

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: "Evaluación del efecto de dos tratamientos hormonales con gonadotropinas (GnRH) y somatotropina (rbTS) sobre la tasa de concepción de vacas Holstein mestizas sometidas al pastoreo en la Hacienda San Isidro, cantón Espejo."

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Portilla Yamberla David Alejandro

TUTOR: MSc. Balarezo Urresta Luis Rodrigo PhD.

Tulcán, 2025.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Portilla Yamberla David Alejandro con el número de cédula 0450067046 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación del efecto de dos tratamientos hormonales con gonadotropinas (GnRH) y somatotropina (rbTS) sobre la tasa de concepción de vacas Holstein mestizas sometidas al pastoreo en la Hacienda San Isidro, cantón Espejo."

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva



MSc. Balarezo Urresta Luis Rodrigo PhD.

TUTOR

Tulcán, marzo de 2025

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Portilla Yamberla David Alejandro con cédula de identidad número 0450067046 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.




Portilla Yamberla David Alejandro

AUTOR

Tulcán, marzo de 2025

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Portilla Yamberla David Alejandro declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación del efecto de dos tratamientos hormonales con gonadotropinas (GnRH) y somatotropina (rbTS) sobre la tasa de concepción de vacas Holstein mestizas sometidas al pastoreo en la Hacienda San Isidro, cantón Espejo." y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Portilla Yamberla David Alejandro

AUTOR

Tulcán, marzo de 2025

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a todas las personas que han sido parte fundamental en el desarrollo de este trabajo. Mi más sincero agradecimiento a mis padres, por su apoyo incondicional, amor y enseñanzas, los cuales me han dado fuerzas para superar cada desafío. A Dios, por bendecirme con sabiduría y guía en todo momento.

También quiero expresar mi gratitud al Ing. Juan Pablo Grijalva, propietario de la Hacienda San Isidro, por permitirme realizar este trabajo en sus instalaciones y por brindarme la información necesaria para la elaboración de esta investigación. No puedo dejar de agradecer igualmente a mi tutor, el Dr. Luis Balarezo, por su aporte de ideas, conocimiento y enseñanza a lo largo de este proceso.

Gracias a mis familiares, amigos y compañeros por su constante aliento, sus consejos y por estar a mi lado en cada paso de este camino. Cada uno ha contribuido significativamente para que llegue hasta aquí.

¡Gracias de corazón!

Portilla Yamberla David Alejandro

DEDICATORIA

Con mucha alegría dedico el presente trabajo a mis padres Leopoldo Portilla y Dolores Yamberla, quienes con su apoyo, amor, coraje y respaldo incondicional en esta etapa de formación académica me han ayudado a alcanzar con éxito mi profesión. Estoy seguro de que, sin ellos, sin duda no habría alcanzado este logro pues su ejemplo de superación, esfuerzo, perseverancia y dedicación ha sido clave para que este trabajo sea lo que es. También quiero dedicarlo a Dios, por bendecirme cada día y permitirme llegar hasta este momento. Asimismo, lo dedico a mis familiares, amigos, compañeros y a todas aquellas personas que, con sus consejos, ánimos y apoyo, me impulsaron a alcanzar esta importante meta.

Portilla Yamberla David Alejandro

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
I. EL PROBLEMA	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.3. JUSTIFICACIÓN	15
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. Objetivo General	16
1.4.2. Objetivos Específicos	17
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	17
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.2. MARCO TEÓRICO	22
2.2.1. El ciclo estral	22
2.2.2. Fisiología del ciclo estral de la vaca	23
2.2.3. Dinámica folicular.....	24
2.2.4. Eje hipotálamo-hipófisis- gonadal	25
2.2.5. Eje somatotrópico.....	26
2.2.6. Hormonas en la reproducción.....	27
2.2.7. Causas que afectan la fertilidad en la vaca lechera	28
2.2.8 Tratamientos hormonales para mejorar la fertilidad	29
2.2.9. Ganadería en el Ecuador	31

2.2.10. Parámetros reproductivos.....	32
2.2.11. Tasa de concepción.....	32
2.2.12. Pérdidas embrionarias	33
2.2.13. Índice de inseminaciones	33
2.2.14. Sistema de pastoreo	34
III. METODOLOGÍA	35
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	35
3.1.1. Enfoque.....	35
3.1.2. Tipo de Investigación.....	35
3.2. HIPÓTESIS	35
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	35
3.3.1. Definición de las variables	35
3.3.2. Operacionalización de las variables.....	36
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	37
3.4.1. Métodos.....	37
3.4.2. Técnicas.....	40
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. RESULTADOS	42
4.1.1. Tasa de concepción al día 30	42
4.1.2. Tasa de concepción al día 60	42
4.1.3. Tasa de pérdidas embrionarias al día 60.....	43
4.1.4. Índice de inseminaciones	44
4.1.4. Costo del tratamiento por animal	44
4.2. DISCUSIÓN.....	45
4.2.1. Tasa de concepción.....	46
4.2.2. Tasa de pérdidas embrionarias al día 60.....	46

4.4.3. Índice de inseminaciones.....	47
4.4.4. Costos por tratamiento	47
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
5.1. CONCLUSIONES.....	49
5.2. RECOMENDACIONES	50
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
VII. ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros reproductivos más comunes.....	32
Tabla 2. Operacionalización de variables	36
Tabla 3. Tratamientos	39
Tabla 4. Características del ensayo	39
Tabla 5. Índice de inseminación.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo estral bovino.....	23
Figura 2. Representación de las fases folicular y lútea en un ciclo estral.....	24
Figura 3. Ubicación de la Hacienda San Isidro.....	37
Figura 4. Tasa de concepción al día 30.....	42
Figura 5. Tasa de concepción al día 60.....	43
Figura 6. Tasa de pérdidas embrionarias al día 60.....	44
Figura 7. Identificación y colocación de parches detectores de celo.....	60
Figura 8. Inseminación artificial.....	60
Figura 9. Aplicación de tratamientos hormonales (GnRH).....	60
Figura 10. Aplicación de tratamientos hormonales (rbTS).....	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	57
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	58
Anexo 3 Evidencias	60

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de dos tratamientos hormonales con gonadotropinas (GnRH) y somatotropina (rbTS) sobre la tasa de concepción de vacas Holstein mestizas sometidas al pastoreo en la Hacienda San Isidro, cantón Espejo, con un diseño completamente al azar. Para ello se emplearon 30 vacas con un máximo de 100 días posparto que fueron divididas en 5 tratamientos con 6 repeticiones donde: T1 (tratamiento testigo), T2 (1 dosis de 500 mg de somatotropina al momento de la inseminación), T3 (2 dosis de 500 mg de somatotropina al momento de la inseminación y 14 días post inseminación), T4 (1 dosis de 0.105 mg de GnRH al momento de la inseminación) y T5 (1 dosis de 0.105 mg de GnRH 14 días post inseminación). Se evaluaron variables como: tasa de concepción al día 30 y 60, tasa de pérdidas embrionarias al día 60, índice de inseminaciones y los costos del tratamiento por animal. Para el análisis estadístico se realizó la prueba de chi cuadrado para las variables categóricas. Los mejores resultados se obtuvieron con T3 con una tasa de concepción de 83.33 % al día 30 manteniéndose hasta el día 60, además no se presentaron pérdidas embrionarias y el índice de inseminaciones fue de 1.2. En cuanto a la variable de costos por tratamiento el tratamiento testigo(T1), registro el costo más bajo con \$55.95 por animal y una tasa de concepción del 50%, lo que lo convierte en la opción menos efectiva a largo plazo, por otro lado, el costo de T3 fue de \$70.75 por animal siendo el costo más elevado, sin embargo, demostró ser más efectivo, logrando un equilibrio entre costo y efectividad que justifica la inversión en tratamientos con somatotropina. Se concluyó que la tasa de concepción aumentó en las hembras bovinas que recibieron dos dosis de somatotropina 83.33 % en comparación con los demás tratamientos, por lo que se recomienda utilizar la somatotropina porque mejora el porcentaje de concepción en las hembras bovinas sometidas al pastoreo.

Palabras Claves: somatotropina, gonadotropinas, concepción, pastoreo, hormonas

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of two hormonal treatments with gonadotropins (GnRH) and recombinant bovine somatotropin (rbTS) on the conception rate of crossbred Holstein cows under grazing conditions at Hacienda San Isidro, Espejo Canton. The study followed a completely randomized design, using 30 cows with a maximum of 100 days postpartum, distributed across five treatments with six replications each: T1 (Control): No hormonal treatment. T2: A single dose of 500 mg of somatotropin at the time of insemination. T3: Two doses of 500 mg of somatotropin, one at insemination and another 14 days later. T4: A single dose of 0.105 mg of GnRH at the time of insemination. T5: A single dose of 0.105 mg of GnRH 14 days after insemination. The study evaluated variables such as conception rate at days 30 and 60, embryonic loss rate at day 60, insemination index, and treatment cost per animal. A chi-square test was applied to analyze categorical variables. The best results were obtained with T3, which achieved a conception rate of 83.33% at day 30, maintaining the same rate until day 60. Additionally, no embryonic losses were recorded in this group, and the insemination index was 1.2. Regarding treatment costs, T1 (control) had the lowest cost at \$55.95 per animal, but with a 50% conception rate, making it the least effective option in the long run. On the other hand, T3 had the highest cost (\$70.75 per animal), but it proved to be the most effective, balancing investment and efficiency, which justifies the use of somatotropin. In conclusion, the conception rate significantly increased in cows that received two doses of somatotropin, reaching 83.33%, compared to the other treatments. Therefore, the use of somatotropin is recommended as it improves conception rates in grazing cows.

Keywords: somatotropin, gonadotropins, conception, grazing, hormones

INTRODUCCIÓN

La producción de leche es una de las actividades agropecuarias más relevantes a nivel mundial, desempeñando un papel crucial en la economía y en la seguridad alimentaria de muchos países. En Ecuador, este sector es fundamental, pues aporta ingresos a aproximadamente 1.2 millones de personas (INEC, 2021). Sin embargo, a pesar de su importancia, la eficiencia reproductiva enfrenta significativos desafíos que limitan rentabilidad.

Unos de los problemas más críticos se evidencian en bajas tasas de concepción, intervalos prolongados entre partos y un elevado número de inseminaciones necesarias para lograr la preñez. Según Alzamora et al. (2020), estas deficiencias se deben a una gestión inadecuada de los parámetros reproductivos, lo que afecta directamente la rentabilidad de las explotaciones. En la provincia de Carchi, por ejemplo, los datos reportados por Balarezo et al. (2015) indican que los parámetros reproductivos se encuentran muy por debajo de los niveles óptimos, con 125 a 127 días abiertos y con un intervalo entre partos de 391 a 407 días, lo que se traduce en una menor productividad y sostenibilidad del sistema.

En este contexto, el uso de tratamientos hormonales, como la gonadotropina (GnRH) y la somatotropina (rbTS), emerge como una alternativa prometedora para mejorar la fertilidad de las vacas lecheras. Diversos estudios han demostrado la efectividad de estos compuestos en la regulación de los ciclos reproductivos, la mejora de las tasas de concepción y la reducción de pérdidas embrionarias (Zapata, 2022; Hernández y Gutiérrez, 2013). Sin embargo, es crucial evaluar cómo estos tratamientos pueden implementarse en condiciones locales y adaptarse a las prácticas de manejo de pequeños y medianos productores, quienes a menudo carecen de recursos y conocimientos técnicos adecuados.

Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de los tratamientos hormonales con GnRH y rbTS sobre la tasa de concepción en vacas Holstein mestizas bajo pastoreo en el cantón Espejo. Se plantea la hipótesis de que la aplicación de estos tratamientos hormonales mejorará significativamente las tasas de concepción y la eficiencia reproductiva en comparación con el manejo tradicional.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La creciente población y la demanda cada vez mayor de alimentos esenciales como la leche han forzado a los diversos sistemas de producción a mejorar su desempeño. En la crianza de ganado lechero, es frecuente encontrar granjas con altos niveles de producción, lo que ha resultado en problemas de reproducción que afectan la eficiencia reproductiva de los animales y también impactan en la rentabilidad del sistema (Álvarez y Villarreal, 2019).

En los países desarrollados, el enfoque hacia el aumento de la producción lechera ha mejorado la productividad y las ganancias. No obstante, estas ganancias se ven reducidas por los costos derivados de los problemas reproductivos, como los retrasos en la reactivación ovárica posparto y las bajas tasas de concepción (-50%) (McCarthy et al., 2007). En países en desarrollo, donde predomina el sistema de pastoreo, estos problemas se agravan aún más debido a la falta de nutrientes adecuados para las vacas.

En Ecuador, los ganaderos suelen enfocarse en aumentar la producción de leche, sin prestar la atención necesaria a los aspectos reproductivos. Se considera que un sistema eficiente debe lograr al menos una cría por año; pero no se cumple por falta de conocimientos técnicos, la topografía, la cantidad de animales y la carencia de registros productivos, lo que lleva a un manejo deficiente de los parámetros reproductivos. Esto, a su vez, afecta negativamente la eficiencia de los animales y la rentabilidad de los sistemas ganaderos (Alzamora et al., 2020).

En la provincia de Carchi, la mayoría de los ganaderos que se dedican a la producción lechera no mantienen un registro adecuado de sus animales, lo que dificulta la evaluación de la eficiencia de sus fincas. Según Balarezo et al. (2015), los parámetros reproductivos observados en esta provincia no son óptimos, con edades al primer servicio de 548 a 862 días, edad al primer parto de 962 a 1124 días, y un

intervalo entre partos de 391 a 407 días. Estos indicadores reflejan la baja eficiencia reproductiva de las vacas y su impacto negativo en la rentabilidad.

Los períodos prolongados sin concepción tienen consecuencias económicas directas, como la reducción en la producción de leche, la disminución en el número de crías, mayores gastos en inseminaciones y costos de reemplazo de animales. Además, cada día que una vaca no concibe después de los 90 días posparto genera pérdidas estimadas en alrededor de 6.37 dólares (Balarezo et al., 2015).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el sistema de producción de leche en pastoreo, la selección intensiva orientada a conseguir altas producciones individuales de leche ha provocado problemas reproductivos como bajas tasas de concepción que conducen a una disminución de la rentabilidad del sector ganadero.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La ganadería lechera, junto con su relación con la industrialización y la comercialización, es crucial para la economía de quienes se dedican a esta actividad, ya que genera ganancias inmediatas y en efectivo. En Ecuador, las actividades vinculadas al sector primario, especialmente la producción de leche, son fundamentales para una parte considerable de la población.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2021), la producción diaria en el país alcanza los 5.7 millones de litros de leche, lo que constituye la principal fuente de ingresos para 1.2 millones de personas. La mayor parte de esta producción se concentra en la región Sierra, con un 73%, mientras que las regiones Costa y Amazónica aportan un 19% y un 8%, respectivamente.

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado Montúfar (GAD Montúfar, 2020), la provincia del Carchi es la tercera con mayor producción de leche nacional, con unos 408,006 litros diarios producidos en 8,957 fincas ganaderas. Los cantones de Tulcán y Montúfar lideran esta producción, seguidos por Espejo y Huaca. La leche producida se destina a la comercialización (92.9%), y un 3.3% se destina al consumo en fincas, un 3.1% a la alimentación de terneros y el resto a otros fines (Prefectura del Carchi, 2019).

La economía de muchas familias en Ecuador depende de la leche, y el éxito de cualquier sistema ganadero está ligado a la capacidad de reproducir

adecuadamente a los animales, ya que esto afecta directamente a la producción. Dado que el desarrollo pecuario está asociado al desarrollo social y cultural de las comunidades, las tecnologías deben evolucionar constantemente para mejorar la gestión de los recursos locales.

Problemas reproductivos comunes, como las vacas repetidoras, las bajas tasas de concepción, los días abiertos prolongados y el número elevado de servicios por concepción, son las principales causas de descarte en vacas de alta producción. Estos problemas afectan considerablemente la rentabilidad del sector ganadero al alterar los parámetros reproductivos.

Ante esta situación, el sector pecuario ha implementado estrategias para mejorar la fertilidad animal, incluyendo tratamientos hormonales que alteran y controlan el ciclo estral de los bovinos. Esto permite aumentar el número de crías y, por ende, las ganancias de los productores. La aplicación de tratamientos hormonales (GnRH y rbTS) después de la inseminación mejora las tasas de concepción y los parámetros reproductivos en las pequeñas ganaderías del país. Además, el uso de estos compuestos hormonales asegura la implantación del embrión, evitando disfunciones en las hormonas responsables del mantenimiento y desarrollo de la gestación.

El uso de hormonas se ha vuelto común entre los ganaderos que buscan aumentar la producción de leche y garantizar la preñez de su ganado para mantener la rentabilidad. Sin embargo, es crucial comprender las posibles consecuencias del uso de hormonas en animales mestizos y asegurar un plan de manejo adecuado.

La investigación en este campo permitió entender los efectos de la aplicación de estos tratamientos hormonales en las tasas de concepción de vacas en pastoreo. Los conocimientos adquiridos a través de los resultados sirvieron como fuente de información para ayudar a los ganaderos a implementar nuevas estrategias que mejoren la rentabilidad de la ganadería.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de dos tratamientos hormonales con gonadotropinas (GnRH) y somatotropina (rbTS) sobre la tasa de concepción de vacas Holstein mestizas sometidas al pastoreo en la Hacienda San Isidro, cantón Espejo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la tasa de concepción a los 30 y 60 días post inseminación en vacas Holstein mestizas con la aplicación de GnRH y rbTS.
- Identificar las pérdidas embrionarias a los 60 días de gestación.
- Calcular el índice de inseminación en cada tratamiento aplicado.
- Detallar el mejor tratamiento hormonal que permite incrementar la tasa de concepción en vacas Holstein mestizas.
- Establecer el costo por animal para cada tratamiento aplicado.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el efecto de los tratamientos hormonales en las tasas de concepción a los 30 y 60 días post inseminación en vacas Holstein mestizas en pastoreo?
- ¿Cuál es la tasa de pérdidas embrionarias con el uso de tratamientos hormonales?
- ¿Qué tratamiento muestra un mejor índice de inseminaciones?
- ¿Hay diferencias en las tasas de concepción con la aplicación o no de tratamientos hormonales?
- ¿Cuál es el tratamiento hormonal más efectivo en costos?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Zapata (2022) realizó un estudio para evaluar el impacto de la somatotropina (rbTS) en los parámetros reproductivos de 60 vacas mestizas durante el primer tercio de lactancia en pastoreo en el cantón Cumandá, provincia de Chimborazo. Durante su investigación examinó diversas variables, como el índice de inseminación, la tasa de concepción y la relación costo-beneficio.

Los resultados indicaron que, para el grupo testigo la tasa de concepción fue del 30 %. En el tratamiento 1 con 2000 mg de rbTS en el momento de la inseminación fue del 30 %, mientras que en el tratamiento 2 que recibió dos dosis (2000 mg) de rbTS, una en el momento de la inseminación y otra a los 14 días post inseminación fue del 65 % (Zapata, 2022).

Al finalizar su estudio, Zapata (2022) resaltó que el uso de una dosis de somatotropina mostró un índice de inseminación de 1.7 y una rentabilidad de 1.16 dólares. En cambio, con dos dosis de rbTS, el índice de inseminación fue de 1.35, además la rentabilidad alcanzó los 1.33 dólares, superando así los resultados de los otros tratamientos. Por lo tanto, recomendó el uso de rbTS en hembras sometidas al pastoreo.

En una investigación realizada por Changoluisa (2017), evaluó el efecto de la administración de tres dosis de 325 mg de somatotropina (rbTS) en la tasa de preñez en 100 vacas en pastoreo, con un máximo de 100 días después del parto, en la provincia de Pichincha. Los tratamientos evaluados fueron el T0, que servía como grupo testigo sin aplicación de hormonas, y el T1, que recibió 325 mg de rbTS en el día de la inseminación (día 0), una segunda dosis el día 14 si no mostraba signos de celo, y una última dosis el día 28. La confirmación de la preñez se realizó mediante ecografía al día 30 y se volvió a confirmar al día 60.

Al concluir la investigación, Changoluisa (2017) notó que los animales tratados con rbTS presentaban una tasa de concepción más alta, del 52 % y 48 % en comparación con el 34 % y 28 % del grupo testigo a los días 30 y 60 respectivamente. Además, las pérdidas de gestación fueron del 7.7 % para el grupo experimental y del 17.6 % para

el control. Estos resultados fueron sometidos a un análisis mediante el test de chi cuadrado sobre los datos experimentales, lo que llevó a la conclusión de que la administración de tres dosis de 325 mg de rbTS mejora los porcentajes de concepción en vacas en pastoreo.

Mencía (2019) explicó que su investigación se enfocó en analizar el efecto de la somatotropina en el rendimiento productivo y reproductivo de las vacas lecheras en Honduras. Para esto, utilizó un diseño completamente al azar que incluyó un total de 20 animales, divididos en dos grupos de tratamiento, con 10 animales en cada grupo. En el grupo de control, no se suministró somatotropina, mientras que en el grupo experimental se administró esta hormona cada 14 días durante un período de 4 meses.

Durante el estudio, Mencía (2019) evaluó diversos parámetros, el número de servicios por concepción y la tasa de concepción. Los resultados obtenidos indicaron que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en relación con las variables evaluadas. No obstante, se registró un índice de inseminación de 1.42 para el tratamiento experimental y de 1.40 para el grupo de control.

Guilcapi (2022) analizó el efecto de la somatotropina (rbST) en la tasa de concepción de vacas Holstein mestizas, trabajando con 20 vacas que cumplían los criterios de selección. Los animales fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: un grupo testigo y un grupo experimental, al cual se le administró 325 mg de rbST durante la inseminación, seguido de una segunda dosis 14 días después. El estudio midió la tasa de concepción al día 30, los servicios por concepción y los costos de cada tratamiento.

Los resultados revelaron que el grupo testigo obtuvo una tasa de concepción del 40% al día 30, mientras que el grupo experimental alcanzó un 70%. El grupo testigo requirió 2.5 servicios por concepción, en comparación con 1.42 en el grupo experimental. En términos de costos, el grupo testigo tuvo un gasto de \$490.80, mientras que el experimental ascendió a \$590.85. A partir de estos resultados, se sugiere a los ganaderos tomar en cuenta estos datos para mejorar los parámetros reproductivos en sus rebaños (Guilcapi, 2022).

En el estudio llevado a cabo por Díaz (2004), se propuso evaluar la hipótesis de que la administración de 500 mg de somatotropina (rbTS) en vacas de primer servicio

posparto, después de un protocolo de pre-sincronización con prostaglandina (PGF2a) e inseminación a tiempo fijo, podría mejorar la tasa de concepción. Para ello, trabajó con 435 vacas, distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos: T1: tres inyecciones de PGF2a más rbTS en el momento de la inseminación; T2: tres inyecciones de PGF2a; T3: sin PGF2a, pero con rbTS al inseminar; y T4: grupo testigo sin tratamiento.

Los resultados mostraron tasas de concepción del 34.4 % en el grupo T1, 41.7 % en el T2, 40 % en el T3 y 30.8 % en el grupo control. Aunque hubo variación entre los grupos, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Díaz (2004) concluyó que la administración de 500 mg de somatotropina durante la inseminación no tuvo un efecto significativo en la tasa de concepción de las vacas evaluadas.

Ayala y Castillo (2010) llevaron a cabo una investigación para determinar el impacto de la aplicación de 0.15 mg de GnRH en el momento de la inseminación artificial sobre la tasa de concepción. El estudio incluyó 56 vacas de las razas Holstein, Pardo Suizo y Jersey, las cuales fueron asignadas aleatoriamente a dos grupos: uno que recibió GnRH y otro que no lo recibió. Durante el experimento, se evaluaron indicadores como la tasa de concepción, el número de inseminaciones necesarias y un análisis de los costos.

Los resultados revelaron que las vacas tratadas con GnRH lograron una tasa de concepción del 69.2%, mientras que el grupo testigo alcanzó solo un 33%. Además, el índice de inseminaciones fue de 1.3 en el grupo testigo y de 1.1 en el grupo tratado, lo que reflejó una diferencia significativa, ya que el tratamiento con GnRH redujo la cantidad de inseminaciones necesarias por concepción. En términos económicos, el costo del tratamiento con GnRH fue de 16.74 dólares, frente a los 15 dólares del grupo sin tratamiento. En conclusión, la administración de 0.15 mg de GnRH durante la inseminación artificial mejoró tanto la tasa de concepción como la eficiencia del proceso (Ayala y Castillo, 2010).

Guamán (2019) realizó un estudio con el propósito de investigar cómo la aplicación de la hormona liberadora de gonadotropina GnRH durante la inseminación artificial influía en el porcentaje de preñez. El estudio contó con la participación de 40 vacas, distribuidas aleatoriamente en dos grupos de tratamiento: TA, testigo; y TB, que recibió 0.1 mg de GnRH y se sometió al diagnóstico de preñez después de 60 días.

Al finalizar el estudio, Guamán (2019) determinó que la tasa de concepción para el tratamiento B fue del 60 %, mientras que para el tratamiento A fue del 50 %. Aunque no se identificaron diferencias estadísticamente significativas, se observó un aumento numérico mayor en la preñez con el uso de GnRH. Asimismo, tras realizar un análisis económico, se concluyó que el costo del tratamiento B fue de 37.71 dólares, mientras que el del tratamiento A fue de 31.13 dólares. Por lo tanto, se estableció que la aplicación de la hormona GnRH durante la inseminación tiene un impacto en el porcentaje de preñez.

Guzmán (2024) llevó a cabo un estudio para evaluar la tasa de preñez en vacas Holstein de crianza intensiva tras la administración de 0.00042 mg de GnRH. Se incluyeron 163 vacas, las cuales participaron solo una vez en el estudio; aquellas que no quedaron preñadas y presentaron celo no fueron consideradas nuevamente. Las vacas se distribuyeron aleatoriamente en tres grupos: testigo (T1), tratamiento con GnRH al día 7 post inseminación (T2) y tratamiento con GnRH al día 14 post inseminación (T3). Todas fueron inseminadas y, 35 días después, se realizó el diagnóstico de gestación.

Los resultados mostraron que la aplicación de GnRH después de la inseminación mejoró la tasa de concepción, siendo más notable en el grupo T3, con un 30.2%, en comparación con T2 (16.4%) y T1 (7.3%). Por lo que concluyó que la administración de GnRH al día 14 post inseminación incrementa significativamente la tasa de preñez (Guzmán, 2024).

En un estudio realizado por Layme & Málaga (2019) en vacas de las comunidades del Distrito de Azángaro, se evaluó el efecto de la gonadotropina coriónica equina (eCG) y la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) sobre la tasa de concepción en vacas de raza Brown Swiss sometidas a inseminación artificial. Se incluyeron 81 vacas con entre uno y cinco partos, distribuidas en tres grupos experimentales: el Grupo I recibió 0.105 mg de GnRH, el Grupo II fue tratado con 400 U.I. de eCG, y el Grupo III sirvió como grupo control. La tasa de concepción se evaluó mediante palpación rectal a los 60 días posteriores a la inseminación.

Los resultados indicaron que las vacas tratadas con GnRH lograron una tasa de concepción del 81.48 %, mientras que las tratadas con eCG alcanzaron el 74.07 %, y el grupo testigo obtuvo un 62.96 %. En cuanto a los costos, el gasto por vaca inseminada fue de 32.02 dólares para el tratamiento con eCG, 27 dólares para el de

GnRH, y 26.86 dólares para el grupo control. Estos resultados sugieren que el uso de GnRH no solo es más rentable, sino que también garantiza una mayor tasa de concepción en comparación con los otros tratamientos (Layme y Málaga, 2019).

Velasteguí (2012) llevó a cabo una investigación para evaluar el efecto de la administración de GnRH y HCG después de la inseminación artificial en la fertilidad de vacas Holstein Mestizas en el cantón Riobamba. Estos grupos fueron designados como T0, donde se realizó la inseminación sin hormonas; T1, que consistió en inseminación más GnRH; y T2, que incluyó inseminación más HCG. La evaluación se centró en la tasa de concepción y la fertilidad de las vacas al término del estudio.

Los resultados indicaron que las vacas en los grupos experimentales que recibieron GnRH y HCG tras la inseminación exhibieron una tasa de fertilidad del 85.71 %, con un índice de inseminación promedio de 1.14. En contraste, el grupo testigo mostró una tasa de fertilidad del 42.86 %, con un índice de inseminación de 1.71. Por lo tanto, recomendó considerar el uso de GnRH y HCG después de la inseminación debido a su capacidad para mejorar la fertilidad en las vacas.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. El ciclo estral

El ciclo estral en los bovinos se destaca por una secuencia de eventos fisiológicos que transitan desde un celo hasta el próximo, con una duración promedio de 21 días y una variación que se sitúa entre 18 y 24 días. Durante este período, se desencadena una sucesión de cambios hormonales en un sistema que conecta el hipotálamo, la hipófisis y el ovario, lo cual implica alteraciones tanto en el funcionamiento del cuerpo como en el comportamiento de los animales (Carvajal y Matínez, 2020)).

Este ciclo estral se divide claramente en una fase de receptividad conocida como estro, seguida de la ovulación y una serie de transformaciones necesarias que, si hay fecundación, contribuyen al mantenimiento del embrión. Por lo general, las hembras bovinas experimentan su primer celo entre los 9 y 15 meses de edad, siempre y cuando reciban una alimentación adecuada. A partir de entonces, se espera que presenten un celo aproximadamente cada 21 días, a excepción de los meses de gestación y el período postparto (Carvajal y Matínez, 2020).

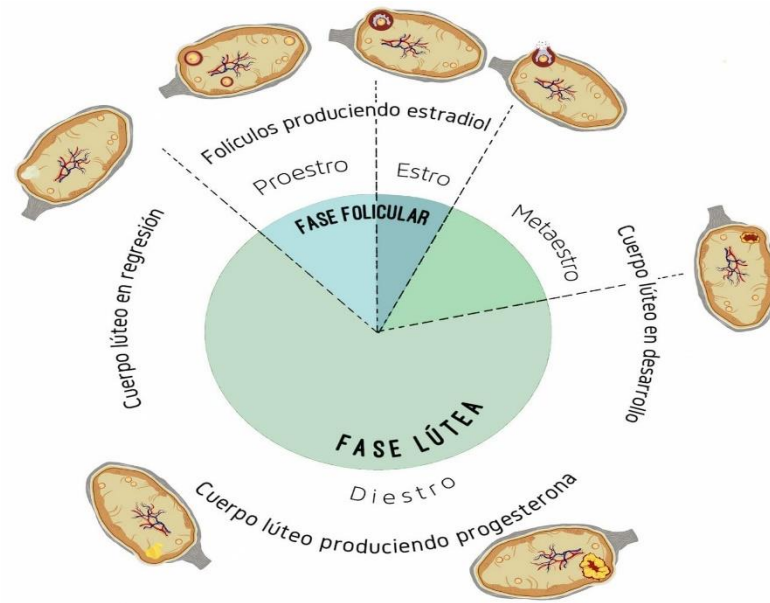


Figura 1. Ciclo estral bovino

Fuente: (Universidad Nacional Autónoma de México, 2021)

2.2.2. Fisiología del ciclo estral de la vaca

El ciclo estral se compone de una fase folicular, que abarca desde antes del estro y consta de tres etapas: el proestro, que tiene una duración de 2 a 3 días, donde la hormona foliculoestimulante (FSH) provoca un rápido crecimiento de un folículo ovárico dominante que produce una alta concentración de estrógenos (E2) (Carvajal y Matínez, 2020).

El estro, que se considera como el día 0 del ciclo estral, es la etapa en la que aparecen los síntomas de celo y se produce la cópula. Su duración varía mucho, pero se estima en promedio en 16 horas. Durante este período, los niveles de la hormona luteinizante (LH) comienzan a aumentar en respuesta al alto nivel de estrógeno, lo que lleva a la ovulación unas horas más tarde (metaestro) (Carvajal y Matínez, 2020).

Con la ovulación, finaliza la fase folicular y comienza la fase lútea o diestro, que es la etapa más prolongada del ciclo estral. Durante este tiempo, los restos del folículo ovárico se convierten en una estructura llamada cuerpo lúteo, que produce progesterona (P4) encargada de preparar al útero y mantener la gestación en caso de fertilización (Carvajal y Matínez, 2020).

Entre los días 9 y 10, el cuerpo lúteo alcanza su madurez y aumenta de tamaño, logrando su máxima producción de progesterona. Si el óvulo no es fertilizado o el embrión temprano no se desarrolla, el útero libera la hormona Prostaglandina F2- (días 16 a 20), que provoca la regresión del cuerpo lúteo (luteólisis) y, por lo tanto, la

disminución en los niveles de progesterona. Esto da inicio al siguiente ciclo, con un aumento en la cantidad de FSH (Carvajal y Matínez, 2020).

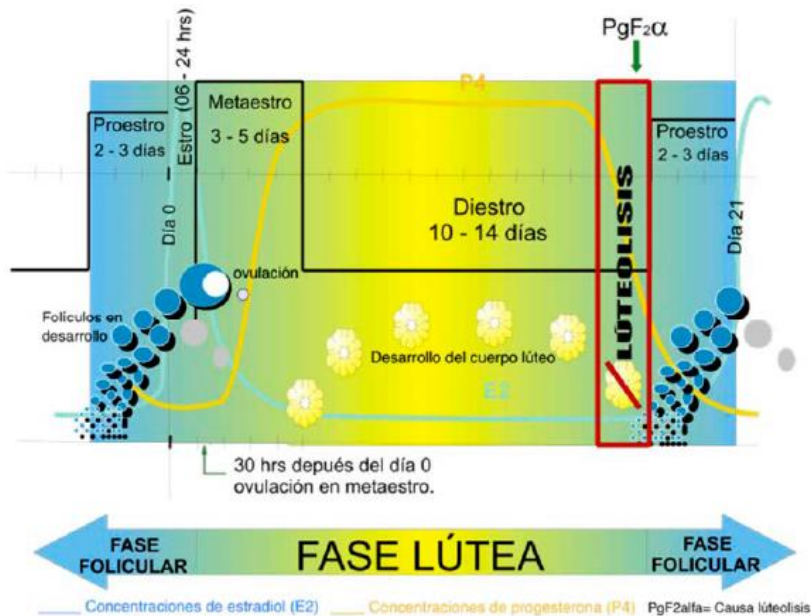


Figura 2. Representación de las fases folicular y lútea en un ciclo estral
Fuente: (BM Editores, 2019)

2.2.3. Dinámica folicular

El proceso de crecimiento y desarrollo de los folículos antrales de manera continua conduce a la formación del folículo preovulatorio. En el ciclo estral del ganado bovino, se producen de 1 a 4 ondas ovulatorias, que comprenden el reclutamiento, la selección del óvulo y, posteriormente, la dominancia, culminando en la formación del folículo preovulatorio (Barros, 2014).

Durante la fase de reclutamiento, se observan pequeños aumentos en la hormona foliculoestimulante (FSH) antes de las ondas foliculares. Los folículos presentan receptores específicos para la FSH, lo que determina su crecimiento dependiente de esta gonadotropina, también conocida como fase FSH-dependiente (Filipiak et al., 2016).

La etapa de selección implica la elección de uno o varios folículos que crecerán hasta alcanzar un tamaño considerablemente mayor que el resto y adquirirán el potencial para la ovulación. El folículo seleccionado aumenta su número de receptores para la hormona luteinizante (LH), lo que le permite seguir creciendo en un ambiente con niveles elevados de LH y bajos de FSH (Filipiak et al., 2016).

Posteriormente, en la fase de dominancia, el crecimiento, la actividad estrogénica y la vida útil del folículo dominante son controlados por el patrón de pulsos de LH. Cualquier alteración en la liberación de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y, por lo tanto, en la LH, tendrá un efecto importante en el crecimiento continuo del folículo dominante y su eventual ovulación (Filipiak et al., 2016).

El folículo dominante de las primeras ondas retrocede debido a una baja frecuencia de los pulsos de LH, causada por los altos niveles de progesterona. Esto reduce la síntesis de andrógenos y, por ende, menos producción de estradiol, lo que llevaría a la atresia folicular.

2.2.4. Eje hipotálamo-hipófisis- gonadal

Ungerfeld (2020) describe el eje hipotálamo-hipofisario como una red de neuronas neurosecretoras, la glándula hipófisis y las glándulas u órganos controlados por este sistema, que establece conexiones entre el sistema nervioso y endocrino mediante mediadores hormonales que regulan la fertilidad. Este mecanismo es crucial para regular procesos reproductivos como la esteroidogénesis y la gametogénesis.

El hipotálamo, situado en la base del cerebro, está formado por pares de neuronas y se conecta con la hipófisis a través de un sistema circulatorio especializado llamado el portal hipotálamo-hipofisario (eminencia media). En el contexto reproductivo, la regulación neuroendocrina comienza con la secreción intermitente de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) desde el hipotálamo, que viaja a través de este sistema y estimula la liberación de hormonas hipofisarias como la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH). La liberación rápida y pulsátil de GnRH estimula la secreción de LH, mientras que la liberación más lenta favorece la secreción de FSH (Hernández, Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros, 2016).

La hipófisis, una glándula endocrina, se compone de dos regiones principales: el lóbulo anterior o adenohipófisis, que carece de fibras nerviosas y se comunica con el hipotálamo a través de un sistema vascular, y el lóbulo posterior o neurohipófisis, formado por tejido neural que se conecta con el hipotálamo mediante neuronas. La adenohipófisis produce hormonas como la prolactina, FSH y LH, que desempeñan un papel crucial en la reproducción (Ungerfeld, 2020).

La FSH regula la esteroidogénesis ovárica, el crecimiento y la maduración folicular, mientras que la LH, secretada en paralelo con la GnRH, participa en la

esteroidogénesis ovárica, la ovulación y el mantenimiento del cuerpo lúteo. Ambas hormonas, FSH y LH, son péptidos gonadotrópicos que actúan sobre las gónadas para estimular la gametogénesis o la liberación de esteroides gonadales (Ungerfeld, 2020).

En el ovario, la FSH y la LH interactúan con las células de la granulosa y la teca para estimular la foliculogénesis y la producción ovárica de diversos esteroides sexuales (estrógenos, progesterona y andrógenos), péptidos gonadales (activina, inhibina y follistatina) y factores de crecimiento. Estos productos ováricos retroalimentan al hipotálamo e hipófisis para modular la secreción de GnRH y gonadotropinas. Los esteroides ováricos son esenciales para la implantación del embrión en caso de preñez (López M. , 2012).

2.2.5. Eje somatotrópico

El eje somatotrópico supervisa los procesos que controlan tanto el metabolismo como el crecimiento en animales y humanos. Sus componentes principales son el hipotálamo, la adenohipófisis y diversos tejidos como los adiposos, el hígado, los huesos, los músculos y las gónadas. La actividad hormonal en este eje está regulada por la somatotropina, que a su vez es controlada por la hormona liberadora de la hormona de crecimiento (GHRH) y la somatostatina, ambas secretadas por el hipotálamo, así como el factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF-1) (Changoluisa, 2017).

Durante períodos de crecimiento, gestación o lactancia, se incrementa la secreción de GHRH, lo que impulsa la liberación de GH desde el hipotálamo hacia la hipófisis a través de la circulación portal hipotálamo-hipofisaria. Por otro lado, condiciones como la inanición y la obesidad inhiben la secreción de GH, mediadas por el sistema simpático-adrenérgico y reguladas por la somatostatina, la dopamina y la hormona liberadora de corticotropina, las cuales a su vez inhiben la liberación de GHRH y, por consiguiente, de GH (Changoluisa, 2017).

La somatotropina ejerce su función al unirse a receptores específicos presentes en diversas células, mientras que otras acciones son mediadas por el IGF-1. La GH realiza su función al activar receptores principalmente presentes en el hígado, tejido adiposo, muscular y gónadas. El hígado es el principal órgano responsable de sintetizar y liberar IGF-1 en la sangre, siendo así un componente central en el eje somatotrópico. Mantener un equilibrio entre GH e IGF-1 es esencial, ya que esto coordina la proliferación y el crecimiento longitudinal de células y tejidos, además de

regular procesos metabólicos relacionados con carbohidratos, lípidos y proteínas (Changoluisa, 2017).

2.2.6. Hormonas en la reproducción

2.2.6.1. Prolactina

La prolactina desempeña un papel crucial en la reproducción al influir en la secreción de gonadotropinas, lo que resulta en una anovulación hipogonadotrópica al suprimir la liberación de la hormona liberadora de gonadotropinas. Dado que neurona GnRH es regulada por kisspeptinas que presentan receptores para prolactina se propone que el déficit de GnRH es el resultado de un bajo estímulo de kisspeptina. El aumento de los niveles de prolactina conlleva a una disminución en la expresión de las neuronas Kiss, mediada por los receptores de prolactina. Esta reducción en las kisspeptinas disminuye la liberación de GnRH, lo que conduce al desarrollo de hipogonadismo, infertilidad y amenorrea (Soutelo y Faraj, 2015).

Se ha observado un aumento en la secreción de prolactina durante uno o dos días, según lo mencionado por Soutelo y Faraj (2015), con el propósito de preservar la estructura y función del cuerpo lúteo, asegurando así la producción continua de progesterona ante una posible gestación.

2.2.6.2. Gonadotropinas hipofisarias

Las gonadotropinas hipofisarias tienen como blanco las gónadas, es decir, los ovarios y los testículos, y son responsables de regular los procesos reproductivos. Este conjunto incluye la hormona folículo estimulante (FSH), cuya función es fomentar el crecimiento de los folículos ováricos y estimular la producción de estrógenos. Por otra parte, la hormona luteinizante (LH) se encarga de la maduración final del folículo y desencadena la ovulación. Después de la ovulación, la LH provoca la luteinización del folículo, dando lugar al cuerpo lúteo. La liberación de todas estas hormonas ocurre en respuesta a la gonadotropina liberadora de hormonas (GnRH) (García, 2021).

2.2.6.3. Hormonas gonadales y otras hormonas en la reproducción

Estrógenos: hormona femenina derivada del colesterol y sintetizada en hembras cíclicas por las células intersticiales del ovario y las de la teca del folículo en crecimiento bajo la influencia de la FSH y LH. Sus funciones incluyen el desarrollo de los órganos sexuales, la aparición de los caracteres sexuales secundarios y la regulación del ciclo estral (López J., 2022)

Progesterona: hormona femenina producida en los ovarios, siendo su principal origen las células luteínicas del cuerpo lúteo. También es liberada por la unidad fetoplacentaria en cantidades considerables para reemplazar al cuerpo lúteo a partir de la mitad de la gestación. Sus funciones comprenden mantener y favorecer la gestación, participar en el desarrollo alveolar de la glándula mamaria, estimular la conducta materna e inhibir la producción de prostaglandina (López J., 2022).

Inhibina: hormona gonadal que regula la secreción de FSH, producida en las células de la granulosa de los folículos en crecimiento, ejerciendo un retrocontrol negativo que reduce la liberación de FSH durante el periodo preovulatorio (López J., 2022).

Prostaglandina: son compuestos análogos a los ácidos grasos que se encuentran de forma natural en los tejidos corporales, también conocidos como para hormonas, ya que no se producen en una glándula específica. Se activan en respuesta a estímulos hormonales, nerviosos, químicos o mecánicos. Una de las prostaglandinas más estudiadas es la PgF2a, liberada en el útero, que actúa a nivel del cuerpo lúteo después de la ovulación para inducir el estro entre los días 5 y 17, también provocando la regresión del cuerpo lúteo al reducir o bloquear el flujo sanguíneo al ovario (López J., 2022).

2.2.7. Causas que afectan la fertilidad en la vaca lechera

La disminución en las tasas de concepción constituye una preocupación importante para los ganaderos, investigadores y profesionales, ya que varios factores pueden ejercer un impacto adverso en la fertilidad de los bovinos. Estos factores pueden clasificarse de la siguiente manera:

2.2.7.1. Detección de celo

El rendimiento reproductivo de las vacas lecheras también puede afectar a factores humanos, como la falta de conocimiento o la imprecisión al detectar el celo, lo que lleva a detectar ineficaces las vacas en celo. Esto reduce la eficacia de la explotación ganadera, ya que con frecuencia se inseminan vacas que no están en celo, generando gastos innecesarios (Bustos, 2022).

2.2.7.2. Balance energético negativo BEN

El BEN se presenta durante el período de transición (21 días antes del parto y 21 días después del parto) debido a una disminución en la ingesta de materia seca y un aumento en la demanda de energía para la producción láctea de la vaca. La mayoría de las vacas experimentan BEN durante el primer mes de lactancia, lo que

significa que la energía requerida para la producción de leche y el mantenimiento del animal supera la energía disponible en la dieta. Por lo tanto, para sostener la producción láctea y el mantenimiento corporal, la vaca recurre a sus reservas corporales (Bustos, 2022).

2.2.8 Tratamientos hormonales para mejorar la fertilidad

2.2.8.1. Progesterona

En un dispositivo intravaginal elaborado con silicona, se incluye 1 g de progesterona natural. Su diseño en forma de cruz facilita un posicionamiento óptimo sin ocasionar vaginitis. La progesterona se libera gradualmente desde la cápsula de silicona y se absorbe por la mucosa vaginal, por lo que niveles elevados en la sangre inhiben la liberación de LH y FSH desde la hipófisis, previniendo el celo y la ovulación. Al retirar el dispositivo, los niveles de LH aumentan, lo que induce el celo y la ovulación del folículo dominante (Ortega et al., 2011).

De acuerdo con Ortega et al. (2011), estos dispositivos ofrecen diversas ventajas:

- Mejoran los indicios de celo en animales con celos silenciosos.
- Actúan sobre la hipófisis para estimular el celo y la ovulación.
- Incrementan los niveles circulantes de estradiol y promueven la producción de LH en vacas anéstricas.
- Sincronizan el celo con la ovulación.

Después de la inseminación, se emplea la progesterona para reproducir las concentraciones habituales observadas en novillas lecheras, lo que expone al embrión y al endometrio a niveles similares a los de la fase lútea. Esto contribuye a aumentar la tasa de concepción al estimular el desarrollo embrionario (Jiménez, 2018).

2.2.8.2. GnRH al momento de la inseminación

La GnRH es un péptido compuesto por diez aminoácidos que se sintetiza en las neuronas del hipotálamo y se libera en los capilares del sistema portal hipotalámico-hipofisario. En la glándula pituitaria, la GnRH se une a receptores específicos y, a través de una serie de reacciones en cascada, estimula la liberación de FSH y LH, lo que desencadena la ovulación del folículo dominante y la formación de un cuerpo lúteo (Cuervo, 2017).

La producción de GnRH sigue un patrón preovulatorio o cíclico, que se activa por la influencia de los estrógenos durante el celo, y pulsátil, regulada por factores externos

como la lactancia, la bioestimulación y el fotoperíodo, así como por factores internos como las hormonas sexuales y metabólicas. El tratamiento busca corregir las deficiencias en la concepción y se basa en el hecho de que esta hormona desencadena un aumento en la liberación de LH aproximadamente dos horas después de su administración, lo que sincroniza la ovulación con el momento de la inseminación, previniendo así una ovulación retardada y mejorando el desarrollo del cuerpo lúteo (Cuervo, 2017).

2.2.8.3. GnRH 14 días post inseminación

Para que el proceso de gestación avance de manera óptima, es esencial que se establezca una comunicación efectiva entre el embrión en desarrollo y el ambiente materno. Una táctica empleada por el embrión para evitar la regresión del cuerpo lúteo entre los días 16 y 18 posteriores a la inseminación es la liberación de interferón tau, el cual bloquea la síntesis de PgF2a. La incapacidad del embrión para evitar esta regresión del cuerpo lúteo constituye uno de los factores que contribuyen a las dificultades en el proceso de concepción (Velasteguí, 2012).

La aplicación de GnRH 14 días después de la inseminación inhibe la producción de PgF2a y busca reducir los niveles circulantes de estradiol mediante la inducción de la ovulación, la luteinización o la atresia de los folículos. Esta estrategia podría mejorar los índices de concepción al proporcionar al embrión un periodo prolongado para alcanzar un desarrollo óptimo y aumentar la secreción de interferón tau, lo que facilitaría el reconocimiento materno (Velasteguí, 2012).

2.2.8.4. Hormona del crecimiento bovina (somatotropina)

La somatotropina, también conocida como hormona del crecimiento, es producida por la hipófisis y desempeña un papel crucial en el crecimiento normal y la lactancia de los mamíferos. La somatotropina, compuesta por 190 aminoácidos, afecta los tejidos adiposos, el hígado y las gónadas al unirse a sus receptores presentes en diversas estructuras del tracto reproductivo, así como en el embrión y el feto (Ninobanda, 2018).

La administración de somatotropina puede alterar el entorno uterino al afectar las glándulas endometriales, lo que podría mejorar las condiciones para el desarrollo embrionario y, por ende, su capacidad para producir interferón-tau (Hernández y Gutiérrez, Somatotropina bovina recombinante y reproducción en bovinos, ovinos y caprinos., 2013).

La inyección subcutánea de somatotropina al momento del servicio aumenta el porcentaje de ovocitos fertilizados y la proporción de embriones transferibles. Este efecto se atribuye al aumento de los niveles de IGF-1, que permanecen elevados durante 14 días, lo que influye en el número y tamaño de los folículos y está relacionado con el desarrollo folicular normal y un buen estado nutricional (Velasteguí, 2012).

La interacción entre IGF-1 y las gonadotropinas también es relevante, ya que IGF-1 puede aumentar el número de receptores para las gonadotropinas, y estas hormonas, a su vez, incrementan los receptores para IGF-1. Esta sinergia estimula la síntesis de IGF-1 en las células de la granulosa del ovocito y favorece la liberación de LH, lo que influye en la ovulación y la calidad de los folículos y ovocitos (Hernández y Gutiérrez, 2013).

Durante la segunda ventana fisiológica, que corresponde al periodo de reconocimiento materno de la gestación, la administración de somatotropina puede influir en el ambiente uterino, mejorando las condiciones para el desarrollo embrionario y la producción de interferón-tau. Los embriones expresan receptores para somatotropina desde el día 2 de su desarrollo, lo que sugiere un papel crucial en la utilización de nutrientes y la regulación metabólica durante las etapas iniciales del desarrollo embrionario bovino (Velasteguí, 2012).

2.2.9. Ganadería en el Ecuador

En Ecuador, la ganadería se extiende cerca de 3.5 millones de hectáreas, con el 75 % de la producción concentrada en la región Interandina, un 11 % en la Amazonia y el 14 % en otras áreas del país. La leche es el único producto de venta constante para los pequeños y medianos ganaderos, conocido como "el sueldo de campo" porque los pagos se realizan cada 15 días (Cevallos et al., 2021)

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2021) la producción diaria de leche en el país asciende a 5.7 millones de litros, siendo la principal fuente de ingresos para 1.2 millones de personas. La producción lechera se concentra en la región Sierra, que representa el 73 % de la producción total, mientras que la región Costa aporta el 19 % y la región Amazónica el 8 %. En el cantón Espejo la principal actividad económica se basa en la producción de leche con alrededor de 49 mil litros diarios que se producen 321 fincas pequeñas (Ekos Negocios, 2019).

Las propiedades de los más de 298 mil productores, en su mayoría pequeños y medianos, no superan las 100 hectáreas y producen el 65 % de la leche. Esta actividad depende en gran medida de la población rural, convirtiéndose en una de las principales fuentes de ingreso familiar. El costo empírico de producción de un litro de leche es de 0.21 dólares, aunque el precio real es de 0.43 dólares, considerando todos los costos reales. Esta diferencia se debe a que la mayoría de los productores no llevan registros, lo que impide determinar si la actividad es rentable (Cruz et al., 2018).

2.2.10. Parámetros reproductivos

Los parámetros reproductivos se establecen como indicadores del rendimiento reproductivo de los animales, obtenidos mediante registros adecuados de los eventos reproductivos (Intagri S.C., 2018). Estos índices son cruciales, ya que permiten manipular el momento de nacimiento de las crías y la producción de las vacas.

A continuación, se presentan los índices reproductivos más relevantes:

Tabla 1. Parámetros reproductivos más comunes

Índice reproductivo	Valor óptimo	Valor no deseado
Servicios por concepción	< 1.7	> 2.5
Índice de concepción al primer servicio en vacas lactantes	50 -60 %	< 50 %
Vacas que conciben en menos de 3 servicios	> 90 %	> 90 %
Vacas vacías por más de 120 días	< 10 %	> 10 %
Porcentaje de pérdidas embrionarias tardías	< 10 %	> 10 %

Fuente: (Bosquez, 2022)

2.2.11. Tasa de concepción

La tasa de concepción es un indicador que mide la efectividad de la inseminación de las vacas, calculado como el número de vacas que han quedado gestantes en relación con el número de vacas inseminadas durante un período determinado. Este porcentaje refleja cómo responden las hembras a los distintos servicios realizados (Magalhães, 2020)

Cuando la tasa de concepción es baja (30%), es crucial examinar la fisiología de las hembras, ya que factores como las condiciones ambientales, una nutrición inadecuada o anomalías en el mantenimiento de la gestación pueden afectar negativamente este indicador en los bovinos. La evaluación de la concepción se recomienda entre los 60 y 90 días posteriores a la inseminación mediante palpación

rectal. Sin embargo, algunos prefieren diagnosticar la gestación a los 30 días utilizando ultrasonografía (Bustillo, 2021).

A continuación, se presenta el método para calcular el porcentaje de concepción:

$$PC = \frac{VP}{VS} * 100$$

PC: Porcentaje de concepción.

VP: Número de vacas preñadas

VS: Número de vacas servidas

2.2.12. Pérdidas embrionarias

La reproducción en el ganado vacuno puede verse comprometida por pérdidas embrionarias, que constituyen entre el 25 % y el 40 % de las fallas durante la gestación, resultando en un aumento del intervalo entre partos. La mayor parte de las muertes embrionarias ocurre durante el periodo embrionario, es decir, hasta los 42 o 45 días de gestación, y se dividen en pérdidas embrionarias tempranas o tardías (Ortiz, 2018).

Las pérdidas embrionarias tempranas se producen en los primeros 25 días de gestación y pueden llegar hasta un 40 %. Estas generalmente suceden entre los días 7 y 16 de la gestación, durante el reconocimiento materno o la transición de mórula a blastocisto, lo que hace que sean difíciles de diagnosticar. En contraste, las pérdidas embrionarias tardías, también conocidas como mortalidad embrionaria tardía, ocurren entre los 25 y 45 días de gestación. Estas se distinguen de la muerte fetal o aborto, que suceden entre los 45 y 260 días de gestación (Ortiz, 2018).

La muerte embrionaria tardía puede ser causada por factores como una nutrición inadecuada, que puede hacer que el animal priorice su supervivencia sobre la reproducción. Las pérdidas embrionarias también pueden resultar de una conexión deficiente entre el embrión y el ambiente materno durante el reconocimiento materno, que ocurre entre los días 15 y 17 de la gestación. En este período, el embrión produce interferón tau, el cual bloquea la síntesis de PGF2a, impidiendo la regresión del cuerpo lúteo (CL). Además, enfermedades como la diarrea viral bovina (DVB) o la leptospirosis pueden afectar la viabilidad del embrión (Ferruncho y Lopera, 2019).

2.2.13. Índice de inseminaciones

Es la cantidad de servicios necesarios para que una vaca quede gestante. Se considera aceptable de 1.5 a 1.8 servicios por concepción, depende de la eficiencia

en la detección de estros, la calidad del semen, técnica de inseminación, manejo del semen, reabsorciones embrionarias, etc. (Intagri S.C., 2018).

Este se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$SC = \frac{\sum S_n}{n}$$

SC: Servicios por concepción

S_n: Número de servicios

n: Número de animales que han concebido

2.2.14. Sistema de pastoreo

El pastoreo es considerado el método más económico para criar y alimentar al ganado, siendo el sistema de alimentación más accesible y común en Ecuador. Para que este método sea efectivo, es crucial tener potreros con plantas que resistan el pisoteo. El objetivo principal del pastoreo es optimizar el uso de los recursos forrajeros para incrementar la producción de leche y, a la vez, reducir los costos de producción (Rosero, 2011).

De acuerdo con Grijalva (2016), el 99 % de la leche en Ecuador proviene de vacas que se alimentan mediante pastoreo. Aunque la producción de leche promedio es baja, los costos de alimentación son también reducidos, dado que el 90 % de los alimentos proviene de los pastizales. Para lograr buenos resultados con este sistema, es fundamental asegurar una nutrición adecuada para los animales, minimizar el desperdicio de pasto y promover un crecimiento rápido de los pastos.

En la sierra ecuatoriana, las mezclas forrajeras incluyen Kikuyo y pastos mejorados como el pasto azul, ray grass, trébol y alfalfa. Los pastos de corte más comunes son la alfalfa, avena y vicia. Generalmente, las mezclas forrajeras están compuestas por un 70 % de gramíneas y un 30 % de leguminosas, y se recomienda una densidad inicial con una proporción del 70 % de perennes y un 30 % de anuales (León et al., 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo porque, mediante la recolección de datos de variables como la tasa de concepción al día 30 y 60, pérdidas embrionarias e índice de inseminaciones y con la ayuda de análisis estadísticos, se buscó aceptar o refutar las hipótesis planteadas.

3.1.2. Tipo de Investigación

Se realizó una investigación experimental con un diseño completamente al azar (DCA) en la que se evaluó el efecto de dos tratamientos hormonales, hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y somatotropina (rbTS), sobre los parámetros reproductivos de vacas sometidas al pastoreo. Se emplearon 5 tratamientos, cada uno con 6 repeticiones, y posteriormente se aplicó un análisis estadístico a los resultados obtenidos en las variables evaluadas.

3.2. HIPÓTESIS

H0: La aplicación de los tratamientos hormonales con hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y somatotropina (rbTS) no influyen sobre la tasa de concepción de vacas Holstein mestizas sometidas al pastoreo en la Hacienda San Isidro cantón Espejo.

H1: La aplicación de los tratamientos hormonales con hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y somatotropina (rbTS) influyen sobre la tasa de concepción de vacas Holstein mestizas sometidas al pastoreo en la Hacienda San Isidro cantón Espejo.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

Independientes: tratamientos hormonales con GnRH y rbTS

Dependientes: tasa de concepción

3.3.2. Operacionalización de las variables

Tabla 2. Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Independiente: Aplicación de tratamientos hormonales	Somatotropina (rbTS)	Aplicación de una dosis de 500 mg al momento de la inseminación	Aplicación por vías subcutánea	Jeringas Agujas subcutáneas Agujas intramusculares Libreta de campo
		Aplicación de una dosis de 500 mg I al momento de la inseminación y otra dosis 14 post inseminación.		
	Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)	Aplicación de 0.105 mg al momento de la inseminación	Aplicación por vía intramuscular	Registros reproductivos Ecógrafo
		Aplicación de 0.105 mg 14 días post inseminación		
Dependiente: Tasa de concepción	Concepción a los 30 días	Número de animales preñadas a los 30 días post inseminación	Observación	Registros reproductivos Ecógrafo
	Concepción a los 60 días	Número de animales preñadas a los 60 días post inseminación		
	Pérdidas embrionarias en el periodo de 30 a 60 días	Número de vacas preñadas al día 30 que no mantienen la gestación al día 60.	Observación	Registros reproductivos
	Índice de inseminaciones	Cantidad de servicios necesarios para que una vaca quede gestante		
	Costo	Suma de todos los costos asociados a la administración de un tratamiento	Observación	Registros

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Métodos

3.4.1.1. Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó en la Hacienda San Isidro propiedad del Ing. Juan Pablo Grijalva ubicada en la Parroquia San Isidro, Cantón Espejo, Provincia del Carchi, geográficamente se encuentra ubicada a 77° 57' 33" hasta 78° 02' 10" longitud oeste; y, 00° 33' 23" hasta 00° 39' 35" latitud norte. Además, se ubica entre 2831 m.s.n.m a 2980 m.s.n.m, presenta un clima frío y una temperatura entre 8 °C y 14 °C, con una precipitación alrededor de 500 mm a 1000 mm por año (GAD San Isidro, 2023)

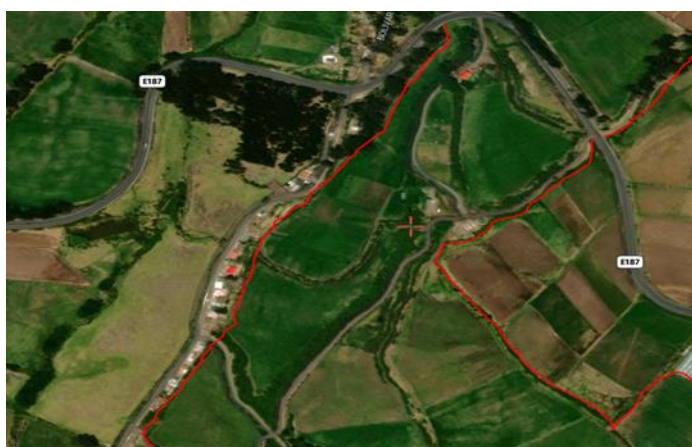


Figura 3. Ubicación de la Hacienda San Isidro
Fuente: (Satellites.pro, 2023)

3.4.1.2. Variables dependientes

- Tasa de concepción a los 30 días: este indicador se evaluó tomando en cuenta en número de vacas que han quedado gestantes 30 días post inseminación. Para ello se utilizó la siguiente formula:

$$PC = \frac{VP}{VS} * 100$$

PC: Porcentaje de concepción.

VP: Número de vacas preñadas en el diagnostico a los 30 días.

VS: Número de vacas servidas

- Tasa de concepción a los 60 días: este indicador se evaluó tomando en cuenta en número de vacas que han quedado gestantes 30 días post inseminación. Para ello se utilizó la siguiente formula:

$$PC = \frac{VP}{VS} * 100$$

PC: Porcentaje de concepción.

VP: Número de vacas preñadas en el diagnóstico a los 60 días.

VS: Número de vacas servidas

- Tasa de pérdidas embrionarias al día 60: este indicador se evaluó en función del número de vacas preñadas al día 30 menos el número de vacas preñadas al día 60 dividido para el número de vacas preñadas al día 30.
- Índice de inseminaciones: este indicador se evaluó en función del número de servicios que recibe una vaca para quedar gestante, para ello se empleó la siguiente fórmula:

$$SC = \frac{\sum S_n}{n}$$

SC: Servicios por concepción

S_n : Número de servicios

n : Número de animales que han concebido

- Costo del tratamiento por animal: Esta variable se obtuvo al final del experimento, los datos fueron recolectados durante el transcurso de la investigación desde el chequeo ginecológico hasta la reconfirmación de preñez al día 60. Además, se calcularon los costos totales tomando en cuenta los costos adicionales por las pérdidas embrionarias, para ello se empleó la siguiente fórmula:

Costo ajustado a las pérdidas embrionarias = costo total por animal + costo adicional

Costo adicional = costo total por animal x tasa de pérdidas embrionarias

Donde:

- Costo total por animal: es el costo inicial del tratamiento incluyendo inseminación, parches detectores de celo y chequeos ginecológicos.
- Costo adicional por pérdidas embrionarias: es el costo asociado a una vaca que no mantiene la gestación y requiere nuevos procedimientos.
- Tasa de pérdidas embrionarias: es el porcentaje de vacas gestantes al día 30 que no mantienen la gestación al día 60

3.4.1.3. Factores de estudio

- Somatotropina (rbST): complejo de somatotropina que incrementa la persistencia de la lactancia sin afectar la salud y reproducción del hato.
- Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH): contiene la hormona liberadora de las gonadotropinas, sintética, que estimula la liberación de FSH (Hormona folículo estimulante) y LH (Hormona luteinizante), por parte del lóbulo anterior de la hipófisis.

Es importante mencionar que la aplicación del tratamiento hormonal fue por una sola vez por lo que la tasa de concepción se evaluó en un solo celo.

3.4.1.4. Tratamientos del experimento

Los tratamientos empleados en el ensayo son 5 que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo – sin tratamiento hormonal
T2	1 dosis de 500 mg de somatotropina al momento de la inseminación
T3	2 dosis de 500 mg de somatotropina al momento de la inseminación y 14 días post inseminación.
T4	1 dosis de 0.105 mg de GnRH al momento de la inseminación
T5	1 dosis de 0.105 mg de GnRH 14 días post inseminación

3.4.1.5. Características de la Unidad Experimental

Tabla 4. Características del ensayo

Diseño Completamente al Azar	Dimensiones
Tratamientos	5
Repeticiones	6
Unidad experimental	1 vaca Holstein mestiza
Número de unidades experimentales	30 vacas

Los animales seleccionados para este estudio cumplieron con los siguientes criterios:

- Vacas Holstein mestizas manejadas al pastoreo.
- Productoras en periodo posparto de máximo 100 días.
- Vacas que hayan superado en periodo de involución uterinas (45 días posparto)
- Vacas que no hayan tenido partos distócicos.
- Reproductoras sin presencia de enfermedades posparto (mastitis, metritis, retención de placentas, etc.)
- Condición corporal entre 2.5 y 3.0

Las vacas se sometieron a un chequeo ginecológico mediante palpación rectal, para excluir animales que no cumplen con los parámetros antes mencionados.

3.4.1.6. Distribución y características del experimento

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), y lo formaron 5 tratamientos y 6 repeticiones, dando 30 unidades experimentales.

3.4.2. Técnicas

3.4.2.1. Descripción del experimento

Para el desarrollo del experimento, se siguieron los siguientes pasos:

1. Selección de vacas Holstein mestizas que cumplieran con los criterios de inclusión.
2. Colocación de un parche detector de celo entre la cadera y la cola de cada vaca.
3. Inseminación de los animales que mostraron signos de celo.
4. Aplicación de tratamientos hormonales posteriores a la inseminación.
5. Diagnóstico de gestación mediante ecografía a los 30 días post inseminación.
6. Reconfirmación del estado de preñez a los 60 días post inseminación.

3.4.2.2. Aplicación de los tratamientos hormonales

- Somatotropina: La aplicación se realizó por vía subcutánea en el área del cuello, en la región pos escapular (por detrás del hombro) o en la depresión a los dos lados de la base de la cola. Para ello con la mano no dominante se pellizca la piel del bovino para formar un pliegue y luego se introduce la aguja de 13 mm calibre 18 en un ángulo de 45 ° con la base del pliegue.
- Hormona liberadora de gonadotropinas: La aplicación fue por vía intramuscular, también pueden ser utilizadas las vías subcutánea e intravenosa. Para esta aplicación se utiliza agujas más largas (38 mm calibre 18) en un ángulo de 90 ° para depositar el medicamento directamente en el musculo.

3.4.2.2. Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación se realizó por medio de ecografía transrectal 30 días post inseminación y a los 60 días se realizó una reconfirmación de preñez para descartar pérdidas embrionarias tardías.

Para el diagnóstico de la gestación se empleó un ecógrafo modelo Farmsacan L60 que cuenta con un transductor lineal, el cual se protege con un guante de palpación que contiene gel y se introduce vía rectal. Con esta técnica se puede diagnosticar una preñez desde los 25 días post inseminación, sin embargo, para evitar falsos positivos se debe realizar

a partir de los 30 días post inseminación en donde ya es posible observar la vesícula amniótica y el latido cardiaco (Hernández, Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros, 2016).

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó los siguientes procedimientos estadísticos:

- Prueba de hipótesis X^2 para variables categóricas como concepción a los 30 días, concepción a los 60 días y la tasa de pérdidas de gestación en el periodo de 30 a 60 días, a un nivel de 0.05 de acuerdo con la siguiente formula:

$$X^2 = \sum \frac{(oi - ei)^2}{ei}$$

Donde:

X^2 : Chi cuadrado

oi: Frecuencias observadas

ei: Frecuencias esperadas

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Tasa de concepción al día 30

La Figura 4 muestra que los tratamientos T3 (somatotropina en la inseminación y 14 días después) y T5 (GnRH a los 14 días post inseminación) obtuvieron la mayor tasa de concepción (83.33%), mientras que T2 y T4 no superaron el 50%, similar al tratamiento testigo (66.67%). Esto indica que las dosis adicionales después de la inseminación mejoran significativamente la capacidad reproductiva de las vacas Holstein mestizas. El análisis de chi cuadrado confirma diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p = 7.9859 \times 10^{-11}$, $p < 0.05$), rechazando la hipótesis nula.

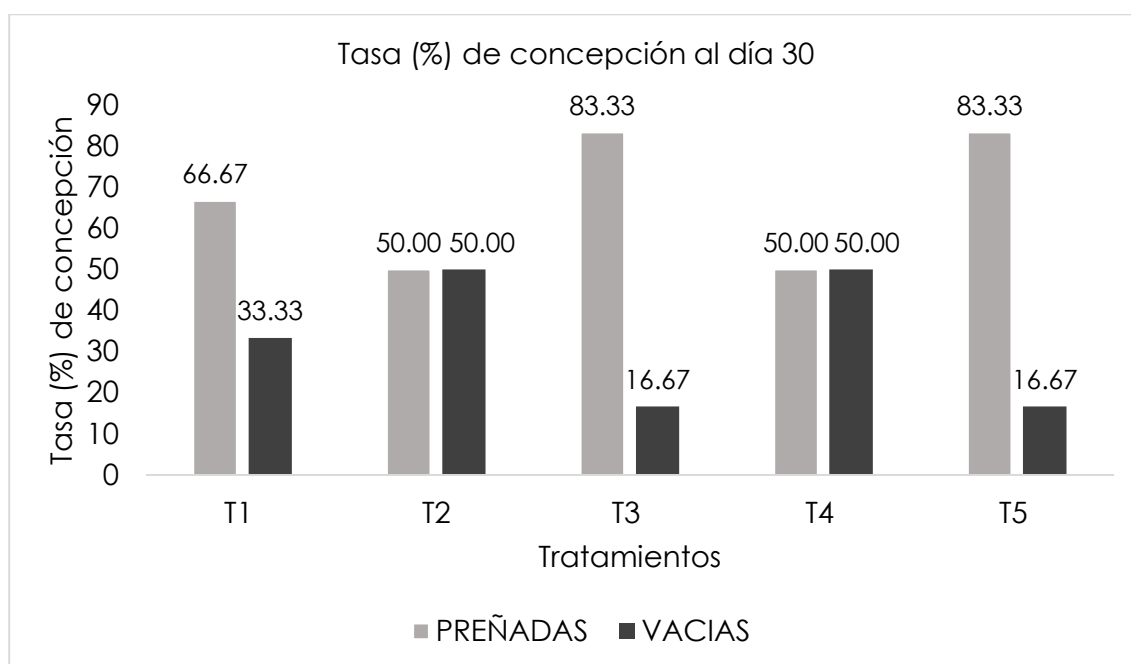


Figura 4. Tasa de concepción al día 30

4.1.2. Tasa de concepción al día 60

La Figura 5 indica que el tratamiento testigo (T1) presentó una tasa de concepción del 50%. En contraste, el tratamiento 3, que consistió en la administración de somatotropina en el momento de la inseminación y a los 14 días posteriores, logró una tasa significativamente superior del 83.33%. Los tratamientos 2 (somatotropina en la

inseminación) y 4 (GnRH en la inseminación) mostraron tasas de concepción del 50% cada uno, mientras que el tratamiento 5 (GnRH a los 14 días post inseminación) alcanzó un 66.67%. Estos hallazgos sugieren que la administración de somatotropina 14 días después de la inseminación mejora notablemente la tasa de concepción en vacas Holstein mestizas. Asimismo, el análisis de chi cuadrado revela diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p = 4.52 \times 10^{-8}$), lo que permite rechazar la hipótesis nula.

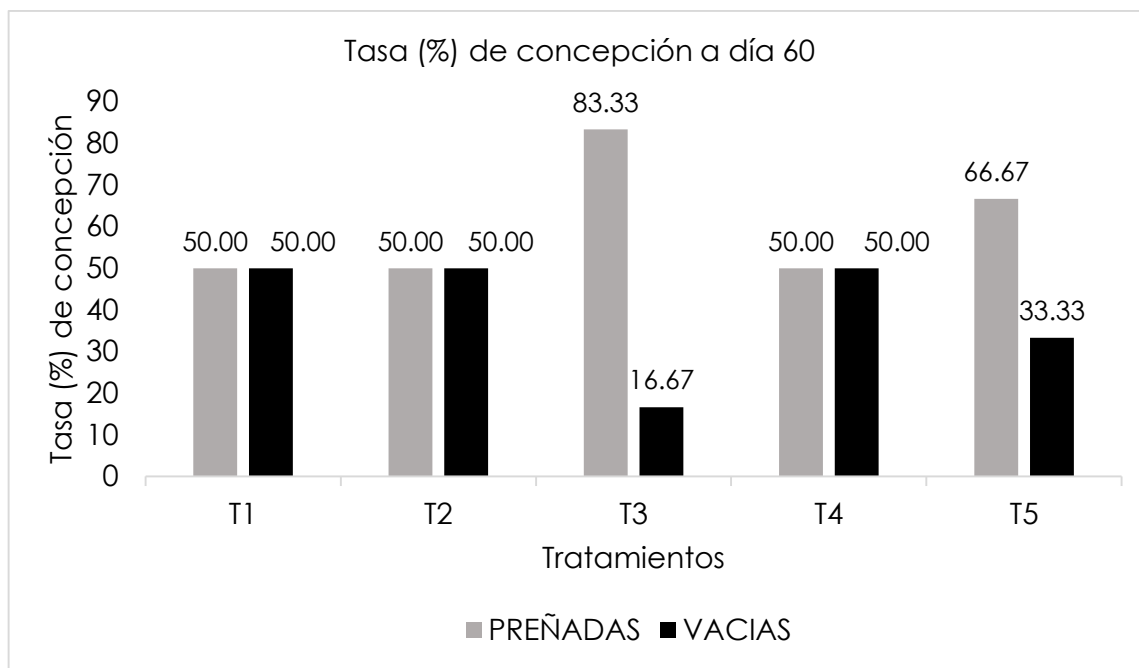


Figura 5. Tasa de concepción al día 60

4.1.3. Tasa de pérdidas embrionarias al día 60

La Figura 6 revela la tasa de pérdidas embrionarias al día 60 de gestación. El tratamiento 1 mostró una tasa de pérdida del 25 %, mientras que los tratamientos 2, 3 y 4 no registraron pérdidas embrionarias, alcanzando una tasa del 0%. Por otro lado, el tratamiento 5 también presentó una tasa de pérdida del 20 %. Estos datos indican que los tratamientos 2, 3 y 4 son efectivos para reducir las pérdidas embrionarias durante este período crítico de gestación, sugiriendo una mejora significativa en la viabilidad embrionaria en comparación con los tratamientos 1 y 5. Sin embargo, el análisis de chi cuadrado refleja un valor de $p = 1.38008 \times 10^{-11}$, lo que indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.

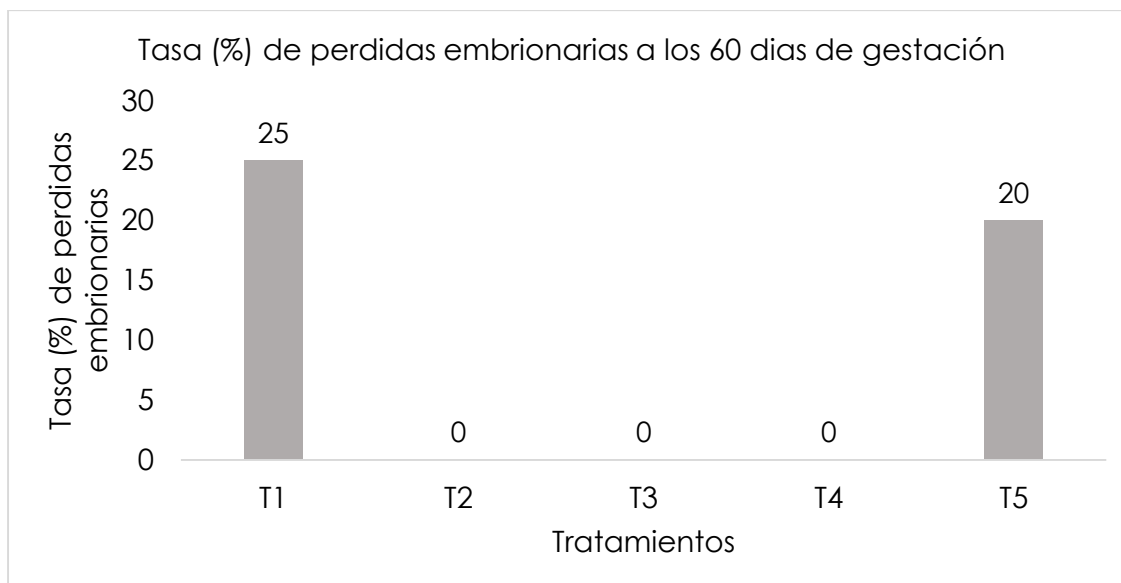


Figura 6. Tasa de pérdidas embrionarias al día 60

4.1.4. Índice de inseminaciones

El índice de inseminación, que mide el número de servicios por concepción, refleja la cantidad de inseminaciones necesarias para que una vaca quede preñada. La Tabla 5 muestra que, en este estudio, los tratamientos 3 y 5, con 2 dosis de rbTS y GnRH 14 días post inseminación, respectivamente, presentaron los índices más bajos (1.2), lo que indica una mayor eficiencia reproductiva, ya que se requirió menos número de inseminaciones para lograr la preñez. Por otro lado, los tratamientos 2 y 4, con una sola dosis de rbTS o GnRH en la inseminación, mostraron los índices más altos (2.0), reflejando una menor eficiencia al requerir más inseminaciones para lograr la concepción. El tratamiento testigo (T1) tuvo un índice intermedio (1.5), lo que sugiere una eficiencia reproductiva moderada sin el uso de hormonas, pero inferior a la de los tratamientos hormonales más efectivos.

Tabla 5. Índice de inseminación

Tratamiento	Índice de inseminación
T1: Testigo	1.5
T2: 1 dosis de 500 mg de rbTS en la inseminación artificial (IA)	2
T3: 2 dosis de 500 mg de rbTS en la IA y 14 días post inseminación	1.2
T4: 1 dosis de 0.105 mg de GnRH en la IA	2
T5: 1 dosis de 0.105 mg de GnRH 14 días post inseminación	1.2

4.1.4. Costo del tratamiento por animal

La Tabla 6 revela que, aunque todos los tratamientos comparten costos fijos similares, los tratamientos 2 y 3, que incluyen dosis de somatotropina (rbTS), presentan un costo

más elevado, con \$63.35 y \$70.75 por animal, respectivamente, siendo el Tratamiento 3 el más caro. Por otro lado, los tratamientos 4 y 5, que utilizan GnRH, son opciones más económicas, con un costo de \$58.74 por animal, lo que los hace más atractivos desde un punto de vista financiero. La evaluación de la relación costo-efectividad es crucial, ya que, aunque el Tratamiento 3 es el más costoso, su alta eficacia en las tasas de concepción debe compararse con los tratamientos más económicos para determinar si los beneficios justifican la inversión.

Además, los costos totales ajustados por tratamiento reflejan que las pérdidas embrionarias al día 60 generan un impacto económico adicional en los tratamientos T1 y T5, elevando su costo promedio por animal a \$69.94 y \$70.47, respectivamente. Esto ocurre debido al 25% y 20% de vacas que requirieron nuevos procedimientos reproductivos respectivamente, como parches detectores de celo, inseminación artificial y chequeos ginecológico.

Tabla 6. Costos del tratamiento por animal

Costo del tratamiento por animal					
MATERIALES	T1	T2	T3	T4	T5
Parche detector de celo	\$0.95	\$0.95	\$0.95	\$0.95	\$0.95
Inseminación artificial	\$30.00	\$30.00	\$30.00	\$30.00	\$30.00
Dosis 500 mg de rbTS	\$0.00	\$7.40	\$14.80	\$0.00	\$0.00
Dosis 0.105 mg de GnRH	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$2.80	\$2.80
Chequeo ginecológico	\$25.00	\$25.00	\$25.00	\$25.00	\$25.00
TOTAL	\$55.95	\$63.35	\$70.75	\$58.75	\$58.75
Costo del tratamiento por animal considerando las pérdidas embrionarias					
Pérdidas embrionarias	25 %	0 %	0 %	0 %	20%
Costos adicionales	\$9.32	\$0	\$0	\$0	\$9.78
TOTAL (AJUSTADO)	\$69.94	\$63.35	\$70.75	\$58.75	\$70.47

4.2. DISCUSIÓN

La tasa de concepción es un indicador clave en los sistemas de producción lechera, ya que impacta directamente la eficiencia reproductiva y, por ende, la rentabilidad del sistema. En este estudio, se evaluó el efecto de tratamientos hormonales con gonadotropina (GnRH) y somatotropina (rbTS) sobre la tasa de concepción en vacas Holstein mestizas bajo pastoreo.

4.2.1. Tasa de concepción

A los 30 días post inseminación, los tratamientos que incluyeron dosis adicionales de rbTS o GnRH (T3 y T5) mostraron un incremento significativo en la tasa de concepción, alcanzando un 83.33%, en comparación con el tratamiento testigo (66.67%). Estos resultados concuerdan con estudios previos, como el de Guilcapi (2022), quien reportó una mejora en la tasa de concepción al utilizar rbTS, obteniendo un 70% en vacas tratadas frente al 40% del tratamiento testigo. El efecto positivo de la somatotropina puede atribuirse a su influencia en el ambiente uterino y la viabilidad embrionaria durante las etapas críticas de la implantación, tal como sugieren Hernández y Gutiérrez (2013).

Por otro lado, los tratamientos T2 y T4, que no incluyeron dosis adicionales de rbTS o GnRH, no superaron el 50% de concepción. Esto pone de manifiesto la importancia de los tratamientos hormonales post inseminación para mejorar la eficiencia reproductiva. Resultados similares fueron observados por Zapata (2022), quien reportó mejoras en la tasa de concepción al aplicar múltiples dosis de rbTS.

A los 60 días, el tratamiento T3, con dos dosis de rbTS (una al momento de la inseminación y otra a los 14 días), mantuvo la tasa más alta de concepción, con un 83.33%. Este hallazgo confirma lo observado por Changoluisa (2017), quien reportó una tasa elevada de concepción en vacas tratadas con somatotropina. Asimismo, el tratamiento con GnRH a los 14 días post inseminación (T5) alcanzó una tasa de 66.67%, lo cual coincide con investigaciones de Guzmán (2024), que evidenciaron mejoras en la preñez al utilizar GnRH.

4.2.2. Tasa de pérdidas embrionarias al día 60

Las pérdidas embrionarias en este intervalo son un indicador crítico para evaluar la eficiencia reproductiva, dado que este periodo es crucial para el establecimiento y mantenimiento de la gestación. Los resultados mostraron que los tratamientos T2 (una dosis de rbTS) y T3 (dos dosis de rbTS) evitaron las pérdidas embrionarias, con una tasa del 0%, lo que subraya la efectividad de la somatotropina para mejorar la viabilidad embrionaria en las primeras semanas de gestación. Hernández y Gutiérrez (2013) respaldan este hallazgo al señalar que la somatotropina favorece el ambiente uterino y la producción de IGF-1, un factor esencial para el crecimiento y supervivencia del embrión. Velasteguí (2012) también destaca el papel de la somatotropina en la prolongación de la vida útil del cuerpo lúteo, lo que es crucial para evitar pérdidas en esta etapa.

En cambio, los tratamientos T1 (testigo) y T5 (GnRH a los 14 días) registraron una tasa de pérdidas embrionarias del 25% y 20% respectivamente, lo que resalta la importancia de los tratamientos hormonales para reducir las pérdidas durante este periodo crítico.

4.4.3. Índice de inseminaciones

El índice de inseminación, que mide la cantidad de servicios necesarios para lograr una preñez, es un parámetro crucial en la eficiencia reproductiva de las vacas lecheras. En este estudio, los resultados indican que los tratamientos hormonales influenciaron significativamente este índice. Los tratamientos con dos dosis de somatotropina (rbTS) y GnRH aplicados 14 días después de la inseminación (T3 y T5, respectivamente) mostraron los mejores resultados, con un índice de inseminación de 1.2. Esto implica que se necesitó menos de 1.5 servicios para que las vacas quedaran preñadas, lo que representa una mayor eficiencia reproductiva en comparación con otros tratamientos. Estos hallazgos son consistentes con estudios como el de Zapata (2022), quien también reportó un índice de inseminación bajo (1.35) al aplicar múltiples dosis de rbTS.

Por otro lado, los tratamientos con una sola dosis de rbTS o GnRH en el momento de la inseminación (T2 y T4) presentaron un índice de inseminación de 2.0, lo que indica que fueron necesarias más inseminaciones para alcanzar la concepción. Este resultado refleja una menor eficiencia reproductiva en comparación con los tratamientos de dosis múltiple. El tratamiento testigo (T1) mostró un índice intermedio de 1.5, lo que sugiere una eficiencia moderada sin la aplicación de hormonas, pero inferior a los tratamientos hormonales más efectivos.

Estos resultados resaltan la importancia de la aplicación de tratamientos hormonales post inseminación para mejorar la eficiencia reproductiva, lo cual es respaldado por investigaciones previas como la de Changoluisa (2017), quien también observó una mejora significativa en la tasa de concepción y una reducción en el número de servicios por concepción con la administración de somatotropina en vacas lecheras.

4.4.4. Costos por tratamiento

El análisis de costos por tratamiento es esencial para evaluar la viabilidad económica de cualquier estrategia reproductiva en sistemas de producción lechera. En este estudio, los tratamientos con somatotropina (T2 y T3) representaron los costos más elevados, con un total de \$63.35 y \$70.75 por animal, respectivamente. Este

incremento se debe al precio de la somatotropina y la necesidad de dosis adicionales. Sin embargo, estos tratamientos demostraron ser los más efectivos, alcanzando tasas de concepción del 83.33% tanto a los 30 como a los 60 días. Este equilibrio entre costo y efectividad justifica la inversión en tratamientos con somatotropina, como destaca Zapata (2022), quien subraya los beneficios en términos de eficiencia reproductiva.

Por otro lado, los tratamientos con GnRH (T4 y T5) fueron más económicos, con un costo de \$58.74 por animal. Estos tratamientos también mostraron buenos resultados, alcanzando una tasa de concepción del 66.67% al día 60. Su menor costo los convierte en una opción atractiva para ganaderos que buscan mejorar la reproducción sin incurrir en gastos elevados, lo que concuerda con las recomendaciones de Ayala y Castillo (2010), quienes sugieren que el uso de GnRH es una opción rentable para optimizar la eficiencia reproductiva.

En contraste, el tratamiento testigo(T1), con el costo más bajo de \$55.95 por animal, registró una tasa de concepción del 50%, lo que lo convierte en la opción menos efectiva a largo plazo. Aunque este tratamiento es más económico, su baja eficiencia reproductiva podría resultar en pérdidas económicas, derivadas de una menor productividad y un aumento en los costos asociados a inseminaciones adicionales.

Además, las pérdidas embrionarias al día 60 generan un impacto económico adicional elevando el costo por animal en los tratamientos T1 Y T5 a \$69.94 y \$70.47 respectivamente. Esto se debe a que en T1 (25%) y T2 (20%) de vacas necesitan procedimientos reproductivos adicionales, como inseminación artificial y parches detectores de celo. Entre estos, el tratamiento T3 resulta el más costoso debido a la doble aplicación de somatotropina, pero puede justificar su inversión si logra mejorar significativamente las tasas de concepción.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los tratamientos hormonales T3, que consisten en la aplicación de dos dosis de somatotropina, y T5, que incluye la administración de GnRH a los 14 días post inseminación, alcanzaron las tasas de concepción más altas al día 30 (83.33%). Sin embargo, este efecto positivo se mantuvo hasta el día 60 únicamente en el tratamiento T3, lo que evidencia que la administración de dosis adicionales de somatotropina potencia de manera significativa la capacidad reproductiva de las vacas.

El estudio también reveló que el tratamiento T3 no solo incrementa la tasa de concepción, sino que contribuye a reducir las pérdidas embrionarias entre los días 30 y 60 de gestación. Esto sugiere que el uso de somatotropina crea un entorno uterino más estable y favorable para el desarrollo embrionario.

En cuanto al índice de inseminaciones, los tratamientos T3 y T5 mostraron los valores más bajos (1.2), indicando que las vacas sometidas a estos protocolos necesitaron menos servicios para quedar preñadas. Esto se traduce en una reducción de costos y una mejora en la eficiencia reproductiva.

El tratamiento T3 destacó como el más efectivo, logrando las mejores tasas de concepción y manteniendo una baja incidencia de pérdidas embrionarias. Este resultado confirma que la administración de dos dosis de somatotropina tiene un impacto positivo tanto en la concepción inicial como en el mantenimiento de la preñez.

Aunque los tratamientos T3 y T5 implicaron un costo ligeramente superior al del tratamiento testigo y otros tratamientos, sus beneficios incluyendo mayores tasas de concepción, menor índice de inseminaciones y menores pérdidas embrionarias justificando ampliamente la inversión. En particular, el tratamiento T3 mostró un rendimiento reproductivo superior, consolidándose como la opción más efectiva.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear el tratamiento 3 que incluye dos dosis de somatotropina al momento de la inseminación y a los 14 días post inseminación, ya que este protocolo incrementa significativamente la probabilidad de éxito en la concepción. Es particularmente efectivo en sistemas de producción lechera bajo condiciones de pastoreo, donde factores ambientales y nutricionales suelen limitar las tasas de concepción.

En sistemas de producción que enfrentan pérdidas embrionarias recurrentes, el tratamiento T3 es especialmente adecuado. Además, se sugiere realizar un monitoreo continuo de las gestaciones para garantizar un manejo eficiente del hato y mejorar los resultados reproductivos.

Particularmente en explotaciones ganaderas con vacas Holstein mestizas bajo pastoreo, el tratamiento T3 debe considerarse una estrategia clave para mejorar los parámetros reproductivos. Al reducir el número de servicios necesarios por concepción, no solo disminuye los costos asociados a la inseminación, sino que también contribuye a aumentar la productividad del sistema mediante la reducción del intervalo entre partos.

Finalmente, se insta a los productores a evaluar los costos de los tratamientos hormonales desde el gasto inicial, y considerando los beneficios a largo plazo en mayor productividad y rentabilidad. El tratamiento T3 debe ser promovido como una inversión estratégica que mejora la eficiencia reproductiva y asegura la sostenibilidad económica de las explotaciones ganaderas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofin Habana*, 11(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612017000200022
- Álvarez, G., y Villarreal, J. (febrero de 2019). *Parámetros reproductivos del ganado mestizo lechero de la Parroquia Mulaló*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi], Repositorio.utc.edu.ec: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5895/6/PC-000562.pdf>
- Alzamora, E., Trujillo, J., Chávez, M., y Andino, P. (2020). Análisis de los parámetros reproductivos en la raza jersey en la ganadería El Puente y su impacto en la rentabilidad. *Ciencia Digital*, 4(3), 164-176. <https://doi.org/https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i3.1313>
- Ayala, D., y Castillo, O. (2010). *Efecto de la aplicación de GnRH al momento de la inseminación artificial en vacas lecheras implantadas con dispositivos intravaginales [Tesis de grado, Universidad Zamorano]*. [Tesis de grado, Universidad Zamorano], Biblioteca digital Zamorano: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/02bc8ca5-59b1-4d21-a7d2-833742408c59/content>
- Balarezo, L., Montenegro, F., y Mora, R. (2015). Obtención de parámetros productivos reproductivos y nutricionales en la ganadería lechera de la provincia del Carchi. *Sathiri Sembrador*(8). <https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/sathiri/article/view/382/419>
- Barros, J. (2014). *Agonistas versus antagonistas: resultados en FIV e ICSI*. [Tesis de maestría, Universidad de Oviedo] ,Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo: <http://hdl.handle.net/10651/29230>
- BM Editores. (6 de abril de 2019). *El ciclo estral bovino*. BM Editores: <https://bmeditores.mx/ganaderia/el-ciclo-estral-bovino-2163/>

- Bosquez, M. (noviembre de 2022). *Determinación de la eficiencia reproductiva de vacas Holstein Friesian en la provincia de Imbabura, Ecuador*. [Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo], DSpace ESPOCH: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/18301/1/20T01671.pdf>
- Bustillo, J. (23 de 05 de 2021). *Qué es la tasa de concepción*. *Génética bovina*: <https://revistageneticabovina.com/reproduccion/concepcion/>
- Bustos, C. (2022). *Efecto de la aplicación de GNRH al día 12, 14, 16, 18 y 20 post inseminación en vacas Holstein mestizas*. [Tesis de posgrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo], DSpace ESPOCH: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17698/1/20T01602.pdf>
- Carvajal, A., y Matínez, E. (2020). *El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva*. (I. e. Agropecuarias, Ed.) Punto ganadero: https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5f739ec4a0051.pdf
- Cevallos, A., Taipés, M., y Caiza, F. (2021). Costo real de producción del litro de leche, en pequeños ganaderos de la comunidad de Sivicusig, cantón Sigchos, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, 5(4), 4474 - 4489. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.632
- Changoluisa, D. (2017). *Evaluación del efecto de dosis bajas de samatotropina bovina recombinante sobre el porcentaje de concepción en vacas lecheras de alta producción al pastoreo*. [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador], DSpace UCE: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/71087a3c-3f4c-4099-b428-9a5f17ea72ed/content>
- Cruz, E. D., Simbaña, P., y Bonifaz, N. (2018). Gestión de calidad de leche de pequeños y medianos ganaderos de centros de acopio y queserías artesanales, para la mejora continua. caso de estudio: Carchi, Ecuador. *La Granja Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1). <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/27.2018.10>
- Cuervo, R. (2017). *Efecto de la adición de GnRH sobre la tasa de preñez de vacas de carne sincronizadas con dispositivos P4 y ECP*. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/5977/Cuervo%2C%20R.%20Efecto%20de%20la%20adici%C3%B3n%20de%20GnRH%20sobre%20la%20tasa%20de%20pre%C3%B1ez%20de%20vacas...pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, R. (2004). "Efecto de un tratamiento de somatotropina bovina al momento de la inseminación en la fertilidad de vacas Holstein de primer servicio sincronizadas con prostaglandina". [Repositorio Institucional de la UNAM,

Universidad Nacional Autónoma de México]:
<https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000330567/3/0330567.pdf>

Ekos Negocios. (2019). *Producción de leche en Ecuador*. Ekos Negocios:
<https://ekosnegocios.com/articulo/produccion-de-leche-en-ecuador>

Ferruncho, P., y Lopera, R. (2019). *Muerte embrionaria en bovinos*. Repositorio Institucional UCC:
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/dc154fba-cb7c-4d9b-a52c-3988fd896dac/content>

Filipiak, Y., Viqueira, M., y Bielli, A. (2016). Desarrollo y dinámica de los folículos ováricos desde la etapa fetal hasta la prepuberal en bovinos. *Veterinaria*, 52(202), 14-22. <https://doi.org/http://www.scielo.edu.uy/pdf/vet/v52n202/v52n202a02.pdf>

GAD Montúfar. (2020). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial cantón Montúfar*.
https://gadmontufar.gob.ec/documents/PD%20y%20OT%20MONTUFAR%202015_2031.pdf

GAD San Isidro. (2023). GAD San Isidro. Ubicación :
<http://www.gpsanisidro.gob.ec/page/ubicacion/>

García, L. (6 de septiembre de 2021). *Gonadotropinas: ¿Qué son y cuáles son sus funciones?* Reproducción Asistida ORG:
<https://www.reproduccionasistida.org/gonadotropina/#donde-se-producen>

Grijalva, J. (2016). La Asociación de ganaderos de la sierra y el oriente del Ecuador. . *Telegrafo* (en línea). <http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/produccion-lecheramue-700-millones-al-ano.html>.

Guamán, J. (2019). *Evaluación del porcentaje de preñez en vacas Holstein mestizas aplicando GnRH en el momento de la inseminación artificial, en protocolos de sincronización de la ovulación E2-P4-PGF2 alfa*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca], DSpace UPS:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18302/1/UPS-CT008670.pdf>

Guilcapi, C. (2022). *Evaluación de la hormona (bST) sobre el porcentaje de concepción en vacas Holstein mestizas sincronizadas con el protocolo OVSYNCH*. [Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] DSpace ESPOCH:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17153/1/20T01561.pdf>

- Guzman, C. (2024). *Alpicación de la GnRH post-inseminacion con semen sexado sobre la preñes de vacas Holstein de crianza intesiva*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Crístobal de Huamanga] Repositorio Institucional UNSCH: <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ff660dd6-4569-4240-8196-ab304f951c93/content>
- Hernández, J. (2016). *Fisiología clínica de la reproduccion de bovinos lecheros*. Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia_Clinica.pdf
- Hernández, J., y Gutiérrez, C. (2013). Somatotropina bovina recombinante y reproducción en bovinos, ovinos y caprinos. *Agrociencia*, 47(1), 35-45. https://www.researchgate.net/publication/260124475_Recombinant_bovine_somatotropin_and_reproduction_in_cattle_sheep_and_goat
- INEC. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria*. Instituto Nacional de Estadística y Censo: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Intagri S.C. (2018). Parámetros Reproductivos del Ganado Bovino. *Serie Ganadería*(15).
<https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/parametros-reproductivos-del-ganado-bovino>
- Jiménez, A. (9 de mayo de 2018). *La aplicación de progesterona post-inseminación aumenta la fertilidad en vacas inseminadas a tiempo fijo*. BM Editores: <https://bmeditores.mx/ganaderia/la-aplicacion-de-progesterona-post-inseminacion-aumenta-la-fertilidad-en-vacas-inseminadas-a-tiempo-fijo-1323/>
- Layme, P., y Málaga, J. (2019). Efecto de GnRH y eCG en la tasa de concepcion y niveles de progesterona en vacas inseminadas a celo natural. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado*, 8(3), 1164 - 1172. <https://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/view/1007/263>
- León, R., Bonifaz, N., y Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador: siembra y producción de pasturas*. Editorial Universitaria Abya-Yala . <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>
- López, F., Santolaria, P., Martino, A., Delétang, F., y F. De Rensis. (2006). Los efectos del tratamiento con GnRH en el momento de la IA y 12 días después sobre el

rendimiento reproductivo de vacas lecheras de alta producción durante la estación cálida en el noreste de España. *Theriogenology*, 65(4), 820-830. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.07.002>

López, J. (2022). *Hormonas que regulan la reproducción*. R.Vet: <https://www.reproduccionveterinaria.com/fisiologia-y-anatomia-obstetrica/fisiologia-obstetrica2/hormonas-que-regulan-la-reproduccion/>

López, M. (2012). *Regulación neurológica y hormonal de la función reproductora. Fisiología de la pubertad y del climaterio*. https://www.chospab.es/area_medica/obstetriciaginecologia/docencia/seminarios/2012-2013/sesion20120620.pdf

Magalhães, N. (22 de 09 de 2020). *Tasa de concepcion*. Uniform agri: <https://www.uniform-agri.com/es/blog-es/tasa-de-concepcion/#:~:text=Llamamos%20tasa%20de%20concepci%C3%B3n%20a,inseminadas%20en%20un%20per%C3%ADodo%20determinado.>

McCarthy, S., Horan, B., Dillon, P., O'Connor, P., Rath, M., y Shallo, L. (2007). Comparación económica de cepas divergentes de vacas Holstein-Friesian en varios sistemas de producción basados en pastos. *Revista de ciencia láctea*, 90(3), 1493-1505. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71635-1](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71635-1)

Mencía, G. (2019). *Efecto de la somatotropina bovina zinc (rbST) en el desempeño productivo y reproductivo de vacas lecheras*. [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana], Bdigital.zamorano: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/38b89440-5454-48aa-abb3-bb2c1f50055d/content>

Ninobanda, J. (2018). Impacto del balance energético negativo en vacas lecheras tratadas con somatotropina recombinante bovina. *Revista Veterinaria*, 29(1). <https://doi.org/10.30972/vet.2912794>



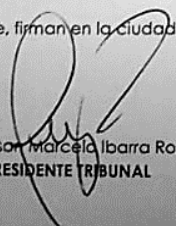
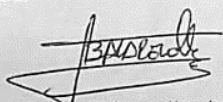

Ortega, J., Favela, J., Hernández, J., y Pawoli, C. (2011). Efecto de la aplicación de un implante de progesterona en vacas repetidoras Holstein - Friesian en la Comarca Lagunera, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 10(1), 73 - 78. <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545060010.pdf>

Ortiz, N. (2018). *Perdida Embrionaria en bovinos*. Repositorio Institucional UCC: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/4c42ce81-5f9c-4dba-b673-46ff3dd7d322/content>

- Prefectura del Carchi. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Actualización 2019-2023*.
<https://carchi.gob.ec/2016f/phocadownload/PDOT/PDOT%20Resumen%20ejecutivo.pdf>
- Ropero, A. (2013). *La popularidad insólita de la Hormona de Crecimiento (GH)*. Blogspot.com: <https://las-hormonas.blogspot.com/2013/04/la-popularidad-insolita-de-la-hormona.html>
- Rosero, J. (2011). Pastos y forrajes en la alimentación del ganado. *Revista Tierra Adentro*. <https://revistatierraadentro.com/index.php/ganaderia/194-pastos-y-forrajes>
- Satellites.pro. (2023). *Mapa de Ecuador*. Satellites.pro: https://satellites.pro/mapa_de_Ecuador#0.584609,-77.993993,17
- Soutelo, J., y Faraj, G. (2015). Acciones fisiológicas de la prolactina y los andrógenos en la reproducción. *Revista SAEGRE*, 22(1).
<https://www.saegre.org.ar/revista/numeros/2015/n1/30-38-2015n1.pdf>
- Ungerfeld, R. (2020). *Reproducción de los animales domésticos*. Edra - Grupo Asís. https://www.researchgate.net/publication/343295606_REPRODUCCION_DE_LOS_ANIMALES_DOMESTICOS
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2021). *Fases del ciclo estral. Reproducción de animales domésticos*. Unam. mx: <https://reproduccionanimalesdomesticos.fmvz.unam.mx/libro/capitulo6/fases-del-ciclo-estral.html>
- Velasteguí, E. (2012). *Administración de GnRH y HCG post inseminación artificial, para incrementar la fertilidad en vacas Holstein mestizas*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. DSpace ESPOCH: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2083/1/17T01113.pdf>
- Zapata, J. (9 de agosto de 2022). *Evaluación del efecto de la somatropina bovina recombinante (rbTS) sobre parámetros reproductivos, de vacas sometidas al pastoreo en el cantón Cumandá de la provincia de Chimborazo*. [Tesis de posgrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo], DSpace ESPOCH: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17184/1/20T01577.pdf>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI			
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA DE AGROPECUARIA ACTA DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR					
ESTUDIANTE:		Parilla Yamberla David Alejandro		CÉDULA DE IDENTIDAD: 0450067046	
PERIODO ACADÉMICO:		2025A		DOCENTE TUTOR: Ph.D. Luis Rodrigo Balarezo Urresta	
PRESIDENTE TRIBUNAL		MSC. Edison Marcelo Ibarra Rosero			
DOCENTE:		MSC. Haddy Daniela Jácome Lucero			
TEMA DEL TIC:		Evaluación del efecto de dos tratamientos hormonales con gonadotropinas (GnRH) y somatotropina (rbTS) sobre la tasa de concepción de vacas Holstein mestizas sometidas al pastoreo en la Hacienda San Isidro, cantón Espejo.			
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES		
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9.00			
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9.00			
3	METODOLOGÍA	9.00			
4	RESULTADOS	9.00			
5	DISCUSIÓN	9.00			
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9.00			
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9.00			
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	9.00			
Obteniendo una nota de: 9.00 Por lo tanto, APRUEBA : debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:					
Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.					
Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el jueves, 6 de marzo de 2025					
		 MSC. Edison Marcelo Ibarra Rosero PRESIDENTE TRIBUNAL		 Ph.D. Luis Rodrigo Balarezo Urresta DOCENTE TUTOR	
		 MSC. Haddy Daniela Jácome Lucero DOCENTE			

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND
NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Portilla Yamberla David Alejandro				
DATE: Jueves, 13 de marzo de 2025				
Topic: Evaluación del efecto de dos tratamientos hormonales con gonadotropinas (GnRH) y somatotropina (rbTS) sobre la tasa de concepción de vacas Holstein mestizas sometidas al pastoreo en la Hacienda San Isidro, cantón Espejo.				
MARKS AWARDED QUANTITATIVE AND QUALITATIVE				
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o
Investigación.**

Autor: Portilla Yamberla David Alejandro

Fecha de recepción del abstract: Miércoles, 12 de marzo de 2025

Fecha de entrega del informe: Jueves, 13 de marzo de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros
Docente responsable del
CIDEN

Anexo 3 Evidencias



Figura 7. Identificación y colocación de parches detectores de celo



Figura 8. Inseminación artificial

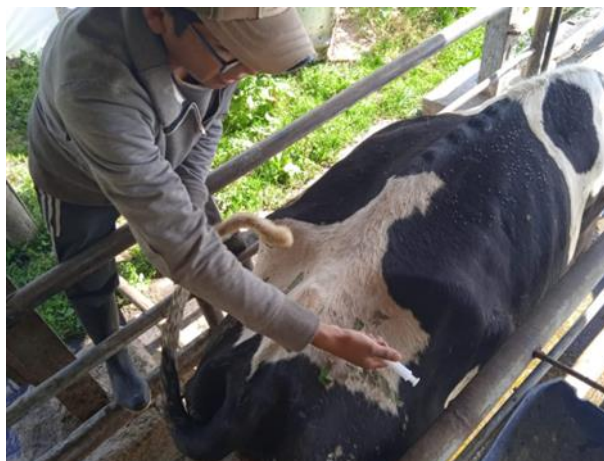


Figura 9. Aplicación de tratamientos hormonales (GnRH)



Figura 10. Aplicación de tratamientos hormonales (rbTS)