



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD EN VACAS HOLSTEIN MESTIZAS  
REPETIDORAS UTILIZANDO DOS DOSIS DE PROSTAGLANDINAS EN UN  
PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN E2-P4-PGF2alfa.

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

AUTORA: MARCIA MARLENE UDAY MÉNDEZ

TUTOR: DR. FROILÁN PATRICIO GARNICA MARQUINA

Cuenca - Ecuador

2025

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

Yo, Marcia Marlene Uday Méndez con documento de identificación N° 0104679360 manifiesto que:

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

Cuenca, 19 de febrero del 2025

Atentamente,



---

Marcia Marlene Uday Méndez

0104679360

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

Yo, Marcia Marlene Uday Méndez con documento de identificación N° 0104679360, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo experimental: “Evaluación de la fertilidad en vacas Holstein mestizas repetidoras utilizando dos dosis de prostaglandinas en un protocolo de sincronización E2-P4-PGF2alfa”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Médica Veterinaria, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 19 de febrero del 2025

Atentamente,



---

Marcia Marlene Uday Méndez

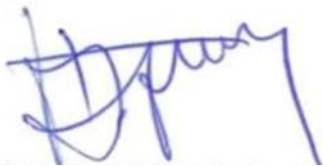
0104679360

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.**

Yo, Froilán Patricio Garnica Marquina con documento de identificación N° 0101650299, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD EN VACAS HOLSTEIN MESTIZAS REPETIDORAS UTILIZANDO DOS DOSIS DE PROSTAGLANDINAS EN UN PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN E2-P4-PGF2alfa, realizado por Marcia Marlene Uday Méndez con documento de N° 0104679360, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 19 de febrero del 2025

Atentamente,



---

Dr. Froilán Patricio Garnica Marquina.

0101650299

## DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios, a mis padres, a mi hija, a mis hermanas y mis hermanos. A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, a mis padres José Manuel Uday y María Aurora Méndez quienes, a lo largo de mi vida, han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, a mi hija Amelia Salomé por ser mi pequeño motor y compañía he podido ir avanzando y llegar a la meta realizando mis sueños y anhelos, a mis hermanas y hermanos por todo el apoyo incondicional e impulsarme a ser mejor y así lograr con amor y admiración el éxito de mi carrera.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

A mi tutor de tesis, Dr. Froilán Patricio Garnica Marquina por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Agradezco a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial al Ing. Pedro Guillermo Webster Jaramillo por su paciencia durante todo mi trabajo de tesis, gracias a sus consejos, su enseñanza y su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, que me han ayudado a formarme como persona.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que quiero agradecerles por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida.

## Contenido

1. INTRODUCCION .....	23
1.1 Problema .....	23
1.2 Delimitación.....	24
1.2.1 Temporal.....	24
1.2.2 Espacial.....	24
1.2.5 Académica.....	26
1.3 Explicación del problema. ....	26
1.4 Objetivos.....	26
1.4.1 Objetivos generales.....	26
1.4.2 Objetivos específicos.....	27
1.5 Hipótesis .....	27
1.5.1 Hipótesis alternativa .....	27
1.5.2 Hipótesis nula. ....	27
1.6 Fundamentación teórica .....	27
2. REVISION Y ANALISIS BIBLIOGRAFICO Y DOCUMENTACION.....	28
2.1 Vacas Holstein Repetidoras. ....	28
2.2 . Biología reproductiva de las vacas. ....	29
2.3 El ciclo estral.....	30

2.4	Protocolo de sincronización del celo .....	32
2.5	Principales factores que afectan la reproducción animal. ....	34
2.6	Hormonas utilizadas en la sincronización.....	35
2.6.1	La prostaglandina F2 $\alpha$ (PGF) .....	35
2.6.2	Gonadotropina Liberadora de la Hormona Gonadotrópica.(GnRH) .....	37
2.7	La prostaglandina (PGF2 $\alpha$ ) y su papel en el control del ciclo.....	37
2.8	Eficiencia reproductiva .....	39
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	41
3.1	Materiales.....	41
3.2	Población y muestra.....	42
3.2.1	Población.....	42
3.2.2	Procedimiento experimental.....	43
3.3	Operacionalizaciones de variables. ....	44
3.4	Análisis de datos .....	45
3.5	Consideraciones éticas.....	45
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1	Porcentaje de gestación.....	46
4.1.1	Tratamiento A. Dos dosis de prostaglandina.....	46
4.1.2	Tratamiento B. Una dosis de prostaglandina .....	47
4.2.	Análisis t Student pareado.....	49

4.2	Análisis de costo entre los dos tratamientos. ....	52
4.3	Discusión.....	53
5.	CONCLUSIONES. ....	54
6.	RECOMENDACIONES. ....	55
7.	BIBLIOGRAFIA.....	56
8.	ANEXOS.....	61

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales físicos.....	41
Tabla 2. Materiales químicos.....	42
Tabla 3. Materiales biológicos.....	42
Tabla 4. Tratamiento A (dos dosis de prostaglandina).....	43
Tabla 5. Tratamiento B (una dosis de prostaglandina).....	44
Tabla 6. Variable independiente-animales. ....	44
Tabla 7. Variable dependiente -taza de preñez.....	44
Tabla 8. Resultados obtenidos con dos dosis de prostaglandina. ....	46
Tabla 9. Resultados obtenidos con una sola dosis de prostaglandina. ....	47
Tabla 10. Datos obtenidos de la preñez en el estudio entre los dos tratamientos T1 y T2...	48
Tabla 11. Distribución de datos $X + 0,5$ transformados. ....	49
Tabla 12. Análisis de los valores transformados a $X + 0,5$ ,.....	50
Tabla 13. Análisis del costo total del protocolo. ....	51
Tabla 14. Costo unitario entre T1 y T2. ....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Ubicación parroquia Victoria del Portete. ....	26
Ilustración 2 Útero y cuernos uterinos.....	29
Ilustración 3 Ciclo estral bovino.....	31
Ilustración 4. Estructura química de prostaglandina F2 $\alpha$ .....	37
Ilustración 5 Presencia de PGF2 $\alpha$ en el ciclo estral. ....	38
Ilustración 6. Porcentaje de preñez entre tratamientos. ....	48
Ilustración 7. Selección del ganado para la palpación rectal. ....	61
Ilustración 8. Materiales. ....	61
Ilustración 9. Aplicación de las hormonas.....	62
Ilustración 10. Aplicación de las hormonas.....	62
Ilustración 11. Realizacion de la IA. ....	63
Ilustración 12. Ganado calificado para la ecografía. ....	63
Ilustración 13. Ecógrafo .....	64
Ilustración 14. Confirmación de la preñez de las vacas Holstein mestizas criollas. ....	64

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Hacienda Cielo de Cristal, ubicada en la parroquia Tarqui, Cantón Cuenca. El objetivo de esta investigación fue determinar si la aplicación de dos dosis de PGF2alfa en el protocolo de sincronización E2-P4-PGF2alfa, actúa mejorando la preñez en vacas repetidoras Holstein mestizas. La población total que se utilizó para la investigación estuvo conformada por 40 vacas repetidoras, distribuidas en dos grupos: Grupo A, conformada por veinte (20) animales al que se le aplicó el protocolo de IATF con dos dosis de prostaglandina. Y al Grupo B, conformada por veinte (20) animales al que se le aplicó el protocolo de IATF con una dosis de prostaglandina. A toda la población de la investigación se sometió al mismo manejo de evaluación sanitaria y alimentación. Para comprobar la presencia o ausencia de preñez se realizó un examen con ultrasonografía a los 35 días posteriores a la culminación de los tratamientos de IATF. Con los datos obtenidos se procedió a su tabulación en la distribución de t de Student. Los resultados indicaron una tasa de preñez del 75% en el Grupo A, frente al 55% en el Grupo B. Aunque el análisis estadístico no reveló diferencias significativas, es posible que, al aumentar unidades experimentales, exista una significación.

Palabras clave: fertilidad, vacas repetidoras, prostaglandinas, sincronización de celos.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out at the Hacienda Cielo de Cristal, located in the Tarqui parish, Cuenca Canton. The objective of this research was to determine if the application of two doses of PGF<sub>2</sub>alpha in the E2-P4-PGF<sub>2</sub>alpha synchronization protocol acts to improve pregnancy in crossbred Holstein repeat cows. The total population that was used for the research was made up of 40 repeater cows, distributed in two groups: Group A, made up of twenty (20) animals to which the IATF protocol was applied with two doses of prostaglandin. And Group B, made up of twenty (20) animals to which the IATF protocol was applied with a dose of prostaglandin. The entire research population underwent the same health evaluation and feeding management. To check the presence or absence of pregnancy, an ultrasound examination was performed 35 days after the completion of the IATF treatments. With the data obtained, it was tabulated in the Student's t distribution. The results indicated a pregnancy rate of 75% in Group A, compared to 55% in Group B. Although the statistical analysis did not reveal significant differences, it is possible that, with increasing experimental units, there is significance.

Keywords: fertility, repeat cows, prostaglandins, estrus synchronization.

# 1. INTRODUCCION

## 1.1 Problema

Hoy en día, el ganado lechero y de carne se desarrolla bajo sistemas de producción exigentes debido a la mayor competitividad en sus mercados, en medio de una incierta situación económica mundial caracterizada por los altos precios de los alimentos y combustibles, así como por la urgente emergencia climática en nuestro planeta (Bacenaite et al., 2022). En este contexto, las granjas deben ser altamente eficientes y rentables, y la identificación de animales no productivos es una prioridad para evitar pérdidas económicas (Maulana et al., 2022).

Una de las problemáticas más comunes relacionadas con la productividad, se refiere a las vacas repetidoras, las cuales, tras haber sido inseminadas varias veces, no logran quedar preñadas. En otras palabras, son vacas que muestran repetición en su ciclo reproductivo, necesitando múltiples intentos de inseminación para lograr una gestación exitosa. Este término se utiliza comúnmente en la industria ganadera para referirse a vacas que presentan dificultades en el proceso de reproducción y que requieren atención especial por parte de los ganaderos y veterinarios para mejorar su fertilidad y aumentar sus tasas de concepción (Pérez & España, 2007).

Los agricultores y técnicos comúnmente se sienten incapaces de abordar este problema reproductivo y, después de numerosos intentos fallidos de concebir, a menudo es necesario sacrificar las vacas (Pérez & Quintela, 2023).

Por lo que, el problema de la fertilidad en vacas repetidoras ha sido objeto de diversos estudios que han explorado diferentes enfoques y tratamientos para abordar esta preocupación en la industria ganadera. Destacando que, según el estudio de (Arévalo (2020),

la administración de la hormona hCG en vacas con ciclos reproductivos repetitivos puede ser una opción viable para mejorar las tasas de preñez.

Además, otros estudios como el de (Román et al. (2008) y Rusiñol (2008)) han explorado protocolos de sincronización de celos en vacas Holstein en distintos contextos geográficos y condiciones ambientales. Estas investigaciones han destacado la importancia de identificar y aplicar protocolos efectivos para mejorar las tasas de preñez en vacas repetidoras, lo cual puede tener implicaciones económicas significativas para los productores ganaderos.

Por lo que, el trabajo de grado pretende contribuir a mejorar la eficiencia reproductiva en vacas repetidoras mediante la evaluación del protocolo de sincronización de celos con dos dosis de prostaglandina con el protocolo de sincronización E2-P4-PGF2alfa, a las diversas organizaciones ganaderas y en los sectores económicos, empresariales e industriales relacionados con la producción de leche y carne bovina.

Además, el tiempo y los recursos invertidos en la reproducción de estas vacas pueden representar un costo significativo para los ganaderos, especialmente si los protocolos de sincronización o tratamientos utilizados no son efectivos. Por lo tanto, abordar eficazmente el problema de la fertilidad en vacas repetidoras es crucial para mejorar la eficiencia y la rentabilidad en la industria ganadera.

## 1.2 Delimitación

### 1.2.1 Temporal

El desarrollo del presente trabajo de investigación tiene una duración de 400 horas, distribuidas en la parte práctica y la elaboración del documento final.

### 1.2.2 Espacial

La presente investigación se realizó en la Provincia del Azuay, en la parroquia Victoria del Portete perteneciente a la ciudad de Cuenca, se encuentra a 2.535 metros sobre el nivel

del mar y abarca un área de 203,77 km<sup>2</sup>, lo que constituye aproximadamente el 5,67% de la superficie total de la ciudad.

Victoria del Portete está ubicada a unos 25 kilómetros de distancia de la ciudad de Cuenca, accesible a través de la Panamericana Sur. Forma parte de la zona conocida como área básica de Tarqui, junto con las parroquias de Cumbe y Tarqui (Portete, 2020)

Adicionalmente, la demografía y geografía de la zona favorecen un enfoque investigativo centrado en las comunidades agrícolas tradicionales, lo cual permite un acceso directo y continuo a las granjas y a los animales, facilitando así la recolección de datos necesarios para la evaluación de intervenciones veterinarias específicas, como es el caso de la administración de prostaglandinas en vacas repetidoras.

Así mismo, la selección de esta zona como el núcleo de este estudio se fundamenta en su elevada actividad en la cría de ganado, incluyendo tanto vacas lecheras como de carne y este factor es crucial para la evaluación de técnicas que buscan mejorar la fertilidad del ganado. Además, la cercanía a importantes centros académicos y de investigación ubicados en Cuenca optimiza la logística y brinda un robusto soporte técnico, elementos esenciales para el éxito del proyecto.

Ilustración 1. Ubicación parroquia Victoria del Portete.



Fuente: (*Maps, Google, 2024*)

#### 1.2.5. Académica.

La presente investigación corresponde a Medicina Veterinaria, al área de Reproducción Animal, la misma que servirá de conocimiento y aporte para profesionales o estudiantes involucrados en la carrera.

#### 1.3 Explicación del problema.

A pesar de los avances en el uso de prostaglandinas en la reproducción bovina, existe una necesidad de evaluar de manera más precisa y detallada los efectos de diferentes dosis de prostaglandinas en la fertilidad de vacas Holstein mestizas repetidoras. Esta evaluación se vuelve especialmente relevante debido a la variabilidad individual en la respuesta de los animales a estos tratamientos, así como a la importancia de optimizar la eficacia y eficiencia de las prácticas reproductivas en el ganado.

#### 1.4 Objetivos

##### 1.4.1 Objetivos generales.

Evaluar la fertilidad en vacas repetidoras de la raza Holstein mestizas, utilizando dos dosis de prostaglandinas en el protocolo de sincronización E2-P4-PGF2alfa.

#### 1.4.2 Objetivos específicos.

Determinar la fertilidad utilizando dos dosis de prostaglandina en el protocolo de sincronización E2-P4-PGF2alfa

Evaluar costo/beneficio.

#### 1.5 Hipótesis

##### 1.5.1 Hipótesis alternativa

El protocolo de sincronización de celos con dos dosis de prostaglandina, mejora los índices reproductivos del hato lechero.

##### 1.5.2 Hipótesis nula.

El protocolo de sincronización de celos con dos dosis de prostaglandina, no mejora los índices reproductivos del hato lechero.

#### 1.6 Fundamentación teórica

La investigación de este trabajo experimental tiene como finalidad presentar datos confiables del comportamiento de las hembras bovinos con el uso de diferentes hormonas y sus dosis, como son los estrógenos, los progestágenos y las prostaglandinas; teniendo como objetivo evaluar la eficacia de dos dosis en la mejora de la fertilidad de vacas repetidoras, con el fin de determinar si el uso de dos dosis de prostaglandinas, puede aumentar las tasas de concepción y reducir la incidencia de repetición de celo en este grupo de animales.

Destacando que los hallazgos obtenidos, puedan proporcionar información valiosa para los productores ganaderos y los profesionales de la salud animal, permitiendo mejorar las prácticas de manejo reproductivo y, en última instancia, aumentar la eficiencia y rentabilidad de la producción ganadera. Además, se espera que la aplicación de estas técnicas contribuya al bienestar animal al reducir la incidencia de problemas reproductivos en vacas repetidoras.

## 2. REVISION Y ANALISIS BIBLIOGRAFICO Y DOCUMENTACION

### 2.1 Vacas Holstein Repetidoras.

Según (Bavera, 2019), las características predominantes de esta raza son las siguientes: un tamaño relativamente grande, una precocidad mediana, un esqueleto robusto, mantas musculares poco desarrolladas, una apariencia angulosa, una ubre bien desarrollada y un pelaje overo negro o rojo bien definido, con manchas negras o rojas distribuidas. Además, suelen tener cuernos y esta raza muestra una exigencia particular en cuanto a la alimentación y la adaptación al ambiente, lo que lleva a distinguir dos grupos principales: aquellos que habitan en América y los que se encuentran en Europa (Hu, y otros, 2021). Todas estas características contribuyen a que esta raza sea considerada la de mayor producción lechera con un menor contenido de grasa en la leche (Ablondi, y otros, 2021).

Un aspecto adicional a considerar es que esta raza presenta un pedigrí abierto, lo que significa que se pueden realizar diversos cruces para promover la mutación genética con el objetivo de mejorar la producción de leche, adaptándose al ambiente específico en el que se encuentran. Estos cruces deben contar con un registro propio en los distintos países y son llevados a cabo por las asociaciones de productores de ganado lechero. Esto permite tener un conocimiento detallado sobre los diferentes tipos de razas y cruces, así como sus características particulares, en función de los factores a los que están expuestos (González & Ching, 2019, págs. 422-427).

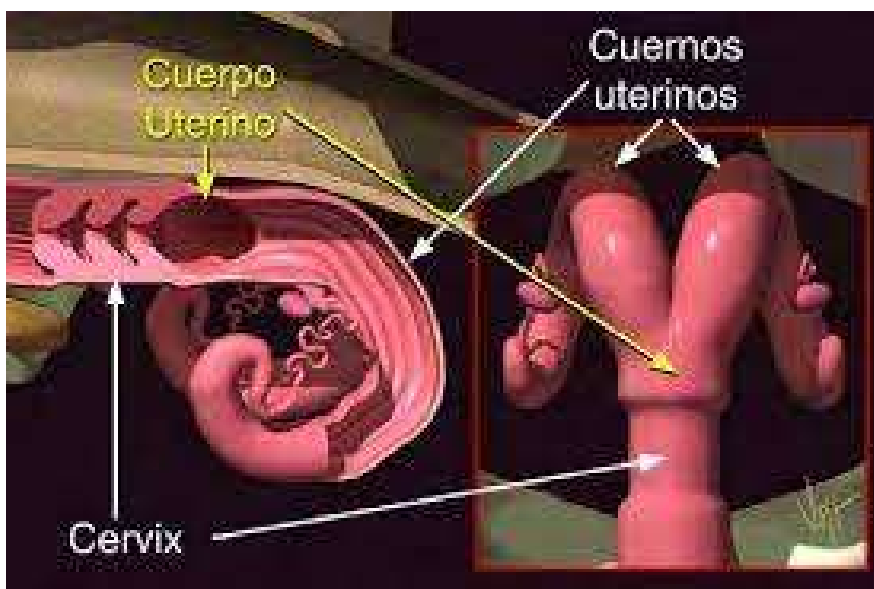
Las vacas Holstein repetidoras son aquellas que, tras haber sido inseminadas varias veces, no logran quedar preñadas. En otras palabras, son vacas que muestran repetición en su ciclo reproductivo, necesitando múltiples intentos de inseminación para lograr una gestación exitosa. Este término se utiliza comúnmente en la industria ganadera para referirse a vacas que presentan dificultades en el proceso de reproducción y que requieren atención

especial por parte de los ganaderos y veterinarios para mejorar su fertilidad y aumentar sus tasas de concepción (Pérez & España, 2007, págs. 49-56).

## 2.2 . Biología reproductiva de las vacas.

El aparato reproductor de la vaca lechera presenta una estructura compleja y especializada que juega un papel crucial en el ciclo reproductivo y la inseminación artificial. La vulva es la parte externa visible que indica la presencia del estro a través de signos como inflamación y secreción de moco. Seguido de la vulva, se encuentra la vagina, un órgano copulatorio, suave y flácido que puede medir entre 15 y 25 cm. El cervix, un tubo cartilaginoso con anillos internos, actúa como una barrera protectora entre la vagina y el útero, siendo un sitio crítico para la inseminación artificial (Figura 1). El útero, pequeño, pero dividido en cuernos uterinos que se asemejan a los cuernos de un carnero, tiene funciones esenciales en el transporte de espermatozoides, la regulación de la función lútea, la implantación del embrión y el mantenimiento del embarazo (Unión Ganadera Regional de Jalisco, s.f.).

Ilustración 2 Útero y cuernos uterinos



Fuente: (Nebel & De Jarnette, 2011).

### 2.3 El ciclo estral

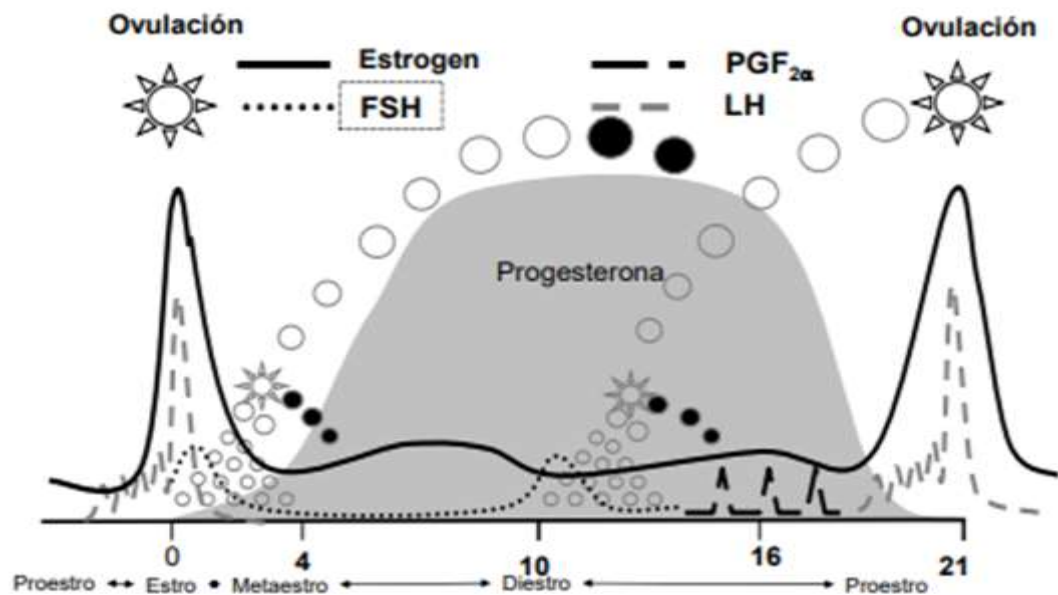
El ciclo estral de la vaca se compone de varias etapas distintas que marcan diferentes eventos hormonales y cambios físicos en el animal (Hernández, 2016):

- En el proestro, que dura aproximadamente de 2 a 3 días, no hay un cuerpo lúteo funcional presente, pero sí hay un desarrollo y maduración del folículo ovulatorio (Figura 2). Durante esta fase, hay un aumento en la frecuencia de los pulsos de secreción de la hormona luteinizante (LH), lo que conduce a la maduración final del folículo ovulatorio y un incremento en las concentraciones de estradiol. Este aumento en los niveles de estradiol desencadena el estro y el pico preovulatorio de LH, marcando así el final del proestro y el inicio del siguiente período.
- El estro es la etapa en la cual la hembra muestra receptividad a la monta y acepta el apareamiento (Figura 2). Se caracteriza por un significativo aumento en las concentraciones de estradiol producido por el folículo preovulatorio y la ausencia de un cuerpo lúteo. Durante el estro, los estrógenos provocan una serie de cambios en el comportamiento y la fisiología de la hembra, como inquietud, interacción con otras hembras e hinchazón del útero y los genitales externos. Esta etapa suele durar de 12 a 18 horas y está influenciada por diversos factores, como el tipo de ganado y las condiciones ambientales.
- El metaestro sigue al estro y tiene una duración de aproximadamente cuatro a cinco días. Durante esta fase, ocurre la ovulación y se forma el cuerpo lúteo (Figura 2). Las concentraciones de progesterona comienzan a aumentar hasta alcanzar niveles que indican la madurez del cuerpo lúteo. Este período

también se caracteriza por la presentación de la primera oleada de desarrollo folicular y, en algunas vacas, por un sangrado conocido como sangrado metaestral.

- El diestro es la etapa más larga del ciclo estral, que dura de 12 a 14 días. Durante esta fase, el cuerpo lúteo mantiene su funcionalidad y produce altas concentraciones de progesterona (Figura 2). Además, se pueden observar folículos de diferentes tamaños debido a las oleadas foliculares. El diestro termina cuando el cuerpo lúteo pierde su funcionalidad y las concentraciones de progesterona disminuyen, lo que marca el inicio del siguiente proestro. Durante esta etapa, la hormona luteinizante (LH) se secreta con baja frecuencia y la hormona folículo estimulante (FSH) tiene incrementos responsables de las oleadas foliculares.

Ilustración 3 Ciclo estral bovino



Fuente: (Rippe, 2009).

## 2.4 Protocolo de sincronización del celo

La sincronización del celo en vacas permite organizar y optimizar los programas de inseminación artificial y trasplante de embriones, concentrando los partos en un intervalo de tiempo reducido. Este control del ciclo reproductivo depende tanto de factores intrínsecos como la raza y edad del animal, como de factores extrínsecos, incluyendo el clima y la temporada del año (Fernández et al., (2021).

Estudios comparativos muestran que ciertos protocolos de sincronización son más efectivos que otros, por ejemplo, un protocolo que combina implantes de P4, Benzoato de estradiol y PGF2 $\alpha$  ha demostrado ser superior, aumentando las tasas de concepción hasta el 50% comparado con otros métodos (Pilla et al., (2022).

Además, la sincronización del celo también se utiliza para inducir actividad sexual en animales en anestro mediante la administración de progesterona y otras hormonas, facilitando la inseminación sin necesidad de detectar el celo manualmente, lo que permite mejorar la eficiencia de la fertilización y es clave para la transferencia de embriones, donde se utilizan hormonas como GnRH y estradiol para iniciar el proceso que culmina en la transferencia de embriones, lo que puede acelerar la mejora genética y proteger la sanidad animal al importar material genético de forma segura (Ruiz & Sandoval, 2020).

Además, con la implementación de programas de sincronización bien gestionados, se reduce el tiempo necesario para la detección de celo, mejorando las tasas de gestación y permitiendo una planificación más efectiva de las actividades reproductivas (Fernández et al., (2021).

A continuación, se describen los principales protocolos en la investigación actual (Moreno, 2023):

- Protocolo basado en Progesterona: se empieza con la administración de progesterona en dosis de 50 mg diarios durante 4 a 7 días, comenzando alrededor del día 14 o 15 post-celo. Este método busca inducir el estro aproximadamente 5 días después de la última inyección.
- Protocolo J-Synch: Utilizado en vacas multíparas con periodos sin gestación de 60 a 150 días. Comparado con un tratamiento convencional, este protocolo mostró concentraciones similares de estradiol (E2) y ligeramente menores de progesterona (P4), sin diferencias significativas en las tasas de preñez.
- Protocolos con estrógenos y progesterona: Involucran la reinsertión de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona por 7 días adicionales en el día 24 del ciclo, seguido por un diagnóstico de gestación en el día 42. La tasa de preñez observada fue del 47%.
- Uso de CIDR, Prostaglandina y Benzoato de Estradiol: Aplica un dispositivo intravaginal (CIDR) para liberar progesterona, junto con prostaglandina y benzoato de estradiol, alcanzando tasas de preñez del 45%.
- Protocolo Ovsynch: Comienza entre los días 5 y 10 del ciclo con la administración de GnRH para inducir la ovulación y sincronizar el desarrollo folicular. Se aplica una dosis de prostaglandina F2 $\alpha$  (PGF2 $\alpha$ ) unos días después, seguida de una segunda dosis de GnRH antes de la IATF. La tasa de preñez mejora significativamente al usar un dispositivo PRID con progesterona durante el protocolo.

- Protocolo Cosynch: Es una variante del Ovsynch diseñada para reducir el manejo de los animales y los costos asociados. Combina las inyecciones de GnRH y PGF2 $\alpha$  con la IATF inmediata.

## 2.5 Principales factores que afectan la reproducción animal.

Según Sequeira (2013) los principales factores que afectan la reproducción animal son:

- Medio Ambiente: El ambiente juega un papel crucial en la reproducción animal, con la combinación de temperatura, humedad relativa y viento influyendo directamente en el confort térmico de los animales. Condiciones adversas pueden alterar el ciclo reproductivo, manifestándose en una reducción de la actividad sexual y las tasas de concepción. Por ejemplo, razas de ganado europeas en regiones tropicales pueden experimentar disminuciones en la actividad de celo al comienzo de la temporada lluviosa debido a cambios en la humedad relativa.
- Manejo: La intensificación del manejo zootécnico incluye aumentar la densidad de animales y mejorar la alimentación y aprovechamiento productivo. Un componente crítico es el manejo reproductivo, donde una implementación deficiente puede ser una de las principales causas de bajos resultados reproductivos. La inseminación artificial, por ejemplo, requiere unas condiciones óptimas que solo se detectan entre el 60 y el 80% de las veces. Bajo condiciones adversas, la detección puede caer por debajo del 50%, afectando significativamente el intervalo entre parto y concepción.
- Salud animal: Diversas enfermedades afectan directa o indirectamente la reproducción. Por ejemplo, la brucelosis puede provocar abortos en la segunda mitad de la gestación, mientras que la metritis puede causar una recuperación postparto

pobre. Ambas enfermedades afectan la capacidad reproductiva del ganado y deben ser controladas para mantener una producción eficiente.

- Alimentación y nutrición: Una alimentación deficiente, especialmente común durante la época seca, puede llevar a múltiples problemas reproductivos y de salud general. Las vacas en estado de gestación o que se acercan al parto requieren una dieta rica y bien balanceada para soportar el estrés y las demandas energéticas de estos periodos. Deficiencias nutricionales pueden resultar en partos problemáticos, baja producción de leche, y en casos severos, condiciones como la hipocalcemia postparto.
- Técnicas de Inseminación: Una mala técnica de inseminación o semen de baja calidad puede reducir significativamente las tasas de fertilidad; además, un manejo inadecuado en el almacenamiento de semen y la aplicación de la inseminación puede comprometer la efectividad del proceso, subrayando la importancia del entrenamiento y la experiencia del personal involucrado en estos procesos.

## 2.6 Hormonas utilizadas en la sincronización

En la sincronización del celo en bovinos se utilizan principalmente dos tipos de hormonas, cada una con mecanismos específicos de acción:

### 2.6.1 La prostaglandina $F2\alpha$ (PGF)

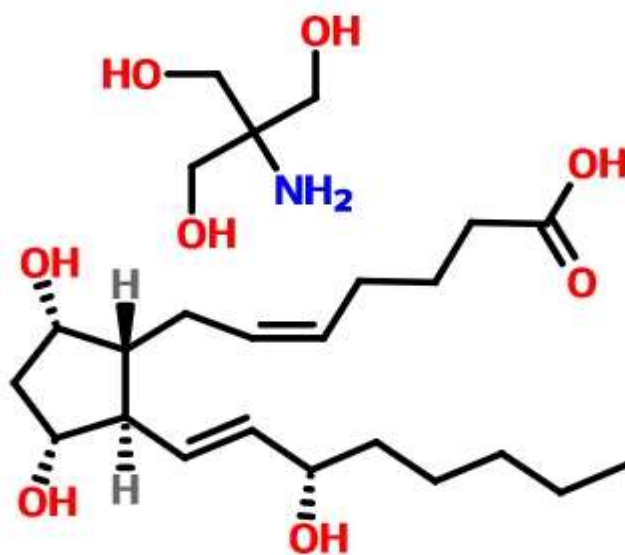
Prostaglandinas (como la  $PGF2\alpha$ ): juegan un papel crucial en la regresión del cuerpo lúteo. La  $PGF2\alpha$  induce vasoconstricción en los vasos sanguíneos que irrigan al cuerpo lúteo, lo cual lleva a su regresión por isquemia. Al unirse a receptores en las células luteales, la  $PGF2\alpha$  reduce la secreción de progesterona y facilita la lisis celular. Este proceso aumenta las concentraciones intracelulares de calcio, lo que desencadena la apoptosis o muerte

programada de las células luteales, acelerando así la finalización del ciclo luteal y preparando al animal para un nuevo ciclo reproductivo (Salverson, 2021).

Tras la administración de  $\text{PGF2}\alpha$ , aproximadamente el 50–60% de las vacas tratadas muestran estro dentro de los 2–6 días siguientes. Las tasas de concepción después de la inseminación artificial (IA) tras la detección del estro oscilan entre el 30–42%, lo que se traduce en una tasa de preñez por vaca tratada de alrededor del 20%. Sin embargo, existen desventajas prácticas significativas debido a las amplias variaciones en el tiempo entre la administración de  $\text{PGF2}\alpha$  y el estro/ovulación, así como a la falla en detectar el estro de manera efectiva (Kwan et al., (2013).

Es comúnmente utilizada para sincronizar el celo en bovinos, aunque presenta algunas limitaciones significativas. Para que la prostaglandina sea efectiva, los animales deben estar ciclando y en una etapa adecuada de su ciclo estral. Sin embargo, la prostaglandina no induce la luteólisis hasta unos 5 o 6 días después del celo, lo que puede resultar en que la luteólisis ya haya comenzado de forma natural si se administra el tratamiento en un ciclo estral avanzado. Además, la variabilidad en el inicio del estro después del tratamiento con prostaglandina puede extenderse hasta 6 días debido al estado de desarrollo folicular en el momento del tratamiento (Colazo et al., (2007).

Ilustración 4. Estructura química de prostaglandina F2 $\alpha$



Fuente: HSP (2010)

#### 2.6.2 Gonadotropina Liberadora de la Hormona Gonadotrópica.(GnRH)

Es fundamental para iniciar un nuevo ciclo de ovulación y estro. Su administración ha demostrado aumentar la sincronización de las vacas en el ciclo estral, lo que facilita la planificación de la inseminación artificial. El uso de GnRH también ayuda a reducir la duración del estro, especialmente en programas destinados a la producción de novillas para carne, haciendo más eficiente el proceso de reproducción.

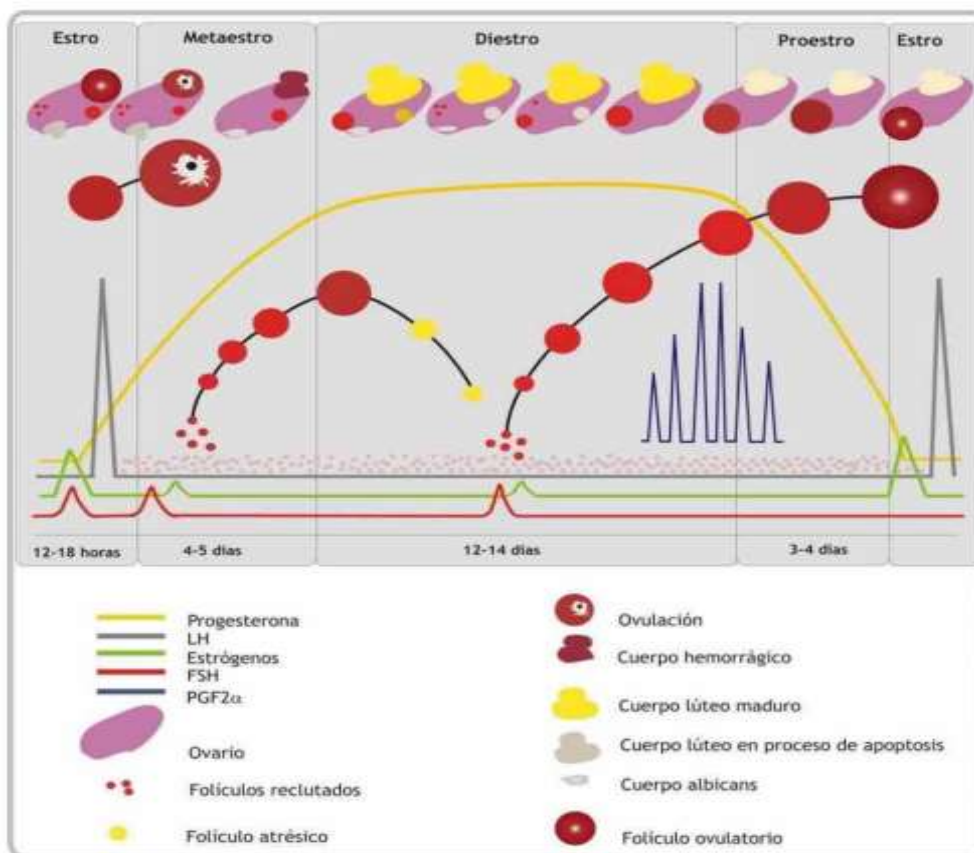
#### 2.7 La prostaglandina (PGF2 $\alpha$ ) y su papel en el control del ciclo

La prostaglandina (PGF2 $\alpha$ ) es una molécula producida naturalmente en diferentes partes del cuerpo, incluido el ovario, donde desempeña un papel crucial en el control del ciclo reproductivo en animales como el ganado. Uno de los principales efectos de la PGF2 $\alpha$  es inducir la regresión funcional o estructural del cuerpo lúteo en el ovario. El cuerpo lúteo se forma a partir del folículo ovárico después de la ovulación y es responsable de producir progesterona, una hormona clave en el mantenimiento de la gestación en mamíferos. La

regresión del cuerpo lúteo inducida por la  $\text{PGF2}\alpha$  provoca una disminución en la secreción de progesterona y, por lo tanto, interrumpe el control negativo que ejerce esta hormona sobre el sistema reproductivo. Como resultado, se inicia el desarrollo de nuevos folículos ováricos, lo que prepara el terreno para un nuevo ciclo estral (Bihon & Assefa, 2021).

La  $\text{PGF2}\alpha$  ha sido identificada como un agente luteolítico, lo que significa que tiene la capacidad de destruir el cuerpo lúteo. Esta característica la hace útil en la sincronización del estro en el ganado, ya que al administrar  $\text{PGF2}\alpha$ , se puede acortar la duración de la fase lútea y, por lo tanto, sincronizar el ciclo estral en un grupo de animales (Bihon & Assefa, 2021).

Ilustración 5 Presencia de  $\text{PGF2}\alpha$  en el ciclo estral.



Fuente: Caroprese (2022).

## 2.8 Eficiencia reproductiva

El período de vida productiva se refiere al lapso que va desde el primer parto hasta el momento en que el animal es retirado del hato lechero. Este período, también conocido como longevidad y producción vitalicia, abarca la fase en la que el animal está activamente involucrado en la producción de leche y contribuye significativamente al rendimiento del hato lechero (Orrego et al., (2003).

La eficiencia reproductiva se ve afectada como resultado de una selección intensiva que se ha llevado a cabo durante más de 50 años para aumentar la producción láctea en las vacas lecheras a nivel mundial. Este cambio en el comportamiento productivo y la fisiología reproductiva de las vacas lecheras puede atribuirse en gran medida a esta práctica de selección dirigida. La búsqueda constante de mayores producciones lácteas ha llevado a cambios significativos en la fisiología y el rendimiento reproductivo de los animales (Reyes et al., (2019).

Por otro lado, según (Ola, 2007) la deficiencia reproductiva surge de la prolongación de los ciclos estrales, las complicaciones posparto y la reducción de la fertilidad, lo que conlleva una pérdida considerable de tiempo en la cual la producción se ve disminuida o se detiene por completo.

En las últimas décadas, ha sido evidente una declinación gradual en el rendimiento reproductivo de las vacas lecheras, debido a una mayor incidencia de anestro y repetición de servicios, lo que ha conducido a un aumento en los “días abiertos” y una disminución en la tasa de concepción (TC), siendo un factor primordial que contribuye a esta situación es el incremento en la productividad. Las vacas de alta producción láctea, que superan los 10,000 litros de leche por campaña, tienden a manifestar celos más breves, menos intensos y menos

regulares y este escenario ha generado mayores desafíos en la detección del celo (Velásquez et al., (2023).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se describen los materiales físicos, químicos, biológicos requeridos para el desarrollo de la investigación:

#### 3.1 Materiales.

*Tabla 1.* Materiales físicos.

Concepto	Unidad	Cantidad
Pistola de inseminación artificial	Unidad	2
Catéter de inseminación	Caja/50	2
Overol	Unidad	1
Gel lubricante	Litro	1
Guantes obstétricos	Caja/100	1
Guantes de examinación	Caja/50	1
Jeringas 3 ml	Caja/100	1
Jeringas 5 ml	Caja/100	1
Ecógrafo	Unidad	1
Fundas sanitarias	Caja/100	1
Papel absorbente	Unidad	1
Fundas de basura	Unidad	3
Tanque de nitrógeno	Unidad	1
Termo de agua	Unidad	1
Cortador de pajuela	Unidad	2
Soga	Unidad	1
Nariguera	Unidad	1
Paquetes de hojas A4	Paquete	1
Bolígrafo	Unidad	2
Cuaderno de apuntes	Unidad	1
Impresora	Unidad	1
Cámara fotográfica	Unidad	1
Mesa	Unidad	1
Documento digital (CD)	Unidas	3

*Tabla 2. Materiales químicos.*

Concepto	Unidad	Cantidad
Dispositivos intravaginales CIDR.	Unidad	40
Prostaglandina	Frascos	4
Benzoato de estradiol	Frascos	2
Cipionato de Estradiol	Frasco	2

*Tabla 3. Materiales biológicos.*

Concepto	Unidad	Cantidad
Unidades experimentales (vacas)	Unidad	40
Pajuela de inseminación artificial	Unidad	40

### 3.2 Población y muestra

El estudio fue de tipo descriptivo experimental, además correspondió a un enfoque prospectivo de corte transversal, con el fin de evaluar la eficacia del protocolo de inseminación, y la tasa de preñez después de la inseminación artificial.

#### 3.2.1 Población

La población del estudio estuvo compuesta por 40 vacas Holstein mestizas repetidoras, las cuales se distribuyeron de la siguiente manera; Tratamiento del grupo A: 20 vacas dos dosis de prostaglandinas en el protocolo de sincronización E2-P4-PGF2 $\alpha$ , y Tratamiento del grupo B: 20 vacas una sola dosis de prostaglandinas en el protocolo de sincronización E2-P4-PGF2 $\alpha$ , la muestra se considera el 100% de la población.

### 3.2.2 Procedimiento experimental

#### Evaluación Preliminar

Antes de iniciar cualquier tratamiento, todas las vacas seleccionadas son sometidas a una evaluación sanitaria general para descartar enfermedades que podrían afectar los resultados del estudio. Esto incluye:

- Tacto Rectal: Evaluación de la condición del aparato reproductor, incluyendo la revisión de cualquier problema infeccioso, patológico o funcional.
- Palpación Rectal de Ovarios: Verificación del estado de los ovarios para asegurar que son aptos para la sincronización.

#### Protocolo de sincronización

En este estudio se adaptará el método convencional de uso de prostaglandinas para la sincronización de celos (Mac, Bergonzelli, & Dick, 2018). Se tratarán a las vacas del Tratamiento A, con dos dosis de prostaglandina en los días 7 y 8, estas vacas se inseminarán en el día 10. Las vacas del tratamiento B, se les aplicará una sola dosis de prostaglandina en el día 8 y se inseminarán en el día 10.

*Tabla 4.* Tratamiento A (dos dosis de prostaglandina).

Día	1	Día 7	Día 8	Día 10
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Colocación del dispositivo CIDR.</li><li>• Benzoato de estradiol</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Primera dosis de Prostaglandina</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Segunda dosis de prostaglandina.</li><li>• Retiro de implante CIDR</li><li>• Cipionato de Estradiol</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• IATF</li></ul>

Tabla 5. Tratamiento B (una dosis de prostaglandina).

Día	1	Día 8	Día 10
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocación del dispositivo CIDR.</li> <li>Benzoato de estradiol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Una sola dosis de prostaglandina.</li> <li>Retiro de implante CIDR</li> <li>Cipionato de Estradiol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IATF</li> </ul>

### Evaluación de la preñez

A partir de los 35 días post-inseminación, se realizó un diagnóstico de gestación mediante ultrasonido para confirmar la preñez.

### 3.3 Operacionalizaciones de variables.

#### 3.3.1 Variable independiente

Tabla 6. Variable independiente-animales.

Variable Independiente		
Concepto	Categorías	Indicadores
- Aplicación de las prostaglandinas	- Química	- Dosis

#### 3.3.2 Variable dependiente

Tabla 7. Variable dependiente -taza de preñez.

Variable Dependiente			
Concepto	Categorías	Indicadores	Índice
Evaluar la preñez con dos dosis de prostaglandina	Animales	Tasa de preñez	Si / No

### 3.4 Análisis de datos

Se realizó un análisis estadístico descriptivo en Excel (Romo, 2016) para evaluar las tasas de detección de celos y preñez, además, se realizó un análisis estadístico usando la prueba de t de Student, para comparar las tasas de preñez entre los grupos, proporcionando así una medida objetiva de la efectividad del tratamiento, siendo la significancia estadística establecida en un valor  $p < 0,05$ .

### 3.5 Consideraciones éticas

El bienestar del paciente es fundamental, por lo tanto, es crucial adherirse a las regulaciones establecidas en el Capítulo III de la Ordenanza de Control y Manejo de la Fauna Urbana y Protección Animal del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca (Alcaldía de Cuenca, 2016), la cual permite asegurar que el cuidado y manejo de los animales se realicen de manera ética y responsable, garantizando así su bienestar.

En este sentido, el artículo 43 establece que queda prohibida la experimentación en animales que involucre sufrimiento físico o estrés. En su lugar, se deben considerar alternativas alineadas con principios bioéticos. Además, según el artículo 44, la Unidad de Gestión de Animales (UGA), en colaboración con universidades que ofrezcan carreras en el ámbito médico, deberá fomentar la creación de comités de bioética que supervisen las prácticas de experimentación asegurando su conformidad con los estándares éticos. Finalmente, el artículo 45 prohíbe expresamente el uso de animales en experimentos relacionados con actividades y procesos industriales, reforzando la necesidad de métodos alternativos que excluyan el sufrimiento animal (Alcaldía de Cuenca, 2016).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Porcentaje de gestación.

#### 4.1.1 Tratamiento A. Dos dosis de prostaglandina.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos con respecto a la aplicación de dos dosis de prostaglandina en el protocolo E2-P4-PGF2 $\alpha$  del tratamiento A: 20 vacas Holstein mestizas repetidoras, se le proporciono un número: presencia de preñez (SI=1) y para las no preñadas (NO=0), en base de estos datos obtenidos fueron transformados los valores utilizando la formula  $\sqrt{X + 0,5}$ .

Tabla 8. Resultados obtenidos con dos dosis de prostaglandina.

Nº	Identificación	Edad	C.C	Estado reproductivo (Nº partos)	Gestación	Transformación de datos con la formula $\sqrt{X + 0,5}$	
1	51	2 años	4,5	3	NO	0	0,71
2	91	2 años	4	2	SI	1	1,22
3	266	2 años	3	2	SI	1	1,22
4	59	2 años	4	2	SI	1	1,22
5	87	2 años	4	2	SI	1	1,22
6	52	2 años	3,5	2	SI	1	1,22
7	95	2 años	4	2	SI	1	1,22
8	75	2 años	3	2	NO	0	0,71
9	76	3 años	3,5	3	SI	1	1,22
10	64	2 años	4	2	SI	1	1,22
11	580	18 meses	4	1	SI	1	1,22
12	90	2 años	4,5	2	NO	0	0,71
13	15	3 años	3,5	3	SI	1	1,22
14	0,97	2 años	3	2	SI	1	1,22
15	909	2 años	4,5	2	NO	0	0,71
16	544	2 años	4	2	SI	1	1,22
17	0,45	3 años	3	3	SI	1	1,22
18	0,97	1 años	4,5	1	SI	1	1,22
19	21	2 años	4	2	SI	1	1,22
20	0,87	2 años	4,5	2	NO	0	0,71

#### 4.1.2 Tratamiento B. Una dosis de prostaglandina

A continuación, se presentan los resultados obtenidos con respecto a la aplicación de una sola dosis de prostaglandina con el protocolo E2-P4-PGF2 $\alpha$  en el tratamiento B: 20 vacas Holstein mestizas repetidoras, se le proporciono un número: presencia de preñez (SI=1) y para las no preñadas (NO=0), en base de estos datos obtenidos fueron transformados los valores utilizando la formula  $\sqrt{X + 0,5}$ .

*Tabla 9.* Resultados obtenidos con una sola dosis de prostaglandina.

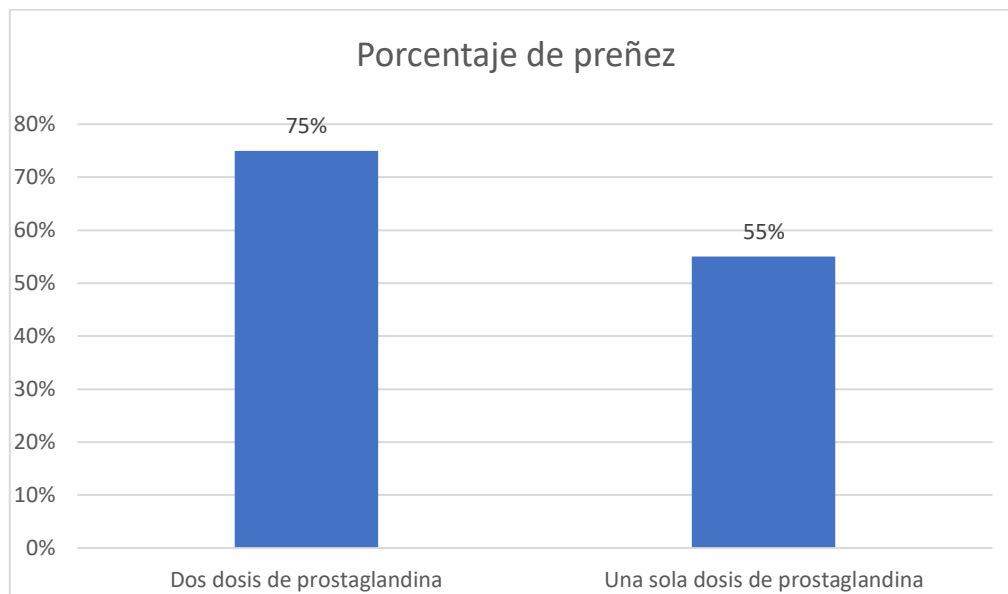
Nº	Identificación	Edad	C.C	Estado reproductivo (Nº partos)	Gestación	Transformación de datos con la formula $\sqrt{X + 0,5}$	
1	18	2 años	4	1	NO	0	0,71
2	99	2 años	4	2	NO	0	0,71
3	93	2 años	4,5	2	SI	1	1,22
4	222	2 años	4	2	SI	1	1,22
5	57	2 años	3	2	NO	0	0,71
6	541	2 años	4,5	2	NO	0	0,71
7	40	2 años	4	3	SI	1	1,22
8	92	2 años	3	2	NO	0	0,71
9	42	3 años	4	3	SI	1	1,22
10	63	2 años	3,5	2	SI	1	1,22
11	22	2 años	4	1	NO	0	0,71
12	26	2 años	4	2	SI	1	1,22
13	994	3 años	3,5	3	SI	1	1,22
14	47	2 años	4	1	NO	0	0,71
15	302	2 años	4	3	SI	1	1,22
16	911	2 años	4,5	2	SI	1	1,22
17	420	3 años	4	3	SI	1	1,22
18	501	1 años	4	1	NO	0	0,71
19	120	2 años	3	3	NO	0	0,71
20	120	2 años	4	2	SI	1	1,22

Tabla 10. Datos obtenidos de la preñez en el estudio entre los dos tratamientos A y B.

Tratamiento	Número de Vacas Preñadas	
	No	Si
Dos dosis de prostaglandina	5	15
Una dosis de prostaglandina	9	11

Los resultados obtenidos en el estudio muestran una diferencia notable en la tasa de preñez entre el tratamiento A, tratadas con dos dosis de prostaglandina con el protocolo E2-P4-PGF2 $\alpha$  y las del tratamiento B, a una sola dosis de prostaglandina, destacando que, el protocolo de dos dosis de prostaglandina es más eficaz para inducir la preñez en las vacas Holstein mestizas repetidoras en comparación con el tratamiento B, con una mejora del 20% en la tasa de preñez.

Ilustración 6. Porcentaje de preñez entre tratamientos.



En el tratamiento A, 15 de las 20 vacas (75%) quedaron preñadas, mientras que solo 5 (25%) no lograron la preñez. En contraste, en el tratamiento B, 11 de las 20 vacas (55%) quedaron preñadas, y 9 (45%) no lograron la preñez.

#### 4.2. Análisis t Student pareado

En el análisis estadístico utilizando la prueba t de Student, con un número igual de repeticiones para ambos tratamientos A, (dos dosis de prostaglandina) y2 (una dosis de prostaglandina), se asignó un valor de 1 a la presencia de gestación y un valor de 0 a su ausencia.

Para mejorar la precisión de los resultados ante la variabilidad de los datos normales, se transformaron los valores utilizando la fórmula  $\sqrt{X + 0,5}$ , con el objetivo de estabilizar la varianza y obtener resultados más precisos en el análisis estadístico de los datos relacionados con la preñez.

*Tabla 11.* Distribución de datos  $\sqrt{X + 0,5}$  transformados.

Nº	Tratamiento A: (Dos dosis)	Tratamiento A: Transformado	Tratamiento B: (Una dosis)	Tratamiento B: Transformado
1	NO	0,71	NO	0,71
2	SI	1,22	NO	0,71
3	SI	1,22	SI	1,22
4	SI	1,22	SI	1,22
5	SI	1,22	NO	0,71
6	SI	1,22	NO	0,71
7	SI	1,22	SI	1,22
8	NO	0,71	NO	0,71
9	SI	1,22	SI	1,22
10	SI	1,22	SI	1,22
11	SI	1,22	NO	0,71
12	NO	0,71	SI	1,22
13	SI	1,22	SI	1,22
14	SI	1,22	NO	0,71
15	NO	0,71	SI	1,22
16	SI	1,22	SI	1,22
17	SI	1,22	SI	1,22
18	SI	1,22	NO	0,71
19	SI	1,22	NO	0,71
20	NO	0,71	SI	1,22
Total, preñez	15		11	
No preñadas	5		9	

En la tabla 11. Muestra los datos recolectados en la investigación, los cuales fueron organizados y transformados para facilitar el análisis estadístico utilizando la prueba t Student, manteniendo el mismo número de repeticiones en ambos tratamientos. Esta preparación de datos es crucial para asegurar la validez y precisión del análisis estadístico, permitiendo una comparación efectiva entre los dos tratamientos evaluados.

*Tabla 12.* Análisis de los valores transformados a  $\sqrt{X + 0,5}$ ,

T Cal	Resultado	T Tab 5%	T Tab 1%
-1,285	No significativo (NS)	2,093	2,860

Coefficiente de Variación (CV): 4,99%

Al realizar el análisis estadístico en la distribución t de Student de la hormona prostaglandina en la tasa de preñez en el ganado Holstein mestizo, se obtiene la evaluación de los tratamientos con dos dosis (A) frente a una sola dosis (B) en los datos transformados a  $\sqrt{X + 0,5}$ , muestra que el valor de t calculado obtenido (-1,285) es menor a los valores de t tabular al 5% (2,093) y 1% (2,860), lo cual indica que no existe significancia estadística, lo que lleva a aceptar la hipótesis nula (Ho) que establece que: En el protocolo de sincronización de celos con dos dosis de prostaglandina, no mejora los índices reproductivos del hato lechero.

Con respecto al coeficiente de variación calculado, se obtuvo un 4,99%, este valor indica la confianza del ensayo. La tasa de preñez con dos dosis de prostaglandina fue del 75% y 55% a una sola dosis.

Tabla 13. Análisis del costo total del protocolo.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario Dólares.	Costo Total Dólares
Dispositivo intravaginal CIDR	Paquetes/10 u	40	8,2	328,00
Prostaglandina	Frascos/50ml	3	56,5	169,5
Benzoato de estradiol	Frasco/50ml	2	20,50	41,00
Cipionato de estradiol	Frasco/50ml	1	69,23	69,23
Evaluación sanitaria inicial	Unidad	1	20,00	20,00
Guantes de inseminación	Caja/60	1	0,50	30,00
Pistola de inseminación	Unidad	1	73,00	73,00
Catóter	Caja/100	1	0,25	10,00
Guantes obstétricos	Caja/100	1	0,30	18,00
Chemis sanitario	Caja/100	1	0,28	28,00
Aplicador DIB	Unidad	1	14,00	14,00
Gel lubricante	Galón	1	18,00	18,00
Papel higiénico	Unidad	1	0,50	0,50
Jeringas 5 ml	Caja/100 unid	1	0,22	4,00
Jeringas 3 ml	Caja/100 unid	1	0,22	21,00
Alquiler de ecógrafo	Unidad	1	50,00	50,00
Mano de obra	Unidad	2	10,00	20,00
Fundas de basura	Unidad	2	1,00	1,00
Cortador de pajuela	Unidad	1	19,00	19,00
Papel absorbente	Unidad	1	4,00	4,00
Transporte	Unidad	20	15,00	300,00
Impresiones	Unidad	250	0,05	12,50
CD (Unidad de grabación)	Unidad	3	0,50	1,50
Costo Total				1287,23

En la tabla 13. El costo de la investigación tuvo el total de \$ 1287,23 que fue aplicado a 40 unidades experimentales bovinas, con dos tratamientos, tratamiento A: 20 unidades bovinas de la raza Holstein mestizas y tratamiento B: 20 unidades bovinas de la raza Holstein mestizas.

#### 4.2 Análisis de costo entre los dos tratamientos.

*Tabla 14.* Costo unitario entre Tratamiento A y B.

Concepto	Tratamiento A	Tratamiento B
	Dos dosis de Prostaglandina (\$)	Una dosis de prostaglandina (\$)
Dispositivo intravaginal CIDR	8,20	8,20
Prostaglandina	4,52	2,26
Benzoato de estradiol	0,82	0,82
Aplicador DIB	0,70	0,70
Cipionato de estradiol	1,38	5,52
Jeringas 5 ml	0,44	0,22
Jeringas 3 ml	0,22	0,22
Gel lubricante	0,15	0,15
Catéter	0,25	0,25
Chemiss sanitario	0,25	0,25
Papel absorbente	0,20	0,20
Mano de obra	1,00	1,00
Alquiler del ecógrafo	25,00	25,00
Guantes obstétricos	0,30	0,30
Guantes de inseminación	0,50	0,50
TOTAL	43,99	41,51

En la tabla 14. El análisis del costo por tratamiento nos indica que el Tratamiento A: presenta un valor total \$ 43,99 por cada unidad experimental bovina (20 vacas), mientras que

el Tratamiento B: tiene el valor total de \$ 41,50 por cada unidad experimental bovina (20 vacas), por lo tanto, tuvieron una diferencia de \$ 2,48 por cada unidad experimental.

#### 4.3 Discusión

Los resultados indican que el tratamiento A, con dos dosis de prostaglandina con el protocolo E2-P4-PGF2 $\alpha$ , no mejoró la tasa de preñez en vacas Holstein mestizas repetidoras comparado con el tratamiento B, lo cual indica que no existe significancia estadística; pero aritméticamente existe un aumento en la tasa de preñez, el tratamiento A, demostró superioridad de preñez con un 75% en relación al 25% del tratamiento B.

Según lo obtenido en la presente investigación, no existe diferencia entre los tratamientos, lo que se contrapone al estudio de Bando (2021) el cual evaluó la utilización de dos dosis de Prostaglandina en la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en Vacas Cebuinas, se obtuvo una tasa de preñez del 69,8% (37 de 53), siendo del 67,9% (19 de 28) en vacas cebuinas y del 72% (18 de 25) en cruza cebuinas. No se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de preñez, entre las diferentes razas de vacas ( $p>0,05$ ) corroborando con los resultados obtenidos en esta investigación.

## 5. CONCLUSIONES.

- La aplicación de dos dosis de prostaglandina en el protocolo E2-P4-PGF2 $\alpha$  en el tratamiento A, mostró una tasa de preñez del 75% en las vacas Holstein mestizas repetidoras tratadas, comparado con el tratamiento B, sin embargo, el valor de t calculado es (-1,285) es menor a los valores de t tabular al 5% (2,093) y 1% (2,860) de significancia, lo cual indica que no existe significancia estadística. El coeficiente de variación es igual a 4,95%, esto me indica la confiabilidad del ensayo.
- En relación al cálculo matemático, indica que el tratamiento A (dos dosis) es mejor que, el tratamiento B (Una sola dosis).
- El costo de la investigación del protocolo cuesta \$1286,93 de los cuales el Tratamiento A, presenta un costo de \$ 43,99 por cada unidad experimental bovina (20 vacas), mientras que el Tratamiento B, tiene un costo de \$ 41,51 por cada unidad experimental (20 vacas), con una diferencia de \$ 2,48, dando como resultado más económico el tratamiento B, para el manejo de la reproducción.

## 6. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda esta investigación, en explotaciones intensivas de ganado, realizar estudios para ajustar las dosis de prostaglandinas con el protocolo E2-P4-PGF2 $\alpha$ , en función de características individuales de las vacas repetidoras, como la edad, el peso corporal y la condición corporal.
- Continuar con las investigaciones sobre los tratamientos utilizados. Esto facilitará evaluaciones futuras de conocimiento necesarios de la IATF.
- Diseñar protocolos de inseminación a tiempo fijo hasta obtener una dosis de prostaglandina adecuada y aun cuando pueda existir variabilidad de resultados, se podría contar con una alternativa para disminuir las deficiencias reproductivas y alcanzar un mayor porcentaje de preñez.
- Para mejorar la efectividad de la inseminación artificial en el estudio, se propone adoptar de manera más amplia y eficiente en la optimización de los resultados reproductivos en diferentes contextos. La implementación de este método debe ir acompañada de un programa integral de capacitación para los técnicos de inseminación artificial.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Ablondi, M., Sabbioni, A., Stocco, G., Cipolat, C., Dadousis, C., Kaam, J., & Finocchiaro, R. (2021). Genetic Diversity in the Italian Holstein Dairy Cattle Based on Pedigree and SNP Data Prior and After Genomic Selection. *Front Vet Sci.*, 8(773985).  
Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8792952/>
- Alcaldía de Cuenca. (2016). *Ordenanza para el control y manejo de la fauna urbana y la protección de animales domésticos de compañía del cantón Cuenca*. Obtenido de <https://www.cuenca.gob.ec/content/ordenanza-para-el-control-y-manejo-de-la-fauna-urbana-y-la-protecci%C3%B3n-de-animales-dom%C3%A9sticos>
- Arevalo, A. (2020). “*EVALUACIÓN DE LA TASA DE PREÑEZ EN VACAS REPETIDORAS DE LA RAZA HOLSTEIN MESTIZAS CON LA APLICACIÓN DE HCG AL MOMENTO DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL*”. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Baćėninaite, D., Džermeikaitė, K., & Antanaitis, R. (2022). Global Warming and Dairy Cattle: How to Control and Reduce Methane Emission. *Animals (Basel)*, 12(19).  
Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9559257/>
- Bandeo, A. (2021). *Utilización de doble dosis de prostaglandina en la inseminación artificial a tiempo fijo en vacas cebuinas*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE. Obtenido de [https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/53883/RIUNNE\\_FVET\\_AC\\_Bandeo\\_A\\_P.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/53883/RIUNNE_FVET_AC_Bandeo_A_P.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Bavera, A. (2019). *Razas bovinas y bufalinas de la Argentina*. Obtenido de [https://www.produccion-animal.com.ar/libros\\_on\\_line/61-Razas\\_bovinas\\_y\\_bufalinas.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/61-Razas_bovinas_y_bufalinas.pdf)
- Bihon, A., & Assefa, A. (2021). Prostaglandin based estrus synchronization in cattle: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 7(1932051). Obtenido de <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1932051>
- Caroprese, E. (2022). *Manua de protocolo de sincronización de celo e inseminación artificial a tiempo fijo-proyecto, comite de ganaderos de Arauca*. Obtenido de Universidad Cooperativa de Colombia:  
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e05e3b3d-0a8f-440e-828a-cda7e503b7bf/content>
- Cavestany, D. (2018). *La Eficiencia Reproductiva del ganado lechero*. Obtenido de [https://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/produccion\\_bovina\\_leche/62-eficiencia\\_reproductiva.pdf](https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/62-eficiencia_reproductiva.pdf)
- Colazo, M., Mapletoft, R., Martinez, M., & Kastelic, J. (2007). El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas. *Ciencia Veterinaria*, 9(1).

- Domingues, R., Sánchez, F., & López, J. (2020). *Manual de biotecnologías reproductivas y conservación de germoplasma*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/345817120>
- Fernandez, A., Santos, S., Pesantez, J., Pérez, N., Heras, A., Gonzalez, J., & Astiz, S. (2021). Effects on Synchronization and Reproductive Efficiency of Delaying the Removal of the Intravaginal Progesterone Device by 24 h in the 5d Co-Synch Protocol in Heifers. *Animals (Basel)*, *11*(3). Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8002514/>
- GAD Parroquia de Victoria del Portete. (2020). *PDOT Victoria del Portete. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial de Victoria del Portete 2019-2023*.
- Geoportaligm. (2024). *Mapa de relieve de la Parroquia Victoria del Portete*. Obtenido de <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/visualizador/>
- González, J., & Ching, R. (2019). Producción y reproducción de vacas Holstein, Jersey y sus cruces en cinco localidades de Costa Rica. *UNED Research Journal*, *10*(2), 422-427. Obtenido de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/86691/produccionReproduccion.pdf?s>
- Google Maps. (2024). *Ubicación parroquia Victoria del Portete*. Obtenido de <https://maps.app.goo.gl/A1ugKjYTXkNimhdEA>
- Hernández, J. (2016). *Fisiología clínica de la Reproducción de bovinos lecheros*. Ciudad Universitaria Matamoros. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/345716833\\_Fisiologia\\_Clinica\\_de\\_la\\_Reproduccion\\_de\\_Bovinos\\_Lecheros](https://www.researchgate.net/publication/345716833_Fisiologia_Clinica_de_la_Reproduccion_de_Bovinos_Lecheros)
- HSP. (2010). *Dinoprost Prostaglandina F2α Trometamina Sal CAS 38562-01-5*. Obtenido de Home Sunshine Pharma: <https://www.hspchem.com/apis-and-intermediates/dinoprost-prostaglandin-f2-tromethamine-salt.html>
- Hu, H., Mu, T., Ma, Y., Ping, X., Yun, W., & Yun, M. (2021). Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: A Review. *Front. Genet.*, *12*. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/journals/genetics/articles/10.3389/fgene.2021.695543/full>
- Kwan, J., Gu, H., Young, T., & Hwa, I. (2013). Synchronization Using PGF2α and Estradiol With or Without GnRH for Timed Artificial Insemination in Dairy Cows. *J Reprod Dev.*, *59*(1), 97–101. Obtenido de [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3943234/#:~:text=Prostaglandin%20F2%CE%B1%20\(PGF2%CE%B1,functional%20corpus%20luteum%20\(CL\).](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3943234/#:~:text=Prostaglandin%20F2%CE%B1%20(PGF2%CE%B1,functional%20corpus%20luteum%20(CL).)
- lopez. (2013). *Insimianacion artificial*. Quito: S.A.

- Mac, A., Bergonzelli, P., & Dick, A. (2018). *Sincronización con doble dosis de prostaglandinas y utilización de semen sexado hembra en vaquillonas Holando Argentino*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Obtenido de <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/247dadf1-e82c-4977-9ce4-287059b3d13a/content>
- Maps, Google. (2024). *Ubicación parroquia Victoria del portete*. Obtenido de <https://maps.app.goo.gl/A1ugKjYTXkNimhdEA>
- Martínez, S. (2020). *Evaluación de la tasa de preñez con protocolos de sincronización E2-P4-PGF2A, con tres tiempos de retiro del dispositivo intravaginal en vaconas*. Obtenido de <http://dSPACE.ups.edu.ec/handle/123456789/18816>
- Maulana, R., Susetya, H., & Agus, S. (2022). Prevalence and risk factors associated with repeat breeding of beef cattle in Sleman Regency, Indonesia. *Vet World*, 15(4), 870–877. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9178566/>
- Moreno, M. (2023). *Protocolos de sincronización de celo en la especie bovina: artículo de revisión*. UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA. Obtenido de <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/5161/Protocolos%20de%20sincronizaci%C3%B3n%20de%20celo%20en%20la%20especie%20bovina%20art%C3%ADculo%20de%20revisi%C3%B3n%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nebel, R., & De Jarnette, M. (2011). *Anatomía y fisiología de la reproducción bovina*. Obtenido de SELECT SIRES INC.: [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/97-fisiologia.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/97-fisiologia.pdf)
- Ola, A. (2007). Reproductive performance of Norwegian cattle from 1985 to 2005: trends and seasonality. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 49(5). Obtenido de <https://actavetscand.biomedcentral.com/articles/10.1186/1751-0147-49-5>
- Orrego, J., Delgado, A., & Echevarría, L. (2003). Vida productiva y principales causas de descarte de Vacas Holstein en la Cuenca de Lima. *Rev Inv Vet Perú*, 14(1), 68-73. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/262657690>
- Pérez, C., & España, F. (2007). Oestrus expression and ovarian function in repeat breeder cows, monitored by ultrasonography and progesterone assay. *Reprod Domest Anim*, 42(5), 49-56. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17845598/>
- Pérez, C., & Quintela, L. (2023). Current Insights in the Repeat Breeder Cow Syndrome. *Animals (Basel)*, 13(13). Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10340006/>
- Pilla, M., Yáñez, D., Ortega, M., Aragadvay, R., & Marin, P. (2022). Evaluación del efecto de dos protocolos de sincronización sobre los niveles de estradiol y progesterona en vacas doble propósito en la Amazonia Ecuatoriana. *Revista Científica, FCV-LUZ, XXXIII*, 1-7. Obtenido de <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33200>

- Portete, G. P. (2020). *PDOT Victoria del Portete. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial de Victoria del Portete 2019-2023*.
- Reyes, F., Chávez, J., & Marini, P. (2019). Parámetros productivos y reproductivos de vacas Holstein de primera lactancia en sistema de pastoreo en tres provincias del Ecuador. *III CONGRESO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA: "Comunidades en Armonía con la Naturaleza*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/332328961>
- Rippe, C. (2009). El ciclo estral. *Dairy Cattle Reproduction Conference* (, 112(1), 1-6.
- Roman, A., Magdalena, H., & Sabrina, L. (2008). *EVALUACIÓN DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELO EN VAQUILLONAS Y VACAS HOLANDO EN CONDICIONES PASTORILES*. UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA. Obtenido de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19374/1/FV-27724.pdf>
- Romo, C. (2016). *COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE VACAS HOLSTEIN EN LACTACIÓN UTILIZANDO DIFERENTES PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE ESTRO EN TRÓPICO SECO*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Obtenido de <https://cca.uas.edu.mx/images/posgrado/Tesis/COHORTE%202013-2015/64.%20Cinthia%20Beatriz%20Romo%20Barron.pdf>
- Ruiz, L., & Sandoval, R. (2020). Effect of Estradiol and Prostaglandin Application During Post Calving on Reproductive Performance in Holstein Cows Under Intensive Farming. *SPERMOVA*, 10(2), 81-87. doi:10.18548/aspe/0008.12
- Rusiñol, C. (2008). *COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS Y OVULACIONES CON Y SIN INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF) EN VAQUILLONAS PARA CARNE*. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA. Obtenido de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/24101/1/FV-28518.pdf>
- Salas, G. (2008). Una práctica de manejo para mejorar la eficiencia del hato. *EVALUACIÓN REPRODUCTIVA EN BOVINOS*.
- Salverson, R. (2021). *Entendiendo la sincronización de celos en el ganado bovino*. South Dakota State University. Obtenido de <https://extension.sdstate.edu/sites/default/files/2021-12/P-00169-S.pdf>
- Sequeira, L. (2013). *Compendio sobre Reproducción Animal*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/textos/n153t683c.pdf>

Tacuri, D. (2017). *EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE PREÑEZ EN VACAS REPETIDORAS UTILIZANDO EL PROTOCOLO E2-P4-PGF2 alfa MÁS LA APLICACIÓN DE UN ANTIBIÓTICO POST INSEMINACIÓN ARTIFICIAL*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

Topographic. (2024). *Mapa topográfico Victoria del Portete*. Obtenido de <https://es-es.topographic-map.com/map-lqnwzs/Victoria-del-Portete/?center=-3.06818%2C-79.06414&base=2>

Unión Ganadera Regional de Jalisco. (s.f.). *Características reproductivas de la vaca lechera*.

Velásquez, C., Tello, V., & JaimeVega. (2023). Efecto del tratamiento hormonal sobre la tasa de concepción en vacas Holstein problema, región La Libertad, Perú. *RIIARn*, 10(10). Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2409-16182023000100055](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182023000100055)

## 8. ANEXOS

*Ilustración 7. Selección del ganado para la palpación rectal.*



*Ilustración 8. Materiales.*



*Ilustración 9.* Aplicación de las hormonas.



*Ilustración 10.* Aplicación de las hormonas.



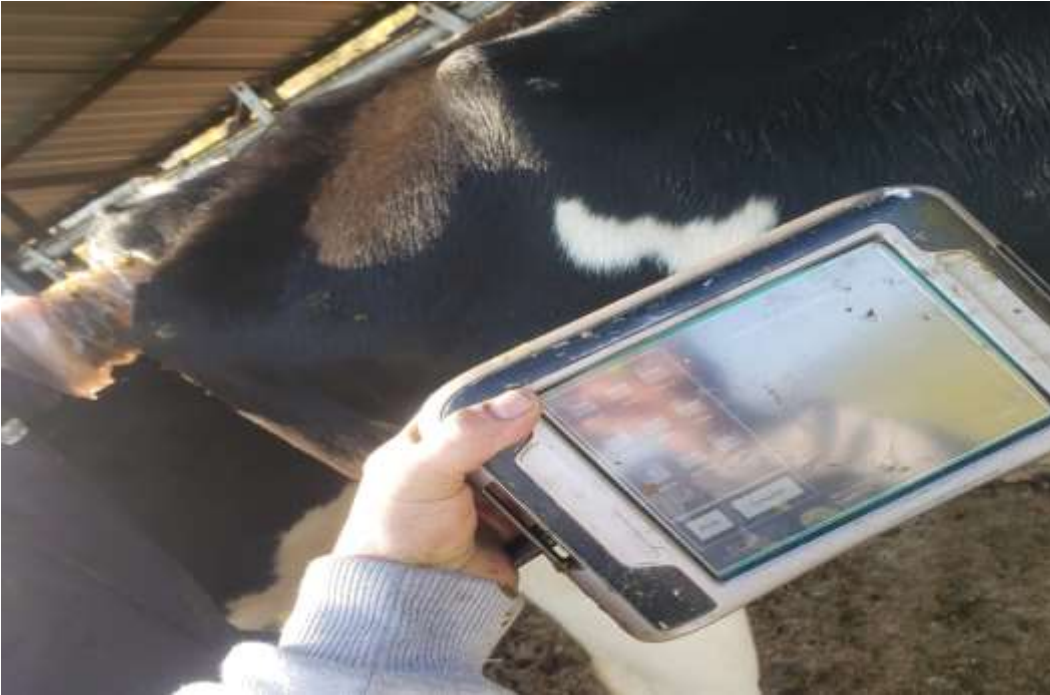
*Ilustración 11.* Realización de la IA.



*Ilustración 12.* Ganado calificado para la ecografía.



*Ilustración 13. Ecógrafo*



*Ilustración 14. Confirmación de la preñez de las vacas Holstein mestizas criollas.*

