

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia



**Efecto del uso del semen convencional y semen sexado en la tasa de
concepción en vacas Holstein Friesian**

Tesis presentada por el Bachiller:

Illanes Gutierrez, Ivan

ORCID: 0009-0000-0024-7335

para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista

Asesor:

Dr. Delgado Fernández, Ronnie Christian

ORCID: 0000-0003-2422-4837

Arequipa – Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 28 de Diciembre del 2024

Dictamen: 011624-C-EPMVZ-2024

Visto el borrador del expediente 011624, presentado por:

2018185201 - ILLANES GUTIERREZ IVAN

Título de:

**EFFECTO DEL USO DEL SEMEN CONVENCIONAL Y SEMEN SEXADO EN LA TASA DE CONCEPCIÓN
EN VACAS HOLSTEIN FRIESIAN**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

**29470814 - ZEGARRA PAREDES JORGE LUIS
DICTAMINADOR**



**40688434 - AGUILAR BRAVO HERBERT MISHAELEF
DICTAMINADOR**



**01325231 - LAZARTE ORDOÑEZ BETHZABETH
DICTAMINADOR**



Efecto del uso del semen convencional y semen sexado en la tasa de concepción en vacas Holstein Friesian

INFORME DE ORIGINALIDAD

29% <small>EN</small>	26%	8%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.bioone.org Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	www.iowabeefcenter.org Fuente de Internet	2%
4	www.researchgate.net Fuente de Internet	2%
5	www.freepatentsonline.com Fuente de Internet	2%
6	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	2%
7	ojs.alpa.uy Fuente de Internet	1%
8	asp.zut.edu.pl Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

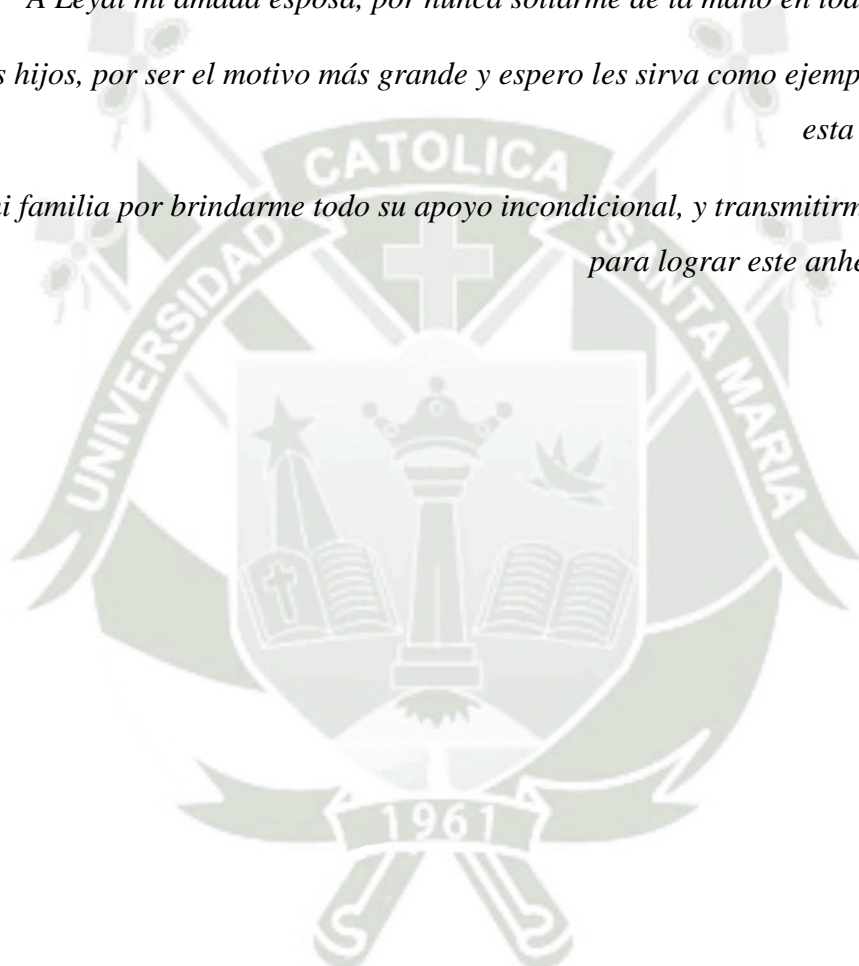
Dedico mi tesis a Dios por darme la fuerza necesaria para no desistir de lograr este objetivo.

A mis padres por darme la vida y su amor, por darme esa motivación de seguir adelante en ser cada día mejor persona y profesional.

A Leydi mi amada esposa, por nunca soltarme de la mano en todo este camino.

A mis hijos, por ser el motivo más grande y espero les sirva como ejemplo que todo en esta vida se puede.

A mi familia por brindarme todo su apoyo incondicional, y transmitirme esas fuerzas para lograr este anhelado objetivo.



AGRADECIMIENTOS

Gracias de corazón a mi asesor de tesis, el Dr. Christian Delgado Fernández. Gracias por su paciencia, dedicación, motivación y aliento. Han hecho fácil lo difícil. Ha sido un privilegio poder contar con guía y ayuda en todo este proceso.

Gracias a mis padres, por su amor y su apoyo moral, también expreso mi gratitud a mis hermanos (as) por estar siempre presente, por su apoyo moral que brindaron en esta etapa de mi vida.

Un agradecimiento profundo a mi esposa e hijos, gracias por estar en cada momento, brindándome su amor, aliento, y por creer en mí, que sin ellos no hubiese sido posible lograr este anhelado sueño de ser profesional.

A mis padrinos que me han apoyado de manera afectiva y motivacional en el trayecto de esta carrera universitaria.

Agradecimiento especial a los docentes de esta escuela, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de esta preparación universitaria, de manera especial a mi asesor de tesis.

Agradezco a la Universidad Católica De Santa María por permitirme concluir de manera exitosa mi carrera profesional.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar el efecto del uso del semen convencional y semen sexado en la tasa de concepción en vacas Holstein Friesian. Para tal objetivo se trabajó con dos grupos de vacas: el primero fue inseminado con semen convencional y el segundo con semen sexado SexCel ABS , 25 vacas para cada grupo. La detección del celo se realizó visualmente, observando signos de estro, y se confirmó que todas las vacas cumplieran el Período de Espera Voluntario (PEV) de 60 días después del parto. La inseminación se llevó a cabo siguiendo el protocolo AM-PM, y la preñez fue diagnosticada mediante ultrasonografía transrectal 21 días post-inseminación.; finalmente se sometieron los datos obtenidos al análisis estadístico correspondiente entre ellos a la prueba no paramétrica de Chi cuadrado. En respuesta al primer objetivo específico de esta tesis de determinar la tasa de concepción usando semen convencional en vacas Holstei Friesian se observaron 12 vacas preñadas (48%) por otro lado el resultado al segundo objetivo específico que indica determinar la tasa de concepción usando semen sexado en vacas Holstein Friesian se obtuvo un total de 10 vacas preñadas (40%), a pesar de estas diferencias numéricas, una vez los datos fueron sometidos a la prueba de Chi cuadrado se determina que no existe diferencia estadística significativa entre las tasas de preñez obtenidas con semen convencional (48%) y semen sexado (40%) a un nivel de significancia del 5%. En conclusión, si bien el semen convencional mostró una tasa de concepción ligeramente mayor en comparación con el semen sexado, ambos tipos de semen pueden ser considerados opciones viables para la inseminación artificial en vacas Holstein Friesian, dependiendo de los objetivos específicos de producción y reproducción de la finca.

Palabras clave: tasa de preñez, vaca, semen sexado, inseminación artificial

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effect of using conventional semen and sexed semen on the pregnancy rate in Holstein Friesian cows. For this purpose, two groups of cows were studied: the first group was inseminated with conventional semen, and the second with SexCel ABS sexed semen, with 25 cows in each group. Estrus detection was performed visually by observing signs of estrus, and it was confirmed that all cows had met the Voluntary Waiting Period (VWP) of 60 days postpartum. Insemination was conducted following the AM-PM protocol, and pregnancy was diagnosed via transrectal ultrasonography 21 days post-insemination. The collected data were then subjected to the corresponding statistical analysis, including the non-parametric Chi-square test. In response to the first specific objective of this thesis, which was to determine the pregnancy rate using conventional semen in Holstein Friesian cows, 12 cows were found to be pregnant (48%). In contrast, the result for the second specific objective, which was to determine the pregnancy rate using sexed semen in Holstein Friesian cows, showed a total of 10 pregnant cows (40%). Despite these numerical differences, once the data were subjected to the Chi-square test, it was determined that there is no statistically significant difference between the pregnancy rates obtained with conventional semen (48%) and sexed semen (40%) at a 5% significance level. In conclusion, although conventional semen showed a slightly higher pregnancy rate compared to sexed semen, both types of semen can be considered viable options for artificial insemination in Holstein Friesian cows, depending on the specific production and reproductive goals of the farm.

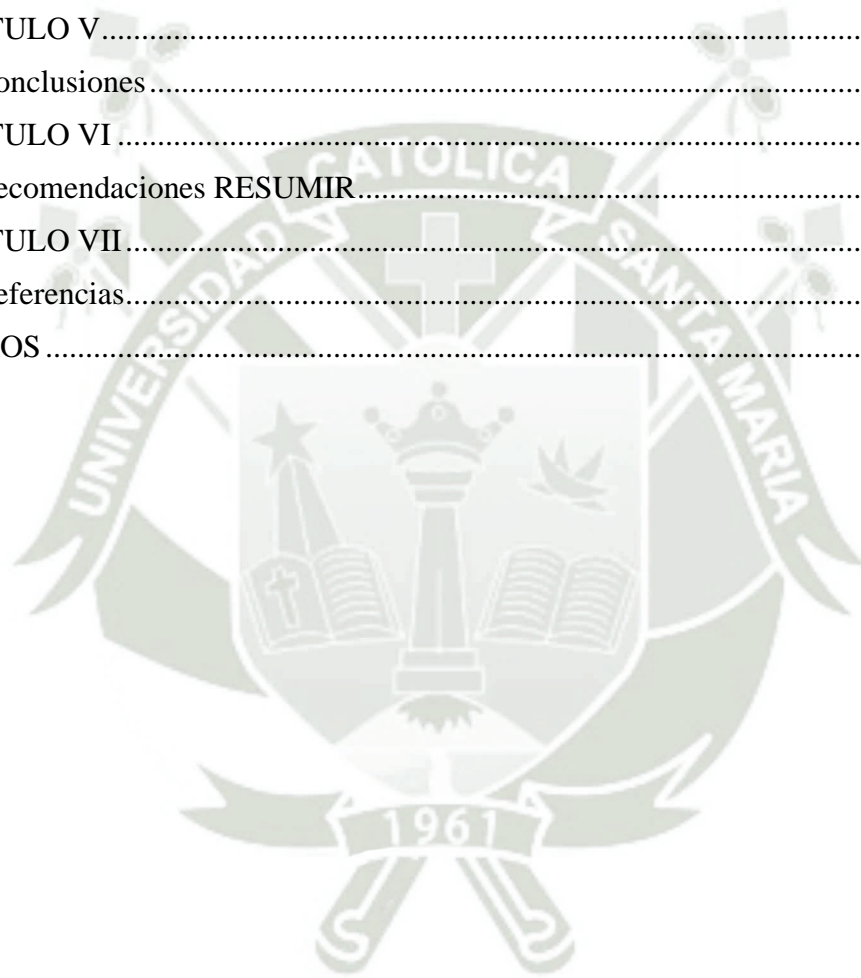
Keywords: pregnancy rate, cow, sexed semen, artificial insemination

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE GRÁFICAS	
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Enunciado del Problema.....	2
1.2. Descripción del problema.....	2
1.3. Justificación del trabajo.....	2
1.3.1. Aspecto general	2
1.3.2. Aspecto tecnológico	3
1.3.3. Aspecto social.....	3
1.3.4. Aspecto económico.....	3
1.3.5. Importancia.....	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEORICO.....	6
2.1. Análisis bibliográfico	6
Anatomía y fisiología reproductiva de la hembra bovina	6
Ciclo estral de la vaca.....	8
Sincronización del estro en el manejo reproductivo	11
Protocolos de sincronización utilizados en el manejo reproductivo	14
Historia de la inseminación artificial	20
Protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)	22
Evaluación del comportamiento reproductivo de la vaca	24

Semen sexado.....	28
Historia del semen sexado en la Inseminación artificial	28
El sexado de semen por citometría de flujo	32
Semen sexado por láser de inactivación (Sexcel ABS).....	33
2.2. Antecedentes de investigación	34
2.2.1. Análisis de tesis	34
2.2.2. Análisis de trabajos de investigación.....	39
CAPÍTULO III	42
3. MATERIALES Y METODOS	43
3.1. Materiales.....	43
3.1.1. Localización del trabajo.....	43
3.1.1.1. Espacial.....	43
3.1.1.2. Temporal.....	43
3.1.2. Materiales biológicos.....	43
3.1.3. Materiales de campo.....	43
3.1.4. Materiales de escritorio	44
3.1.5. Equipos y maquinarias.....	44
3.2. Métodos.....	44
3.2.1. Muestreo	44
3.2.1.1. Universo.....	44
3.2.1.2. Tamaño de muestra.....	44
3.2.1.3. Procedimiento de muestreo.....	45
3.2.2. Formación de unidades experimentales de estudio	45
3.2.3. Métodos de evaluación	45
3.2.2.1. Metodología de la experimentación.....	45
3.2.2.2. Recopilación de la información	46
3.3. Variables de respuesta.....	47
3.3.1. Variables independientes.....	47
3.3.2. Variables dependientes.....	47
3.3.3. Operacionalización de las variables	47
3.4. Evaluación estadística	47
3.4.1. Diseño Experimental	47
3.4.1.1. Unidades experimentales	47
3.4.1.2. Diseño de tratamientos.....	48
3.4.2. Análisis estadístico	48

3.4.2.1. Análisis de significancia	48
3.4.2.2. Pruebas no paramétricas	48
CAPÍTULO IV	49
4. RESULTADOS Y DISCUSION	50
4.1. Determinación de la tasa de concepción usando semen convencional en vacas Holstein Friesian.	50
4.2. Determinación de la tasa de concepción usando semen sexado en vacas Holstein Friesian.	52
CAPÍTULO V.....	56
5. Conclusiones.....	57
CAPÍTULO VI.....	58
6. Recomendaciones RESUMIR.....	59
CAPÍTULO VII.....	60
7. Referencias.....	61
ANEXOS	67



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Diagrama y fotografía del tracto reproductivo de la vaca.....	6
Figura 02. Diagrama de un ciclo estral de 21 días en el que no se produce preñez	9
Figura 03. Gráfico de los cambios anatómicos y hormonales que ocurren durante un ciclo estral típico de 21 días	11
Figura 04. Esquema de sincronización de celo mediante protocolo Presynch.....	16
Figura 05. Protocolos clásicos Ovsynch.....	17
Figura 06. Programa Cosynch	18
Figura 07. Ilya Ivanovich Ivanov (Rusia).....	21
Figura 08. Sexaje de semen por citometría de flujo	33
Figura 09. Proceso de sexaje de semen por láser de inactivación	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Tasa de concepción en vacas inseminadas con semen convencional.....	50
Tabla 02. Tasa de concepción en vacas inseminadas con semen sexado	52
Tabla 03. Comparación de la tasa de concepción obtenida por inseminación con semen convencional y semen sexado en vacas Holstein Friesian.	54



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 01. Distribución de vacas inseminadas con semen convencional	51
Gráfico 02. Distribución de vacas inseminadas con semen sexado	53
Gráfico 03. Tasa de concepción obtenidas con semen convencional y sexado.....	55



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Preparación de instrumental de inseminación.....	71
Fotografía 2. Revisión ginecológica de la vaca en celo a inseminar	71
Fotografía 3. Vaca en excelente estado para ser inseminada (flujo cervical limpio)	72
Fotografía 4. A temperatura del agua para descongelar la pajilla	72
Fotografía 5. Identificar la canastilla del toro a utilizarse	73
Fotografía 6. Destapar el termo criogénico con mucho cuidado	73
Fotografía 7. Observamos el nombre y código del toro utilizado	74
Fotografía 8. Descongelamos la pajilla por 40 segundos	74
Fotografía 9. Secamos la pajilla con papel, y luego cortamos el extremo indicado.....	75
Fotografía 10. Con mucho cuidado lo ubicamos en la pistola de inseminación	75
Fotografía 11. Montaje de la funda de inseminación, para luego ser fijada con el embolo de la pistola o aplicador de semen.....	76
Fotografía 12. Con un papel limpiamos bien la parte de la vulva	76
Fotografía 13. Introducimos el aplicador o pistola de inseminación en Angulo de 45°, para evitar de introducir en la vejiga.....	77
Fotografía 14. Rompemos la sobre funda, y pasamos el cérvix.....	77
Fotografía 15. Una vez seguros de haber pasado cérvix, depositamos el semen en el punto blanco del útero	78
Fotografía 16. Finalmente hacemos un masajeo en el clítoris de la vaca.....	78
Fotografía 17. Sujeción del animal.....	79
Fotografía 18. Realizando el examen ecográfico	79

Fotografía 19. Observación de las imágenes ecográficas en el momento	79
Fotografía 20. Cuernos uterinos vacíos	80
Fotografía 21. Cuernos uterinos vacíos	80
Fotografía 22. Embrión con 30 días de gestación	81
Fotografía 23. Cuerno uterino con embrión de 30 días	81





1. INTRODUCCIÓN

1.1. Enunciado del Problema

“Efecto del uso del semen convencional y semen sexado en la tasa de concepción en vacas Holstein Friesian”

1.2. Descripción del problema

El presente trabajo de investigación se centra en la aplicación de tecnologías de inseminación artificial que permiten la selección del sexo de las crías bovinas. Las vacas Holstein son ampliamente reconocidas por su alto rendimiento lechero en la industria lechera, y la selección del sexo de las crías puede tener un impacto significativo en la producción y la eficiencia de la cría.

La tesis busca evaluar si el uso de semen sexado, que permite inseminar a las vacas con esperma que lleva un cromosoma sexual específico para obtener terneros de un sexo deseado, influye en la tasa de concepción de las vacas Holstein. Este enfoque es relevante tanto desde una perspectiva económica como de bienestar animal, ya que la preferencia por terneros de un sexo específico puede variar según los objetivos de los ganaderos y las necesidades del mercado.

1.3. Justificación del trabajo

1.3.1. Aspecto general

Dentro de la industria ganadera, la raza Holstein se destaca por su alto potencial lechero y su amplia distribución a nivel mundial. La eficiencia reproductiva en las vacas Holstein es un factor crítico para mantener la sostenibilidad de las explotaciones lecheras, ya que incide directamente en la producción de leche y la rentabilidad de los ganaderos.

El presente estudio, surge como respuesta a la creciente importancia de entender cómo el uso de semen sexado incide en la eficiencia reproductiva de la raza Holstein. Es necesario llevar a cabo investigaciones científicas rigurosas para evaluar de manera objetiva el impacto de esta tecnología en la tasa de concepción, teniendo en cuenta factores como la calidad del semen, las condiciones de manejo, y la variabilidad individual de las vacas.

1.3.2. Aspecto tecnológico

En la actualidad, el sector agropecuario se enfrenta a desafíos significativos, y la ganadería, en particular, está evolucionando hacia sistemas de producción más eficientes y sostenibles. La tecnología desempeña un papel crucial en este proceso, al proporcionar herramientas innovadoras que permiten a los ganaderos mejorar la productividad y la rentabilidad de sus explotaciones.

Estas tecnologías permiten a los ganaderos realizar una selección precisa del sexo de la descendencia y, en consecuencia, influir en la composición de su rebaño de manera más controlada. El semen sexado se ha convertido en una herramienta valiosa que abre nuevas oportunidades para la gestión de la genética del ganado Holstein.

1.3.3. Aspecto social

La tasa de concepción en las explotaciones ganaderas está directamente relacionada con la rentabilidad de los ganaderos y, en última instancia, con el bienestar económico de las comunidades rurales que dependen de la ganadería como fuente de empleo y desarrollo económico. Mejorar la eficiencia reproductiva puede ayudar a garantizar la sostenibilidad de estas comunidades y la estabilidad en las áreas rurales.

Además, la tecnología del semen sexado abre nuevas posibilidades en la gestión de los rebaños, permitiendo a los ganaderos seleccionar genéticamente a sus animales y adaptarse a las demandas cambiantes del mercado.

1.3.4. Aspecto económico

El uso de tecnologías reproductivas avanzadas, como el semen sexado, representa una oportunidad significativa para mejorar la eficiencia reproductiva en la ganadería Holstein. El aumento de la tasa de concepción en las vacas puede llevar a una mayor producción de leche y una mayor disponibilidad de carne de alta calidad en el mercado. Esto tiene implicaciones económicas directas, ya que la producción de alimentos es una fuente importante de ingresos para los ganaderos.

Una mayor eficiencia reproductiva puede traducirse en una disminución de los costos de producción y un aumento de los ingresos, lo que contribuye a la estabilidad financiera de los ganaderos.

1.3.5. Importancia

Comprender cómo diferentes tipos de semen afectan las tasas de concepción puede mejorar significativamente la eficiencia reproductiva en los hatos, lo que se traduce en beneficios económicos para los productores.

El uso de semen sexado permite seleccionar el sexo de las crías, lo que es particularmente valioso para la industria lechera, donde la preferencia por hembras puede optimizar la rentabilidad a largo plazo. Por otro lado, el semen convencional sigue siendo una opción importante, y su comparación con el semen sexado puede revelar información valiosa sobre su eficacia en diferentes condiciones.

Además, esta investigación puede contribuir al desarrollo de prácticas más sostenibles y adaptadas a las necesidades específicas de los ganaderos, promoviendo así el bienestar animal y la productividad del sector. En un contexto donde la eficiencia y la sostenibilidad son cada vez más importantes, los hallazgos de esta tesis pueden ofrecer herramientas prácticas para mejorar la gestión reproductiva en las explotaciones de vacas Holstein Friesian.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto del uso del semen convencional y semen sexado en la tasa de concepción en vacas Holstein Friesian.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la tasa de concepción usando semen convencional en vacas Holstein.
- Determinar la tasa de concepción usando semen sexado en vacas Holstein.

1.5. Hipótesis

Dado que el semen sexado permite una selección precisa del sexo de la descendencia y se ha convertido en una tecnología de reproducción ampliamente utilizada en la ganadería Holstein, es probable que la tasa de concepción en las vacas inseminadas con semen sexado sea similar o superior en comparación con las inseminadas con semen convencional. Se espera que el grupo de vacas inseminadas con semen sexado presente una tasa de concepción superior en comparación con el grupo inseminado con semen convencional, lo que respaldaría la hipótesis de que el uso del semen sexado tiene un impacto positivo en la eficiencia reproductiva de la raza Holstein.



2. MARCO TEORICO

2.1. Análisis bibliográfico

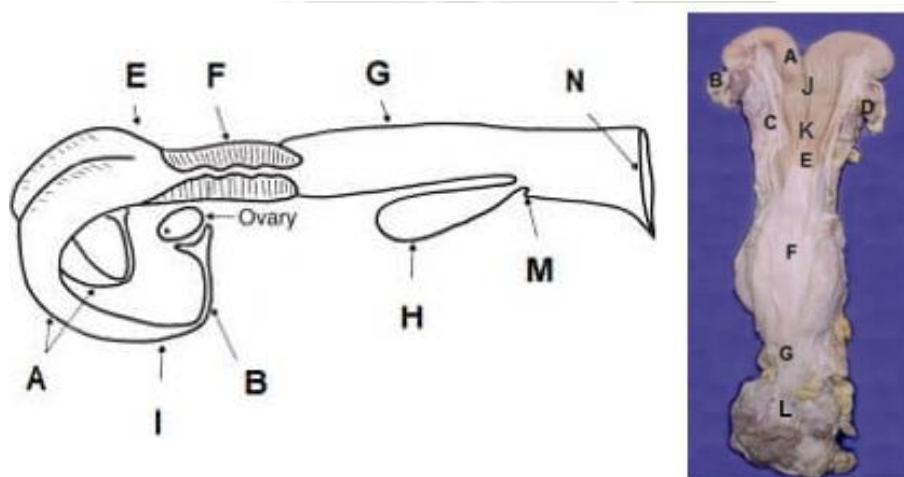
Anatomía y fisiología reproductiva de la hembra bovina

Anatomía

El ovario es el principal órgano reproductor femenino y tiene dos funciones importantes: producir la célula reproductora femenina (el óvulo u óvulo) y producir las hormonas estrógeno y progesterona. Los dos ovarios de la vaca son órganos de forma ovalada o con forma de frijol que miden entre 1 y 1,5 pulgadas de largo y están ubicados en la cavidad abdominal (1).

Los órganos sexuales secundarios son una serie de tubos que reciben el semen, transportan los espermatozoides al óvulo para que pueda ser fertilizado, nutren al óvulo fertilizado (embrión) y permiten que nazca la cría. Estos órganos incluyen la vagina, el cuello uterino, el útero, los cuernos uterinos y los oviductos (también llamados trompas de Falopio), cada uno de los cuales tiene una abertura en forma de embudo llamada infundíbulo. La Figura 1 presenta un diagrama de la anatomía completa del tracto reproductivo (1).

Figura 01. Diagrama y fotografía del tracto reproductivo de la vaca



A. Cuerno uterino; B. Oviducto; C. Ligamento ancho; D. Ovario; E. Cuerpo del útero; F. Cérvix; G. Vagina; H. Vejiga; I. Infundíbulo; J. ligamento intercornual; K. Septo intercornual; L. Vestíbulo; M. Divertículo sub-uretral; N. Vulva.

Fuente: (2)

Regulación hormonal del tracto reproductivo

La reproducción normal en la hembra depende de las hormonas, que son sustancias químicas específicas producidas por glándulas especializadas, llamadas glándulas endocrinas. Estas secreciones pasan a los fluidos corporales (sangre y linfa) y son transportadas a diversas partes del cuerpo donde ejercen varios efectos específicos. La hormona femenina, el estrógeno, es producida por el folículo de Graaf. Una segunda hormona del ovario es la progesterona producida por el cuerpo lúteo. Cada uno tiene un papel importante en el proceso reproductivo femenino (3).

El estrógeno tiene efectos variados:

- a) responsable del desarrollo y funcionamiento de los órganos sexuales secundarios.
- b) responsable del inicio del celo, el estro, el período de receptividad sexual,
- c) afecta la tasa y el tipo de crecimiento, especialmente la deposición de grasa, y
- d) prepara a la novilla prepúber y a la vaca posparto para el inicio de la actividad sexual.

La progesterona es la hormona del embarazo. Suprime el desarrollo posterior de los folículos y la secreción de estrógeno. Mientras se produce progesterona, la hembra no entra en celo. La progesterona es necesaria para preparar el útero para recibir el óvulo fertilizado y mantener el ambiente uterino adecuado para el mantenimiento del embarazo (3).

El estrógeno y la progesterona no tienen efectos completamente separados, ya que ambos son necesarios para el desarrollo completo de órganos importantes. El desarrollo del útero lo inician los estrógenos y lo completa la progesterona. El óvulo fertilizado no se implantará ni sobrevivirá en el útero a menos que ese tejido haya sido preparado adecuadamente por la acción de los estrógenos y luego de la progesterona. El estrógeno provoca contracciones rítmicas del útero. La progesterona, por el contrario, tiene un efecto calmante sobre el útero, por lo que no se producen contracciones que puedan perturbar el embarazo (3).

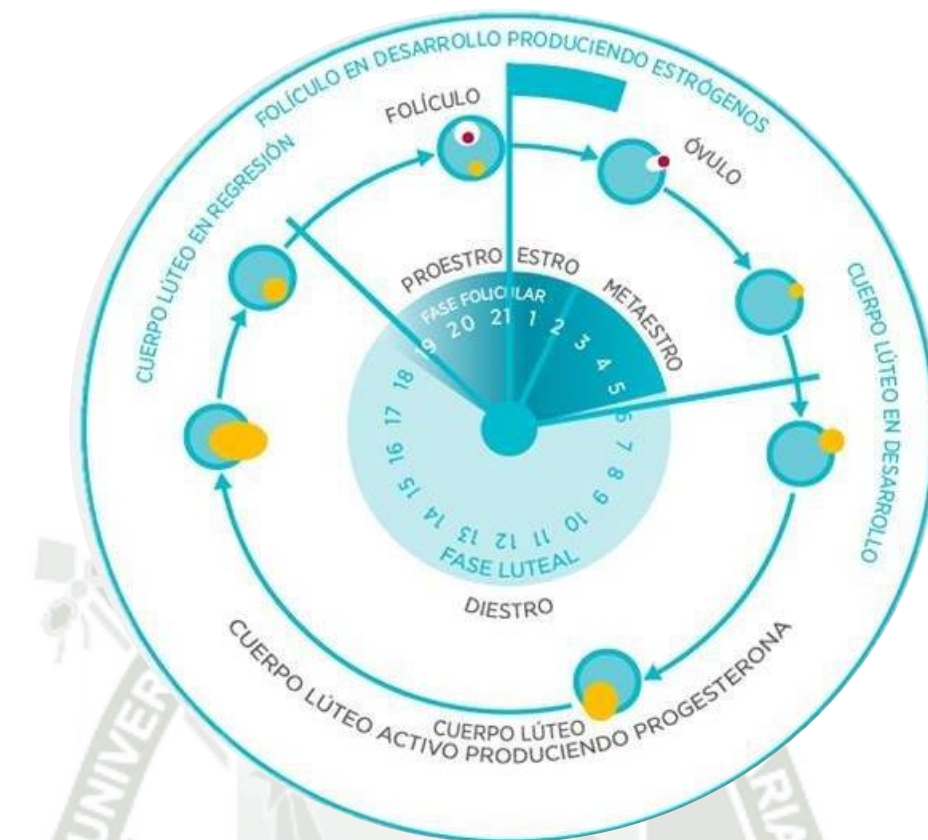
El desarrollo completo de la glándula mamaria también depende de ambas hormonas. El estrógeno promueve el crecimiento del sistema de conductos y la progesterona es necesaria para el desarrollo de los grupos de alvéolos secretores de leche en los conductos. Así, se puede observar que, en general, los estrógenos hacen que las cosas sucedan y la progesterona las calma. Al igual que en el macho, la producción de hormonas del ovario está bajo la influencia directa de las hormonas gonadotróficas de la glándula pituitaria anterior, ubicada en la base del cerebro. Los nombres de hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) se dieron debido a los efectos de estas hormonas en la mujer. La FSH estimula el crecimiento, desarrollo y función del folículo, mientras que la LH provoca la rotura del folículo y el desarrollo del cuerpo lúteo (3).

Ciclo estral de la vaca

El ciclo reproductivo de la vaca consta de una serie de eventos que ocurren en un orden definido durante un período de días. El ciclo estral de la vaca tiene una duración promedio de 21 días (el rango es de 17 a 24). Durante este tiempo, el tracto reproductivo se prepara para el estro o celo (el período de receptividad sexual) y la ovulación (liberación de óvulos). Las Figuras 2 y 3 describen la secuencia de cambios anatómicos y hormonales que ocurren durante un ciclo típico de 21 días en el que no ocurre embarazo (4).

- **Día 0:** La vaca está en celo (celo permanente) debido a una mayor concentración de estrógeno. A medida que los niveles de estrógeno alcanzan un cierto umbral, la pituitaria libera una oleada de LH. Cerca del final del celo permanente, el folículo de Graaf maduro ovula (se rompe) en respuesta a este aumento de LH (4).
- **Días 1-2:** Las células que anteriormente recubrían el folículo cambian y se convierten en células lúteas del cuerpo lúteo. Este cambio en la forma celular es causado por la acción hormonal, principalmente la acción de la LH (4).

Figura 02. Diagrama de un ciclo estral de 21 días en el que no se produce preñez



Fuente: (5)

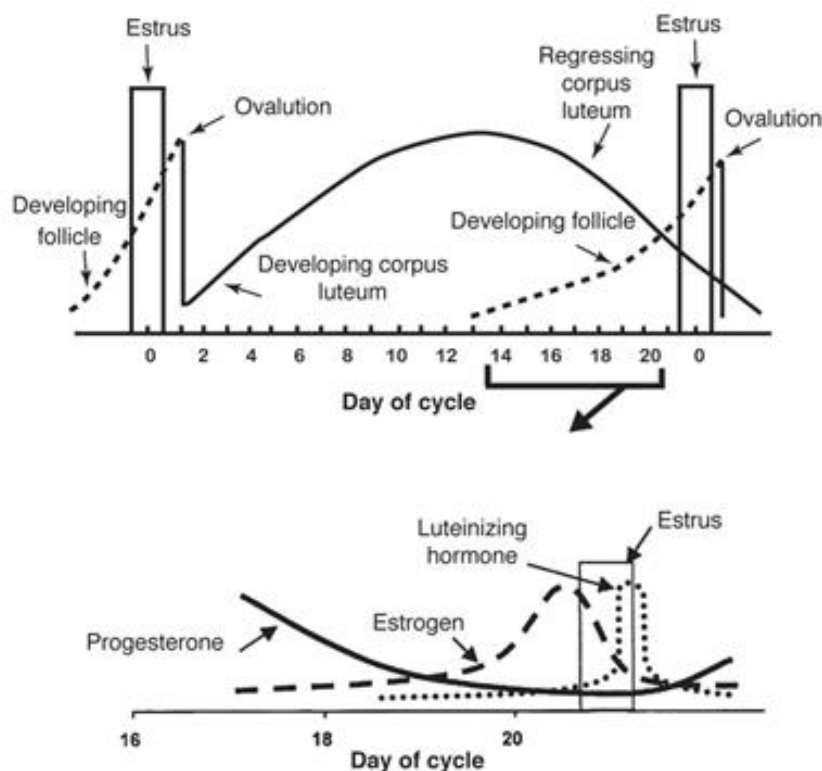
- **Días 2 a 5:** el cuerpo lúteo crece rápidamente tanto en tamaño como en función. En esta etapa, se pueden ver numerosos folículos en el ovario, pero hacia el día 5 han comenzado a retroceder (4).
- **Días 5 a 16:** el cuerpo lúteo continúa desarrollándose y normalmente alcanza su máximo crecimiento y función hacia el día 15 o 16. Secreta la hormona progesterona, que inhibe (bloquea) la liberación de LH por parte de la glándula pituitaria. Durante este período, los ovarios están relativamente inactivos a excepción del cuerpo lúteo funcional. Ningún folículo alcanza la madurez y/o ovula debido a las altas concentraciones de progesterona (4).
- **Días 16 a 18:** el aumento del crecimiento folicular y la secreción de estrógeno que lo acompaña por parte del ovario estimulan la secreción de $PGF2\alpha$ por parte del útero, lo que provoca una rápida regresión del cuerpo lúteo (4).

- **Días 18 a 19:** el cuerpo lúteo casi no funciona y se suprime la liberación de progesterona, lo que elimina la acción bloqueadora de la progesterona sobre la LH y la FSH. De los varios folículos que se reclutan inicialmente, uno se vuelve dominante debido a un rápido crecimiento y actividad. A medida que este folículo de Graaf crece, secreta cantidades cada vez mayores de estrógeno y los folículos más pequeños retroceden (4).
- **Días 19 a 20:** con el aumento de la liberación de estrógeno por parte del folículo de Graaf y la correspondiente disminución de progesterona por parte del cuerpo lúteo en regresión, se producirá estro o celo (el ciclo ahora ha regresado al día 0). La alta concentración de estrógeno en la sangre provoca una liberación de LH cerca del inicio del celo. Después de este aumento en las concentraciones sanguíneas de LH, el folículo maduro se rompe para liberar el óvulo y el tejido celular que queda se luteiniza y forma un nuevo cuerpo lúteo (el ciclo ahora ha regresado a los días 1 a 2). La progesterona vuelve a ser la hormona dominante (4).

El momento indicado para estos eventos es sólo aproximado (basado en un promedio de 21 días) y difiere según la duración del ciclo (rango de 17 a 24 días) (6).

Esta discusión de los eventos que ocurren durante el ciclo estral se basa en un ciclo completo en el que no ocurre el embarazo. Si el óvulo es fertilizado y comienza a desarrollarse en el útero, el cuerpo lúteo no retrocede, sino que continúa funcionando y secretando progesterona. Durante el embarazo, ningún folículo se desarrolla hasta la madurez y normalmente no se produce celo. Las concentraciones elevadas de progesterona promueven la inactividad uterina, proporcionando las condiciones más favorables para el feto en desarrollo (6).

Figura 03. Gráfico de los cambios anatómicos y hormonales que ocurren durante un ciclo estral típico de 21 días



Fuente: (6)

Sincronización del estro en el manejo reproductivo

La sincronización del estro es una importante herramienta de manejo reproductivo para la producción de ganado lechero, donde la mayoría de los animales son criados mediante inseminación artificial. La sincronización del estro minimiza los problemas asociados con la detección del estro, como los costos de mano de obra y los errores de detección del estro (7).

Efecto de las hormonas sobre el control del estro

Los mecanismos hormonales que controlan el ciclo estral son bien conocidos. En realidad, entendemos que el ciclo estral abarca desde un período de celo hasta el inicio del siguiente. Los procesos hormonales que tienen lugar durante este ciclo están bajo la influencia del hipotálamo, que secreta GnRH, la hipófisis, que produce LH y FSH, el folículo, que emite estrógenos e inhibina, el cuerpo lúteo, que libera progesterona y oxitocina, y el útero, que produce prostaglandina $F2\alpha$ (8).

Rol de la GnRH

La GnRH, una hormona peptídica compuesta por diez aminoácidos, es producida en el hipotálamo y su acción principal se manifiesta a nivel de la hipófisis, donde estimula la liberación de dos hormonas clave, LH y FSH. Estas hormonas presentan dos patrones de secreción: uno constante, llamado tono, que no varía con las estaciones y es influenciado por las hormonas esteroides producidas por el ovario, como el estradiol y la progesterona. El otro patrón, cíclico, es específico de las hembras y experimenta fluctuaciones significativas durante el período previo a la ovulación (9).

El pico preovulatorio de LH es esencial para la ovulación y dura de 6 a 12 horas en la mayoría de las especies domésticas. Este aumento en la concentración de LH se desencadena por un incremento sustancial en los niveles circulantes de estrógenos, que ejercen un efecto positivo sobre el eje hipotálamo-hipofisario. Los estrógenos actúan en dos niveles: en el hipotálamo, aumentan la sensibilidad de las células gonadotrópicas a la GnRH, lo que, en última instancia, conduce a una liberación incrementada de LH. Este pico de LH provoca una rápida elevación de las hormonas sexuales gonadales, como el estradiol y la progesterona, así como de prostaglandinas en el líquido folicular. Esta última desempeña un papel crucial en los mecanismos que conducen a la ovulación (9).

Rol de la Prostaglandina

Las prostaglandinas desempeñan múltiples funciones en el sistema reproductivo, influenciando la ovulación, la luteólisis, el transporte de gametos, la motilidad uterina, la expulsión de membranas fetales y el transporte de espermatozoides tanto en machos como en hembras. La $PGF2\alpha$, en particular, desencadena una rápida regresión del cuerpo lúteo funcional, lo que se traduce en una disminución veloz de la producción de progesterona. Esta luteólisis suele ser seguida por el desarrollo de folículos ováricos y la manifestación del celo, culminando con una ovulación normal. En el caso de bovinos, el celo se manifiesta entre 2 y 4 días después de la luteólisis, mientras que en yeguas, este período se ubica entre 2 y 5 días (10).

El cuerpo lúteo inmaduro, en bovinos y equinos, es resistente a los efectos de la PGF α , y esta resistencia persiste durante los primeros 4-5 días después de la ovulación. El mecanismo exacto de la luteólisis inducida por PGF 2α aún no se comprende completamente, pero podría estar relacionado con alteraciones en el flujo sanguíneo en las venas útero-ováricas, la inhibición de la respuesta ovárica normal a las gonadotrofinas o la estimulación de enzimas catalíticas. Además, la PGF 2α también tiene un efecto directamente estimulante en el músculo liso uterino, lo que provoca contracciones, así como un efecto relajante en el cuello uterino (10).

Rol de la progesterona

El mecanismo implica que el aumento en la frecuencia de los pulsos de LH influye en la producción de estrógenos por parte de los folículos, en el desarrollo de los receptores de LH y en la luteinización. Cuando se introduce una fuente externa de progesterona, se logra imitar el efecto inhibitorio que normalmente ejerce la progesterona endógena sobre la liberación pulsátil de LH. Esto lleva a la supresión del crecimiento del folículo dominante y al desarrollo simultáneo de una nueva oleada de desarrollo folicular (11).

Cuando se retira esta fuente externa de progesterona, se permite un aumento en la frecuencia y la intensidad de los pulsos de LH, lo que favorece el crecimiento de un folículo dominante que finalmente ovula, generalmente en un lapso de 48 a 72 horas. Este proceso parece ser un requisito previo para la diferenciación normal de las células de la granulosa, la expresión adecuada del celo y el desarrollo postovulatorio del cuerpo lúteo, con una fase luteal normal (11).

Efecto del Estradiol

Los estrógenos son hormonas esteroides producidas por el folículo ovárico. Su síntesis implica una serie de etapas. Inicialmente, la hormona luteinizante hipofisaria (LH) interactúa con su receptor ubicado en las células de la teca interna del folículo, lo que resulta en la producción de andrógenos. Estos andrógenos atraviesan la membrana basal y entran en las células granulosas, donde la hormona folículo estimulante hipofisaria (FSH) estimula la acción de una enzima llamada aromatasa. La aromatasa convierte los andrógenos en

estrógenos, que posteriormente pasan al líquido folicular y se liberan en la circulación general. Estos estrógenos luego llegan a sus órganos diana y ejercen su acción a través de un mecanismo de receptor móvil o intracelular (12).

Los estrógenos tienen efectos en varios órganos objetivos, como las trompas de Falopio, el útero, la vagina, la vulva y el sistema nervioso central. En el útero, actúan como hormonas tróficas, estimulando la proliferación de células y glándulas endometriales, lo que resulta en un aumento de su secreción (12).

En el miometrio (capa muscular del útero), los estrógenos causan hipertrofia en las capas muscular circular y longitudinal, y sensibilizan las células a la acción de la oxitocina, lo que favorece la contracción y la conductibilidad de las mismas. También provocan congestión de los vasos sanguíneos y edema del estroma en el útero (12).

En el cuello uterino (cérvix), los estrógenos inducen relajación, aumentan su diámetro y promueven la secreción de una mucosidad abundante, filante y transparente. En la vagina y la vulva, los estrógenos provocan congestión de los vasos sanguíneos y edema. Además, en la vagina estimulan el crecimiento del epitelio hasta la carnificación. En las trompas de Falopio, los estrógenos promueven la hipermotilidad y estimulan su crecimiento. En el sistema nervioso central, estimulan la conducta de celo y ejercen un "feedback" negativo en el centro tónico y un "feedback" positivo en el centro cíclico (12).

El uso de estradiol exógeno en el control del ciclo estral tiene como objetivo desencadenar la luteólisis cuando se administra en la mitad del ciclo o prevenir el crecimiento de un nuevo cuerpo lúteo cuando se administra después de la ovulación. Además, cuando se aplica estradiol al mismo tiempo que un progestágeno, suprime la onda folicular presente e induce el desarrollo de una nueva onda folicular en un promedio de 3 a 4 días (12).

Protocolos de sincronización utilizados en el manejo reproductivo

Los protocolos difieren en las hormonas utilizadas, el método de administración hormonal, la cantidad de inyecciones, la cantidad de veces que se debe manipular el ganado, el momento de las inyecciones y los requisitos de detección de celo (13).

Se utilizan tres enfoques básicos para la sincronización del estro en bovinos clasificados según métodos farmacológicos mediante:

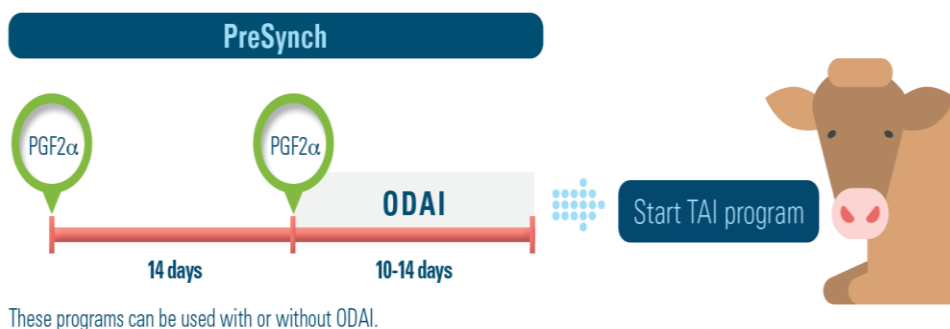
- el uso de progestinas (MGA, MAP, FGA, PRID y CIDR-B) para mantener a los animales fuera del celo y extender el ciclo estral,
- prostaglandinas (PG) para llevar las hembras entran en celo y acortan el ciclo del estro, y la GnRH provoca la ovulación o inicia el desarrollo de una nueva onda folicular (14).

La evolución de las estrategias para controlar el ciclo estral en las vacas se puede dividir en cinco fases distintas. La primera fase implicó investigaciones centradas en prolongar la fase lútea mediante la administración de progesterona externa. Con el tiempo, estos enfoques evolucionaron para incluir la combinación de estrógenos y gonadotropinas. La tercera fase se caracterizó por el uso de prostaglandinas para acortar la fase lútea. La cuarta fase vio el desarrollo de métodos que involucraban tanto progestágenos como prostaglandinas. La quinta fase, la más reciente, surgió a raíz de investigaciones que revelaron la importancia de manipular tanto la fase lútea como el crecimiento folicular para el control del ciclo estral en las vacas (14).

1. Presynch

PreSynch®, tal como sugiere su denominación, constituye un protocolo destinado a realizar una "pre-sincronización" de vacas durante las fases iniciales del ciclo estral, con el objetivo de lograr una respuesta óptima a la GnRH y, en consecuencia, mejorar las tasas de preñez en comparación con el protocolo OvSynch®. Este método está diseñado específicamente para vacas que se encuentran en un ciclo estral regular. Se trata de un protocolo de pre-sincronización que implica la administración de una o dos inyecciones de PGF2 α con un intervalo de 14 días entre ellas. La segunda inyección se suministra 12 días antes de la primera inyección de GnRH, como parte integrante del protocolo OvSynch® (15).

Figura 04. Esquema de sincronización de celo mediante protocolo Presynch



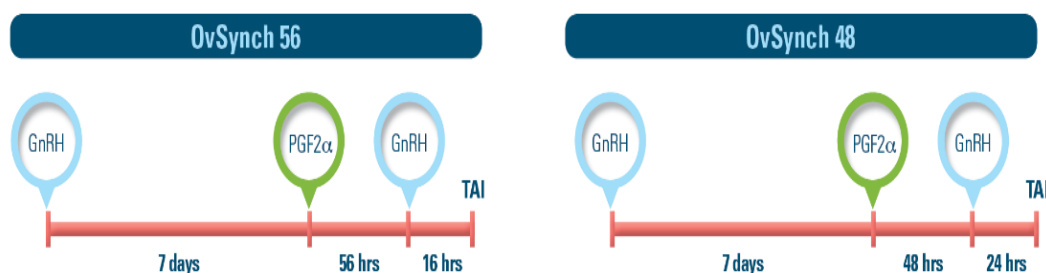
Fuente: (15)

2. Ovsynch

El protocolo OvSynch® fue desarrollado como una estrategia de selección para eliminar la necesidad de la detección del estro en la reproducción de ganado. Este método implica la administración de una inyección aleatoria de 100 µg de GnRH durante el ciclo estral, con el propósito de inducir la ovulación del folículo dominante y sincronizar la aparición de una nueva onda folicular. Después de siete días, se administra 25 mg de PGF2α para inducir la luteosis, seguido de una segunda inyección de 100 µg de GnRH 48 horas después para sincronizar la ovulación. La inseminación artificial programada se lleva a cabo de 12 a 16 horas después de la segunda inyección de GnRH (15).

Este protocolo ha demostrado ser exitoso en numerosas granjas lecheras comerciales, utilizándose como estrategia para la inseminación artificial en el primer servicio posparto, así como para la reinseminación de vacas repetidoras. Cuando se aplica el OvSynch® en una etapa aleatoria del ciclo estral, la primera inyección de GnRH induce la ovulación en el 65% de las vacas, provocando la emergencia de una nueva oleada folicular en el 100% de ellas. La ovulación de un folículo dominante en respuesta a la segunda inyección de GnRH ocurre en el 85% de las vacas en periodo de lactancia que reciben este protocolo. En términos de éxito reproductivo, la tasa de gestación alcanzada con este protocolo es del 52% para vacas lecheras y del 54% en vacas productoras de carne (15).

Figura 05. Protocolos clásicos Ovsynch



Fuente: (15)

3. Cosynch

El protocolo Cosynch es un protocolo de sincronización de la ovulación modificado que implica una dosis inicial de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), seguida de prostaglandina F_{2α} (PGF) 7 días después, y luego una segunda dosis de GnRH aproximadamente 3 días después al mismo tiempo que la inseminación artificial (IA). Este método reduce el número de eventos de manipulación, pero se ha demostrado que disminuye las tasas de preñez en las novillas. Sin embargo, agregar dispositivos intravaginales de liberación de progesterona (PRID) al protocolo y acortar la duración del protocolo se ha mostrado prometedor para mejorar estas tasas (16).

La variación denominada Cosynch de 72 horas representa una adaptación del protocolo Ovsynch desarrollada por la Universidad Estatal de Kansas. En este enfoque, las vacas reciben la segunda inyección de GnRH y la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) 72 horas (3 días) después del tratamiento con la prostaglandina. La lógica detrás de este protocolo radica en proporcionar un día adicional para el crecimiento folicular, lo cual podría permitir una maduración adicional del oocito y la ovulación de un folículo de mayor tamaño (16).

Es esencial tener en cuenta que las vacas que manifiestan celo durante la implementación del protocolo deben ser identificadas y sometidas a inseminación, ya que de lo contrario, sería demasiado tarde para que estas vacas reciban la IATF al día siguiente. Este ajuste en el tiempo busca

optimizar las condiciones para la reproducción al ofrecer un periodo prolongado que favorece el desarrollo folicular, contribuyendo así a una mayor probabilidad de éxito en la inseminación artificial (16).

Figura 06. Programa Cosynch



Fuente: (16)

4. Crestar

Este implante hormonal está diseñado para la inducción y sincronización del celo en vacas y novillas que son aptas para la reproducción. Cada dosis consta de un implante que contiene 3 mg de Norgestomet, junto con un vial inyectable de 2 mL que contiene 3 mg de Norgestomet y 5 mg de Valerato de estradiol. Novormon® se presenta como una preparación altamente purificada de Gonadotropina Coriónica Equina (eCG o PMSG), producida por Syntex S.A. mediante una metodología propia que garantiza la obtención de un producto con una óptima relación FSH/LH y una potencia estable, asegurando resultados uniformes en su aplicación (17).

Crestart®IVG Se trata de un dispositivo intravaginal de progesterona que, cuando se utiliza en combinación con otras hormonas, permite el control del ciclo reproductivo mediante la sincronización estral. Este dispositivo posibilita la implementación de protocolos de reproducción en animales que se encuentren en cualquier fase del ciclo estral. Puede ser aplicado tan pronto como las novillas alcancen la edad y peso recomendados para la monta, o cuando las vacas hayan completado al menos 30 días postparto. El resultado deseado es que los animales tengan la capacidad de concebir en una etapa más temprana del ciclo reproductivo (17).

Crestar X DS: Implante auricular

- ✓ Comienzo del tratamiento (Día 0); inserción subcutánea del implante Crestar en la superficie externa de la oreja utilizando un aplicador especialmente diseñado (18).
- ✓ 2 ml de inyección intramuscular Crestar inmediatamente después de la inserción del implante. El implante permanece in situ de 9 a 10 días (18).
- ✓ Día 9 o 10, retirada del implante, siguiendo la cicatriz y retirando el implante a través de la huella dejada por la aguja durante la inserción (18).
- ✓ PMSG intramuscular en la tabla del cuello; es necesaria en caso de existir una gran mayoría de novillas lecheras nulíparas que no se encuentren cíclicas en el momento del tratamiento (18).
- ✓ Inseminación artificial a celo detectado; aquellas vacas y novillas que no han presentado celo a las 56 horas, serán inseminadas sin detección del celo (18).

5. CIDR

CIDR es un dispositivo de aplicación intravaginal que contiene progesterona y está diseñado para la sincronización de servicios y el tratamiento del anestro en vacas y vaquillonas, ya sean destinadas a la producción de carne o leche. Este dispositivo funciona como un reservorio de progesterona natural, que se libera y se absorbe a través de la mucosa vaginal en cantidades suficientes para inhibir la liberación de las hormonas luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH) por la hipófisis, frenando así la ovulación y la consiguiente manifestación del celo (19).

Cuando se retira el CIDR, la concentración de progesterona en sangre disminuye en menos de 6 horas, lo que provoca que el animal entre en celo en un período de 30 a 90 horas posteriores. Cada dispositivo contiene un 10% de progesterona activa (equivalente a 1.9 g) en una matriz de silicona inerte. Este mecanismo proporciona un control eficaz sobre el ciclo reproductivo, facilitando la programación y sincronización de la reproducción en el ganado (19).

Protocolo de uso del CIDR:

- ✓ Día 0: Colocar el CIDR. Inyectar 2 mg de Benzoato de estradiol vía intramuscular (19).
- ✓ Día 8: Retirar el CIDR. Inyectar una dosis de Prostaglandina (vacas cíclicas) (19).
- ✓ Día 9: Inyectar Benzoato de estradiol; 1 mg en vacas y 0,75 en vaquillonas (19).
- ✓ Día 10: Inseminar a celo detectado o bien realizar inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) (19).
- ✓ Otros protocolos: Consultar con el Médico Veterinario (19).

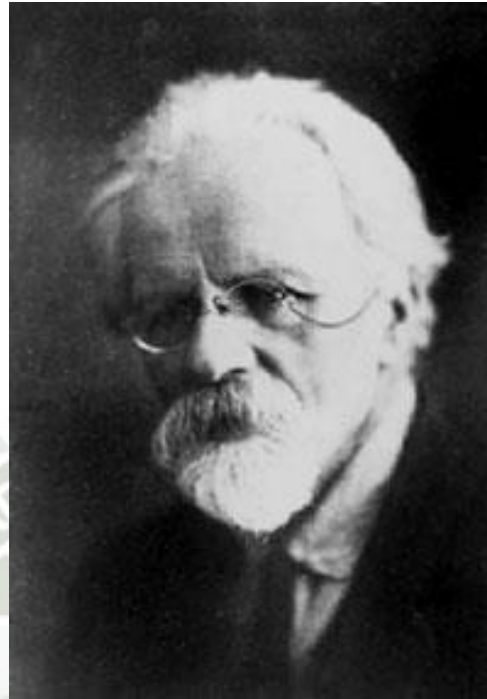
Historia de la inseminación artificial

Leeuwenhoek y su asistente (20), Hamm, fueron las primeras personas en ver espermatozoides a los que llamaron "animálculos". Leeuwenhoek no tenía una educación formal avanzada, por lo que no estudió latín, el lenguaje científico de la época. Sin embargo, era un individuo inteligente y capaz que pulía lentes con tanta precisión que los espermatozoides eran visibles. Su artículo publicado asombró, y tal vez divirtió, al rey reinante de Inglaterra, quien leía regularmente los artículos presentados a la Royal Society, donde se publicaba el artículo de Leeuwenhoek (21). La inseminación artificial (IA) fue una de las primeras biotecnologías utilizadas en especies de animales de granja para mejorar la reproducción. El primer éxito de la IA en un animal doméstico fue realizado por Lazzaro Spallanzani en 1784 con una IA exitosa en una perra que parió tres crías 62 días después. Sin embargo, no fue hasta principios del siglo XX que un científico ruso llamado El Ivanhov logró la primera IA exitosa en ganado (21).

Pasaron otros 100 años antes de que Heape y otros en varios países informaran que se había utilizado IA en estudios aislados con conejos, perros y caballos. Heape fue un destacado biólogo reproductivo y estableció gran parte de las bases de la relación entre estacionalidad y reproducción. Esto llevó a Cambridge a convertirse en un centro mundial de estudios reproductivos (22).

Figura 07. Ilya Ivanovich Ivanov (Rusia)

desarrolló los métodos de inseminación artificial tal como los conocemos hoy.



Fuente: (22)

Desarrollo moderno de la IA en el ganado lechero.

En la década de 1940 se produjo un crecimiento fenomenal de la IA en los Estados Unidos. Los procedimientos desarrollados en los Estados Unidos se establecieron en todo el mundo. En 1936, Brownell estaba inseminando vacas en el rebaño de Cornell, y a finales de la década de 1930 se iniciaron otros trabajos de IA en Minnesota y Wisconsin. En 1938, se estableció una cooperativa de IA en Nueva Jersey, siguiendo el modelo del sistema danés. Siguió otro en 1938 en el estado de Nueva York (22). El desarrollo de New York Artificial Breeders, Cooperative, Inc., actualmente Genex, Inc., en Ithaca, Nueva York, hizo posible la estrecha colaboración entre una cooperativa de agricultores y los investigadores y el personal de extensión de la Universidad de Cornell. Esta fue una relación altamente productiva que resultó en la inseminación experimental de cientos de miles de vacas y la publicación de más de 100 artículos de investigación sobre selección de toros, evaluación testicular, recolección, evaluación y procesamiento de semen y pruebas de fertilidad (22).

La IA ha sido denominada “la biotecnología con mayor impacto en la mejora genética del ganado lechero” (22).

Protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)

Una de las estrategias más efectivas para aumentar el número de vacas inseminadas en un período breve es la aplicación de protocolos que sincronizan la ovulación, posibilitando la inseminación de manera sistemática sin la necesidad de identificar el celo. Estos protocolos son comúnmente conocidos como protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF). Además, el desarrollo de protocolos destinados a vacas en anestro postparto facilita la inseminación de una población considerablemente más amplia, eliminando así la infertilidad asociada a ciclos cortos. Esta aproximación contribuye a una gestión más eficiente y exitosa de la reproducción en el ganado, optimizando la tasa de concepción y mejorando la productividad general del rebaño (10).

1. Protocolo GnRH y PGF2

El protocolo Ovsynch, también conocido como sincronización de la ovulación sin tener en cuenta las manifestaciones de estro, ha demostrado ser eficaz en términos de fertilidad para vacas de leche y carne. No obstante, su aplicación en rodeos de cría, especialmente en condiciones pastoriles con vacas en anestro, ha mostrado resultados insatisfactorios debido a los bajos índices de concepción. La eficacia de este protocolo depende de la categoría de los animales utilizados y del estado de ciclicidad del hato (23).

El protocolo Ovsynch sigue la siguiente secuencia: en el Día 0 se administra GnRH con el objetivo de inducir la ovulación del folículo dominante y sincronizar la emergencia de una nueva onda folicular (generalmente 1-6 días después). Luego, en el Día 7, se aplica PGF2 α , seguido de una segunda dosis de GnRH 48 horas después con el propósito de lograr una ovulación sincrónica para realizar la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) 16 horas más tarde (24).

Aunque este protocolo ha mostrado eficacia en vacas adultas, su aplicación en vaquillas para sincronizar la ovulación no ha resultado tan favorable. Es importante considerar estos aspectos al implementar el protocolo Ovsynch, adaptándolo según la categoría y las condiciones específicas del ganado en cada situación (25).

2. Protocolos de progesterona (P4), prostaglandina (PGF2 α) y estradiol (E2).

Actualmente, en el mercado se encuentran disponibles dispositivos eficientes que liberan progesterona (P4) y se mantienen en la vagina durante 7 u 8 días. El tratamiento más comúnmente utilizado implica la administración de 2 mg de benzoato de estradiol (EB) por vía intramuscular, junto con la inserción del dispositivo en el Día 0 del tratamiento. En el Día 7 u 8, se retira el implante y se aplica prostaglandina F2 α (PGF2 α) intramuscular, seguido de la administración de 1 mg de EB intramuscular 24 horas después. La Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) se lleva a cabo entre las 52 y 56 horas después de la remoción del dispositivo (26).

La función principal de la aplicación de estrógenos al inicio del tratamiento es inducir la atresia de los folículos existentes, previniendo la formación de folículos persistentes que podrían afectar negativamente la fertilidad. Dado que la atresia es seguida por el inicio de una nueva onda folicular a los 4 días, se asegura la presencia de un folículo nuevo y un ovocito viable en el momento de retirar el dispositivo. Finalmente, la segunda administración de EB es esencial para sincronizar la ovulación y lograr altos índices de preñez en la IATF. Este enfoque integral busca optimizar las condiciones reproductivas y mejorar la eficacia del proceso de inseminación (27).

3. CIDR – Synch

El proceso descrito detalla el uso de un dispositivo de liberación de progesterona (CIDR) en el manejo de la reproducción en vacas. La colocación del CIDR en la vagina coincide con la administración de la primera GnRH (100 μ g). Posteriormente, durante el tratamiento con PGF (25 mg), se retira el dispositivo, y se aplica la segunda GnRH (100 μ g) 48 horas después, seguido de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) 16 horas después de la segunda GnRH (28).

La acción del CIDR en la liberación de progesterona desempeña un papel crucial en la dinámica folicular ovárica. Los niveles supraluteales de progesterona alcanzados poco después de la introducción del dispositivo

provocan la regresión del folículo dominante y aceleran el recambio de las ondas foliculares. La interrupción de la secreción de productos foliculares, como el estrógeno e inhibina, conduce a un aumento de la FSH, que a su vez inicia la emergencia de la siguiente onda folicular (29).

La extracción del dispositivo provoca una disminución de la progesterona a niveles subluteales, lo que induce un aumento en la frecuencia de los pulsos de LH. Esto favorece el crecimiento y la persistencia del folículo dominante, con concentraciones elevadas de estradiol que, además de provocar el celo, estimulan el pico final de LH, seguido por la ovulación. Este enfoque integral busca sincronizar y optimizar los eventos reproductivos para mejorar las tasas de concepción en la IATF (30).

Evaluación del comportamiento reproductivo de la vaca

En la actualidad, se han desarrollado diversos sistemas con el objetivo de mejorar las tasas de preñez en los hatos ganaderos. Estos sistemas se centran en la sincronización del desarrollo folicular, la regresión del cuerpo lúteo, el control preciso del tiempo de ovulación, la aplicación de la inseminación artificial a tiempo fijo y el aumento de la sobrevivencia embrionaria. La efectividad de estos sistemas depende en gran medida de la comprensión de los eventos reproductivos sobre los cuales actúan los fármacos utilizados (29). La evaluación de la eficacia de estos enfoques requiere la adopción y adecuada utilización de los Registros Reproductivos. Sin embargo, es importante señalar que la mayoría de las fincas en nuestro medio no mantiene registros continuos y adecuados. Solo en muy pocas de ellas se llevan registros que pueden ser utilizados para cumplir una de sus finalidades básicas: evaluar el estado reproductivo del rebaño (31).

Esta información recopilada a través de los registros puede ser luego utilizada para:

- ✓ Evaluar el estado reproductivo del hato
- ✓ Ayudar a investigar la infertilidad, así como otros problemas
- ✓ Establecer metas reproductivas realistas
- ✓ Monitorear los cambios que se van realizando (31).

Los consultores especializados en reproducción utilizan indicadores clave de desempeño (KPI) para monitorear el desempeño reproductivo de las granjas y deben poder descifrar entre el enfoque en una primera visita y las visitas de rutina.

Hoy en día, el rendimiento reproductivo de un rebaño se puede calcular mediante una gran cantidad de parámetros que se pueden obtener periódicamente a partir de software y bases de datos en las granjas (32).

En un estudio realizado por Armengol, R; Fraile, L y Bach, A (33) determinaron que los parámetros de mayor importancia para la evaluación del rendimiento reproductivo en vacas son los siguientes:

1. Edad al primer servicio

La edad en la cual la novilla es inseminada por primera vez después de que ha alcanzado la madurez sexual. Este indicador está directamente vinculado al peso y desarrollo corporal del animal, así como a la edad en que alcanza la pubertad. En situaciones ideales, el primer servicio se lleva a cabo entre los 15 y 20 meses (34).

2. Tasa de preñez

La tasa de preñez, es una métrica crucial que miden los agricultores para obtener información sobre la eficiencia reproductiva y, en última instancia, la rentabilidad de su rebaño (35).

La tasa de preñez se puede estimar como la tasa de concepción x la tasa de detección de estro, si se conocen. Por ejemplo, una tasa de detección de estro del 50% y una tasa de concepción del 40% dan como resultado una tasa de preñez de $50\% \times 40\% = 20\%$; cada 4 de cada 5 vacas abiertas elegibles no quedaron preñadas cuando podrían haberlo hecho (34).

La tasa de preñez está menos sesgada que los días abiertos o el intervalo entre partos porque considera todas las vacas elegibles, no solo las exitosas, y generalmente contiene menos retraso que el intervalo entre partos. Es más sensible para detectar cambios recientes en el desempeño reproductivo y proporciona información útil para la mayoría de las vacas lactantes (35).

3. Edad al primer parto

El primer parto marca el comienzo de la vida productiva de una vaca. La edad al primer parto está estrechamente relacionada con el intervalo generacional y, por tanto, influye en la respuesta a la selección. En condiciones de reproducción controlada, las novillas generalmente se aparean cuando están lo suficientemente maduras para soportar el estrés del parto y la lactancia. Esto aumenta la probabilidad de una concepción temprana después del parto. Sin embargo, en los sistemas de producción tradicionales, la reproducción a menudo no está controlada y las novillas se inseminan a la primera oportunidad. Esto frecuentemente resulta en intervalos entre partos posteriores más prolongados.

Otros parámetros considerables son los siguientes:

4. Edad a la pubertad

La pubertad se considera alcanzada en un animal cuando produce gametos viables para la fecundación por primera vez. En el caso de las hembras, esto coincide con la primera ovulación, generalmente marcada por la manifestación del primer estro o la identificación inicial de un cuerpo lúteo a través de la palpación rectal. En climas tropicales, las novillas tienden a llegar a la pubertad más tarde en comparación con las hembras de razas europeas que habitan en entornos no tropicales. La edad en la que alcanzan la pubertad está relacionada con su crecimiento y desarrollo corporal, factores influenciados a su vez por la raza y el nivel nutricional. En promedio, las novillas alcanzan la pubertad a los 17 meses, con variaciones que pueden oscilar entre los 12 y los 21 meses.

5. Intervalo entre partos

El intervalo de tiempo entre dos partos consecutivos de las vacas, expresado en meses, se define como el periodo entre partos. Este indicador separa los factores pre y pos servicio en la eficiencia reproductiva. Un aumento en este intervalo sugiere fallas en el desempeño general de las vacas fértiles con más de dos partos, aunque por sí solo no indica ningún problema específico. Se recomienda que este dato oscile entre los 12.5 y 13 meses para mantener una eficiencia reproductiva óptima.

6. Servicio por concepción

El número de servicios por concepción es la cantidad de inseminaciones necesarias para que una vaca quede gestante. Este parámetro se calcula dividiendo el número total de vacas gestantes entre el número de inseminaciones necesarias para lograr la gestación. Se considera aceptable un rango de 1.5 a 1.8 servicios por concepción. Este índice depende de varios factores, como la eficiencia en la detección de estros, la calidad del semen, la habilidad del inseminador, la gestión del semen, así como posibles reabsorciones embrionarias, entre otros.

7. Porcentaje de concepción

La tasa de concepción es la cantidad de servicios que se requirieron para establecer una preñez, o como un porcentaje de un rebaño que queda preñado en relación con la cantidad total de servicios brindados. Se calcula dividiendo el número de gestaciones entre el número total de servicios realizados (35).

Tasa de concepción = (Número total de servicios X 100)/ Número total de embarazos (35).

Una tasa de concepción promedio suele ser de alrededor del 35-40% para animales lactantes y del 55-60% para novillas solteras, pero puede variar dependiendo de muchos factores (35).

Esta medida es crucial para evaluar la fertilidad del hato. Se considera que una tasa de concepción adecuada se sitúa entre el 55% y el 60%. Este indicador proporciona información valiosa sobre la eficiencia reproductiva y la capacidad de las vacas para concebir después de la inseminación. Un porcentaje dentro de este rango sugiere un buen rendimiento reproductivo en el hato (35).

8. Porcentaje de fertilidad en vacas

Se define como el número de vacas que quedan gestantes durante un periodo determinado, dividido entre el total de vacas en el hato que son elegibles para ser servidas. Esta tasa depende del porcentaje de vacas inseminadas y del porcentaje de concepción en esas inseminaciones. Además, está influenciada por varios factores, como el método de detección de calores, el tipo de empadre, la técnica de inseminación, la calidad del semen, el tamaño del hato, la raza, la edad, enfermedades infecciosas, reabsorciones embrionarias y la muerte fetal. En promedio, se espera un 60% de tasa de fertilidad total. Este indicador proporciona una visión integral de la eficiencia reproductiva en el hato ganadero (35).

Semen sexado

El semen sexado es un tipo de semen utilizado en la inseminación artificial que ha sido procesado para separar espermatozoides que portan cromosomas sexuales específicos, generalmente los cromosomas X (femeninos) y Y (masculinos). Este proceso permite al ganadero seleccionar el sexo del futuro ternero antes de la concepción.

El semen sexado se utiliza con el objetivo de aumentar la probabilidad de obtener crías del sexo deseado en un programa de reproducción. Por ejemplo, si un ganadero desea obtener más hembras para expandir su hato lechero, puede optar por utilizar semen sexado que tenga una mayor proporción de espermatozoides portadores de cromosomas X, que darán lugar a crías hembras.

Historia del semen sexado en la Inseminación artificial

En el último siglo, la industria ganadera había crecido con la introducción de la inseminación artificial (IA), lo que dio como resultado una reproducción eficiente con una gran mejora genética (36). Al mismo tiempo, la manipulación del sexo de los terneros ha sido de gran interés para la industria (37), debido a las características relacionadas con el sexo (ordeño, reemplazo del rebaño, tasa de crecimiento, etc.), y la eliminación de terneros de sexo no deseado en el momento del parto.

El tiempo de IA ofrece varios beneficios en el manejo de la producción animal (38). Sin embargo, hasta la década de 1980 no se estableció ningún método práctico y eficaz para sexar el esperma.

En 1989, Johnson et al. informaron de un gran avance en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Fueron los primeros en producir con éxito crías de mamíferos (conejos) con un sesgo sexual previsto utilizando espermatozoides sexados. Su novedosa técnica se basa en un sistema de citómetro de flujo equipado con un clasificador de células que puede distinguir los espermatozoides con cromosoma X (esperma X, femenino) de los espermatozoides con cromosoma Y (esperma Y, masculino) en una muestra de semen determinada (39).

En la década de 1990 se realizaron importantes ensayos en el sector ganadero. En 1993, Cran et al. informó sobre los primeros terneros seleccionados por sexo del mundo derivados de embriones transferidos que fueron fertilizados in vitro utilizando espermatozoides sexados. Seidel et al. comenzaron ensayos de IA y reportaron los primeros terneros IA usando espermatozoides sexados no congelados y congelados. Un poco más tarde, en el año 2000 se lanzó en el Reino Unido un producto denominado “semén sexado” (dosis en pajitas que contienen espermatozoides de toro congelados sexados). Después de una década, esta técnica sigue siendo el único método probado de sexado de espermatozoides y se ha utilizado para ganado vacuno y otras especies. Recientemente, se han producido anualmente varios millones de dosis de semén sexado. En la mayoría de los casos, el semén sexado se comercializa como “semén femenino” porque las explotaciones lecheras necesitan constantemente novillas de reemplazo (39).

Aproximadamente entre 10 y 20 millones de espermatozoides pueden distinguirse como "masculinos o femeninos" y clasificarse por hora por cada clasificador de espermatozoides actualmente en uso. Sin embargo, ese número equivale a una (o menos) dosis de semén convencional, por lo que se depositan menos espermatozoides por inseminación y el proceso de sexado afecta la fertilidad del espermatozoides. Es decir, el semén sexado debe usarse en rebaños con excelente manejo reproductivo y se recomienda para inseminar novillas que tienen inherentemente mayor fertilidad que las vacas lecheras lactantes (39).

Ensayos de inseminación artificial y resultados de fertilidad

Mientras que una dosis de IA convencional contiene de 10 a 30 millones de espermatozoides por pajita, una dosis de semén sexado actualmente contiene entre

dos y tres millones de espermatozoides (39). En la fase inicial de los ensayos, el número de espermatozoides sexados utilizables fue limitado debido a la complicada logística. Así, Seidel et al. propuso una 'IA en dosis bajas' como un método para utilizar esperma sexado de manera eficiente con menos cantidad de espermatozoides por dosis (0,1 millones) que el semen líquido (no congelado). Después de informes de criopreservación exitosa de esperma de toro sexado, se realizaron numerosas pruebas de campo utilizando esperma congelado. Seidel y Schenk compilaron sus ensayos de IA utilizando novillas y vacas, y concluyeron que las tasas de preñez de espermatozoides sexados, en dosis bajas y congelados-descongelados promediaron alrededor del 75% de los espermatozoides de control con una dosis normal. Además, no observaron diferencias en las tasas de preñez en el rango entre 1,5 y 6 millones de espermatozoides sexados por dosis en novillas.

Frijiters et al. (39) utilizaron siete toros Holstein para evaluar cómo una dosis reducida y el proceso de sexado afectaban la fertilidad de la IA del esperma sexado. Demostraron que 2/3 de la disminución en las tasas de embarazo fue el resultado de una menor cantidad de espermatozoides depositados y 1/3 fue causado por el proceso de clasificación en sí. DeJarnette et al. (39) no encontraron diferencias en las tasas de preñez entre dos millones (de uso común) y 3,5 millones de dosis de esperma sexado de seis toros Holstein en rebaños comerciales (novillas y vacas).

DeJarnette et al. (39) realizaron además un gran ensayo de IA utilizando ocho toros y 350 pajitas por tratamiento por toro y compararon espermatozoides sexados y no sexados en dosis de 2 y 10 millones de espermatozoides por pajita. En los resultados de 51 hatos lecheros, las dosis de esperma y las habilidades de los rebaños (manejo y técnicos) tuvieron una interacción que afectó las tasas de preñez. En general, la inseminación de dosis de 10 millones de espermatozoides sexados dio como resultado tasas de embarazo más altas que las de dos millones, pero no compensó el nivel de los dos millones de dosis de esperma de control no sexado.

Estos resultados sugieren que la fertilidad del esperma congelado sexado sólo se compensa ligeramente aumentando el número de espermatozoides por dosis de inseminación. Según ensayos anteriores (39) una dosis de IA que contiene dos millones de espermatozoides congelados sexados se reconoce como el umbral

mínimo para lograr tasas de preñez aceptables en novillas. La producción de esperma sexado requiere enormes inversiones; Instrumentos, instalaciones de laboratorio, técnicos cualificados y licencia. En consecuencia, los proveedores de semen (organizaciones de IA) todavía están adoptando el concepto de "dosis bajas" para adaptar los costos a la demanda (39).

¿Por qué se reduce la fertilidad de los espermatozoides sexados?

Mientras que Guthrie et al. (39) demostraron que la potencia del láser utilizada para el sexado de espermatozoides no era perjudicial para el desarrollo embrionario en cerdos, Suh et al. (39) informaron que reducir la presión del fluido de la vaina (50 a 40 psi) en un clasificador de esperma mejoró la motilidad y la integridad celular del esperma de toro clasificado sin comprometer la eficiencia de la clasificación.

La fertilidad de la IA y el rendimiento de embriones producidos in vitro (IVP) mejoraron utilizando esperma de toro sexado y clasificado a presión reducida. Se cree que este tipo de estrés mecánico es una de las principales causas de la disminución de la fertilidad asociada con el actual proceso de sexado de los espermatozoides. Prácticamente todos los clasificadores de esperma funcionan ahora a 40 psi (39).

Palma et al. (39) observaron que los embriones bovinos IVP procedentes de espermatozoides sexados tenían más desviaciones ultraestructurales que sus homólogos no sexados. Esto indica que la clasificación de los espermatozoides podría influir en el desarrollo embrionario posterior y provocar tasas de embarazo más bajas. Gosálvez et al. el estado de fragmentación del ADN en esperma de toro congelado sexado. Sugirieron que la fragmentación del ADN aumentaba más rápidamente en el esperma descongelado, congelado y clasificado que en el esperma de control. También podría estar relacionado con la fertilidad reducida de los espermatozoides sexados (39).

Además del procedimiento de sexado y la reducción del número de espermatozoides, los toros individuales muestran grandes variaciones de fertilidad in vivo e in vitro. Es importante seleccionar toros en entornos comerciales por su fertilidad en el campo y su tolerancia seminal al proceso de sexado (39).

El sexado de semen por citometría de flujo

Una de las pocas técnicas repetibles para clasificar por sexo los espermatozoides con un alto nivel de pureza utiliza un dispositivo llamado citómetro de flujo para detectar una diferencia del 3 al 4 % en el contenido de ADN entre los espermatozoides masculinos y femeninos y clasificarlos con más del 90 % de pureza.

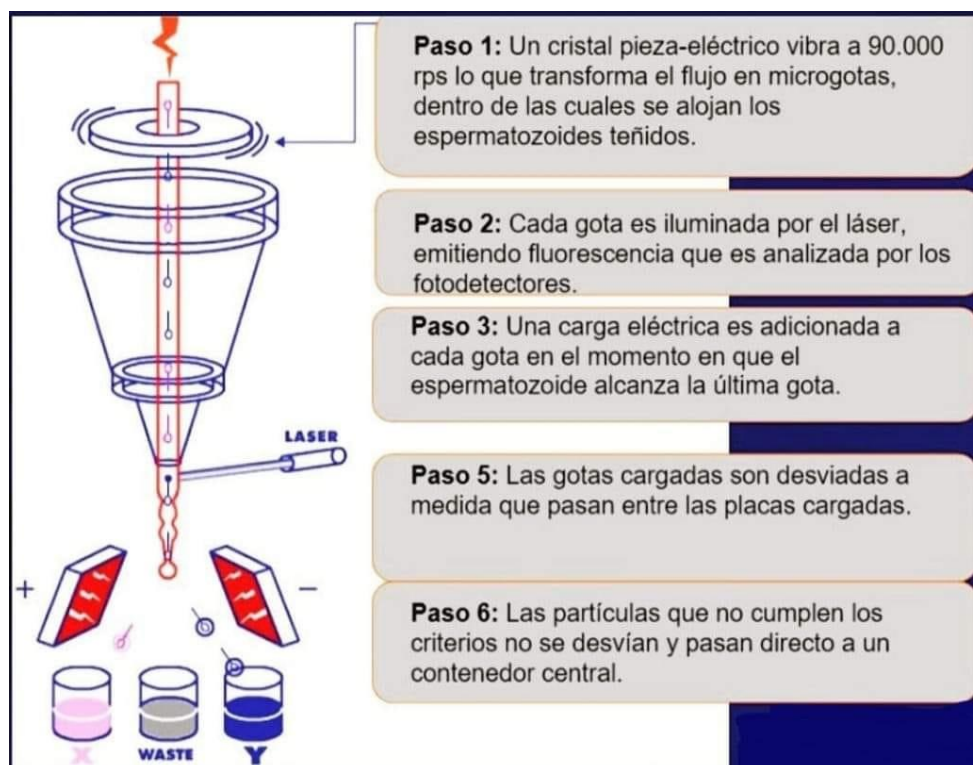
El primer paso de este procedimiento es diluir los espermatozoides a una concentración muy baja y teñirlos con un tinte fluorescente. Luego, la muestra se envía a través del citómetro de flujo a 60 mph y entre 30 y 60 psi de presión.

A medida que los espermatozoides pasan a través del rayo láser interno, se excita el tinte fluorescente. Debido al cromosoma X más grande, los espermatozoides femeninos emiten un poco más de luz que los espermatozoides masculinos, que poseen el cromosoma Y más pequeño. Los detectores miden la cantidad de fluorescencia y asignan cargas positivas o negativas a cada gota que contiene un espermatozoide.

Luego, las placas deflectoras cargadas dividen la corriente única en 3 corrientes: las partículas cargadas positivamente que contienen un sexo van en una dirección, las partículas cargadas negativamente que contienen el otro sexo se desvían en la dirección opuesta, mientras que las gotas descargadas que contienen múltiples espermatozoides o un sexo no identificado pasan directamente.

Confirmado con decenas de miles de descendientes nacidos en ensayos de investigación en todo el mundo, el procedimiento separa los espermatozoides de dos sexos con ~90% de pureza. Sin embargo, eso todavía deja al 10% del sexo no deseado disponible para competir por la fertilización.

Figura 08. Sexaje de semen por citometría de flujo



Fuente: (40)

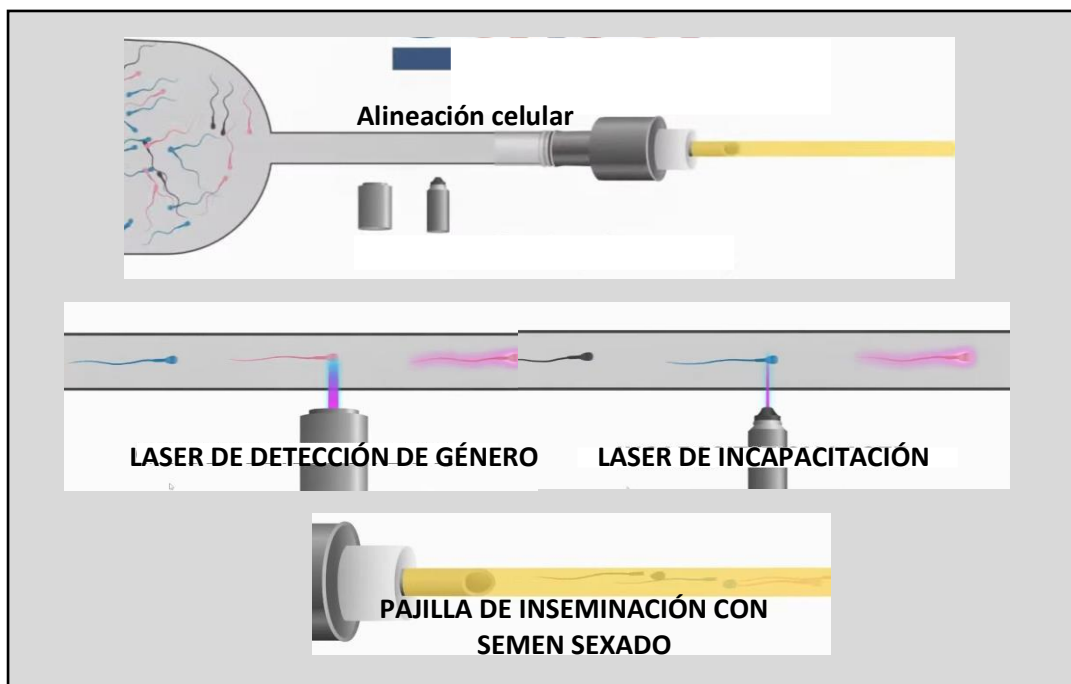
Limitaciones de la tecnología:

Existen varias limitaciones importantes que han sofocado la implementación del semen seleccionado por sexo. Sin lugar a dudas, las tasas reducidas de concepción han sido el principal obstáculo. La clasificación sexual de los espermatozoides es un procedimiento altamente invasivo que afecta negativamente la viabilidad y longevidad de los espermatozoides en comparación con el semen normalmente criopreservado.

Semen sexado por láser de inactivación (Sexcel ABS)

Sexcel aprovecha la mejor genética de ABS y la ofrece sexada, a través de la nueva tecnología propia desarrollada por la empresa. El método no expone las células a altas presiones, corrientes eléctricas usadas históricamente para producir el semen sexado. El resultado es un producto superior de genética sexada que ayuda a los clientes a maximizar su rentabilidad de acuerdo con sus objetivos económicos, genéticos e individuales.

La información de la base de datos de Global World Data® (RWD™) de ABS Global demuestra que Sexcel alcanza una tasa de concepción relativa del 90% en comparación con el semen convencional y una mayor tasa de concepción relativa que el semen sexado utilizado por los productores de leche (41).



Adaptado de: (42)

Su tecnología es diferente; utilizan un láser para inactivar los espermatozoides que portan el sexo no deseado. Pueden eliminar el espermatozoide X o Y y el resto será el sexo deseado (43).

2.2. Antecedentes de investigación

2.2.1. Análisis de tesis

Franchini, M. 2016 (44) “El crecimiento de los rodeos lecheros es una problemática que enfrentan los productores, las vaquillonas generadas por año difícilmente superan las muertes y bajas de animales, y así, resulta difícil mantener el tamaño del rodeo, y más aún crecer; el semen sexado se introduce en la producción como una alternativa a esta problemática. El objetivo del trabajo fue analizar diferentes índices reproductivos (tasa de concepción, servicios por preñez, tasa de abortos, duración de gestación, natimortos y porcentaje de nacimientos hembra) en vaquillonas Holando Argentino, mediante la recolección de datos como el número de servicios, fecha del servicio que generó la preñez, toro utilizado, presencia de abortos, fecha y tipo de parto y sexo de la cría. Los datos se obtuvieron de 360 vaquillonas, de un establecimiento de la cuenca oeste, inseminadas con semen sexado, de las cuales 180 corresponden a al período 2012-2013 y las otras 180 al 2013-2014. Para la selección de las vaquillonas se realizó

un estudio descriptivo teniendo en cuenta criterios de inclusión (vaquillonas que ingresaron a servicio la temporada del período a evaluar, inseminadas desde su primer servicio con semen sexado y con un diagnóstico de preñez confirmado) y criterios de exclusión (vaquillonas que hayan recibido algún servicio con semen convencional). A partir de estos datos se obtuvieron los promedios, SD y porcentajes de los distintos índices. Los servicios por preñez fueron $1,9 \pm 1,1$ y $2,5 \pm 1,8$ para el primer y segundo periodo, los días de gestación $273,6 \pm 6,3$ y $274,6 \pm 4,8$, el porcentaje de abortos fue de 7,8% y 9,4%, el porcentaje de partos asistidos fue 21,7% y 16,7%, el porcentaje de crías hembra fue de 93,2% y 90,7%, los natimortos 17,4% y 9,3% y la tasa de concepción a primo inseminación fue 0,47 y 0,48 y la tasa de concepción general 0,41 y 0,39. Se concluye que la utilización de semen sexado permite obtener un porcentaje de hembras mayor al 90%. Comparándolo con los registros del establecimiento, a partir de la incorporación de esta tecnología los días de gestación y la tasa de concepción disminuyen, no así las distocias, natimortos y abortos” (44).

Huamani, W 2019 (10) “El presente trabajo de Investigación se realizó en las instalaciones en el establo AQP MILK, ubicado en el Distrito de Majes-Pedregal, Provincia de Caylloma, Región Arequipa, durante los meses de (Mayo 2019 - Agosto del 2019). Se realizó un estudio diseño cuantitativo, experimental, de comparación. Las variables han sido investigadas y para la recopilación de los datos se usó la ficha de observación. Las variables para su procesamiento han requerido del Chi cuadrado, y el análisis de la varianza con un nivel de significancia del 5%. Esta investigación tiene como objetivo evaluar dos programas de sincronización de celos en vacas en anestro utilizando dispositivos intravaginales y comparar estos dos programas con una inseminación artificial a celo visto, en vacas lecheras post parto, bajo un método de aplicación que de GnRH, PGF2 α y benzoato de estradiol. Los variables evaluadas en el protocolo fueron: la tasa retorno del celo, porcentaje de concepción, días abiertos (pasando los días de espera voluntario), análisis de costo en cada tratamiento. Las unidades de estudio fueron 30 vacas repartidas equitativamente para cada protocolo, cuyos resultados fueron: según la prueba de chi cuadrado ($X^2=0.83$) muestra que no existe diferencia estadística significativa entre la frecuencia del porcentaje de concepción en las vacas sometidas los diferentes protocolos ($P>0.05$). El 40.0%

de las vacas de raza Holstein sometidas al protocolo CIDR quedaron preñadas, mientras que el 30.0% de las vacas sometidas al protocolo DIB estuvieron preñadas, se observa también que la mitad de las vacas del grupo control quedaron preñadas. El costo por vaca tratada con el protocolo CIDR es de S/.159.90, mientras el costo en el protocolo del DIB S/.116.70 y el costo del grupo control ascienden a S/.66.60 nuevos soles” (10).

Zapata, J. 2021 (45) “Con el propósito de poder competir con los grandes productores y tener mejor rentabilidad en el negocio de la ganadería de leche se han implementado nuevas alternativas como la IATF con semen sexado, la cual permite aumentar los nacimientos de hembras; sin embargo, se deben realizar trabajos investigativos para verificar el buen efecto de esta en el Norte de Antioquia. La investigación que se desarrolló es de tipo cuantitativo y cuasiexperimental, en donde se evaluó a 170 novillas de la finca “Venecia”, perteneciente a la ganadería “Estación Pérez”. Para el uso del semen sexado, se estableció un protocolo de IATF con aplicación de eCG con el cual se analizaron datos como el grado de desarrollo reproductivo, la tasa de preñez y la relación con la raza. El estudio se realizó en 7 trabajos en el periodo de tiempo transcurrido desde el 29 de septiembre del 2019 al 12 de febrero del 2021; logrando tasas de preñez de 69,2% - 66,7% - 67,9% - 40,6% - 42,1% - 68,4% & 70,8% (Trabajo 1 al 7, respectivamente) y una tasa de preñez promedio de 60,8%. En la relación del grado de desarrollo reproductivo con la preñez (útero – preñez) se evidenció 0,4% más de preñeces en útero 3 (60,4%) en comparación a útero 2 (60%) con un análisis estadístico Chi – cuadrado de Pearson de 0,003 ($P \leq 0,05$) desde el software IBM SPS Statistics Versión 25, evidenciando la significancia estadística. Por medio de análisis Chi – cuadrado para evaluar la relación y respuesta preñez – raza, se obtuvo que la raza influye en la preñez, con un Chi – cuadrado de Pearson de 0,019 ($P \leq 0,05$) y evidenciándose que el cruce Parhol tiene mejor respuesta” (45).

Ramos, O. 2021 (46) “El presente trabajo tiene como objetivo determinar la tasa de concepción al primer servicio y la tasa de natalidad, así como el porcentaje de terneros hembra nacidas usando semen sexado Gyr en vacas Holstein. Se realizó la inseminación artificial (IA) a 1174 vacas de segundo (434 animales) y tercer

(740 animales) parto durante los meses de diciembre de 2011 a octubre de 2012 en ganaderías de pequeña escala de la Irrigación Majes, Arequipa, Perú. La IA se llevó a cabo 12 horas después de la detección visual del celo y el diagnóstico de preñez se realizó mediante palpación rectal a los 45-60 días del servicio. La tasa de concepción en animales de 2do parto se encontró en un rango de 37 a 77 %, mientras que para los animales de 3er parto fue de 39 a 88%. La natalidad estuvo en el rango de 32 a 71% y de 38 a 85% para vacas de 2do y 3er parto, respectivamente, sin que se evidencie un efecto de estacionalidad sobre la tasa de concepción o de la natalidad. La tasa de concepción global fue de 56% y la de natalidad de 54%. El porcentaje de terneras obtenidas fue de 82% y de terneros de 18%. Se concluye que el número de partos y la estacionalidad no influyen sobre las tasas de concepción y de natalidad cuando se emplea semen sexado Gyr; asimismo, el uso de semen sexado Gyr en vacas Holstein sería una buena opción reproductiva” (46).

Thabang, L. 2023 (47) “En el ganado vacuno y lechero, el uso de semen sexado mejora el progreso genético y aumenta la proporción de terneros del género deseado después de la inseminación artificial (IA). La detección del estro es un factor limitante para la máxima eficiencia reproductiva en vacas lecheras y de carne. Sin embargo, muchos factores intrínsecos y extrínsecos pueden dificultar la sincronización del estro. Los análisis avanzados de espermatozoides en ganado proporcionan resultados precisos sobre la calidad del espermatozoides. La mejor medida de la calidad del espermatozoides, según el sistema de análisis de espermatozoides asistido por computadora (CASA), es la mayor motilidad o velocidad del espermatozoides. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la aplicación de la inseminación artificial programada (ITA) en vacas lecheras y de carne sincronizadas utilizando semen sexado en rebaños ganaderos emergentes de la provincia de Gauteng. Se seleccionaron un total de doscientas treinta y tres vacas (lecheras; n = 136 y de carne; n = 97) de los rebaños bovinos emergentes. Todas las vacas fueron seleccionadas en base a; edad (3 a \geq 7 años), puntuación de condición corporal (BCS) de \leq 2,5, 3 y \geq 3,5 (escala de 1 a 5), no preñada (excluyendo novillas), paridad (1 a \geq 5), aborto negativo a contagioso, 90 días posparto y estado de lactancia (lactante o seca) y asignado a un protocolo Ovsynch + liberación intravaginal controlada de fármaco (CIDR) de 9 días y TAI. En

resumen, en cualquier día determinado del ciclo estral (Día 0), las vacas recibieron una inserción del dispositivo CIDR en la vagina, con administración intramuscular (im) de Estradiol benzoate® (EB). El día 8, se eliminó la administración im de prostaglandina (PGF 2α), con detectores adhesivos de montaje térmico en la cabeza de la cola (HMD) y CIDR. El día 9, estoy administrando EB. La TAI fue realizada por el mismo inseminador 55 horas después de la extracción del CIDR utilizando semen sexado X o no sexado congelado-descongelado de 8 toros (4 Holstein Friesian y 4 Angus), 2 espermatozoides sexados y 2 no sexados de cada tipo de ganado (lácteos y carne de vacuno) fueron suministrados por el servicio de criadores estadounidense (ABS) Global, Sudáfrica. En la IA, el comportamiento del estro se evaluó mediante la activación del color HMD, ya sea rojo (estro/parche activado) o blanco (sin estro/parche no activado). Se utilizó el camión de laboratorio GameteTek Cryo-Mobile durante la descongelación de las pajitas de semen y los parámetros de calidad del esperma (motilidad, velocidad, morfología e integridad de la membrana) se evaluaron inmediatamente antes de la IA. El diagnóstico de embarazo se realizó los días 35, 65 y 95 después de la TAI con la ayuda de un ultrasonido transrectal y palpación transrectal. La fecha del parto y el sexo del ternero se registraron al momento del parto. Todos los datos se analizaron mediante el procedimiento de modelo lineal general (GLM) del Sistema de análisis estadístico (SAS, 9.3.3). Se probó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de los tratamientos para la calidad del semen (semen sexado versus no sexado), toro ($n = 8$) y tratamiento \times toro como efecto fijo. Se utilizó la prueba de chi-cuadrado para determinar diferencias significativas para proporciones iguales. Las diferencias entre las variables se consideraron estadísticamente significativas en $P < 0,05$. La proporción de expresión de estro fue mayor en vacas lecheras (85,3%) que en vacas de carne (65,0%) ($P < 0,05$). Se registró la motilidad total promedio de los espermatozoides en toros lecheros (sexados; 66,8% y no sexados; 70,7%) y de carne (sexados; 58,8% y no sexados; 83,8%) ($P < 0,05$). Para la morfología, se registraron porcentajes promedio altos de espermatozoides vivos tanto en espermatozoides no sexados de lácteos (69,3%) como de res (71,2%) en comparación con los espermatozoides sexados de lácteos (57,2%) y de res (58,2%), respectivamente ($P < 0,05$). Sin embargo, se registraron espermatozoides con anomalías en la cola entre los toros lecheros (sexados; 2,9% y no sexados; 1,7%) y de carne (sexados; 1,7% y no sexados; 2,3%), ($P > 0,05$).

El porcentaje promedio de integridad de la membrana espermática se registró entre toros lecheros (sexados; 51,0% y no sexados; 64,1%) y de carne (sexados; 52,3% y no sexados; 71,2%). La proporción de preñez fue alta en las vacas lecheras (sexadas; 41,4% y no sexadas; 48,5%) en comparación con las vacas de carne (sexadas; 38,0% y no sexadas; 37,0%) ($P < 0,05$). En conclusión, se lograron tasas aceptables de expresión de sincronización del estro y de concepción en vacas lecheras y de carne. Se recomienda que el semen sexado pueda utilizarse con éxito mediante biotecnologías reproductivas avanzadas en un sistema ganadero emergente organizado” (47).

2.2.2. Análisis de trabajos de investigación

Nishant, S. et al 2018 (48) “Se llevó a cabo un estudio en el bloque Lohaghat del distrito de Champawat, Uttarakhand, para evaluar la tasa de concepción y la eficiencia de clasificación del semen sexado en condiciones de campo. Se realizó Inseminación Artificial (IA) en 218 animales durante el período de estudio. Las vacas se dividieron en dos grupos, G1 y G2, según el uso de semen sexado y no sexado, respectivamente, para la IA. En G1, un total de 70 vacas inseminadas con semen sexado de tres centros del bloque Lohaghat y la tasa de concepción, terneras y terneros machos fueron del 40%, 82,14% y 17,85%, respectivamente. En total, 148 vacas fueron inseminadas con semen sin sexar de los mismos tres centros. La tasa de concepción observada, terneras y terneros machos fue de 49,32%, 50,68% y 49,31%, respectivamente. El porcentaje de terneros hembras y machos fue significativamente ($P < 0,01$) mayor y menor respectivamente con semen sexado en comparación con semen no sexado. El presente estudio destaca la importancia de utilizar semen sexado en condiciones de campo para aumentar la producción de leche y reducir la carga de terneros machos para los ganaderos” (48).

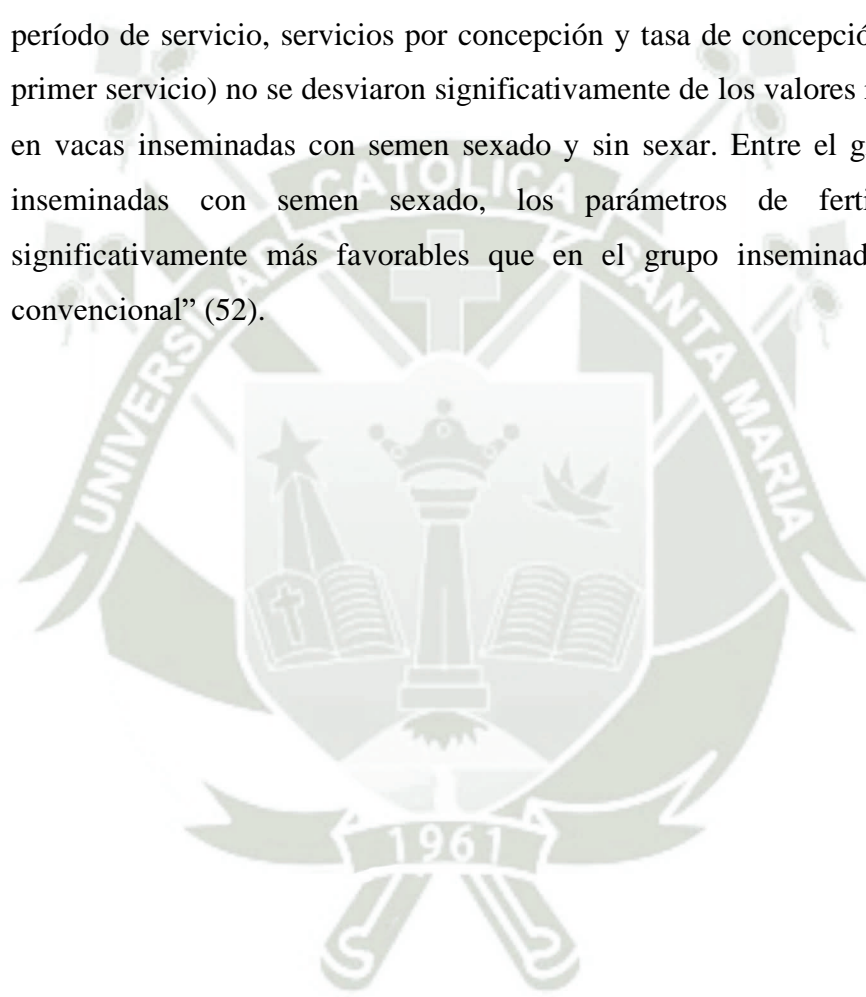
Sujata, S et al. (49) “El estudio se realizó con veinte búfalas Murrah seleccionadas al azar del campo para evaluar el efecto del semen sexado y convencional sobre la tasa de preñez. Los búfalos seleccionados fueron tratados inicialmente con medicamentos previos a la sincronización. Las búfalas en celo espontáneo con flujo vaginal y micciones frecuentes se dividieron en dos grupos de diez animales. Las búfalas del grupo I y II fueron inseminadas a mitad del estro con semen sexado y convencional, respectivamente. La tasa promedio de preñez

y de terneras nacidas para la IA con semen seleccionado por sexo fue del 40% y el 100% y para la IA con semen convencional del 50% y el 40%, respectivamente. La tasa de preñez fue menor, mientras que la tasa de crías nacidas fue mayor después de la IA con semen seleccionado por sexo que con semen convencional” (49).

Quintero, A (51) “En el ganado bovino, la inseminación artificial tradicional o convencional (IAC) no sólo juega un papel vital en el establecimiento exitoso de la preñez, que es un requisito previo para inicio de la lactancia, sino también en acelerar la mejora genética y facilitar la distribución del semen de toros genéticamente superiores. Esto último se ha visto facilitado en gran medida por la capacidad de criopreservar semen con éxito. El manejo de la pajuela de semen al descongelado es de vital importancia; el semen descongelado debe protegerse de los choques térmicos durante el proceso de descongelación y deposición en el útero, hecho que debe durar entre 6 a 8 minutos. La IA correcta debiera ocurrir en el cuerpo del útero, no obstante, el depósito seminal en los cuernos uterinos solo proporciona una modesta mejora en las tasas de concepción. El intervalo desde el inicio del celo hasta el momento de la ovulación (ICO) parece ser similar para vacas y novillas, estando alrededor de las 28 h, sin embargo, existe una gran variación (desviaciones estándar de 5 a 6 h) alrededor de este promedio. La prevención de patologías posparto y manejo nutricional adecuado durante la ciclicidad de la vaca y la preñez temprana son claves para lograr la preñez. La incorporación de IA con semen sexado (IAX) para uso comercial sigue siendo una limitante, ya que, las tasas de preñez siguen siendo sub-óptimas y su costo es elevado, por lo cual, solo se recomienda implementar en explotaciones donde su tasa de preñez con IAC es excepcional y por encima del promedio. Los estudios de campo arrojan a la fecha resultados contradictorios” (51).

Enero, E; Sablik, Priort & Święcilo, Agata (52) “Los métodos biotecnológicos se pueden utilizar en la reproducción de vacas lecheras para aumentar el potencial reproductivo y mejorar los resultados económicos de la producción de leche. Los métodos biotecnológicos ampliamente utilizados en la reproducción incluyen la inseminación artificial y la transferencia de embriones, y más recientemente la inseminación con semen sexado, que permite controlar el sexo de la descendencia.

Este estudio presenta un análisis de la efectividad del uso de semen sexado en un rebaño seleccionado de vacas lecheras. Los resultados confirmaron la eficacia del semen sexado en el aumento de los nacimientos de terneras. El semen sexado fue más efectivo entre las novillas. En ese grupo se requirieron menos dosis de inseminación para la concepción (1,54) y el embarazo después del primer procedimiento de inseminación se registró en el 52,2% de los casos. Los valores de parámetros de fertilidad seleccionados (intervalo entre parto y primer servicio, período de servicio, servicios por concepción y tasa de concepción después del primer servicio) no se desviaron significativamente de los valores recomendados en vacas inseminadas con semen sexado y sin sexar. Entre el grupo de vacas inseminadas con semen sexado, los parámetros de fertilidad fueron significativamente más favorables que en el grupo inseminado con semen convencional” (52).





3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Localización del trabajo

3.1.1.1. Espacial

El estudio se llevó a cabo el establo “AGROINDUSTRIAL ESTABLO J&J PAREDES” ubicado en la Parcela Nro. 85 Sección E-2 en el Distrito de Majes (53), el cual se encuentra en el departamento de Arequipa, en el sur de Perú. Sus coordenadas geográficas son Latitud: 16° 21' 31" Sur, Longitud: 72° 11' 27" Oeste. Limita al sur con los distritos de Santa Rita de Sigwas y Quilca, al norte con San Juan de Sigwas, al oeste con Uraca, y al este con San Juan de Sigwas. Su extensión territorial abarca alrededor de 163,800 hectáreas (54).

3.1.1.2. Temporal

El procedimiento de campo fue realizado en los meses de junio, julio y agosto, la redacción del documento de borrador de tesis en los meses de agosto y setiembre.

3.1.2. Materiales biológicos

- Vacas de la raza Holstein Friesian
- Semen sexado Sexcel

3.1.3. Materiales de campo

- Mameluco de trabajo
- Botas de jebe
- Registro
- Pistola de inseminación
- Termo descongelador
- Termo criogénico
- Corta pajuelas
- Fundas de inseminación
- Guantes obstétricos
- Papel toalla
- Camisetas o sobrefundas de inseminación
- Material de sujeción

- Libreta de campo

3.1.4. Materiales de escritorio

- Computadora y/o laptop
- Hojas bond
- Impresora

3.1.5. Equipos y maquinarias

- Cámara fotográfica
- Ecógrafo Kaixin RKU

3.2. Métodos

3.2.1. Muestreo

3.2.1.1. Universo

Se consideró como universo a todas las vacas Holstein Friesian en lactación del establo.

3.2.1.2. Tamaño de muestra

Se utilizaron 25 vacas por tratamiento.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(e^2 \cdot (N - 1)) + (Z^2 \cdot p \cdot q)}$$

Donde:

- N = Total de vacas en lactación del establo (92)
- Z = Valor Z para un nivel de confianza del 95% (1,96)
- p = Porcentaje de la población con el atributo deseado (95%)
- q = Porcentaje de la población sin el atributo deseado (1-p)
- e = Margen de error del 5% (0,05)

$$n = \frac{92 \times 1,96^2 \times 0,95 \times 0,05}{(0,05^2 \times (92 - 1)) + (1,96^2 \times 0,95 \times 0,05)}$$

$$n = 40,94$$

El cálculo determinó que el tamaño de muestra óptimo es de 41 vacas. En el presente estudio, se trabajó con 50 vacas en total (25 vacas por tratamiento), lo cual supera el tamaño mínimo calculado, garantizando así la representatividad de los resultados.

3.2.1.3. Procedimiento de muestreo

Se realizó mediante el uso del Muestreo Simple Completamente al Azar en base a los requerimientos de las variables de estudio.

3.2.2. Formación de unidades experimentales de estudio

Cada vaca en tratamiento fue considerada como una unidad en estudio

3.2.3. Métodos de evaluación

3.2.2.1. Metodología de la experimentación

Detección de celo y confirmación del PEV

- a) Se corroboró que todas las vacas seleccionadas para inseminación hayan cumplido con el Período de Espera Voluntario (PEV) de 60 días promedio tras el parto, garantizando que el aparato reproductor esté recuperado y la vaca sea apta para la concepción.
- b) Se realizó la detección de celo de manera visual, observando los signos de estro (como inquietud, monta, secreción vaginal, etc.) dos veces al día, por la mañana y por la tarde. Respaldamos esta detección visual de estro con el método del crayoneo.
- c) Se procede a la revisión ginecológica externa, “flujeo” claro y cristalino.

Inseminación artificial

- d) Una vez detectado el celo, la inseminación se llevó a cabo siguiendo el protocolo AM-PM, inseminando a las vacas 12 horas después de haber sido detectadas en celo.
- e) Se prepara el agua en el termo descongelador (36°C).
- f) Del termo criogénico identificamos la canastilla del toro a utilizar, una vez identificado se procede a extraer la pajilla y colocarla en el termo descongelador preparado anteriormente, por aproximadamente 40 seg.
- g) Mientras se descongela la pajilla, calentamos el aplicador de I.A.
- h) Se retira la pajilla del termo descongelador y secamos con papel. En el extremo contrario de las esponjas protectoras se realiza un corte con el corta pajillas y se embona con la funda y se termina de colocar dentro del aplicador.

- i) Hecho esto se utiliza la camiseta de inseminación que instalamos sobre el aplicador y cuidadosamente se debe proteger el aplicador de los rayos del sol, hasta llegar al corral de IA con el animal sujetado.
- j) Grupo 1 (Semen convencional): Las vacas de este grupo fueron inseminadas con semen convencional, siguiendo los procedimientos recomendados para la descongelación y manipulación del semen, asegurando la viabilidad de los espermatozoides.
- k) Grupo 2 (Semen sexado): Las vacas de este grupo fueron inseminadas con semen sexado, utilizando los mismos procedimientos para mantener la calidad del semen.
- l) El proceso de inseminación que aplique fue el siguiente: colocarnos los guantes, introducimos la mano vía rectal con la otra mano se limpia la vulva, seguido introducimos la pistola en ángulo de 45° para no desviarse al meato urinario, pasando la cérvix y ubicamos en el cuerpo del útero, punto blanco, y depositamos el semen.
- m) Registramos en el cuaderno de campo los datos de interés, hora, vaca inseminada, tipo de semen seleccionado, signos: flujo, tonificación uterina.

Diagnóstico de preñez

- n) La preñez fue evaluada mediante ultrasonografía transrectal a los 30 días post inseminación, para determinar la tasa de concepción en cada grupo.
- o) Se registran los resultados obtenidos.

3.2.2.2. Recopilación de la información

a. En el campo

Los datos de registros de producción serán brindados por el establo para poder evaluar a las vacas y realizar el estudio.

b. En la biblioteca

Acudiendo a libros, tesis y revistas en los temas relacionados al estudio de interés.

c. En otros ambientes generadores de la información científica

Con apoyo de información de internet, revistas indexadas, páginas web y especialistas en el tema.

3.3. Variables de respuesta

3.3.1. Variables independientes

- Tratamiento

3.3.2. Variables dependientes

- Parámetro reproductivo

3.3.3. Operacionalización de las variables

	Variable	Indicador
Independiente	Tratamiento	Resultado de la inseminación con semen convencional Resultado de la inseminación con semen sexado
Dependiente	Parámetro reproductivo	Tasa de concepción

3.4. Evaluación estadística

3.4.1. Diseño Experimental

3.4.1.1. Unidades experimentales

Cincuenta unidades experimentales, cada vaca se considera una unidad de estudio con el estado reproductivo sea vacía o preñada. Cada vaca será evaluada mediante diagnóstico de preñez utilizando el método ecográfico.

Criterios de inclusión:

- Vacas lecheras
- Vacas de primer servicio después de periodo de espera voluntario
- Vacas vacunadas con hiprabovis 4
- Vacas libres de problemas metabólicos
- Vacas con buen historial reproductivo

Criterios de exclusión:

- Vacas que presentaron problemas reproductivos en la gestación anterior
- Vacas con mal historial reproductivo
- Vacas que excedan una inseminación en la campaña actual
- Vacas con más de cuatro partos
- Vacas repetidoras

3.4.1.2. Diseño de tratamientos

Se evaluarán dos tratamientos para la obtención de las variables bajo estudio.

- T1: vacas Holstein inseminadas con semen convencional.
- T2: vacas Holstein inseminadas con semen sexado.

3.4.2. Análisis estadístico

La información recolectada será expresada como:

- Porcentaje de vacas vacías
- Porcentaje de vacas preñadas
- Porcentaje de vacas con retorno al celo

3.4.2.1. Análisis de significancia

Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0.05$.

3.4.2.2. Pruebas no paramétricas

Los valores serán sometidos a la contrastación estadística no paramétrica a través de la prueba de Chi cuadrado.

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde:

- x^2 = Chi-cuadrado
- \sum = Sumatoria
- f_o = frecuencia observada
- f_e = frecuencia esperada



4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Determinación de la tasa de concepción usando semen convencional en vacas Holstein Friesian.

Tabla 01. Tasa de concepción en vacas inseminadas con semen convencional

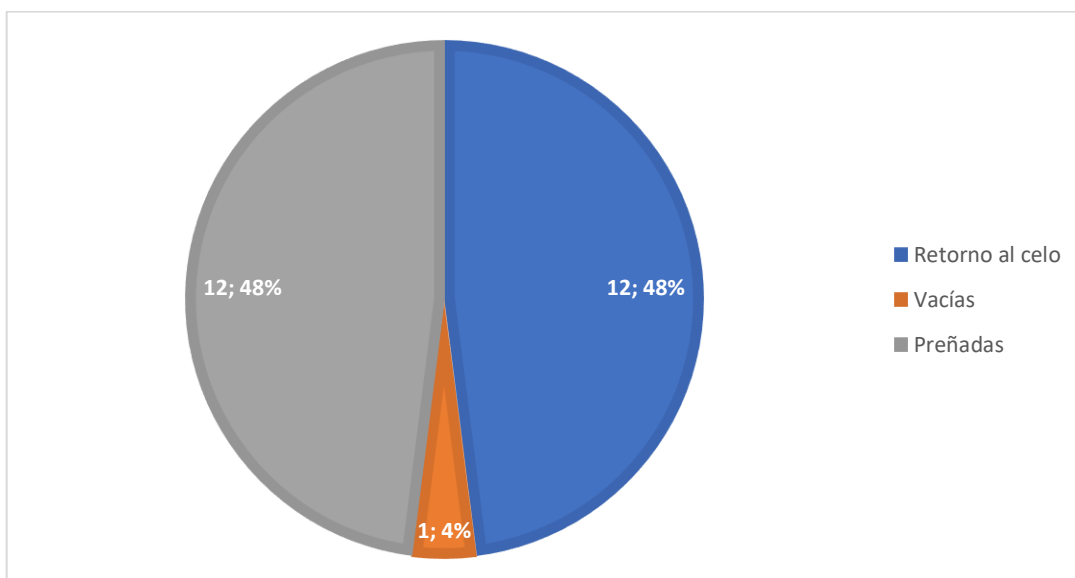
Tipo de semen	Animales inseminados	Retorno al celo	Vacías	Preñadas	Tasa de concepción
Convencional	25	12	1	12	48%

La tabla 01 presenta la tasa de concepción en vacas inseminadas con semen convencional. Se utilizaron 25 vacas, de las cuales 12 no quedaron preñadas y retornaron al celo, lo que indica que aproximadamente la mitad de las vacas no lograron concebir. Sumado a esto, una vaca resultó vacía, quiere decir que no quedó preñada y además no retornó al celo, indicando que podría relacionarse a algún tipo de problema reproductivo o metabólico.

Podemos notar que de las 25 vacas que fueron inseminadas, 12 quedaron preñadas, lo que representa una tasa de concepción del 48%. Este porcentaje lo consideramos moderado en nuestro contexto. Los 12 animales que retornaron al celo manifiestan que la inseminación no fue efectiva, y lo relacionamos a varios factores como problemas en la sincronización, calidad del semen o factores propios de la vaca como salud o nutricional. Tomando en cuenta este número de vacas en retorno al celo y vacías, podemos afirmar que más de la mitad de las vacas no quedaron preñadas.

La tasa de concepción obtenida con semen convencional (48%) en el presente estudio es similar al del estudio de Thabang, L. 2023 (47) quien obtuvo un porcentaje de preñez del 48,5% para vacas inseminadas con semen no sexado o convencional, esta ligera diferencia puede deberse a que el estudio de Thabang utilizó IATF mediante el protocolo Ovsynch + CIDR y la sincronización del estro, lo que generalmente mejora la tasa de concepción al asegurar que las vacas se inseminen en el momento óptimo de su ciclo estral. Por otro lado, resulta menor al resultado de Nishant, S. et al 2018 (48) con el 49,32% de vacas preñadas utilizando semen convencional, este mayor porcentaje puede estar relacionado al método de diagnóstico de preñez al usar palpación per-rectal, podría no haber detectado algunas pérdidas embrionarias tempranas, lo que podría haber afectado ligeramente las tasas reportadas.

Gráfico 01. Distribución de vacas inseminadas con semen convencional



En el gráfico 01 observamos la distribución de las vacas inseminadas con semen convencional, divididas en tres categorías principales: vacas preñadas, vacías y aquellas que retornaron al celo. De un total de 25 vacas inseminadas, el 48% (12 vacas) quedaron preñadas, lo que indica que casi la mitad de las vacas lograron concebir con el semen convencional utilizado. Sin embargo, un porcentaje igualmente alto, el 48% (12 vacas), retornó al celo, lo que significa que no quedaron preñadas en esta inseminación.

Por otro lado, el 4% restante (una vaca) no solo no quedó preñada, sino que tampoco retornó al celo, lo que puede indicar un posible problema de fertilidad o de salud reproductiva en esa vaca en particular. Aunque es una vaca, este porcentaje es importante ya que puede señalar la necesidad de investigar más a fondo para detectar posibles trastornos reproductivos, infecciones uterinas u otros factores que puedan estar impidiendo la concepción.

4.2. Determinación de la tasa de concepción usando semen sexado en vacas Holstein Friesian.

Tabla 02. Tasa de concepción en vacas inseminadas con semen sexado

Tipo de semen	Animales inseminados	Retorno al celo	Vacías	Preñadas	Tasa de concepción
Sexado	25	8	7	10	40%

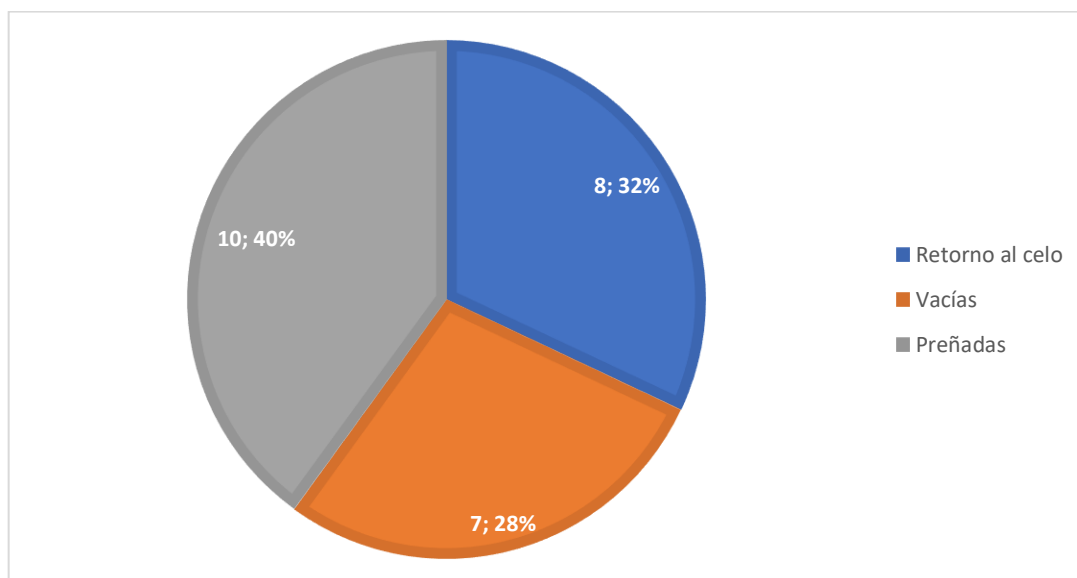
En la tabla proporcionada se observa que, de un total de 25 vacas inseminadas con semen sexado, 8 vacas regresaron al celo, lo que indica que no lograron quedar preñadas y tuvieron un nuevo ciclo estral. Además, 7 vacas no sólo no quedaron preñadas, sino que tampoco regresaron al celo, lo que las clasifica como vacías. Finalmente, 10 vacas quedaron preñadas, lo que constituye el 40% del total de animales inseminados.

La tasa de concepción en este caso es del 40%, lo que refleja el número de vacas que lograron concebir con el semen sexado en relación con el total de vacas inseminadas.

Sin embargo, el retorno al celo y las vacas vacías muestran que un número importante de vacas, 8 y 7 respectivamente, no logró concebir en esta inseminación. Esto puede indicar que hay varios factores que influyen en la fertilidad, como la calidad del semen, el momento de la inseminación o posibles problemas reproductivos en las vacas.

Nuestra tasa de concepción del 40% obtenida en este estudio resulta idéntica a la tasa de concepción obtenida en el estudio de Nishant, S. et al 2018 (48) en vacas inseminadas con semen sexado; en ambos estudios, la tasa de concepción con semen sexado fue 40%, lo que indica una coincidencia notable en los resultados obtenidos en condiciones de campo y con diferente metodología de inseminación artificial (IA), esto es un buen indicador de que la tasa de concepción con semen sexado en condiciones de campo puede ser relativamente constante, a pesar de las diferencias geográficas o de manejo. Caso contrario, resulta ligeramente inferior al reportado por Thabang, L. 2023 (47) con un porcentaje de preñez del 41,4% en vacas inseminadas con semen sexado, las tasas de preñez con semen sexado son similares entre ambos estudios, con una ligera diferencia de 1,4%, sugiriendo que el rendimiento reproductivo con semen sexado es relativamente constante.

Gráfico 02. Distribución de vacas inseminadas con semen sexado



En el gráfico 02 podemos observar la distribución de las vacas inseminadas con semen sexado en tres categorías principales: vacas preñadas, vacías y aquellas que retornaron al celo. De un total de 25 vacas inseminadas, el 40% (10 vacas) logró quedar preñada. Este dato refleja que, en este caso, la inseminación con semen sexado tuvo un éxito moderado en términos de concepción. Sin embargo, el 60% restante de las vacas no lograron concebir.

El 32% de las vacas (8 vacas) retornaron al celo, lo que indica que no quedaron preñadas en esta inseminación y experimentaron un nuevo ciclo estral. Este porcentaje es significativo, ya que muestra que una parte considerable de las vacas no tuvo éxito en la concepción.

Finalmente, el 28% de las vacas (7 vacas) no sólo no quedaron preñadas, sino que tampoco retornaron al celo, lo que las clasifica como vacías.

Tabla 03. Comparación de la tasa de concepción obtenida por inseminación con semen convencional y semen sexado en vacas Holstein Friesian.

Tipo de semen	Animales inseminados	Retorno al celo	Vacías	Preñadas	Tasa de concepción
Convencional	25	12	1	12	48%
Sexado	25	8	7	10	40%

$$X^2 = 0,2773$$

$$P > 0,05$$

$$P = 0,3938$$

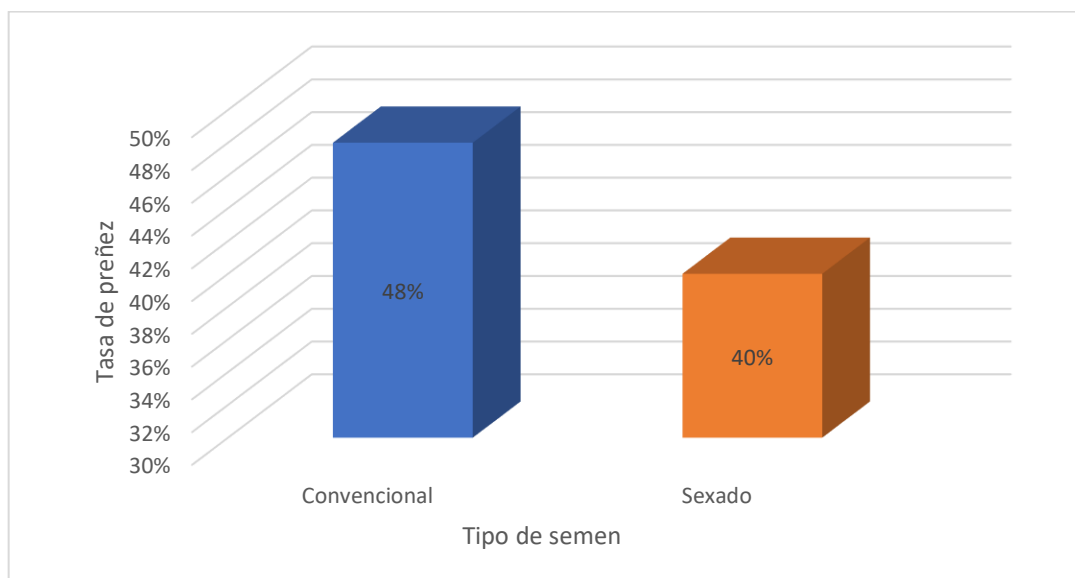
En la tabla 03 podemos ver que, al comparar ambos tipos de semen, se observa que la tasa de concepción con semen convencional es del 48%, mientras que con semen sexado es del 40%. Esta diferencia sugiere que el semen convencional tuvo una mayor efectividad en la concepción en este caso particular. Sin embargo, ambas tasas de preñez son relativamente moderadas. Aunque la tasa de concepción por semen sexado es una tasa algo baja comparada con el 48% de la inseminación con semen convencional, el semen sexado tiene la ventaja de permitir la selección del sexo del ternero, lo que puede ser una prioridad en ciertos contextos, a pesar de su menor efectividad en la concepción.

El retorno al celo es más bajo con el semen sexado (32%) en comparación con el semen convencional (48%). El proceso de sexado del semen (selección de espermatozoides X o Y) puede reducir la motilidad de los espermatozoides y aumentar la mortalidad celular, lo que podría ser responsable del mayor porcentaje de retorno al celo.

El porcentaje de vacas vacías es mayor con el semen sexado (28%) que con el semen convencional (4%).

La prueba de Chi-cuadrado realizada con los datos de preñez observada muestra que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las tasas de preñez obtenidas con semen convencional (48%) y semen sexado (40%) a un nivel de significancia del 5%.

Gráfico 03. Tasa de concepción obtenidas con semen convencional y sexado



La columna correspondiente al semen convencional muestra que la tasa de concepción fue del 48%, lo que significa que 12 vacas de las 25 inseminadas quedaron preñadas. Esta columna será más alta en comparación con la columna que representa el semen sexado, indicando que el semen convencional fue más efectivo en términos de tasa de concepción.

Por otro lado, la columna correspondiente al semen sexado muestra una tasa de concepción del 40%, lo que representa 10 vacas preñadas de las 25 inseminadas. La columna para el semen sexado será más baja que la del semen convencional, lo que refleja que el semen sexado tuvo una tasa de concepción inferior en este caso específico.



5. Conclusiones

PRIMERA: La tasa de concepción observada en las vacas Holstein Friesian inseminadas con semen convencional fue del 48%, lo que refleja una tasa moderada de concepción en el contexto del estudio.

SEGUNDA: El análisis de la tasa de concepción en vacas Holstein Friesian inseminadas con semen sexado resultó en un 40% de vacas preñadas. Este porcentaje es inferior al obtenido con semen convencional.

TERCERA: La comparación entre ambos tipos de semen (convencional y sexado) muestra que el semen convencional tiene una tasa de concepción superior (48%) en comparación con el semen sexado (40%), lo que indica que el semen convencional fue más efectivo en términos de concepción. Es importante considerar que, a pesar de la diferencia en las tasas de preñez, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre ambos métodos a un nivel de significancia del 5%, lo que implica que ambos tipos de semen pueden ser útiles en diferentes contextos según los objetivos reproductivos de la finca.



6. Recomendaciones RESUMIR

- Se recomienda complementar la detección natural del celo con el uso de detectores de estro, como parches adhesivos o sistemas electrónicos (collares de actividad o podómetros), para mejorar la precisión y asegurar que las vacas sean inseminadas en el momento óptimo de su ciclo estral.
- Para reducir la dependencia de la observación natural del celo, se recomienda la implementación de un protocolo de sincronización del celo, que ha mostrado ser efectivo en mejorar las tasas de preñez.
- Las vacas que no quedan preñadas o no retornan al celo podrían estar enfrentando problemas reproductivos. Se recomienda realizar evaluaciones periódicas de salud reproductiva y análisis de la condición corporal.
- El semen sexado sigue siendo una herramienta útil, especialmente en sistemas donde el sexo de la descendencia es determinante como en la producción láctea. Por lo tanto, se recomienda complementar el uso de semen sexado con un protocolo de sincronización del celo, también es importante proporcionar al personal de inseminación la formación necesaria para maximizar las probabilidades de éxito con semen sexado.
- Se recomienda continuar investigando el efecto del semen sexado en la fertilidad de las vacas, especialmente en condiciones de campo, para identificar factores que puedan mejorar su efectividad.



7. Referencias

1. Turner J. New Mexico State University. [Online].; 2014 [cited 2023 Octubre 28. Available from: [https://pubs.nmsu.edu/_b/B212/#:~:text=The%20cow's%20reproductive%20cycle%20consists,and%20ovulation%20\(egg%20release\).](https://pubs.nmsu.edu/_b/B212/#:~:text=The%20cow's%20reproductive%20cycle%20consists,and%20ovulation%20(egg%20release).)
2. Equipo Editorial INTAGRI. Intagri. [Online].; 2018 [cited 2023 Octubre 28. Available from: <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/caracteristicas-reproductivas-de-la-hembra-bovina>.
3. Rich T, Turman E. Iowa Beef Center. [Online]. [cited 2023 Octubre 28. Available from: <https://www.iowabeefcenter.org/bch/CowReproductiveAnatomy.pdf>.
4. Perry G. Beef repro. [Online].; 2020 [cited 2023 Octubre 28. Available from: <https://beefrepro.org/wp-content/uploads/2020/08/estrouscycle.pdf>.
5. Departamento de Producción Animal. Universidad Central de Venezuela. [Online].; 2015 [cited 2023 Octubre 28. Available from: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Produccion_Animal/Fundamentos_II/Bases_Anatomicas_y_Fisiologicas/Clase_3._Ciclo_estral_y_ciclo_de_postura._2015._Incompleta.pdf.
6. Deutscher G. Reproductive tract anatomy and physiology of the cow Extension. UoNC, editor. Nebraska: University of Nebraska; 1980.
7. Fuquay J. Encyclopedia of Dairy Sciences. Primera ed. Fuquay J, editor. Mississippi: Elsevier ; 2011.
8. Atuesta E. Control hormonal del ciclo estral en bovinos y ovinos. Revista Spei Domus. 2011.
9. Sintex. Produccion animal.ar. [Online].; 2005 [cited 2023 Noviembre 15. Available from: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/72-manejo_farmacologico_ciclo_estral_bovino.pdf.

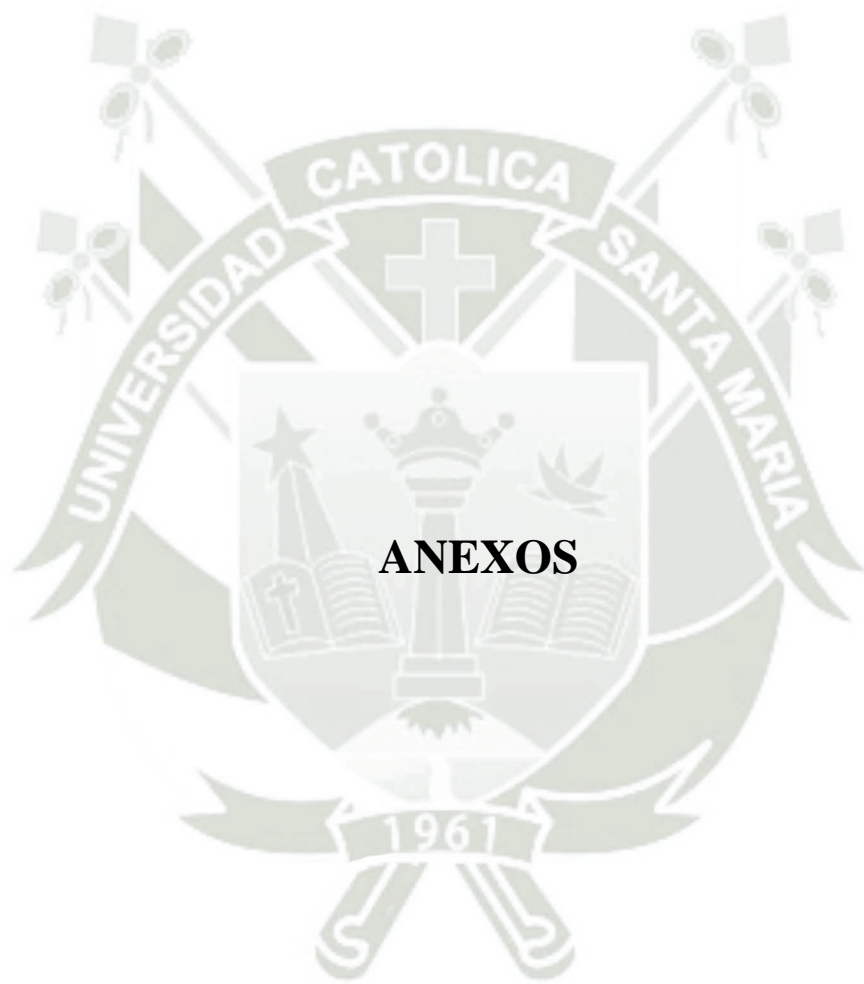
10. Huamani W. Efecto de dos programas intravaginales (Cidr-DIB) de sincronización e inseminación artificial de bovinos Holstein Friesian Majes, Caylloma, Arequipa región 2019. Tesis. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas; 2019.
11. Asprón M. Scribd. [Online].; 2018 [cited 2023 Noviembre 15. Available from: <https://es.scribd.com/doc/35207715/Manejo-Reproductivo-Del-Ganado-Bovino>.
12. McLaughlin J. MSD Manuals. [Online].; 2022 [cited 2023 Noviembre 15. Available from: <https://www.msmanuals.com/es-pe/hogar/salud-femenina/biolog%20da-del-aparato-reproductor-femenino/ciclo-menstrual>.
13. Villa N, Morales C, Granada J, Mesa H, Gomez G, Molina J. Evaluación de Cuatro Protocolos de Sincronización Para Inseminación a Tiempo Fijo en Vacas Bos indicus Lactantes. Revista Científica. 2007 Octubre; 17(5).
14. Waldir E. Efecto de dos programas de sincronización e inseminación artificial de vacas criollas en sistema extensivo, distrito de andabamba, santa cruz, Cajamarca. Tesis. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Facultad Ingeniería Zootecnia, Facultad de Ingeniería Zootecnia; 2017.
15. Nowicki A. Partners in reproduction. [Online].; 2019 [cited 2023 Noviembre 01. Available from: <https://www.partners-in-reproduction.ie/synchronisation-protocols>.
16. Tibary A, Patino C, Ciccarelli M. SYNCHRONIZATION OF ESTRUS AND OVULATION IN DAIRY CATTLE. SPERMOVA. 2019; 9(1).
17. Uribe G, Romero J. Zamorano. [Online].; 2011 [cited 2023 Noviembre 1. Available from: [https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/8f6cd53f-6c13-4ee5-a6e2-a3351fd165b8/content#:~:text=El%20Crestar%20AE%20\(Intervet%201995,Valerato%20de%20estradiol%205%20mg](https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/8f6cd53f-6c13-4ee5-a6e2-a3351fd165b8/content#:~:text=El%20Crestar%20AE%20(Intervet%201995,Valerato%20de%20estradiol%205%20mg).
18. Medicinas Veterinarias. Medicinas Veterinarias. [Online].; 2023 [cited 2023 Noviembre 1. Available from: <https://www.medicinasveterinarias.com/product/crestar-x-ds/>.

19. ZOETIS S.R.L. ZOETIS. [Online].; 2013 [cited 2023 Noviembre 1. Available from: <https://ar.zoetis.com/products/bovinos/cidr.aspx>.
20. Leeuwenhoek A. De natis e semine genital animalculis. Philosophical Transactions. 1678; 12.
21. Progressive Dairy. AGProud. [Online].; 2008 [cited 2023 Noviembre 25. Available from: <https://www.agproud.com/articles/26874-1808-pd-the-history-of-artificial-insemination>.
22. Ombelet W, Van J. Artificial insemination history: hurdles and milestones. Facts Views Vis Obgyn. 2015; 7(2).
23. Gutierrez J, Palomares R, Sandoval J, Ondiz A, Portillo G, Soto E. Using of Ovsynch Protocol in Anoestrus Control in Dual Purpose Crossbred Cows. Revista Científica. 2005; 15(1).
24. Nowicki A, Baranski W, Baryczka A, Janowski T. OvSynch Protocol and its Modifications in the Reproduction Management of Dairy Cattle Herds – an Update. Journal of Veterinary Research. 2017 Setiembre; 61(3).
25. Vera J. Efecto del celo y el tratamiento con GnRH sobre la tasa de concepcion en programas de inseminacion artificial y transferencia de embriones bovinos. Tesis. Cordoba: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2017.
26. Cutaia L. Asociacion Venezolana de Produccion Animal. [Online].; 2011 [cited 2023 Noviembre 15. Available from: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/innovacion_tecno/pdfs/89capitulo_lxxv.pdf.
27. Bukovsky A, Virant-Klun I, Svetlikova M, Willson I. Ovarian Germ Cells. In Bukovsky A. Methods in Enzymology.; 2006. p. 208-258.
28. Villareal . Eficiencia de dos pr Eficiencia de dos protocolos de I ocolos de IATF en v TF en vacas Holstein, fr acas Holstein, frente a la ente a la. Trabajo de grado. Bogota: Universidad de la Salle, Maestria en Ciencias Veterinarias; 2015.

29. Colazo M, Mapletoft R. A review of current timed-AI (TAI) programs for beef and dairy cattle. The Canadian Veterinary Journal. 2014 Agosto; 14(8).
30. Zoetis. ZOETIS. [Online].; 2022 [cited 2023 Noviembre 15. Available from: <https://www2.zoetis.mx/content/es/pages/productos-y-soluciones/Ganaderia/PDFs/GA-FT-2022-DIB.pdf>.
31. Hazard S. Biblioteca INIA. [Online]. [cited 2023 Noviembre 15. Available from: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7003/NR31870.pdf?sequence=15&isAllowed=y>.
32. rumiNews. RumiNews. [Online].; 2022 [cited 2023 Noviembre 15. Available from: <https://rumiantes.com/indicadores-clave-rendimiento-utilizados-asesores-evaluacion-reproductiva/>.
33. Armengol R, Fraile L, Bach A. Key performance indicators used by dairy consultants during the evaluation of reproductive performance during routine visits. Front Vet Sci. 2023 Junio; 10(2).
34. Watanabe K, Lewis B, Mlewah T, Tetsuka M. Age at First Calving and Factors Influencing it in Dairy Heifers Kept by Smallholder Farmers in Southern Malawi. JARQ. 2017; 51(4).
35. Genus. ABS Global. [Online].; 2020 [cited 2023 Noviembre 25. Available from: <https://www.absglobal.com/uk/what-is-pregnancy-rate-in-cattle/>.
36. Foote R. : Dairy cattle reproductive physiology research and management-past progress and future. J. Dairy Sci. 1996; 79(1).
37. Seidel GEJ, Johnson L. Sexing mammalian sperm - Overview. Theriogenology. 1999; 52.
38. Seidel GEJ. Sexing mammalian sperm-intertwining of commerce, technology, and biology. Anim. Reprod. Sci. 2003; 79.
39. Hiroyuki H. Sperm Sexing in the Cattle Industry. J. Mamm. Ova Res. 2012; 29.

40. Agrovvet Bolivia. Facebook. [Online].; 2020 [cited 2023 Noviembre 15. Available from:
<https://www.facebook.com/980975715277804/photos/a.980981121943930/3709280702447278/?type=3>.
41. Contexto Ganadero Edits. contextoganadero. [Online].; 2023 [cited 2023 Noviembre 15. Available from: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/abs-global-explica-la-tecnologia-sexceltm-para-sexage-de-semen>.
42. ABS América Latina. Youtube. [Online].; 2022 [cited 2023 Noviembre 15. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=7oyUC4UpsXI&t=499s>.
43. Writer F. Agproud. [Online].; 2020 [cited 2023 Noviembre 15. Available from: <https://www.agproud.com/articles/53762-sexed-semen-for-the-beef-industry>.
44. Franchini M. Evaluación del semen sexado y su efecto en índices reproductivos. Tesis. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias; 2016.
45. Zapata J. Evaluación de un protocolo de IATF con semen sexado en novillas de dos razas bovinas en el Norte de Antioquia. Tesis. Caldas: Unilasallista Corporación Universitaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2021.
46. Ramos O. Parámetros reproductivos en vacas Holstein (*Bos taurus*) inseminadas con semen sexado de toros Gyr (*Bos indicus*) en la irrigación Majes – Arequipa. Tesis. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos , Facultad de Medicina Veterinaria; 2023.
47. Thabang L. Application of timed artificial insemination in synchronized dairy and beef cows using sexed and non-sexed semen. Tesis. University of South Africa, Postgrade; 2023.
48. Nishant S, DK C, Shriya R, Mridula S, Harshit V. Effect of sexed semen on conception rate and sex ratio under field conditions. Journal of Entomology and Zoology Studies. 2018 Enero; 6(1).

49. Sujata S, Manjusha P, Maheshkumar I, Pankaj H. Effect of Sexed and Conventional Semen on Pregnancy Rate in Murrah Buffaloes under Field Condition. *Indian Journal of Veterinary Sciences and Biotechnology*. 2024 Octubre; 18(4).
50. Nishant S, DK C, Shriya R, Mridula S, Harshit V. Effect of sexed semen on conception rate and sex ratio under field conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018 Enero; 16(1).
51. Quintero A. Estrategias de inseminación artificial en bovinos: De lo convencional al uso de semen sexado. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 2022 Octubre; 30(2).
52. Enero E, Sablik P&SA. Analysis of the effectiveness of sexed semen in a selected herd of dairy cows. *Acta Sci. Pol. Zootechnica*. 2022 Febrero; 21(2).
53. Universidad Peru. Universidad Peru. [Online].; 2010 [cited 2023 Noviembre 15. Available from: <https://www.universidadperu.com/empresas/agroindustrial-j-j-paredes.php>.
54. Distrito Peru. Distrito.pe. [Online]. [cited 2023 Noviembre 15. Available from: <https://www.distrito.pe/distrito-majes.html>.



Anexo 01. Ubicación del estable “Agroindustrial Establo J&J Paredes”



Fuente: Google Maps



Anexo 02. Matriz de datos

VACA	FECHA DE INSEMINACION	FECHA DE DIAGNOSTICO DE GESTACION	ESTADO	NOMBRE DE TORO
LETICIA	18/10/23	20/11/23	PREÑADA	ROWDI SEXADO
YOLANDA	30/10/23	09/12/23	VACIA	ROWDI SEXADO
GREIS	24/11/23	04/01/24	PREÑADA	ROWDI SEXADO
ABIGAIL	25/11/23	04/01/24	VACIA	ROWDI SEXADO
KATY	27/11/23	04/01/24	VACIA	ROWDI SEXADO
MARISOL	28/11/23	04/01/24	PREÑADA	ROWDI SEXADO
NOELIA	03/12/24	04/01/24	VACIA	ROWDI SEXADO
PITU	06/01/24		RETORNO CELO	ROWDI SEXADO
NICOL	07/01/24	20/02/24	VACIA	ROWDI SEXADO
GINA	26/01/24	07/03/24	PREÑADA	ROWDI SEXADO
LEANDRA	30/01/24		RETORNO CELO	ROWDI SEXADO
MILAGROS	31/01/24		RETORNO CELO	ROWDI SEXADO
CANTUTA	08/02/24	01/04/24	VACIA	ROWDI SEXADO
MACARENA	10/02/24	01/04/24	PREÑADA	ROWDI SEXADO
CARMEN	10/02/24		RETORNO CELO	ROWDI SEXADO
PUYO	06/03/24	16/04/24	PREÑADA	ROWDI SEXADO
CHELA	06/03/24		RETORNO CELO	ROWDI SEXADO
PIEDAD	23/03/24	30/04/24	PREÑADA	ROWDI SEXADO
RIVERA	02/04/24	09/05/24	VACIA	ROWDI SEXADO
CLEO	02/04/24	09/05/24	PREÑADA	ROWDI SEXADO
MARILU	11/04/24	21/05/24	PREÑADA	ROWDI SEXADO
CONCEPCION	16/04/24		RETORNO CELO	ROWDI SEXADO
MAGDA	06/05/24	18/06/24	PREÑADA	ROWDI SEXADO
LITU	06/05/24		RETORNO CELO	ROWDI SEXADO
HILDA	21/05/24		RETORNO CELO	ROWDI SEXADO

PREÑADAS	10
VACIAS	7
RETORNARON CELO	8

VACA	FECHA DE INSEMINACION	FECHA DE DIAGNOSTICO DE GESTACION	ESTADO	NOMBRE DE TORO
ARIANA	15/08/23		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
LILI	16/08/23	03/10/23	PREÑADA	RIGHTANGLE
ALIS	17/08/23		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
LUCERO	02/09/23	17/10/23	PREÑADA	RIGHTANGLE
COPACABANA	26/09/23		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
ADA	26/09/23	15/11/23	PREÑADA	RIGHTANGLE
PERLA	26/09/23		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
VELA	06/10/23		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
VERONICA	08/10/23	28/11/23	PREÑADA	RIGHTANGLE
PAULINA	21/10/23	20/12/23	PREÑADA	RIGHTANGLE
RUNA	26/10/23		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
ARIEL	28/10/23		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
VILMA	30/10/23	20/12/23	PREÑADA	RIGHTANGLE
LUNA	30/10/23	20/12/23	PREÑADA	RIGHTANGLE
RINA	25/01/24		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
CECILIA	25/01/24	19/03/24	PREÑADA	RIGHTANGLE
ERLITA	21/02/24		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
MARIANA	21/02/24		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
YOBANA	06/03/24	16/04/24	PREÑADA	RIGHTANGLE
PILAR	29/03/24		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
LISBET	06/04/24	09/05/24	PREÑADA	RIGHTANGLE
CECI	16/04/24	21/05/24	PREÑADA	RIGHTANGLE
PRINCESA	16/04/24	21/05/24	PREÑADA	RIGHTANGLE
CEREZA	16/05/24		RETORNO CELO	RIGHTANGLE
LUZMA	11/06/24	30/07/24	VACIA	RIGHTANGLE

PREÑADAS	12
VACIAS	1
RETORNARON CELO	12

Anexo 03. Secuencia fotográfica



Fotografía 1. Preparación de instrumental de inseminación



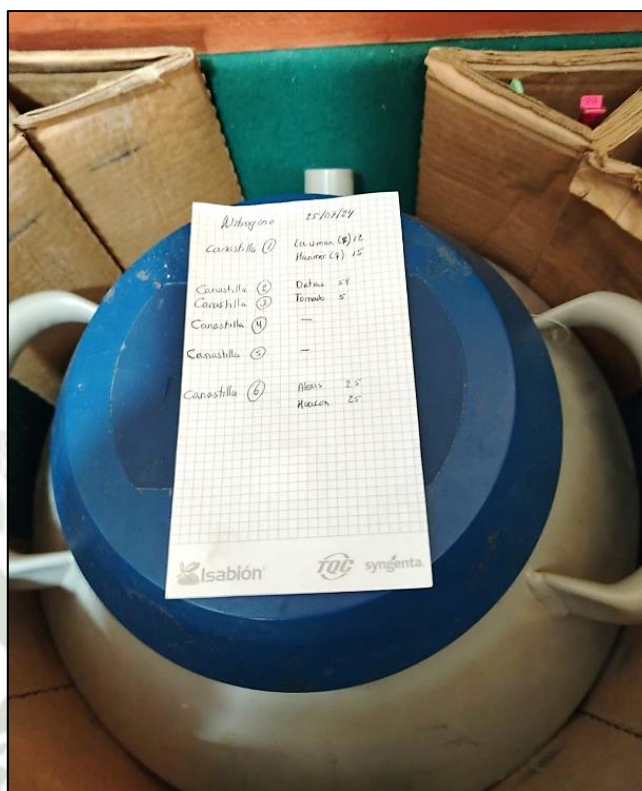
Fotografía 2. Revisión ginecológica de la vaca en celo a inseminar



Fotografía 3. Vaca en excelente estado para ser inseminada (flujo cervical limpio)



Fotografía 4. A temperatura el agua para descongelar la pajilla



Fotografía 5. Identificar la canastilla del toro a utilizarse



Fotografía 6. Destapar el termo criogénico con mucho cuidado



Fotografía 7. Observamos el nombre y código del toro utilizado



Fotografía 8. Descongelamos la pajilla por 40 segundos



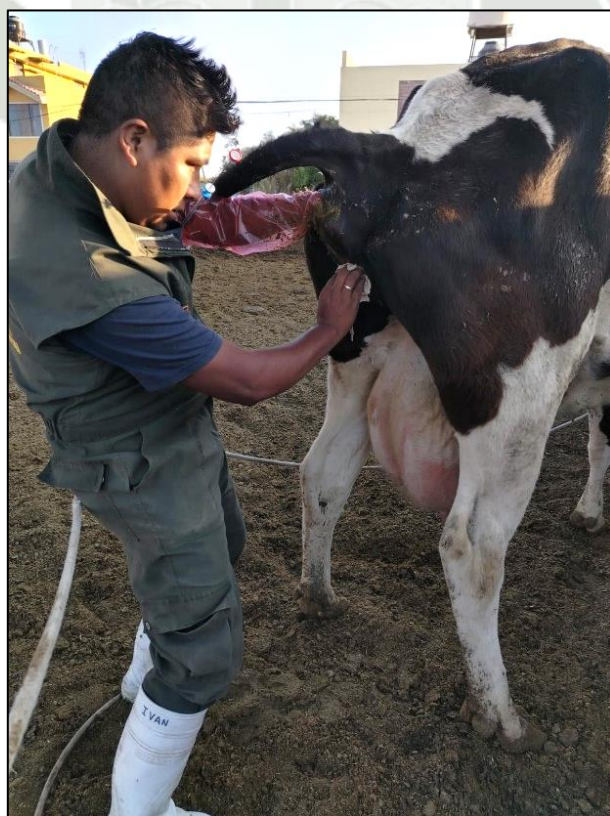
Fotografía 9. Secamos la pajilla con papel, y luego cortamos el extremo indicado



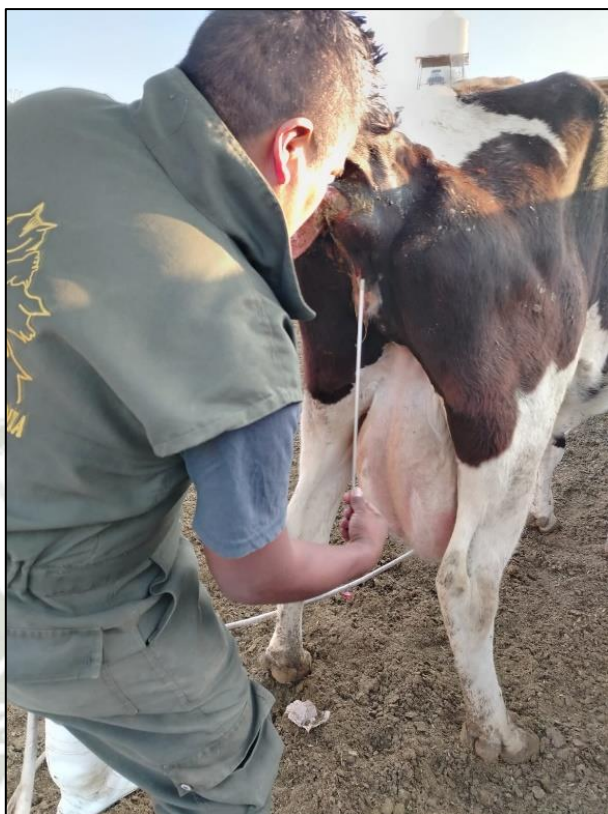
Fotografía 10. Con mucho cuidado lo ubicamos en la pistola de inseminación



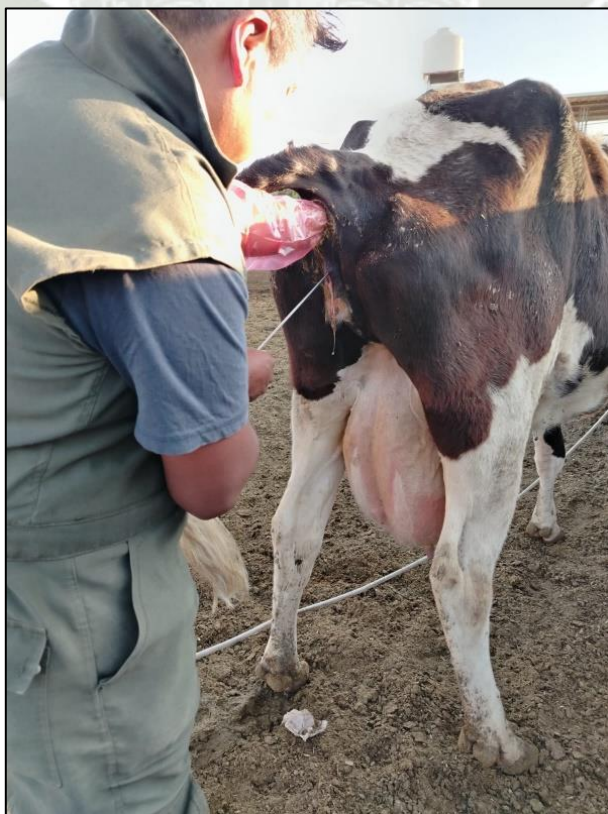
Fotografía 11. Montaje de la funda de inseminación, para luego ser fijada con el embolo de la pistola o aplicador de semen.



Fotografía 12. Con un papel limpiamos bien la parte de la vulva



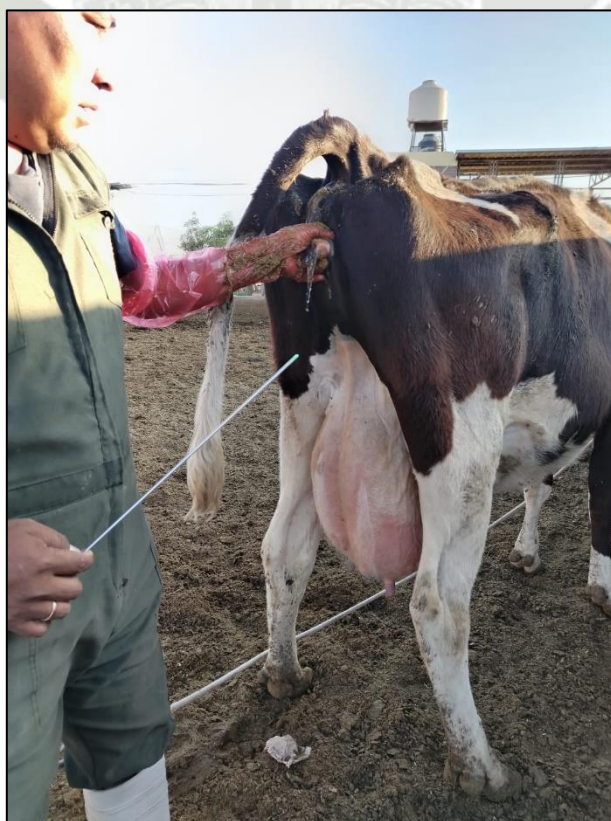
Fotografía 13. Introducimos el aplicador o pistola de inseminación en Angulo de 45°, para evitar de introducir en la vejiga.



Fotografía 14. Rompemos la sobre funda, y pasamos el cérvix.



Fotografía 15. Una vez seguros de haber pasado cérvix, depositamos el semen en el punto blanco del útero



Fotografía 16. Finalmente hacemos un masaje en el clítoris de la vaca.

Fotografía 17. Sujeción del animal



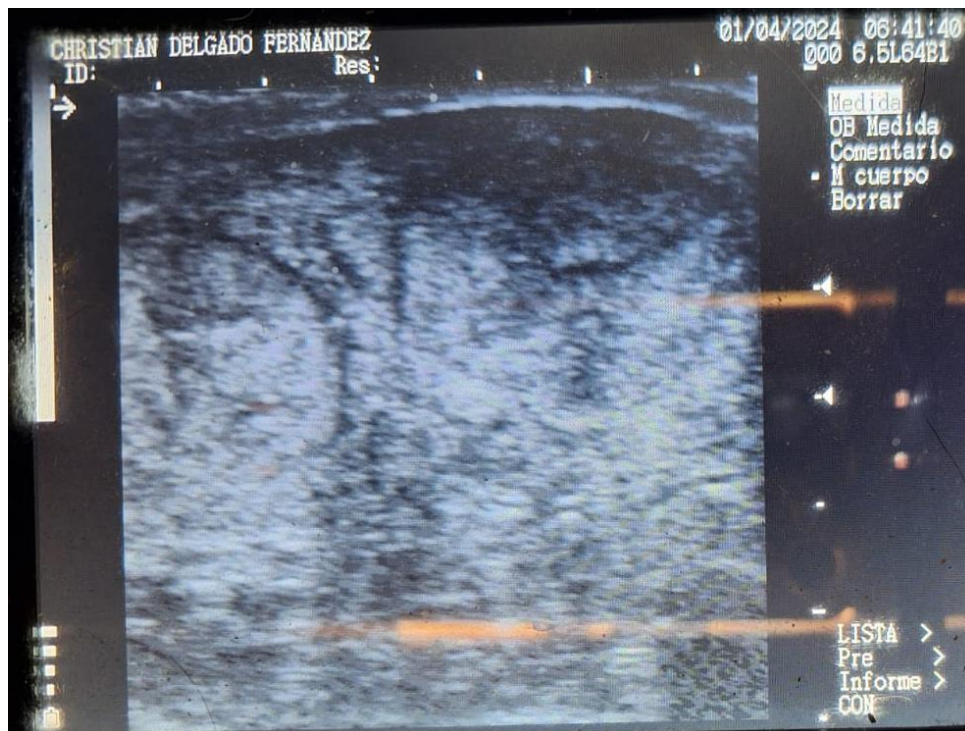
Fotografía 18. Realizando el examen ecográfico



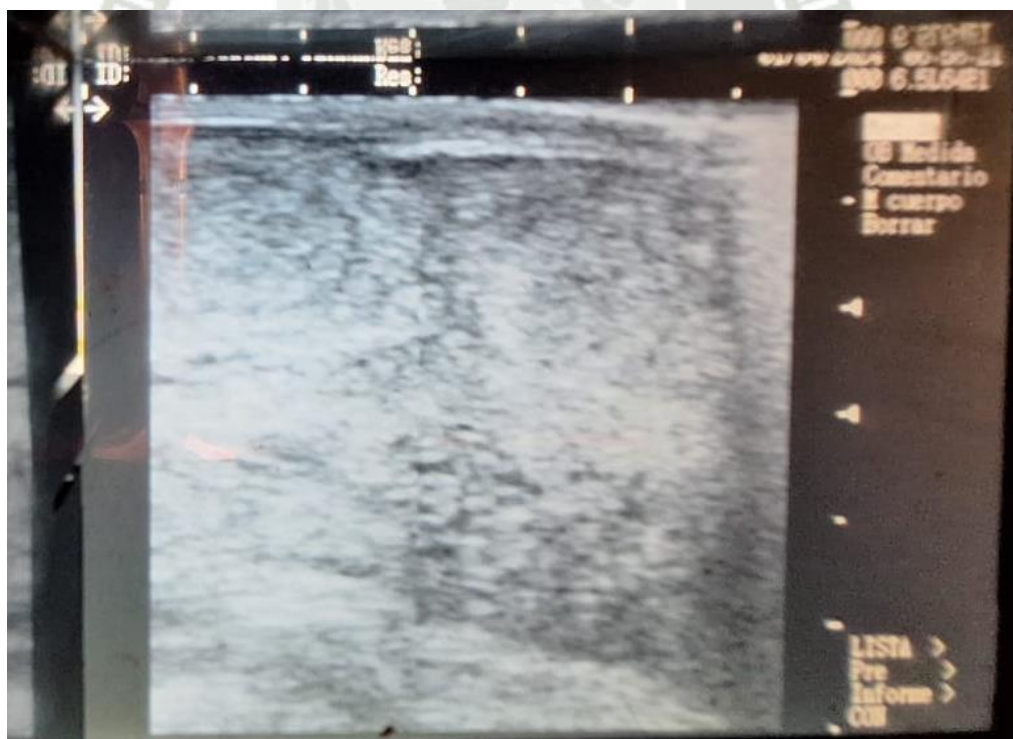
Fotografía 19. Observación de las imágenes ecográficas en el momento



Fotografía 20. Cuernos uterinos vacíos



Fotografía 21. Cuernos uterinos vacíos



Fotografía 22. Embrión con 30 días de gestación



Fotografía 23. Cuerno uterino con embrión de 30 días



Anexo 05. Resultado estadístico

Statdisk - Goodness-of-Fit: Equal Exp. Freq's - 1
Printed on ju., 7 de nov. de 2024 at 16:21

Num Categories: 2
Degrees of freedom: 1
Expected Freq: 44

Test Statistic, X^2 : 0,7273
Critical X^2 : 3,841456
P-Value: 0,3938

