superior a eso se le conoce como ultrasonografía los cuales alcanzan millones de Hertz, este sonido se refleja como “eco”, para esta técnica se debe emplear el método tradicional de la palpación rectal que se utiliza para diagnósticos como; gestación, evaluación de estructuras ováricas y ciertas patologías. (Medrano, 2018)

Un pequeño instrumento llamado transductor emite las ondas de ultrasonido a las cuales se transmiten hacia el área del cuerpo bajo estudio y se recibe en su eco. El traductor recoge las ondas y el monitor convierte estas ondas en una imagen (Sánchez, 2012)

2.12. Monitoreo ecográfico de la gestación

Mediante monitoreo podemos diagnosticar una gestación según la visualización de estructuras y los días de gestación, depende de la técnica utilizada y afinidad del médico veterinario para su diagnóstico precoz.

La técnica utilizada es introducir la sonda vía transrectal, colocándolo sobre el útero, una vez en dicha estructura tendremos que buscar los cuernos uterinos es necesario utilizar el un transductor lineal o convexo y buscar una zona de luz dilatada y con líquido, en esta zona se localiza el embrión y las membranas fetales. El embrión es una masa ecogénica de 4 mm de diámetro rodeado de líquido el cual se observa anecoico. (Arias, 2006)

Figura N°4 Días de chequeo ecográfico

| | Media (días) | Rango |
|-------------------------------------|--------------|-------|
| Embrión | 20 | 19-24 |
| Latidos cardiacos | 21 | 19-24 |
| Alantoides | 23 | 22-25 |
| Aspecto en C del embrión | 25 | 22-30 |
| Columna vertebral | 29 | 26-33 |
| Esbozos de los miembros anteriores | 29 | 28-31 |
| Amnios | 30 | 28-33 |
| Cavidades orbitarias | 30 | 29-33 |
| Esbozos de los miembros posteriores | 31 | 30-33 |
| Aspecto en L del embrión | 33 | 29-39 |
| Placentomas | 35 | 33-38 |
| Cristalino | 40 | 37-44 |
| Pezuñas | 45 | 42-49 |
| Movimientos fetales | 45 | 42-50 |
| Costillas | 53 | 51-55 |

(Arias, 2006)

2.2. Resumen del estado del arte del problema

Diferentes investigaciones concuerdan que el uso de la hormona gonadotropina equina (eCG) en diferentes protocolos de sincronización, esta varía según las condiciones de altitud y región en donde se aplique así como condiciones fisiológicas, estado reproductivo, alimentación y edad de cada muestra experimental.

En el trabajo experimental de (López S. , 2020) el cual utilizo en su protocolo de sincronización e IATF E2+P4+PGF2alfa con una altitud de 300 msnm, aplicando eCG al T1 y no al T2, este obtuvo resultados de preñez en porcentaje de 76.67 % es decir 23 animales respondieron al protocolo para el T1 y 63.33 % con 19 animales que respondieron al protocolo para el T2 es total fueron 60 unidades experimentales divididas 30 para cada tratamiento, lo cual el concluye que no hay diferencia significativa con respecto a la preñez.

Según (Castro, 2022), el cual llevo a cabo su trabajo de investigación en ganado de raza charoláis a 1100 msnm, con 60 unidades experimentales obteniendo un resultado de 57.5 % de preñez con un total de 23 unidades positivas al protocolo para el T1 y un 42.5 % de preñez con un total de 17 unidades positivas al protocolo para el T2, siendo esta matemáticamente no significativa, sin embargo, en relación al costo de tratamiento por vaca es aceptable. (Orellana, 2015), coincide con el autor porque en el experimento donde se utilizaron 30 unidades experimentales divididas 15 animales para el T1 y 15 animales para el T2, en un protocolo de sincronización E2+P4+PGF2alfa y la inclusión de eCG al momento de sacar el dispositivo de P4 para el T1, obteniendo un resultado para el T1 (60 %) con 9 animales gestantes, el T2 (43 %) con 6 animales gestantes, dentro del experimento al momento de la tabulación de datos mediante el modelo estadístico “t student” no tiene significancia pero en relación al costo por tratamiento es recomendable el protocolo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Materiales físicos

Cuadro N° 2 Materiales físicos

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad |
|---------------------------------------|------------------|----------|
| Pistola de inseminación | Unidad | 1 |
| Aplicador de dispositivo intravaginal | Unidad | 1 |
| Catéteres de inseminación | Paquete | 2 |
| Ecógrafo | Unidad | 1 |
| Termo | Unidad | 1 |
| Termómetro | Unidad | 1 |
| Balde | Unidad | 1 |
| Guantes ginecológicos | Caja | 2 |
| Jeringas de 3 ml | Caja | 1 |
| Agujas calibre 18 G | Caja | 1 |
| Papel | Unidad | 1 |
| Overol | Unidad | 1 |
| Botas | Unidad | 1 |
| Tanque de nitrógeno | Unidad | 1 |

3.1.2. Materiales químicos

Cuadro N° 3 Materiales químicos

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad |
|---|------------------|----------|
| Benzoato de estradiol | Dosis | 40 |
| Cipionato de estradiol | Dosis | 40 |
| PGF2 alfa | Dosis | 40 |
| Clorhexidina | Litro | 1 |
| Gel lubricante | Litro | 1 |
| Dispositivos intravaginales de progesterona (DIB) | Paquete (10 U) | 40 |
| Hormona coriónica equina (eCG) | Dosis | 20 |
| Nitrógeno líquido | Kilogramos | 20 |

3.1.3. Materiales biológicos

Cuadro N° 4 Materiales biológicos

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad |
|--------------------------|---------------------|----------|
| Animales | Unidad experimental | 40 |
| Pajuelas de inseminación | Unidad | 40 |

3.2. Método

La metodología que se usó para el trabajo de investigación fue experimental inductivo, esto permitirá ver cómo se comporta la hormona coriónica equina (eCG) ante una unidad experimental.

3.3. Diseño

Para el análisis de datos el método estadístico que se utilizó en el diseño experimental fue el “t de student” normal al 5% y 1% de significancia con igual número de repeticiones por tratamiento, los tratamientos difirieron por la inclusión de la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG); con la variable de entrada la eCG y una de salida la preñez, los tratamientos constaron de 20 animales para cada uno.

3.4. Población y muestra

La población de estudio conformo 40 hembras bovinas de raza Holstein mestizas, distribuidas aleatoriamente entre los tratamientos de 20 animales para cada uno, en el T1 se aplicó un protocolo de sincronización de celo y ovulación E2+P4+PGF2alfa, adicionando la hormona coriónica equina (eCG) al momento del retiro del dispositivo de progesterona, al T2 se manejó el mismo protocolo a excepción de aplicación de la eCG.

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. Variables dependientes

Cuadro N° 5 Preñez

| Concepto | Categorías | Indicadores | Variables |
|--|------------|-------------|---------------------------------|
| Preñez con la inclusión de eCG y sin eCG | Animales | Concepción | Presencia (si) Ausencia (no) |

3.5.2. Variables independientes

Cuadro N° 6 Gonadotropina coriónica equina (eCG)

| Concepto | Categorías | Indicadores | Variables |
|--|------------|-------------|-----------|
| Hormona gonadotrópica producida en el corion de yeguas preñadas | Química | Dosis | UI |

3.6. Desarrollo del ensayo

3.6.1. Identificación de animales

Las unidades experimentales fueron seleccionadas por su condición corporal de entre 2.5-3, según la escala de 1-5, con una edad promedio entre 3-6 años y número de partos de entre 2-4.

3.6.2. División de tratamientos

De las 40 unidades experimentales seleccionadas se dividieron en grupos de 20 para cada tratamiento, estos difieren por la inclusión de la hormona gonadotrofina coriónica equina (eCG) en un protocolo de sincronización e IATF.

3.6.3. Aplicación del protocolo de IATF

En el T1: Día 0, se aplicó el dispositivo intravaginal de progesterona y 2 mg de Benzoato de estradiol. Día 8, se retiró el dispositivo intravaginal y se aplicó 500 ug de cloprostenol sódico, 0.5 mg de cipionato de estradiol, 400 UI de eCG y después de 52 horas se realizó la inseminación artificial.

En el T2: Día 0, se aplicó el dispositivo intravaginal de progesterona y 2 mg de Benzoato de estradiol. Día 8, se retiró el dispositivo intravaginal y se aplicó 500 ug de cloprostenol sódico y 0.5 mg de cipionato de estradiol y después de 52 horas se realizó la inseminación artificial.

3.6.4. Chequeo ginecológico

A los 25 días post - inseminación se realizó el chequeo ginecológico mediante un ecógrafo portátil, confirmando si el animal dio positivo a preñez o no

3.7. Consideraciones éticas

Desde siempre se cuestiona al sector pecuario acerca del manejo sobre los animales de producción donde conservadores denuncian maltrato animal por parte de los dueños de ganaderías y producciones en general, sin embargo, como menciona (Tadich, 2011), desde antes del siglo se empieza a enfatizar el bienestar animal en torno a animales de granja que por ende se crean las 5 libertades.

- Libres de sed, hambre y malnutrición
- Libres del no confort
- Libres de dolor, heridas y enfermedades
- Libres de expresar su comportamiento natural
- Libres de miedo y distrés

Estos pilares han dado paso a ganaderías sostenibles como menciona (Lapo-Bonilla, A., Amon-Loor, N., Desiderio, L. F., & González-Puetate, I. , (2025), en su investigación cuyos resultados fueron que un animal puede expresar el máximo de su potencial genético si se toman en cuenta directrices como el entorno, comportamiento y estado emocional del animal, donde incluso han implementado tecnologías de seguimiento previniendo significativamente enfermedades infectocontagiosas mejorando la rentabilidad para ganaderías.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

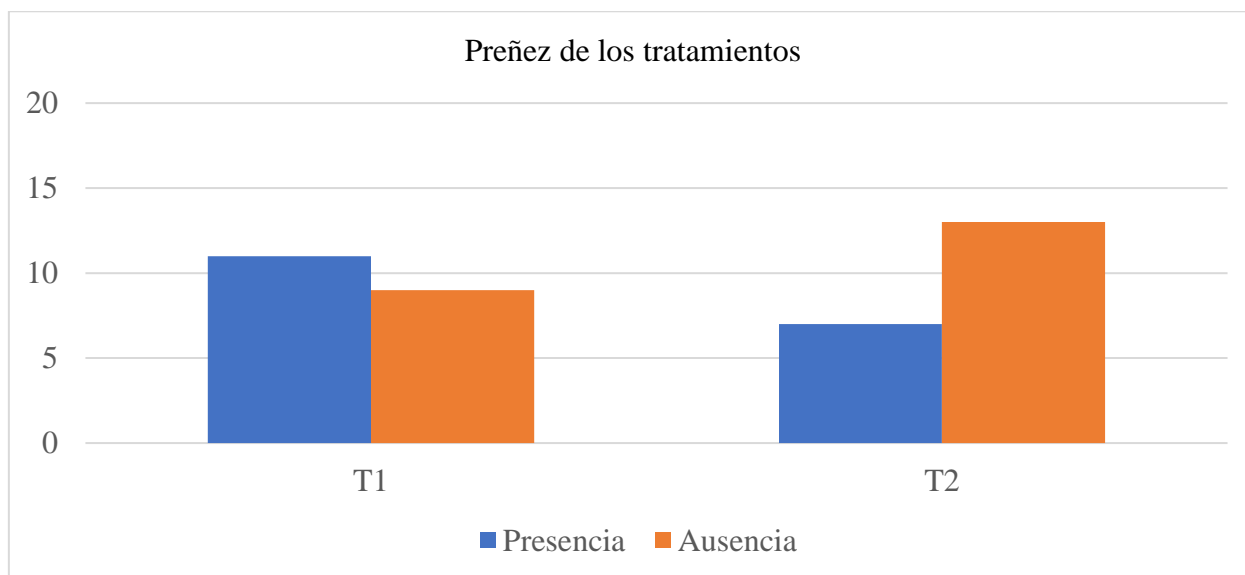
4.1. Análisis estadístico

4.1.1. Porcentaje de preñez

Cuadro N° 7 Resultados de la investigación

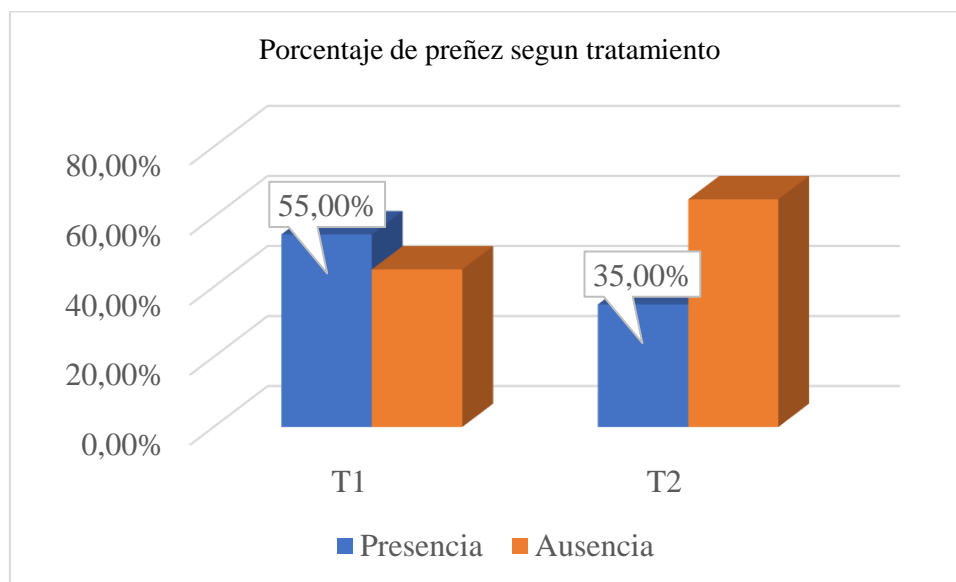
| Preñez | T1 | T2 |
|-----------|----|----|
| Presencia | 11 | 7 |
| Ausencia | 9 | 13 |
| Subtotal | 20 | 20 |
| Total | 40 | |

Figura N°5 Presencia y ausencia de preñez en los tratamientos



En el cuadro N° 7 y en la figura N° 5, se aprecia la presencia o ausencia de la preñez de las unidades experimentales, dando como resultado en el T1 un total de 11 hembras preñadas y 9 vacías, el T2 con un total de 7 hembras preñadas y 13 vacías.

Figura N°6 Porcentaje de preñez por tratamiento



En la figura N°6, se aprecia el porcentaje de preñez equivalente al T1 con un total de 11 hembras preñadas representando un (55.00 %) y el T2 con 7 hembras preñadas representando un (35.00 %).

4.1.2. Análisis “t de student”

En este diseño, los datos obtenidos de la investigación tanto de T1 como del T2, se le asignó un número si la hembra quedó preñada = 1 y si no quedó preñada = 0, se utilizó con igual número de repeticiones,

Estos datos se transformaron utilizando la siguiente fórmula $\sqrt{x} + 0.5$.

Cuadro N° 8 Distribución de datos transformados

| T1 con eCG | | | T2 sin eCG | | |
|-----------------|---------|------------|-----------------|---------|------------|
| U. experimental | Si / No | Conversión | U. experimental | Si / No | Conversión |
| 062 | SI | 1.22 | 2010 | NO | 0.71 |
| 09 | SI | 1.22 | 2220 | NO | 0.71 |
| 533 | NO | 0.71 | 2301 | NO | 0.71 |
| 579 | NO | 0.71 | 1518 | NO | 0.71 |
| 3359 | NO | 0.71 | 6256 | NO | 0.71 |
| 006 | NO | 0.71 | 2018 | SI | 1.22 |
| 090 | NO | 0.71 | 1710 | NO | 0.71 |
| 1000 | NO | 0.71 | 2307 | NO | 0.71 |
| 047 | SI | 1.22 | 1920 | NO | 0.71 |
| 52 | SI | 1.22 | 2513 | SI | 1.22 |
| 002 | SI | 1.22 | 2505 | SI | 1.22 |
| Pinta | SI | 1.22 | 2507 | NO | 0.71 |
| 2029 | SI | 1.22 | 2506 | SI | 1.22 |
| 1406 | NO | 0.71 | 2503 | NO | 0.71 |
| 2307 | SI | 1.22 | 2501 | SI | 1.22 |
| 1504 | NO | 0.71 | 2508 | SI | 1.22 |
| 2003 | SI | 1.22 | Gemela 2 | NO | 0.71 |
| 092 | SI | 1.22 | Gemela 1 | SI | 1.22 |
| 3371 | SI | 1.22 | Chavela | NO | 0.71 |
| Sin arete | NO | 0.71 | Negra | NO | 0.71 |

En el cuadro N°8, se presentan los datos obtenidos en el trabajo experimental, estos fueron tabulados y transformados para proceder a realizar la estadística del diseño t de student con un mismo número de repeticiones.

Cuadro N° 9 “t de student” para factor preñez con datos transformados

| T calcular | T tabular | |
|------------|-----------|-------|
| 1.265 | 5 % | 1 % |
| | 2.093 | 2.861 |

Cuadro N° 10 Coeficiente de variación

| |
|---------|
| CV |
| 27.66 % |

De acuerdo al análisis de t de student, se obtuvo un valor calcular de 1.265 que en relación a los tabulares de 2.093 al 5% y 2861 al 1%, es menor; por lo tanto, no existe significación. Esto quiere decir que la inclusión de hormona gonadotrofina coriónica equina (eCG), aplicada al momento de retirar el dispositivo de progesterona, no genera cambios significativos sobre la tasa de preñez a 2600 m.s.n.m en vacas Holstein mestizas; rechazando la hipótesis alternativa. En cuanto al CV calculado del 27.66% está un poco elevado para este tipo de investigaciones, indica que existe una variabilidad baja del comportamiento de la gonadotrofina coriónica equina sobre las unidades experimentales.

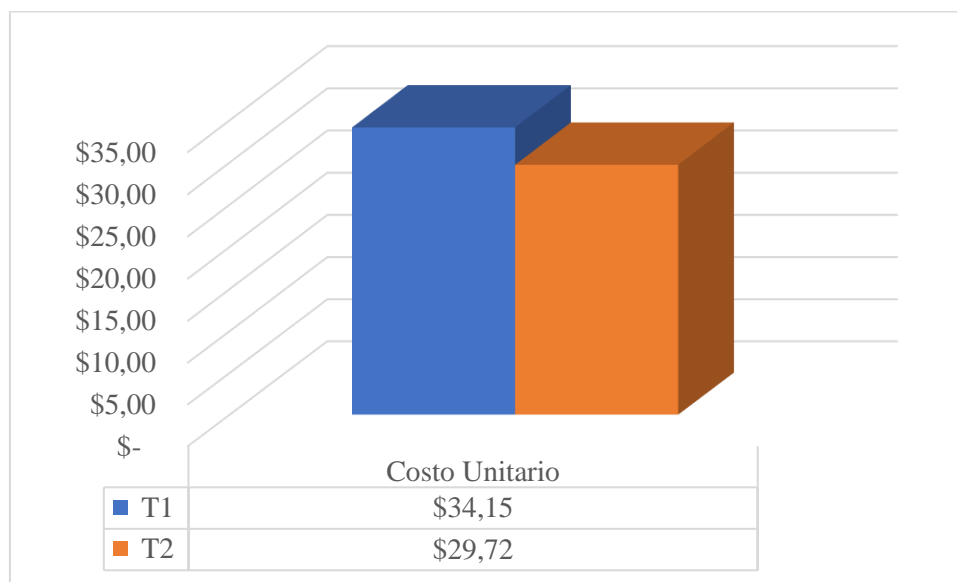
4.1.3. Análisis de costos por tratamiento

Cuadro N° 11 Costos directos e indirectos del tratamiento por unidad experimental

| Material y equipo | T1 | T2 |
|-----------------------------|-------|-------|
| Dispositivo intravaginal de | | |
| P4 | 5.90 | 5.90 |
| Benzoato de estradiol | 0.61 | 0.61 |
| Cipionato de estradiol | 0.13 | 0.13 |
| PGF2alfa | 2.26 | 2.26 |
| eCG | 4.43 | 0 |
| Jeringas de 3 ml | 0.40 | 0.30 |
| Ajugas calibre 18 G | 0.08 | 0.06 |
| Camisa sanitaria | 0.03 | 0.03 |
| Lubricante | 0.10 | 0.10 |
| Guante ginecológico | 0.20 | 0.20 |
| Papel | 0.01 | 0.01 |
| Inseminador | 5 | 5 |
| Pajuelas | 12 | 12 |
| Ecografía | 3 | 3 |
| Total | 34.15 | 29.72 |

En el cuadro N°11, se aprecia el costo por unidad experimental para los tratamientos, T1 con eCG correspondiente a \$ 34.15 y T2 sin eCG de \$ 29.72, entre los tratamientos difiere el costo por dosis de la eCG de \$ 4.43.

Figura N°7 Costos del tratamiento por unidad experimental



En la figura N°7 se aprecia los costos unitarios para los diferentes tratamientos, T1 con \$ 34,15 y T2 con 29,72 con una diferencia de \$ 4,43.

Cuadro N° 12 Costos totales

| Tratamientos | Costo Unitario | Unidades experimentales | Costo total |
|--------------|----------------|-------------------------|-------------|
| T1 | \$ 34.15 | 20 | \$ 683,00 |
| T2 | \$ 29.72 | 20 | \$ 594.40 |

En el cuadro N° 12, se aprecia el costo unitario por unidad experimental para cada tratamiento, y el costo de T1 y T2 con las 20 unidades experimentales utilizadas para cada tratamiento T1 (\$ 683,00), T2 (\$ 594,40) y con una diferencia de \$ 88,60.

4.2. Discusión

La tasa de preñez obtenida en el presente estudio tras la inclusión de 400 UI de eCG con el protocolo E2+P4+PGF2alfa para el T1 y sin la inclusión para el T2, el T1 (55.00%) y para el T2 (35.00%).

Según estos resultados coincide con (Sagbay, 2012), el cual mencionan en su investigación que la aplicación de la hormona coriónica equina eCG aumenta la tasa de preñez un (83%) con un protocolo de IATF E2-P4-PGF2alfa a 2640 m.s.n.m en vacas de raza Holstein coincidiendo con (Martinez, C. B., & Sierra, I. F. , 2010), sobre el aumento de la tasa de preñez en vacas de la misma raza, aplicado 400 UI de eCG al momento de retirar el dispositivo de progesterona, obteniendo un porcentaje de (66.67%), por lo que se recomienda el uso de eCG en vacas de raza Holstein, en condiciones de altitud, además de que también se logran porcentajes altos en razas doble propósito o de carne. Como menciona (Orellana, 2015), realizó su trabajo de investigación en raza Brown Swiss, obteniendo porcentajes de (60%) en la tasa de preñez reafirmando la recomendación sobre el uso de eCG.

La eCG también aumenta la fertilidad a baja altitud en razas de producción de carne a baja altitud según (López S. , 2020), quien realizo su investigación a 300 m.s.n.m en vacas de raza Brahman la tasa de preñez obtenida fue del (76.67%), en comparación con la investigación realizada por (Castro, 2022), a 1100 m.s.n.m en vacas de raza charoláis obteniendo un porcentaje de (57.5%) sobre la tasa de preñez, queda demostrado que es recomendable el uso de eCG en protocolos de sincronización para aumentar la tasa de preñez en vacas de diferentes razas y en condiciones de altitud.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La inclusión de 400 UI de la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG) en el T1 E2+P4+PGF2alfa permitió alcanzar una tasa de preñez del 55%, superando en 20% al T2 sin eCG 35%, para vacas de raza Holstein mestizas. aunque estadísticamente no hay diferencia significativa; matemáticamente hay una diferencia.

Se verificó que el protocolo de IATF con eCG es técnicamente viable para vacas en condiciones de altura superiores a los 2600 m.s.n.m. Los resultados obtenidos guardan estrecha relación con investigaciones previas en zonas altoandinas, confirmando que la variable altitud no impide la eficacia del protocolo.

En lo económico, la implementación del protocolo con eCG representó un incremento de apenas \$4.43 USD por unidad experimental en comparación con el de sin eCG. Esta variación mínima en el costo total del tratamiento demuestra que la inclusión de eCG es una inversión costo-efectiva, ya que el gasto adicional se justifica ampliamente con la obtención de una mayor tasa de concepción numérica, reduciendo así los días abiertos y optimizando la rentabilidad productiva del hato.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda incorporación de eCG en los protocolos de IATF para bovinos bajo condiciones de altitud, a pesar de que la diferencia no es estadísticamente significativa la superioridad matemática sugiere un beneficio.

Adoptar la eCG como una inversión estratégica en hatos lecheros. El incremento en la tasa de concepción reduce el intervalo entre partos (IEP) y el costo por días abiertos compensando ampliamente el gasto operativo del fármaco.

Ampliar el tamaño muestral en futuras investigaciones para disminuir el margen de error. Esto permitirá validar si la brecha porcentual actual alcanza significancia estadística y se consolida como un estándar para la región.

Ampliar investigación relacionas con el uso de eCG en protocolos de IATF, puesto que la tasa de preñez no solo se rige al tema hormonal sino de otras variables pueden afectarla.

6. BIBLIOGRAFIA

Arias, L. A. (2006). ECOGRAFIA Y REPRODUCCIÓN EN LA VACA . En L. A. Arias, *Luis Anguel Quintela Arias* (págs. 57-58). Santiago de Compostella: Servicio de Publicaciones e intercambio Científico.

Carrasco, J. (2020). *EFEECTO DE LA GONADOTROPINA EQUINA (ECG), SOBRE LA TASA DE CONCEPCIÓN EN VACAS HOLSTEIN, SINCRONIZADAS CON PROSTAGLANDINA Y BENZOATO DE ESTRADIOL E INSEMINADAS A TIEMPO FIJO* . Riobamba: Universidad Central del Ecuador .

Castro, R. (2022). *EFEECTO DE LA GONADOTROFINA CORIONICA EQUINA (eCG) EN LA TASA DE PREÑEZ EN VACAS DE RAZA CHAROLAIS CON PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF) EN CONDICIONES DE ALTITUD*. Cuenca: Uiversidad Politécnica Salesiana.

Ceron, J. H. (2016). *FISIOLOGIA CLÍNICA DE LA REPRODUCCIÓN DE BOVINOS DE LECHE* . Mexico : Universidad Nacional Autonoma de Mexico .

Colazo, M. G. (2017). Fisiología del ciclo estral bovino . *Ciencia Veterianria* , 31-46.

Delgado, P. A. (2011). *DINÁMICA FOLICULAR EN LA VIDA REPRODUCTIVA DE LA HEMBRA* . Colombia : Universidad de la Amazonia.

Do Valle, E. R. (1991). *O CICLO ESTRAL DE BOVINOS E MÉTODOS DE CONTROLE*. Brazil: EMBRAPA-CNPGC.

Garnica, P. (2012). *EFEECTO DE LA GONADOTROFINA CORIÓNICA EQUINA (eCG) EN LA OVULACIÓN CON PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS HOLSTEIN POSTPARTO* . Cuenca: Universidad de Cuenca .

Gonzalo, M. y. (2014). *FISIOLOGÍA DEL CICLO ESTRAL BOVINO*. Revista Ciencias Veterinarias .

Guaqueta, H. (2009). *CILO ESTRAL: FISIOLOGIA BÁSICA Y ESTRATÉGIAS PARA MEJORAR LA DETECCIÓN DE CELOS*. Colombia: Revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia.

Hafez, B. (2002). REPRODUCCIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN ANIMALES. En H. E.S.E, *REPRODUCCIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN ANIMALES* (págs. 387-388). Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORS, S.A. de C.V.

Hernández, I. &. (2009). *Manual de inseminación artificial en bovinos*. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico.

Hidrovo Esquivel, Ana Melissa, Hurtado Hurtado, Diego. (2014). *Parametros reproductivos en vaquillas de raza lecheras sometidas a sincronización de celos y la aplicación de eCG al día 14 posinseminación artificial*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.

Iñiguez, F. (2025). MANIPULACIÓN DEL CICLO ESTRAL EN GANADO BOVINO. *Virbac al día*, 1-8.

Jaime, V. C. (1990). *EMPLEO DE HORMONAS EN LA REPRODUCCIÓN BOVINA* . Bogota : Instituto Colombiano Agropecuario .

Lapo-Bonilla, A., Amon-Loor, N., Desiderio, L. F., & González-Puetate, I. . ((2025). Bienestar animal en grandes especies: un enfoque integral para la productividad y sostenibilidad ganadera en el siglo XXI. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 417-423.

López, S. (2020). *EFECTO DE LA GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (ECG) EN LA TASA DE PREÑEZ EN VACAS BRAHMAN CON PROTCOLOS DE INSEMINACIÓN*

ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF) EN CONDICIONES DE ALTITUD. Cuenca : Universidad Politécnica Salesiana .

Marco Tulio Pinto Portillo, M. R. (2009). *Comparación de las concentraciones plasmáticas de progesterona en vacas implantadas con dispositivos intravaginales en vacas gestantes* . Zamorano, Honduras .

Martinez, A. C. (2020). EL CICLO ESTRAL EN LA HEMBRA BOVINA Y SU IMPORTANCIA PORODUCTIVA . *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS* , 1-4.

Martinez, C. B., & Sierra, I. F. . (2010). *Efecto de la aplicación de eCG al momento del retiro del implante intravaginal DIV-B sobre los porcentajes de inducción de celo y preñez en vacas lecheras con anestro pos parto*. Zamorano: Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.

Medrano, L. R. (2018). *FISIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LOS ANIMALES DOMÉSTICOS*. Coyoacan: Universidad Nacional Autónoma de México.

Montejano, A. L. (2019). *USO DE DOS FUENTES DE ESTRÓGENOS: BENZOATO DE ESTRADIOL VS CIPIONATO DE ESTRADIOL PARA SINCRONIZAR EL ESTRO Y LA OVULACIÓN EN VACAS HOLSTEIN-FRIESIAN* . Mexico : Universidad Autónoma de Nuevo León .

Mosquera, E. (2018). *“EVALUACIÓN DE UN PROTOCOLO DE IATF CON PROGESTÁGENOS A BASE DE IMPLANTES Y BENZOATO DE ESTRADIOL POST RETIRO DEL IMPLANTE EN GANADO BOVINO EN EL SECTOR DE TANICUCHÍ HACIENDA SANTA CLARA”*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Olivera, R. N. (2014). *USO DE GONADOTROFINA CORIÓNICA EQUINA EN LA SINCRONIZACIÓN DE LA OVULACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LA GESTACIÓN EN VACAS DE CARNE*. Córdoba: Universidad Nacional de Cordoba .

Orellana, R. (2015). *EFECTO DE LA GONADOTROFINA CORIÓNICA EQUINA (eCG) EN LA TASA DE PREÑEZ CON PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS BROWN SWIS*. Cuenca : Universidad Politécnica Salesiana .

Rippe, C. (2009). *EL CICLO ESTRAL*. Dairy Cattle Reproduction Conference.

Romero-Santamaría M. E., A. F.-M.-M.-G.-M.-M.-C. (2009). Sincronización de estros en bovinos con dos fuentes de prostaglandinas . *Tecnociencias* , 19-26.

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*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana .

Sánchez, M. F. (2012). *Reproducción y control ecografico en vacuno* . Zaragoza-España: Servet editorial- Grupo Asis Biomedica S.L. .

Sánchez-Cárdenas, H., & Vargas-Rodriguez, P. (2023). Efecto en la eficiente reproductiva mediante el uso de dos protocolos (eCG y Ovsynch) para IATF en ganado bovino tropical. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica* , 3(1), 487-487.

Sumano, H. (2006). *FARMACOLOGIA VETERINARIA*. Mexico.

Tadich, N. (2011). Bienestar animal en bovinos lecheros . *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* , 293-300.

Toapanta, G. G. (2024). *Efecto de la aplicación de hormona coriónica equina en dos tratamientos en los porcentajes de preñez en vacas en ganadería de la facultad de ciencias*

agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo .

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1 Registro de unidades experimentales para el tratamiento 1

| Registro de unidades experimentales para T1 | | | | | | | |
|---|----------------|------|-----|-----------|---------------------|-----------|------------|
| Unidad experimental | Identificación | Edad | CC | N° Partos | Estado reproductivo | Condición | |
| | | Años | | | | Preñada | No preñada |
| 1 | 062 | 5 | 3 | 3 | Normal | X | |
| 2 | 09 | 5 | 2.5 | 3 | Normal | X | |
| 3 | 533 | 4 | 3 | 2 | Normal | | X |
| 4 | 579 | 5 | 3 | 3 | Normal | | X |
| 5 | 3359 | 4 | 3 | 2 | Normal | | X |
| 6 | 006 | 6 | 2.5 | 4 | Normal | | X |
| 7 | 090 | 4 | 2.5 | 2 | Normal | | X |
| 8 | 1000 | 4 | 3 | 2 | Normal | | X |
| 9 | 047 | 5 | 2.5 | 3 | Normal | X | |
| 10 | 52 | 5 | 2.5 | 3 | Normal | X | |
| 11 | 002 | 5 | 2.5 | 2 | Normal | X | |
| 12 | Pinta | 6 | 3 | 4 | Normal | X | |
| 13 | 2029 | 4 | 3 | 2 | Normal | X | |
| 14 | 1406 | 5 | 3 | 3 | Normal | | X |
| 15 | 2307 | 4 | 3 | 2 | Normal | X | |
| 16 | 1504 | 4 | 3 | 2 | Normal | | X |

| | | | | | | | |
|---------------|-----------|---|---|---|--------|---|---|
| 17 | 2003 | 4 | 3 | 2 | Normal | X | |
| 18 | 092 | 4 | 3 | 2 | Normal | X | |
| 19 | 3371 | 4 | 3 | 2 | Normal | X | |
| 20 | Sin arete | 4 | 3 | 2 | Normal | | X |
| Observaciones | Ninguna | | | | | | |

7.2. Anexo 2 Registro de unidades experimentales para el tratamiento 2

| Registro de unidades experimentales para T2 | | | | | | | |
|---|----------------|------|-----|-----------|---------------------|-----------|------------|
| Unidad experimental | Identificación | Edad | CC | N° Partos | Estado reproductivo | Condición | |
| | | Años | | | | Preñada | No preñada |
| 1 | 2010 | 4 | 3 | 2 | Normal | | X |
| 2 | 2220 | 3 | 3 | 1 | Normal | | X |
| 3 | 2301 | 4 | 3 | 2 | Normal | | X |
| 4 | 1518 | 4 | 3 | 2 | Normal | | X |
| 5 | 6256 | 4 | 2.5 | 2 | Normal | | X |
| 6 | 2018 | 5 | 3 | 3 | Normal | X | |
| 7 | 1710 | 3 | 3 | 1 | Normal | | X |
| 8 | 2307 | 4 | 3 | 2 | Normal | | X |
| 9 | 1920 | 4 | 3 | 2 | Normal | | X |
| 10 | 2513 | 4 | 2.5 | 2 | Normal | X | |
| 11 | 2505 | 4 | 2.5 | 2 | Normal | X | |
| 12 | 2507 | 4 | 2.5 | 2 | Normal | | X |
| 13 | 2506 | 4 | 3 | 2 | Normal | X | |
| 14 | 2503 | 4 | 3 | 2 | Normal | | X |
| 15 | 2501 | 4 | 2.5 | 2 | Normal | X | |
| 16 | 2508 | 4 | 3 | 2 | Normal | X | |
| 17 | Gemela 2 | 5 | 2.5 | 3 | Normal | | X |

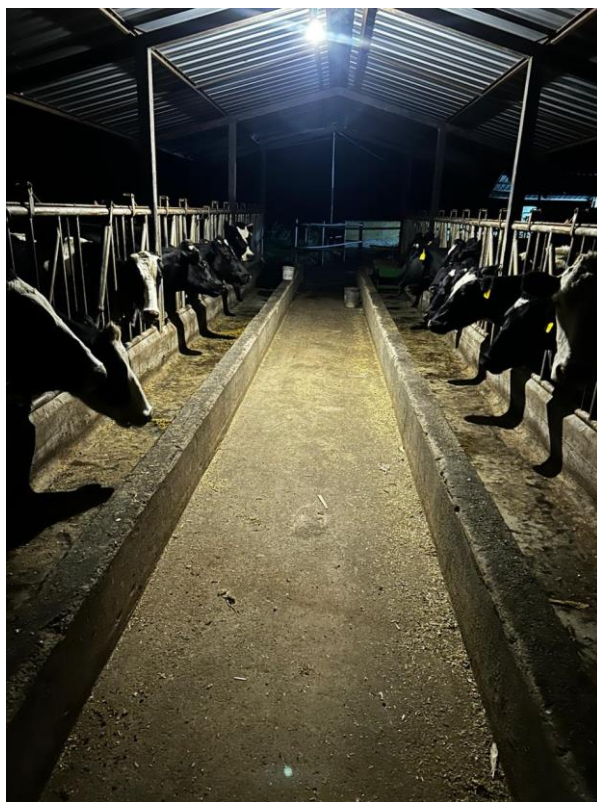
| | | | | | | | |
|---------------|----------|---|-----|---|--------|---|---|
| 18 | Gemela 1 | 5 | 2.5 | 3 | Normal | X | |
| 19 | Chavela | 5 | 2.5 | 3 | Normal | | X |
| 20 | Negra | 5 | 2.5 | 3 | Normal | | X |
| Observaciones | Ninguna | | | | | | |

7.3. Anexo 3 Evidencias fotográficas

Fotografía N° 1 Hormonas y materiales usados en el experimento



Fotografía N° 2 Selección de unidades experimentales



Fotografía N° 3 Retiro de dispositivos intravaginales



Fotografía N° 4 Inseminación artificial



Fotografía N° 5 Chequeo post inseminación

