



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERA ZOOTECNISTA**

**EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE PREÑEZ CON DOS PROTOCOLOS DE
SINCRONIZACIÓN (J-SYNCH Y WEB-SYNCH), EN VACAS HOLSTEIN
FRIESIAN EN LA PROVINCIA DEL CARCHI, CANTÓN ESPEJO,
PARROQUIA SAN ISIDRO, SECTOR CHULTE, HACIENDA EL COLORADO**

MELANI TATIANA MORALES ALEMÁN

TUTOR: Mgs. LUIS HUMBERTO HARO BEDÓN

IBARRA – ECUADOR

AGOSTO, 2025

Ibarra, 19 de julio del 2025

CERTIFICACIÓN TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de integración curricular titulado: “EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE PREÑEZ CON DOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN (J-SYNCH Y WEB-SYNCH), EN VACAS HOLSTEIN FRIESIAN EN LA PROVINCIA DEL CARCHI, CANTÓN ESPEJO, PARROQUIA SAN ISIDRO, SECTOR CHULTE, HACIENDA EL COLORADO”, presentado por el estudiante Melani Tatiana Morales Alemán con cédula de ciudadanía N° 1005249261, para obtener el Título de Ingeniería Zootecnista, en la Escuela de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

Certifico que el trabajo cumple con todos los parámetros establecidos, mediante el cual el estudiante demuestra el desarrollo de competencias en el campo de conocimiento de su profesión con un nivel de argumentación coherente, para ser sometido a la evaluación por parte de los lectores.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de originalidad de TURNITIN.



(f):



Mgs. Luis Humberto Haro Bedón

TUTOR DE TRABAJO

C.C.: 1002739389

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal examinador, aprueba el presente trabajo en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra:

(f): 

Mgs. Luis Humberto Haro Bedón

C.C.: 1002739389

(f): 

PhD. Edmundo René Recalde Posso

C.C.: 1001774494

(f): 


MSc. Christian Andres Arroyo Benavides

C.C.: 1719831545

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, MELANI TATIANA MORALES ALEMÁN, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones a título gratuito y oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 18 de agosto del 2025


(f):  _____

MELANI TATIANA MORALES ALEMÁN

C.C.: 1005249261

AUTORIA

Yo, *Melani Tatiana Morales Alemán*, portadora de la cedula de ciudadanía N° 1005249261, declaro que el presente trabajo de investigación es de total responsabilidad de la autora, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

(f):.....

Melani Tatiana Morales Alemán

C.C.: 1005249261

DEDICATORIA

Este trabajo va para todas esas personas que fueron parte de este proceso, en especial para mis padres Edison Morales y Verónica Alemán, quienes han sido el motor fundamental para poder seguir adelante, sin ellos no sería ni la mitad de la persona que soy ahora, quiero decirles de todo corazón que los amo.

Mi princesa Naina Morales con la cual reí y lloré muchas veces durante este tiempo.

Mis abuelitos Nicolas Morales, María Cabrera y Zoila Ponce, mis tíos quienes siempre me han dado sus palabras de aliento para que no me dé por vencida, le agradezco a la vida que les haya permitido verme cumplir esta meta.

A mis seres queridos que se me adelantaron mis tíos Fausto Quinchiguango y Patricio Criollo, mi bisabuelita Angelica Rodríguez, a la señora Rosa Bolaños y mi mascota que me acompañó durante mucho tiempo Hachi, les agradezco por seguirme cuidando desde donde estén y no dejarme sola, los recuerdo con mucho cariño y siempre los tengo presentes en mi vida.

Mi gatita burbuja y a mi gato papuchis que han sido las más fieles compañías en mis largas noches de estudio, y una motivación más para poder continuar.

A Brayan Pulamarín por la compañía y el apoyo durante este proceso, por haberme brindado cariño, gracias por cada sonrisa, palabra de aliento y por compartir conmigo en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres, abuelos, amigos, compañeros y a una persona muy especial, ellos han sido mi apoyo constante y me han dado fuerza para dar cada paso en este largo camino, gracias, papá por esforzarte cada día en tu trabajo y permitirme estudiar, gracias, mamá por quedarte conmigo siempre y ayudarme en todo este proceso.

A mi hermana gracias por esas veces que te quedabas conmigo en las noches mientras hacia algún trabajo, eres mi motivo para seguir adelante y poder ayudarte.

A mis tíos y primos les agradezco por todas las veces que me escucharon hablar de mi vida universitaria y me brindaron sus consejos.

Expreso mi profundo agradecimiento al Mgs. Luis Haro, mi asesor de tesis, por su destacada orientación académica y compartir conocimientos durante mi vida universitaria, su apoyo constante fue determinante para culminar mi trabajo de investigación.

Agradezco profundamente al Dr. Rolando H., cuya guía experta y apoyo constante fueron fundamentales para la realización de este proyecto. Su compromiso inquebrantable y disposición para compartir parte de su conocimiento, dejando una huella significativa en mi formación.

Mi profundo agradecimiento al Mgs. Valdemar Andrade quien me ayudo a poder redactar el documento y se encontró pendiente de todo el proceso.

A mis amigos y compañeros gracias a Cristian Salazar, Hugo Armijos, Kevin Oyagata, Karla Bastidas, David Rivera quienes de una u otra manera me motivaron a no rendirme, han sido muy importantes para mí durante mi vida universitaria, les agradezco por las risas que se han compartido en este tiempo, los llevare en mi corazón por todas las experiencias y anécdotas que han quedado.

Melani Tatiana Morales Alemán

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN TUTOR	ii
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	iv
AUTORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO II	17
OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo general	17
2.2 Objetivo específico	17
2.3 Hipótesis	17
CAPÍTULO III	18
ESTADO DEL ARTE	18
3.1 Fisiología reproductiva	18
3.1.1 Vulva y vagina	19
3.1.2 Cuello uterino (Cérvix)	20
3.1.3 Útero	21
3.1.4 Oviductos	21
3.1.5 Ovarios	22
3.2 Ciclo estral.....	23
3.2.1 Proestro	24
3.2.2 Estro.....	25
3.2.3 Metaestro	26
3.2.4 Diestro	27

3.2.5 Factores que influyen en la reproducción de bovinos de leche.....	28
3.2.6 Determinantes de la perdida embrionaria	29
3.4 Hormonas utilizadas en la sincronización de celo en hembras bovinas.	29
3.4.1 Gonadotropina (GnRH)	30
3.4.2 Estrógenos (E2)	31
3.4.3 Gonadotropina coriónica equina (eCG)	32
3.4.4 Prostaglandinas (PGF2 α)	33
3.4.5 Progesterona (P4).....	34
3.5 Protocolos de sincronización en vacas	35
3.5.1 Protocolo de prostaglandinas	35
3.5.2 Protocolo J-Synch.....	36
3.5.3 Protocolo Web-Synch.....	37
3.5.4 Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).....	38
3.6 Reconocimiento de preñez temprana.....	39
CAPÍTULO IV.....	41
MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
4.1 Generalidades de la investigación	41
4.1.1 Ubicación	41
4.2 Materiales e insumos	43
4.2.1 Materiales.....	43
4.2.2 Equipos electrónicos	43
4.2.3 Insumo de desinfección	43
4.2.4 Instalaciones.....	43
4.2.5 Insumos veterinarios	43
4.2.6 Semovientes	43
4.3 Condiciones meteorológicas.....	44
4.4 Gráfica de localización	44
4.5 Variables.....	45
4.5.1 Variable Dependiente	45
4.5.2 Variable Independiente.....	45
4.6 Diseño experimental.....	46
4.6.1 Distribución de las unidades experimentales	46

4.7 Duración de la fase experimental	47
4.7.1 Manejo del experimento.....	47
4.7.2 Manejo del hato experimental.....	48
4.7.3 Técnicas	48
CAPÍTULO V	49
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
5.1 Descripción de los datos del estudio.....	49
5.2 Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk).....	51
5.3 Análisis estadístico de las variables.....	51
CAPÍTULO VI.....	56
CONCLUSIONES	56
CAPÍTULO VII.....	57
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS	58
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Descripción de la ubicación geográfica de la investigación</i>	42
Tabla 2 <i>Descripción Geográfica del sitio experimental</i>	42
Tabla 3 <i>Tratamientos de los protocolos de sincronización y las variables controladas</i>	46
Tabla 4 <i>Esquema del modelo de análisis de varianza (ANOVA)</i>	47
Tabla 5 <i>Porcentaje de preñez que se pudo observar por cada unidad experimental y protocolo de sincronización de celo (Ver anexo 1).</i>	50
Tabla 6 <i>Prueba de supuestos de normalidad.</i>	51
Tabla 7 <i>Análisis de varianza de los protocolos de sincronización de celo</i>	52
Tabla 8 <i>Datos de chequeo de preñez</i>	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ciclo estral de la vaca.</i>	28
Figura 2 <i>Protocolo de sincronización con prostaglandinas.</i>	36
Figura 3 <i>Protocolo de sincronización J-Synch de pro estro prolongado.</i>	37
Figura 4 <i>Protocolo de sincronización Web-Synch.</i>	38
Figura 5 <i>Horizonte geográfico de la investigación.</i>	44
Figura 6 <i>Comparación múltiple de promedios de las variables.</i>	53

RESUMEN

El realizar sincronización de celo e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se considera una herramienta clave para que se pueda mejorar la eficiencia reproductiva en hatos lecheros. La presente investigación lleva a cabo una evaluación de dos protocolos hormonales para la sincronización de celo (J-Synch, y Web-Synch) en vacas Holstein Friesian en la provincia del Carchi, en la Hacienda el Colorado, la variable que se buscó evaluar fue el índice de preñez. Se trabajó con un total de 45 vacas, 15 en cada protocolo, y 5 por cada repetición, dejando como resultado 3 repeticiones por tratamiento, para luego realizar IATF a los dos días y medio. Se usó dispositivos intravaginales, hormonas, pistola de inseminación y ecógrafo. En un rango de 30 a 35 días post inseminación se realizó un diagnóstico de preñez temprana con ayuda de un ecógrafo, se aplicó un diseño experimental completamente al azar (DCA), para comprobar si existe normalidad de las variables se utilizó pruebas de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$), para luego poder realizar un ANOVA para que se comparen las tasas de preñez entre los protocolos. Las variables evaluadas fueron: tasa de preñez (%), y días de diagnóstico hasta la preñez, el resultado en cuanto a la tasa de preñez mostró que no existen diferencias significativas entre el protocolo J-Synch (53%) y Web-Synch (60%), una mejor tasa de preñez en cuanto a las prostaglandinas (20%). Este estudio cuenta con criterios para la toma de decisiones en programas de IATF en ganado lechero, tomando en cuenta que la eficiencia reproductiva es también parte de la sostenibilidad económica.

Palabras claves: eficiencia reproductiva, diagnóstico temprano, sincronización hormonal, IATF, producción lechera.

ABSTRACT

The implementation of estrus synchronization and fixed time artificial insemination (FTAI) is considered a key tool for improving reproductive efficiency in dairy herds. The present study evaluates two hormonal protocols for estrus synchronization (J-Synch and Web-Synch) in Holstein Friesian cows in the province of Carchi, at hacienda El Colorado. The variable assessed was the pregnancy rate. A total of 45 cows were used, with 15 assigned to each protocol and 5 per repetition, resulting in 3 repetitions per treatment. FTAI was performed two and a half days later. Intravaginal devices, hormones, insemination guns, and ultrasound scanners were used. A pregnancy diagnosis was conducted between 30 to 35 days post insemination using an ultrasound scanner. A completely randomized design (CRD) was applied, the Shapiro-Wilk test ($p > 0.05$) was used to check the normality of the variables. This allowed for the application of ANOVA to compare pregnancy rates between the protocols. The variables evaluated were pregnancy rate (%) and days from diagnosis to confirmed pregnancy. The results showed no significant differences in pregnancy rates between the J-Synch (53%) and Web-Synch (60%) protocols, although a higher pregnancy rate was observed with prostaglandins (20%). This study provides useful criteria for decision making in FTAI programs in dairy cattle, considering that reproductive efficiency is also an essential component of economic sustainability.

Keywords: Reproductive efficiency, early diagnosis, hormonal synchronization, FTAI, dairy production.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción de ganadería de leche normalmente se enfrenta a diversos factores que afectan la reproducción, como son: las bajas temperaturas, la humedad, alto número de días abiertos, baja detección del celo, presencia de desbalances hormonales, y un manejo ineficiente en la reproducción de bovinos (Pilla C. et al., 2023), además de las pérdidas económicas a causa de no obtener una cría al año por vaca (D. A. Maldonado et al., 2022). En el manejo reproductivo se evalúan distintos parámetros, pero el que más se necesita tener en constancia es la detección de celo (DC), debido a que ayuda a la mejora del índice de preñez y se dé un menor número de días abiertos, además de la reducción de pérdidas económicas en la producción lechera (Villota Ruiz, 2022).

Existen diversas opciones para que se pueda optimizar los resultados de la reproducción, una de estas es el uso de programas en el cual se manejan hormonas para poder brindar después la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF), obteniendo la posibilidad de sincronizar el celo y la ovulación del bovino, pero estos protocolos de sincronización presentan un factor limitante que se encuentra asociado a que su costo es alto y que la gente desconoce cuál es el verdadero beneficio, descartándola como opción para que cumpla con el objetivo de una ganadería (Ré, 2018). Los protocolos de sincronización del celo bovino que se van a aplicar en el estudio son J-Synch y Web-Synch, en el primer protocolo mencionado se utiliza benzoato de estradiol, estrógenos, gonadotropina coriónica equina (eCG), prostaglandinas y dispositivos intravaginales que sueltan progesterona, su duración es de 6 días (Yáñez-Avalos et al., 2021), y el segundo protocolo usa las mismas hormonas solo que se aumenta GnRH y en este caso dura 11 días (De La Mata et al., 2022).

Según Bó et al (2021) el manejo reproductivo mediante el uso de tecnologías e innovaciones permite que se presente una planificación que busca mejorar la tasa de preñez con el

uso de protocolos de sincronización hormonal comparando el funcionamiento de dos protocolos, específicamente hablando de los protocolo J-Synch y Web-Synch, presentándolos como herramientas innovadoras para la sincronización del ganado de leche y poner en práctica la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) para evaluar el índice de preñez en vacas de raza Holstein-Friesian, esto ubicado en la provincia del Carchi, cantón Espejo, parroquia San Isidro, sector Chulte en la hacienda el Colorado, además la presente investigación contribuirá a la existencia de más información sobre los protocolos J-Synch y Web-Synch, para que se puedan respaldar su implementación o su descarte para el ganado lechero, se documentara y realizara un proceso de análisis de los resultados obtenidos después de la aplicación del protocolo de sincronización hormonal y se podrá observar cuales han sido los resultados en la tasa de concepción, y la eficiencia de los protocolos.

Este estudio se basa en un enfoque experimental, esto debido a que se manipulara de manera directa las variables independientes (protocolos J-Synch y Web-Synch) para analizar el efecto de en la variable dependiente (índice de preñez), además que se utilizara un diseño completamente al azar, Se incluyeron tres repeticiones por tratamiento para asegurar la precisión del análisis estadístico, cada tratamiento contó con 3 repeticiones y para cada uno de los protocolos se ha establecido el uso de 15 unidades bovinas adultas (UBA), lo cual da como un resultado 9 tratamientos (Murillo et al., 2018).

Para la presente investigación según Maldonado (2019) se debe de recolectará información referente el ciclo estral del bovino, expresión del celo, la inseminación artificial (IA), y protocolos de sincronización, en los resultados se presentará los datos obtenidos sobre como aumento o se mantuvo el índice de preñez en la hacienda con su respectiva discusión. Para finalizar se encuentra con el capítulo donde se detallan conclusiones y recomendaciones a las que se llegó después de realizar la investigación.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el índice de preñez en las vacas de raza Holstein Friesian que han sido sometidas a dos protocolos de sincronización (J-Synch y Web-Synch) en la provincia del Carchi, cantón Espejo, parroquia San Isidro, sector Chulte.

2.2 Objetivo específico

- Comparar la eficiencia reproductiva entre los protocolos J-Synch y Web-Synch, mediante el análisis de la tasa de preñez en vacas Holstein Friesian.
- Determinar el número de días que han pasado desde el momento de la inseminación hasta el diagnóstico de preñez.

2.3 Hipótesis

Hipótesis Nula (H_0): No existe una diferencia significativa en el porcentaje de índice de preñez entre los protocolos J-Synch y Web-Synch en vacas de raza Holstein Friesian.

Hipótesis Alternativa (H_1): El uso de distintos protocolos de sincronización presenta un alto porcentaje de diferencia en la tasa de preñez.

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

La eficiencia reproductiva en el ganado bovino, un factor crucial para prolongar la vida útil y la productividad de los animales ha sido objeto de numerosas investigaciones, si bien se han desarrollado diversas estrategias para optimizar la detección de celo, está aún representa un desafío significativo en el manejo reproductivo (Bó et al., 2022). En este contexto, la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) emerge como una herramienta valiosa para mitigar la dependencia de la detección de celo y mejorar las tasas de preñez (Yunga Ayavaca et al., 2023).

La presente revisión del estado del arte se enfoca en analizar y sintetizar la literatura científica reciente (2020-2025) relacionada con la aplicación de los protocolos J-Synch y Web-Synch en programas de IATF. El objetivo principal es identificar cuál de estos protocolos presenta un desempeño superior en las condiciones específicas del ganado de la provincia del Carchi. A través de esta síntesis, se espera proporcionar información relevante para la toma de decisiones en la implementación de programas de IATF más eficientes en esta región.

3.1 Fisiología reproductiva

La endocrinología emerge como una disciplina fundamental en la comprensión de la fisiología reproductiva, al dedicarse al estudio detallado de la función hormonal y las posibles disfunciones que puedan surgir, las hormonas, definidas como reguladores biológicos potentes secretados en cantidades mínimas por glándulas especializadas, ejercen efectos específicos sobre células y tejidos diana, orquestando procesos fisiológicos esenciales, en el contexto de la reproducción, estas señales químicas desempeñan un papel crítico en la maduración sexual, la gametogénesis y el mantenimiento de la preñez, asegurando la continuidad de la especie (Boeta et al., 2023).

La intrincada coordinación hormonal entre los diversos órganos del aparato reproductivo es un sello distintivo de la fisiología reproductiva eficiente, esta comunicación endocrina permite la sincronización precisa de eventos como el ciclo estral en hembras y la espermatogénesis en machos, procesos que requieren una interacción dinámica y regulada por retroalimentación hormonal (Perry, 2021). Cualquier alteración en la producción, liberación o acción de estas hormonas puede desencadenar desequilibrios reproductivos, afectando la fertilidad y la capacidad de los organismos para reproducirse exitosamente (Arteaga, 2019).

Es crucial destacar que la fisiología reproductiva, mediada por la acción hormonal, posee una notable capacidad de adaptación a las condiciones del entorno (Leiva et al., 2021). Factores ambientales como la nutrición, la temperatura y el estrés pueden modular la función endocrina y, por ende, influir en los procesos reproductivos; comprendiendo esta interacción dinámica entre el sistema endocrino y el ambiente es esencial para desarrollar estrategias de manejo reproductivo efectivas en diferentes contextos ecológicos y productivos, asegurando la salud y la eficiencia reproductiva de las poblaciones animales (Tenecota Valencia & Usiña Román, 2024).

3.1.1 Vulva y vagina

La vulva, la porción externa del tracto reproductivo femenino bovino, actúa como una barrera protectora crucial contra patógenos e impurezas del ambiente (Stern, 2023). Su estructura anatómica facilita la cópula natural al servir como el receptáculo para el pene del macho durante la monta, permitiendo la deposición del semen en la vagina, cerca del cérvix, la integridad y la salud de la vulva son esenciales para prevenir infecciones ascendentes que podrían comprometer la fertilidad del animal, internamente, la vagina se extiende desde la vulva hasta el cérvix, desempeñando un papel fundamental tanto en la reproducción natural como en la artificial (Whittier, 2021). Durante la inseminación artificial (IA), un técnico introduce cuidadosamente un catéter a través de la vagina, manipulándolo para que atraviese el canal cervical, depositando el semen directamente en el útero o cerca de él. Esta técnica minimiza la pérdida de espermatozoides y aumenta la probabilidad de fecundación en comparación con la monta natural (Carrillo González, 2021).

La región posterior a la abertura uretral, conocida como vestíbulo vaginal, es un punto de referencia anatómico importante durante los procedimientos de IA. La correcta identificación de las estructuras dentro de la vagina, como los pliegues y la ubicación del orificio cervical externo, es crucial para una inseminación exitosa y para evitar la deposición accidental de semen en la vejiga (Lenis Sanín, 2014). El conocimiento detallado de la anatomía vulvar y vaginal es, por lo tanto, fundamental para el manejo reproductivo eficiente del ganado bovino (Rutter B., 2018).

3.1.2 Cuello uterino (Cérvix)

El cérvix, un órgano tubular robusto, representa una barrera física y funcional entre la vagina y el útero en el tracto reproductivo bovino, su estructura interna se caracteriza por la presencia de tres o cuatro anillos cervicales, pliegues firmes de la mucosa que forman un canal cervical complejo (Hernández Cerón, 2016). Este canal está delimitado por el orificio cervical interno, que se abre hacia el útero, y el orificio cervical externo, que comunica con la vagina (Nebel & DeJarnette, 2011).

La dinámica del cérvix varía significativamente a lo largo del ciclo estral de la vaca. Durante la fase de estro o "celo", los anillos cervicales se relajan y el canal cervical se abre ligeramente, facilitando el paso de los espermatozoides hacia el útero (Baruselli et al., 2022). Además, en esta etapa, el cérvix secreta un moco cervical claro y abundante que ayuda a la capacitación de los espermatozoides y su transporte, por el contrario, durante la diestrus y la gestación, el cérvix se cierra herméticamente (Mancheno Herrera, 2022).

Durante la gestación, el cérvix desempeña un papel crucial en la protección del feto en desarrollo al secretar un denso tapón mucoso. Este tapón cervical actúa como una barrera física y antimicrobiana, previniendo la entrada de bacterias y otros agentes patógenos al útero, lo que podría comprometer la viabilidad de la preñez (Pansani & Beltrán, 2009). La integridad funcional del cérvix es, por lo tanto, indispensable para el establecimiento y mantenimiento de la gestación en el ganado bovino (Toapanta A., 2023).

3.1.3 Útero

El útero bovino, un órgano muscular hueco, es el sitio donde se implanta y desarrolla el embrión durante la gestación, su pared está compuesta por tres capas histológicas distintas: el endometrio, el miometrio y el perimetrio (o serosa), El endometrio, la capa mucosa interna, reviste la cavidad uterina y experimenta cambios cíclicos significativos en respuesta a las hormonas ováricas durante el ciclo estral (Woudwyk et al., 2022).

El endometrio posee glándulas especializadas que secretan nutrientes y fluidos uterinos, proporcionando un ambiente favorable para la supervivencia y el desarrollo del embrión antes de su implantación, además, el endometrio presenta sitios de unión específicos donde la placenta se adhiere para establecer la conexión fisiológica entre la madre y el feto, permitiendo el intercambio de oxígeno, nutrientes y productos de desecho durante la gestación y la vascularización del endometrio es fundamental para este proceso (Anaguarqui, 2022).

El miometrio, la capa muscular media del útero, está compuesto por músculo liso y juega un papel crucial en las contracciones uterinas durante el parto para la expulsión del feto (Colazo & Mapletoft, 2017). También presenta una actividad contráctil importante durante el transporte de los espermatozoides hacia los oviductos después de la inseminación y el perimetrio, la capa serosa externa, proporciona una cubierta protectora al útero y facilita su movimiento dentro de la cavidad pélvica (Blanco, 2025).

3.1.4 Oviductos

Los oviductos, también conocidos como trompas de Falopio, son dos estructuras tubulares delgadas que se extienden desde los cuernos uterinos hasta cerca de los ovarios, midiendo aproximadamente entre 20 y 30 cm de longitud en la vaca, cada oviducto se divide anatómica y funcionalmente en tres segmentos principales: el infundíbulo, el ámpula y el istmo (Llanos C. & Ruiz H., 2016)

El infundíbulo, la porción distal del oviducto adyacente al ovario, presenta una forma de embudo con un borde irregular caracterizado por proyecciones digitiformes llamadas fimbrias, Estas juegan un papel activo en la captura del óvulo liberado del folículo ovárico

durante la ovulación, dirigiéndolo hacia el interior del oviducto, donde puede ocurrir la fecundación (Góngora H, 2023).

El ámpula constituye la parte más larga y tortuosa del oviducto, caracterizada por una pared más delgada y un lumen más amplio (Poma R., 2023). Es en el ámpula donde tiene lugar la fecundación, el crucial evento en el que el espermatozoide se une con el óvulo para formar el cigoto (De La Mata et al., 2022). Posteriormente, el embrión temprano comienza su tránsito a través del oviducto hacia el útero, donde se implantará en el endometrio para continuar su desarrollo y el ambiente dentro del ámpula es vital para la capacitación espermática y la viabilidad del embrión temprano (Vela J., 2022).

El istmo, la porción proximal del oviducto, conecta con el cuerno uterino a través de una unión útero-tubárica especializada, el istmo juega un papel importante en el transporte de los espermatozoides hacia el ámpula y también en la retención del embrión temprano dentro del oviducto durante un período específico antes de su ingreso al útero, esta retención controlada es esencial para asegurar la sincronización adecuada entre el desarrollo embrionario y la receptividad uterina (Carrillo González, 2021).

3.1.5 Ovarios

Los ovarios en la vaca son glándulas multifuncionales que desempeñan roles tanto exocrinos como endocrinos, siendo esenciales para la reproducción, su función exocrina se manifiesta en la producción y liberación de los óvulos (gametos femeninos) a través del proceso de ovulación (Maldonado Paladines, 2019). La función endocrina de los ovarios radica en la síntesis y secreción de hormonas esteroides clave que regulan el ciclo estral, la gestación y el comportamiento reproductivo (Nebel & DeJarnette, 2011)

Entre las principales hormonas producidas por los ovarios se encuentran los estrógenos (principalmente estradiol o E2), sintetizados por las células de la granulosa del folículo ovárico en crecimiento y los estrógenos son responsables de la manifestación de los signos conductuales del celo en la vaca y ejercen una regulación por retroalimentación tanto positiva como negativa sobre la secreción de gonadotropinas (FSH y LH) a nivel del hipotálamo y la hipófisis (Woudwyk et al., 2022).

Otra hormona crucial es la progesterona (P4), producida principalmente por el cuerpo lúteo que se forma después de la ovulación a partir del folículo ovárico luteinizado (Aréchiga et al., 2019). La progesterona prepara el endometrio uterino para la implantación del embrión y es esencial para el mantenimiento de la gestación (Anaguarqui, 2022). Su efecto predominante sobre el hipotálamo es de retroalimentación negativa, inhibiendo la liberación de gonadotropinas. Finalmente, la inhibina, secretada por las células de la granulosa del folículo, participa en la regulación de la secreción de FSH por la hipófisis, ejerciendo un control por retroalimentación negativa sobre esta hormona (Díaz A., 2021).

3.2 Ciclo estral

El ciclo estral en los mamíferos, un proceso fisiológico fundamental para la reproducción está finamente regulado por la interacción dinámica entre el eje hipotálamo-hipófisis-ovarios (Sequeira, 2013). Este eje neuroendocrino orquesta la producción y liberación de diversas hormonas que actúan de manera coordinada en las distintas fases del ciclo, el hipotálamo, como centro de control superior, secreta la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), la cual viaja a la hipófisis anterior y estimula la secreción de dos gonadotropinas cruciales: la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) (Pérez Wallace et al., 2020).

La secreción de LH por la hipófisis mantiene un patrón pulsátil que responde directamente a los pulsos de GnRH liberados por el hipotálamo, en contraste, la FSH presenta una producción basal más elevada, cuya regulación está influenciada principalmente por el estradiol y la inhibina, hormonas producidas por las células de la granulosa, mediante mecanismos de retroalimentación negativa y esta compleja interacción hormonal asegura el desarrollo folicular, la ovulación y la preparación del útero para la gestación (Díaz A., 2021).

La liberación pulsátil de GnRH por el hipotálamo no solo está modulada por señales internas, como las concentraciones de metabolitos, hormonas metabólicas y las propias hormonas sexuales, sino también por una variedad de estímulos externos (Lenis Sanín, 2014). Factores ambientales como el fotoperíodo, las interacciones sociales y la bioestimulación (presencia del macho), así como el estado fisiológico de la hembra, como el amamantamiento, pueden influir significativamente en la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios y, por ende, en la regularidad y la eficiencia del ciclo estral (Martínez et al., 2024).

3.2.1 *Proestro*

El proestro, la fase inicial del ciclo estral tiene una duración aproximada de 2 a 3 días y marca la transición hacia la receptividad sexual en la hembra bovina (Woudwyk et al., 2022). Tras la señal desencadenante para la liberación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) por el hipotálamo, se observa un aumento en la secreción de las gonadotropinas FSH (hormona folículo estimulante) y LH (hormona luteinizante) por la hipófisis anterior (Díaz, 2021). Estas dos hormonas desempeñan roles sinérgicos pero distintos en la esteroidogénesis ovárica, el proceso mediante el cual los ovarios comienzan a producir las hormonas sexuales necesarias para el desarrollo folicular y la manifestación del estro (Toapanta A., 2023).

De manera específica, la FSH es la principal responsable del crecimiento y la maduración de los folículos ováricos, las estructuras que contienen los óvulos y producen estradiol (Anaguarqui, 2022). A medida que los folículos crecen bajo la influencia de la FSH, comienzan a secretar cantidades crecientes de estradiol, una hormona clave que prepara el tracto reproductivo para la cópula y desencadena los signos conductuales del celo (Hernández Cerón, 2016). Simultáneamente, la LH comienza a aumentar sus niveles, aunque su papel principal en esta fase es preparar las células foliculares para la ovulación que ocurrirá en la siguiente etapa del ciclo, en la interacción precisa entre FSH y LH durante el proestro es crucial para asegurar el desarrollo de un folículo preovulatorio dominante capaz de liberar un óvulo viable (Nebel & DeJarnette, 2011).

Hacia el final del proestro, los niveles de estradiol alcanzan su punto máximo, lo que induce cambios fisiológicos y de comportamiento que anuncian la llegada del estro o celo propiamente dicho (Spencer et al., 2023). Este aumento de estradiol ejerce una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo, provocando un pico de LH que es esencial para la ovulación (Colazo & Mapletoft, 2017). La duración y la intensidad del proestro pueden variar ligeramente entre individuos y están influenciadas por factores como la raza, la edad y el estado nutricional del animal (Carvajal et al., 2020).

3.2.2 *Estro*

El estro, también conocido como celo, es la fase del ciclo estral caracterizada por la receptividad sexual de la hembra bovina, durante la cual acepta la monta del macho o está dispuesta a ser inseminada artificialmente (IA), la duración de esta fase es relativamente corta, oscilando entre 8 y 16 horas, aunque puede presentar variaciones individuales (García et al., 2017). La manifestación del comportamiento característico del celo está directamente inducida por los altos niveles de estrógeno, hormona predominante en esta etapa y secretada por el folículo preovulatorio en maduración (García & Rodríguez, 2023). La ausencia del cuerpo lúteo funcional, remanente de la ovulación del ciclo anterior y principal productor de progesterona, permite que los efectos del estrógeno se manifiesten sin oposición (Aréchiga et al., 2019).

Perry (2021), subraya la importancia de la observación de las expresiones del celo en los sistemas de producción lechera convencionales que no emplean protocolos de sincronización. La dificultad para detectar el momento óptimo para la inseminación, al desconocer la fase del ciclo estral en la que se encuentra la hembra, representa un desafío significativo para la eficiencia reproductiva. Los signos conductuales comúnmente observados incluyen un aumento en la inquietud, manifestado en una mayor actividad locomotora y la tendencia a molestar a otras hembras del rebaño (Carrillo González, 2021).

Un signo inequívoco de receptividad sexual es la presencia de montas cortas, de no más de cinco segundos de duración, donde la vaca permanece quieta y se deja montar por otras hembras, adicionalmente, se puede observar la secreción de una pequeña cantidad de moco claro y filante a nivel vulvar, un indicativo del efecto estrogénico sobre el tracto reproductivo y una señal de que la hembra se está acercando o ha entrado en el estro franco (Herrera S. et al., 2023). Las estadísticas sugieren que una proporción considerable de celos (alrededor de dos tercios) pasa desapercibida por los productores, lo que impacta negativamente en las tasas de concepción. En el contexto ecuatoriano, se estima que solo una minoría de las haciendas ganaderas (aproximadamente el 12%) utiliza la inseminación artificial como práctica reproductiva, lo que resalta la dependencia de la detección precisa del estro natural (Van Eerdenburg, 2018).

3.2.3 *Metaestro*

El metaestro es la fase del ciclo estral que sucede inmediatamente al estro, con una duración de aproximadamente 4 a 5 días, este período se caracteriza por dos eventos fisiológicos cruciales: la ovulación y el desarrollo del cuerpo lúteo (Blanco, 2025). La ovulación, la liberación del óvulo maduro del folículo preovulatorio, ocurre generalmente dentro de las 12 horas posteriores al final del estro, impulsada por el pico de LH que se produjo durante la fase anterior (Poma R., 2023).

Tras la ovulación, las células del folículo ovárico que permanecen en el ovario experimentan un proceso de luteinización, transformándose en el cuerpo lúteo, una estructura endocrina transitoria pero fundamental para el mantenimiento de una posible gestación y el desarrollo y la maduración del cuerpo lúteo se reflejan en un incremento progresivo en la concentración plasmática de progesterona (P4), la principal hormona secretada por esta estructura (Sequeira, 2013). Se considera que el metaestro finaliza cuando los niveles de progesterona superan el umbral de 1 ng/mL, indicando el establecimiento de un cuerpo lúteo funcional capaz de sostener una preñez temprana (Mancheno Herrera, 2022).

Es importante destacar que, durante el metaestro, la hormona FSH comienza a estimular la primera oleada folicular del siguiente ciclo estral (Colazo & Mapletoft, 2017). aunque estos folículos no alcanzarán la ovulación en este ciclo si la fecundación ocurre y se establece la gestación, su desarrollo inicial es un proceso continuo que asegura la disponibilidad de folículos para el siguiente ciclo en caso de que no haya concepción y la dinámica hormonal del metaestro es, por lo tanto, un punto de inflexión crucial que determina el destino del ciclo estral: la continuación hacia la gestación o el inicio de un nuevo ciclo (Gnemmi et al., 2022).

3.2.4 *Diestro*

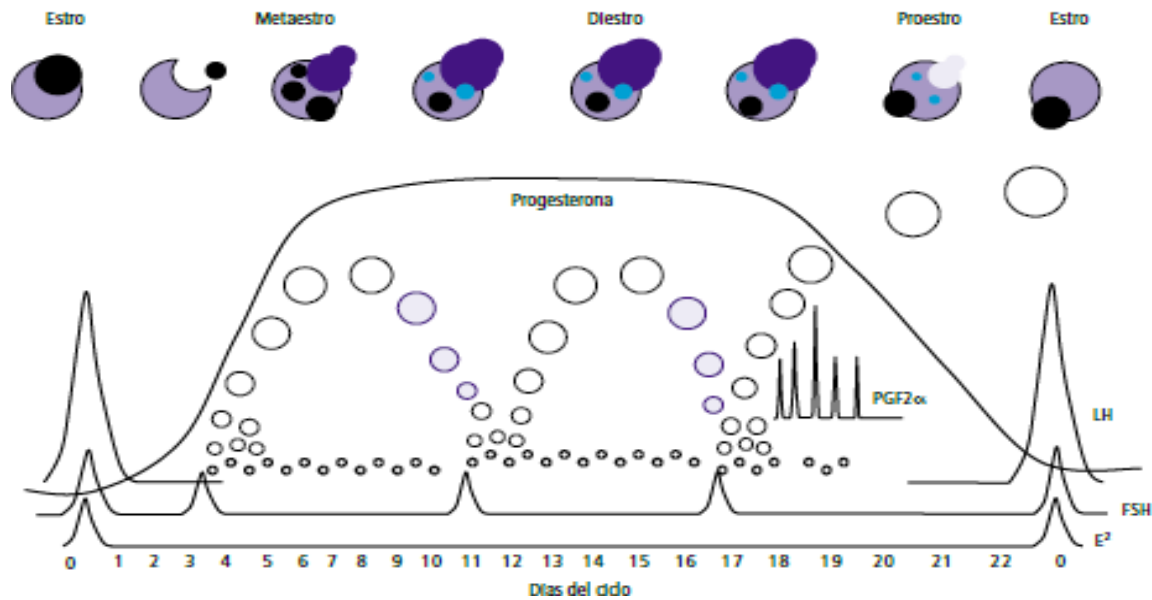
El diestro representa la fase de mayor duración del ciclo estral en la hembra bovina, extendiéndose típicamente entre 12 y 14 días (Spencer et al., 2023). Esta fase se puede subdividir funcionalmente en diestro temprano y diestro tardío, cada uno con características hormonales y fisiológicas distintivas (Pansani & Beltrán, 2009) Durante el diestro temprano, el cuerpo lúteo alcanza su máxima funcionalidad, secretando elevadas concentraciones de progesterona (P4) que ejercen un potente efecto inhibitorio sobre la liberación de GnRH a nivel hipotalámico y esta supresión de GnRH impide el desarrollo de nuevos folículos dominantes y mantiene el tracto uterino en un estado de receptividad para la implantación embrionaria en caso de que haya ocurrido la fecundación, además, durante esta etapa, se presenta la segunda oleada folicular del ciclo (Carrillo González, 2021).

En el escenario donde no se produce la preñez, el útero materno desempeña un papel activo en la terminación del diestro tardío. Alrededor del día 16-18 del ciclo estral, el endometrio uterino libera pulsos de prostaglandina F2 alfa (PGF2 α), esta hormona luteolítica viaja al ovario y provoca la regresión estructural y funcional del cuerpo lúteo, un proceso conocido como luteólisis (Pérez Wallace et al., 2020). La disminución en los niveles de progesterona como resultado de la luteólisis elimina la inhibición sobre el hipotálamo, permitiendo el aumento en la frecuencia de los pulsos de GnRH y, consecuentemente, el inicio de un nuevo ciclo estral con el desarrollo de una nueva oleada folicular y la entrada en la fase de pro-estro (Carvajal et al., 2020)

La comprensión detallada de las dinámicas hormonales y los eventos fisiológicos que caracterizan las diferentes etapas del ciclo estral es fundamental para la implementación de estrategias de manejo reproductivo eficientes en el ganado bovino (Wiltbank et al., 2021). La detección precisa del estró, la sincronización de la ovulación para la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y el diagnóstico temprano de la gestación son prácticas que se basan en el conocimiento profundo de la fisiología del ciclo estral (Mancheno Herrera, 2022).

Figura 1

Ciclo estral de la vaca.



Nota: Tomado de Fisiología clínica. Coyoacán, Universidad Nacional Autónoma de México. [Figura etapas del ciclo estral, p 16], por Hernández Cerón (2016).

3.2.5 Factores que influyen en la reproducción de bovinos de leche

La eficiencia reproductiva en las ganaderías lecheras es crucial para su viabilidad económica, siendo un proceso influenciado por múltiples factores interconectados. La nutrición de las vacas es uno de los pilares, ya que un suministro adecuado de energía, proteínas y minerales esenciales es fundamental para el desarrollo folicular, la ovulación y el establecimiento de la gestación. Deficiencias nutricionales pueden prolongar el anestro posparto, reducir las tasas de concepción y aumentar la incidencia de enfermedades reproductivas, impactando negativamente en el intervalo entre partos (García & López, 2013).

De igual manera, el manejo del hato, que incluye la detección temprana y precisa del celo, el momento óptimo de la inseminación artificial y el establecimiento de un periodo de espera voluntario adecuado, son prácticas determinantes para maximizar las oportunidades de preñez (Carrillo González, 2021).

Finalmente, la genética juega un rol significativo; la selección de animales con características de alta fertilidad, tanto en hembras como en machos, permite mejorar la

eficiencia reproductiva a lo largo de las generaciones, contribuyendo a un rebaño más productivo y rentable (Almeida & Vargas M., 2024).

3.2.6 Determinantes de la pérdida embrionaria

La pérdida embrionaria es un evento común y costoso en la producción de bovinos lecheros, esto se puede producir desde el día en el que se da la fecundación hasta el día 14, siendo conocida como pérdida embrionaria temprana, pero también se da otra desde el día 14 hasta antes del día 45 denominándose una pérdida embrionaria tardía, obstaculizando la consecución de altas tasas de preñez y afectando la productividad. Entre los principales factores que la determinan se encuentran las deficiencias nutricionales, especialmente un balance energético negativo pronunciado en las fases iniciales de la lactancia, que puede comprometer la calidad del embrión y la capacidad del útero para mantener la gestación (Lorenti et al., 2022).

Las anomalías cromosómicas del embrión son otra causa importante; estas aberraciones genéticas, a menudo incompatibles con la vida, resultan en la inviabilidad del embrión y su posterior reabsorción o aborto temprano por parte de la vaca (Corredor C. & Jiménez R., 2005) Adicionalmente, el estrés térmico es un factor ambiental crucial, particularmente en regiones cálidas, ya que las altas temperaturas ambientales afectan directamente la calidad de los ovocitos, el desarrollo embrionario temprano y el reconocimiento materno de la gestación, incrementando significativamente el riesgo de pérdida embrionaria (Ortiz, 2019).

Finalmente, las infecciones uterinas, ya sean subclínicas o clínicas, pueden alterar el ambiente uterino postparto, creando un entorno desfavorable para la supervivencia y el desarrollo del embrión, lo que conduce a una mayor incidencia de pérdidas (Manosalva A., 2022).

3.4 Hormonas utilizadas en la sincronización de celo en hembras bovinas.

La sincronización del celo en hembras bovinas es una herramienta crucial en la gestión reproductiva moderna, permitiendo optimizar los tiempos de inseminación artificial y transferencia de embriones. Desde 2020, la investigación ha continuado afinando los protocolos existentes y explorando nuevas combinaciones hormonales para mejorar la eficiencia reproductiva y la

rentabilidad de los sistemas ganaderos(Sá Filho et al., 2021). La correcta aplicación de estas hormonas no solo facilita la concentración de los eventos reproductivos, sino que también contribuye a la estandarización de la producción. Los avances recientes han permitido adaptar los programas de sincronización a las particularidades de diferentes razas y sistemas de producción (Hidalgo & Terán, 2021).

La efectividad de los protocolos de sincronización radica en la manipulación precisa del ciclo estral de la vaca, que implica la interacción de diversas hormonas y sus receptores (Pfeifer L. et al., 2021). Entender el mecanismo de acción de cada hormona es fundamental para el diseño y la implementación de programas exitosos. En los últimos años, se ha puesto un énfasis particular en la reducción del estrés animal y la optimización del bienestar durante los tratamientos hormonales, esto ha llevado al desarrollo de protocolos más cortos y eficaces, minimizando la manipulación de los animales y mejorando la tasa de concepción (Baruselli et al., 2022).

La selección de las hormonas y los protocolos adecuados depende de múltiples factores, incluyendo el estado fisiológico de las hembras, el manejo nutricional y los objetivos reproductivos de la explotación (Dantas et al., 2023). La monitorización continua de los resultados y la adaptación de las estrategias son esenciales para maximizar el retorno de la inversión en tecnologías reproductivas. A medida que avanzamos hacia 2025, se espera una mayor integración de la sincronización del celo con otras tecnologías de precisión, como los sensores de actividad y los sistemas de gestión de datos, para una toma de decisiones aún más informada y eficiente (Maia et al., 2024).

3.4.1 Gonadotropina (GnRH)

La Gonadotropina (GnRH) es una hormona peptídica fundamental en los protocolos de sincronización de celo en bovinos, utilizada ampliamente desde 2020 por su capacidad para inducir la liberación de gonadotropinas hipofisarias: la hormona luteinizante (LH) y la hormona foliculoestimulante (FSH) (De La Mata, et al., 2022). Su aplicación inicial, generalmente al comienzo de un protocolo, tiene como objetivo inducir la ovulación de un folículo dominante existente o iniciar una nueva onda folicular. Esto permite establecer un punto de partida sincronizado para el desarrollo folicular en un grupo de animales, mejorando la precisión de la

sincronización (Castillo Y, 2024).

En los protocolos contemporáneos, como el Ovsynch y sus variaciones, la GnRH se administra en al menos dos momentos clave. La primera dosis induce la regresión de un folículo dominante o la ovulación, mientras que la segunda, aplicada días después de la prostaglandina, busca sincronizar la ovulación para la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) (Ruiz Serrano, 2022). La eficacia de la GnRH radica en su capacidad para manipular la dinámica folicular, facilitando la emergencia de folículos saludables y con capacidad de ovular. La investigación sigue explorando las dosis y momentos óptimos de administración para maximizar las tasas de preñez (Perry et al., 2020).

3.4.2 Estrógenos (E2)

Los Estrógenos (E2), particularmente el benzoato de estradiol (BE) o el cipionato de estradiol (CE), son hormonas clave en la sincronización del celo bovino, empleadas desde 2020 por su potente efecto en la regresión del cuerpo lúteo y la inducción del celo (celo) (Sá Filho et al., 2021). Su administración, generalmente al inicio de un protocolo o para inducir la luteólisis en combinación con progesterona, busca simular el pico estrogénico natural que precede la ovulación. Esto es fundamental para preparar el tracto reproductivo para la inseminación y asegurar la receptividad de la hembra (Pfeifer L. et al., 2021).

Los estrógenos son frecuentemente utilizados en conjunto con dispositivos intravaginales de progesterona para el inicio de una nueva onda folicular y la sincronización de la ovulación al retirar el dispositivo (Bó et al., 2022). Por ejemplo, la aplicación de BE al inicio de un protocolo ayuda a atrasar la ovulación y sincronizar el momento de la inseminación. Sin embargo, su uso requiere precaución debido a las regulaciones en algunos países y el potencial de afectar la fertilidad si no se administran correctamente, siendo importante ajustar la dosis y el momento (Baruselli et al., 2022).

La investigación reciente ha puesto de manifiesto la importancia de la dosis y el tipo de éster de estradiol para optimizar los resultados reproductivos, buscando minimizar efectos adversos y maximizar la tasa de concepción (Dantas et al., 2023). A medida que avanzamos hacia 2025, se espera un mayor refinamiento en el uso de los estrógenos, buscando protocolos

que se adapten mejor a las condiciones fisiológicas específicas de los animales y a las regulaciones ambientales, la tendencia es hacia un uso más dirigido y eficaz de estas hormonas, considerando siempre el bienestar animal y la sostenibilidad de los sistemas productivos (Chavarría J, 2018).

3.4.3 Gonadotropina coriónica equina (eCG)

La Gonadotropina coriónica equina (eCG), también conocida como PMSG, es una hormona glicoproteica con actividad similar a la FSH y en menor medida a la LH, utilizada desde 2020 para mejorar la respuesta ovárica en programas de sincronización de celo en bovinos, especialmente en animales con baja condición corporal o en anestro posparto (Pfeifer L. et al., 2021). Su administración busca estimular el crecimiento folicular y aumentar el número de folículos ovulables, lo que puede incrementar las tasas de ovulación y, consecuentemente, las tasas de preñez. Es particularmente valiosa en rebaños donde se busca maximizar la eficiencia reproductiva (Bó et al., 2022).

La eCG se integra comúnmente en protocolos que incluyen el uso de progesterona o progestágenos, siendo administrada al momento de la retirada del dispositivo de progesterona (Sagbay D, 2012). Esta sinergia hormonal ayuda a superar el anestro y a promover el desarrollo folicular adecuado para la ovulación. Se ha demostrado que la dosis de eCG debe ser cuidadosamente ajustada en función del estado fisiológico y la condición corporal de las hembras para evitar respuestas ováricas excesivas que podrían afectar la fertilidad (Baruselli et al., 2022).

Desde 2020, la investigación se ha centrado en optimizar las dosis y los momentos de administración de eCG, así como en identificar los grupos de animales que más se benefician de su uso (Dantas et al., 2023). Se busca un equilibrio entre la inducción de una respuesta ovárica adecuada y la minimización de los costos y posibles efectos secundarios. Se espera que para 2025, la eCG siga siendo una herramienta valiosa, especialmente en programas de superovulación y en sistemas de producción donde se requiere una mayor productividad y eficiencia reproductiva de los animales (Maia et al., 2024).

3.4.4 Prostaglandinas (PGF2 α)

Las Prostaglandinas (PGF2 α), y sus análogos sintéticos, son hormonas esenciales en la sincronización del celo bovino, ampliamente utilizadas desde 2020 por su potente efecto luteolítico, es decir, su capacidad para inducir la regresión del cuerpo lúteo (CL) (Aréchiga et al., 2019) Esta acción es crucial para finalizar la fase luteal del ciclo estral y permitir la emergencia de una nueva onda folicular, lo que lleva al desarrollo de un folículo ovulatorio y la subsiguiente manifestación del celo. Son particularmente efectivas en animales con un cuerpo lúteo funcional (Baruselli et al., 2022).

En los protocolos de sincronización, la PGF2 α se administra en una o dos dosis, dependiendo del protocolo elegido, para sincronizar la regresión del CL en un grupo de vacas, permitiendo que entren en celo en un periodo de tiempo predecible (Bó et al., 2022). Su uso ha revolucionado la gestión reproductiva al eliminar la necesidad de una detección diaria y exhaustiva del celo, optimizando los tiempos de inseminación artificial y reduciendo la mano de obra necesaria. La eficacia de la PGF2 α es mayor cuando se administra en la fase media a tardía del diestro, cuando el CL está maduro y es sensible a su acción (Toapanta A., 2023).

La investigación continúa explorando las dosis óptimas, las vías de administración y los protocolos que maximicen la respuesta luteolítica y mejoren las tasas de concepción en diferentes escenarios productivos (Dantas et al., 2023). A medida que nos acercamos a 2025, se espera que el uso de la PGF2 α siga siendo un componente fundamental en la mayoría de los programas de sincronización, buscando combinaciones con otras hormonas que permitan una mayor precisión y eficiencia en la gestión del ciclo estral, se ha avanzado en la comprensión de las variaciones individuales en la respuesta a la PGF2 α , permitiendo ajustes para una mayor efectividad (Maia et al., 2024).

3.4.5 Progesterona (P4)

La Progesterona (P4) es una hormona esteroide crucial en la sincronización del celo en hembras bovinas, ampliamente utilizada desde 2020 para controlar la dinámica folicular e inhibir la ovulación durante un periodo determinado, simulando el efecto de un cuerpo lúteo funcional (Sá Filho et al., 2021). Se administra comúnmente mediante dispositivos intravaginales (CIDR o PRID) o implantes subcutáneos que liberan la hormona de manera sostenida. Esta liberación controlada permite disminuir la liberación de gonadotropinas hipofisarias, previniendo el desarrollo de folículos dominantes que ovularían prematuramente (Bó et al., 2022).

La P4 es el pilar de muchos protocolos de sincronización, como los basados en el uso de CIDR o PRID, ya que permite iniciar y reiniciar ondas foliculares en un grupo de animales, sincronizando el momento de la ovulación tras su retirada (Pfeifer L. et al., 2021). Al mantener niveles basales de P4, se asegura el desarrollo de folículos que serán capaces de ovular de forma sincronizada una vez que se retira la fuente exógena de la hormona. Esto es especialmente útil en animales en anestro o con ciclos irregulares, facilitando su incorporación a los programas reproductivos (Tomás, 2024).

Desde 2020, la investigación ha continuado optimizando los tiempos de permanencia de los dispositivos de progesterona, así como la combinación con otras hormonas para mejorar la fertilidad y las tasas de preñez (Dantas et al., 2023). Se buscan protocolos que minimicen el estrés y maximicen la respuesta reproductiva, adaptándose a las características de cada rebaño. Se espera que para 2025, el uso de la P4 siga siendo una herramienta indispensable en la biotecnología reproductiva bovina, con un enfoque en la eficiencia, la sostenibilidad y el bienestar animal en la ganadería moderna (Maia et al., 2024).

3.5 Protocolos de sincronización en vacas

Los protocolos de sincronización en vacas representan una herramienta fundamental en la gestión reproductiva moderna, permitiendo optimizar la eficiencia de la inseminación artificial (IA) y reducir el intervalo entre partos. Estos protocolos buscan manipular el ciclo estral de las hembras para que un grupo de animales ovule en un periodo de tiempo predecible, facilitando la implementación de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Su aplicación es crucial en sistemas de producción intensivos, ya que permiten la formación de lotes homogéneos, mejor rentabilidad (Guevara G & Buitrago T, 2021).

La selección del protocolo adecuado depende de diversos factores como la condición corporal de los animales, el estado fisiológico, la raza y los objetivos específicos de la explotación, estos avances son vitales para mantener la competitividad de las ganaderías lecheras de alta calidad (García & Rodríguez, 2023).

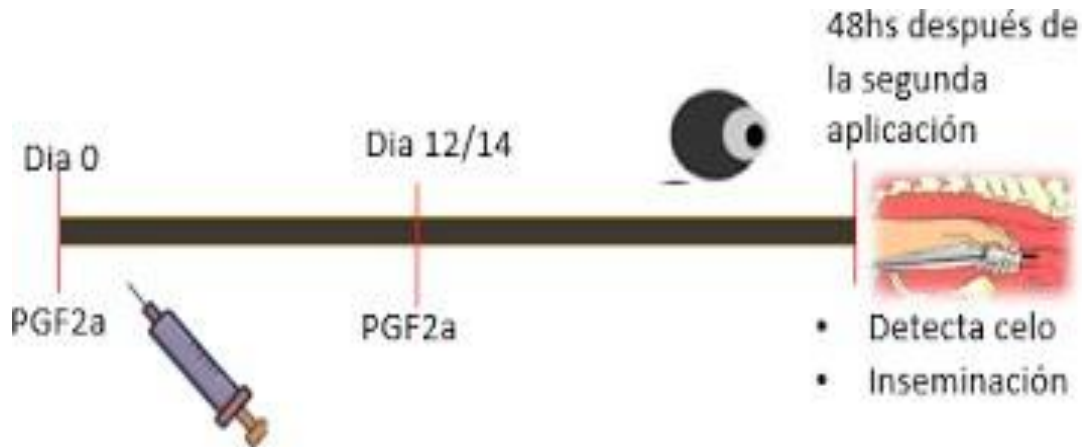
3.5.1 Protocolo de prostaglandinas

El protocolo de prostaglandinas es uno de los métodos más sencillos y ampliamente utilizados para la sincronización del estro en vacas cíclicas, se basa en la capacidad de las prostaglandinas F₂α (PGF₂α) de inducir la luteólisis, es decir, la regresión del cuerpo lúteo, lo que conduce a la reanudación del ciclo estral y la ovulación (Anaguarqui, 2022).

Comúnmente, se administran dos dosis de PGF₂α con un intervalo de 11 a 14 días, lo que asegura la luteólisis en la mayoría de los animales, este protocolo es particularmente efectivo en vacas que ya presentan un cuerpo lúteo funcional y se caracteriza por su bajo costo y facilidad de aplicación y se emplea en vacas lecheras de alta calidad para agrupar las inseminaciones, optimizando el tiempo y el uso de la mano de obra, y es preferido en hatos donde se busca una intervención hormonal mínima (Silva et al., 2022).

Figura 2

Protocolo de sincronización con prostaglandinas.



Nota: Aplicación de prostaglandinas como protocolo de sincronización de celo, por Guevara y Buitrago (2021).

3.5.2 Protocolo J-Synch

El protocolo J-Synch es una alternativa relativamente reciente que ha ganado popularidad en el ganado lechero y de carne debido a su flexibilidad y efectividad. Aunque originalmente fue desarrollado y probado en ganado de carne, su adaptación al ganado lechero de alta calidad se justifica por la necesidad de protocolos que minimicen el estrés y el manejo de los animales, al tiempo que mantienen altas tasas de concepción (Martínez et al., 2024).

En este protocolo se utilizan hormonas como benzoato de estradiol, progesterona, prostaglandinas, y gonadotropina coriónica equina, con un esquema de tiempo que busca optimizar la sincronización y la fertilidad. Se aplica en vacas de alta calidad debido a su diseño, que permite una sincronización precisa para la IATF, facilitando un manejo más eficiente de los rebaños grandes y de alto valor genético (Yáñez Avalos et al., 2021).

Figura 3

Protocolo de sincronización J-Synch de pro-estro prolongado.



Nota: Uso de las hormonas aplicadas durante el protocolo J-Synch de sincronización de celo, por Bo y de la Mata (2016).

3.5.3 Protocolo Web-Synch

El protocolo Web-Synch representa una evolución en los esquemas de sincronización, ofreciendo una mayor flexibilidad y adaptabilidad a diferentes escenarios productivos. Este protocolo integra el uso de GnRH, PGF2 α y progestágenos, combinando los beneficios de cada hormona para lograr una sincronización más precisa y predecible la ovulación (Ramírez & Gonzáles, 2021).

Su diseño busca optimizar la dinámica folicular y luteal, lo que lo hace particularmente útil en vacas con anestro o aquellas que presentan dificultades para ciclar y se utiliza en diversos casos, incluyendo vacas de alta producción lechera que pueden experimentar desafíos reproductivos debido al estrés de la lactancia, o en novillas para adelantar su entrada en producción (De La Mata et al., 2022).

Figura 4

Protocolo de sincronización Web-Synch.



Nota: Días de aplicación y hormonas de uso en el protocolo Web-Synch, por Hernández (2016).

3.5.4 Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)

La inseminación artificial ayuda a que se dé el mejoramiento genético de una manera más segura y rápida, la IA nos permite que se escoja las cualidades que queremos para nuestras futuras crías fijándose en diferentes características que se pueden pasar del toro hacia la nueva cría que se está formando, el productor decidirá si desea una ganadería lechera o cárnica, no se busca obtener animales de tan alta genética, ya que las condiciones que se les puede brindar en muchos casos puede ser deficiente, Ecuador presenta un promedio de leche de entre 5 y 6 litros de leche por vaca al día, pero esto quiere decir que se ha desperdiciado mucho tiempo, porque hace 20 años atrás se producía casi la misma cantidad de leche (Arteaga, 2019).

La Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) es la culminación de los protocolos de sincronización, permitiendo inseminar a un grupo de vacas en un momento predeterminado, sin la necesidad de detectar el estro individualmente. Esto reduce significativamente el tiempo y la mano de obra asociados con la detección del estro, lo que la convierte en una herramienta invaluable para la eficiencia reproductiva (Díaz et al., 2023)

La IATF se aplica en vacas lecheras de alta calidad para maximizar la tasa de preñez, especialmente en sistemas donde la intensidad de producción y el valor genético de los animales justifican una inversión en biotecnologías reproductivas avanzadas (Silva et al., 2022). Los protocolos J-Synch y Web-Synch, aunque inicialmente probados en ganado de carne, se

empezaron a usar en leche porque ofrecían ventajas significativas en términos de tasas de preñez y flexibilidad en el manejo, lo que resultaba en un mayor retorno de la inversión para las ganaderías lecheras de alta calidad, que buscan una reproducción predecible y eficiente (Hernández B et al., 2017).

El protocolo J-Synch es frecuentemente utilizado en vacas que presentan una buena condición corporal y se desea una sincronización precisa, mientras que Web-Synch es más versátil y se puede aplicar en un rango más amplio de condiciones reproductivas, incluyendo animales con anestro o con irregularidades en el ciclo (Martínez et al., 2024).

3.6 Reconocimiento de preñez temprana

Existen distintos métodos para que se dé un diagnóstico de la gestación en bovinos, entre ellos se encuentra que la vaca no retorne a celo, también medir los niveles de progesterona en leche entre el día 21 y 24 post inseminación ayuda a que se identifique la preñez temprana, las pruebas de laboratorio en las cuales se usan métodos como las técnicas inmunológicas especializadas, Elisa en sangre y Radioinmunoensayo, ecografía y la palpación transrectal, todos estos métodos que se usan trazan como meta que se pueda determinar al 100% su efectividad, no presentar ni falsos positivos, ni falsos negativos, y que se identifique la preñez lo antes posible (Villagómez. & Manjarrez., 2016).

El diagnóstico de preñez temprana ayuda a que se dé una reducción en el intervalo de los días abiertos, esto permitirá que se pueda identificar a los animales que cuenten con mayor número de días abiertos se los ingrese a tratamiento para que se encuentren en gestación lo antes posible, dentro de la ganadería lechera se necesita que reconocer de manera rápida los animales que no se encuentran en gestación luego de la inseminación artificial o monta natural, ya que esto permitirá que se tomen las decisiones adecuadas para el hato (Balhara et al., 2013).

Para hablar sobre el reconocimiento de preñez temprana en bovinos, se debe de entender cuáles son los métodos y técnicas que se utiliza dentro de la ganadería, de manera tradicional se recurre a la palpación rectal, esto permitiendo que se pueda realizar una detección de preñez a partir de los 30 días post inseminación, en este caso se identifica estructuras como un cuerpo lúteo y la ausencia de estructuras fetales móviles (Szenci., 2002).

La técnica ultrasonografía transrectal o sus siglas que es TRUS consiste en que se introduce una sonda ecográfica por el recto de la vaca, mediante esta se puede observar tanto el útero, los ovarios y las estructuras fetales que se encuentran en desarrollo, dentro de sus ventajas se encuentra que tiene alta precisión y confiabilidad, se puede realizar un diagnóstico de preñez más temprano, evalúa la viabilidad del feto, y no es invasivo para el embrión (Bagley et al., 2022).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de tipo experimental, esto debido a que se manipulara de manera directa las variables independientes (protocolos J-Synch y Web-Synch) para analizar el efecto de en la variable dependiente (índice de preñez). El estudio presenta un enfoque cuantitativo, debido a que durante el proceso practico se recolectara y analizará datos numéricos que ayudaran a evaluar las relaciones entre las variables y realizar un análisis estadístico preciso.

4.1 Generalidades de la investigación

4.1.1 Ubicación

El ensayo se realizará en la provincia del Carchi-Ecuador, en el cantón Espejo, la cual de acuerdo con los datos que fueron tomados por medio de Google Earth (2021), presenta una latitud N 0°41'58" y una longitud W 77°58'25", limitado al Norte con el cantón Tulcán, al Sur con la provincia de Imbabura, al Este con los cantones Montúfar y Bolívar y al Oeste con el cantón Mira. Información adjuntada en la tabla 1.

Tabla 1

Descripción de la ubicación geográfica de la investigación

Descripción Geográfica del cantón Espejo	
País:	Ecuador
Provincia:	Carchi
Cantón:	Espejo
Coordenadas Geográficas:	Latitud: 0°41'58" N Longitud: 77°58'25" W
Límites:	Norte: Cantón Tulcán Sur: Provincia de Imbabura Este: Cantones Montúfar y Bolívar Oeste: Cantón Mira

Nota: Esta tabla contiene la ubicación geográfica del cantón Espejo. Adaptado de Google Earth (2021).

El sitio experimental se encuentra en el sector Chulte del cantón Espejo, mismo que contaba con el corral y brete para el desarrollo experimental de esta investigación. Toda esta información se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 2

Descripción Geográfica del sitio experimental

Descripción Geográfica del sitio experimental	
Sector:	Chulte
Cantón:	Espejo
Provincia:	Carchi
Coordenadas Geográficas:	Latitud: 0°36'5.10" N Longitud: 78°1'47.19" W

Nota: Esta tabla contiene la ubicación geográfica del sitio donde se desarrolló la parte experimental.; Adaptado de Google Earth (2021).

4.2 Materiales e insumos

Para realizar la parte experimental de la investigación se necesitó distintos materiales, estos se dividen en materiales, equipos electrónicos, insumos de desinfección y veterinarios, instalaciones y semovientes.

4.2.1 Materiales

- Registro
- Pistola de inseminación
- Pistola de dispositivos intravaginales
- Jeringas y agujas

4.2.2 Equipos electrónicos

- Máquina de ecografía Mindray DP200

4.2.3 Insumo de desinfección

- Yodo o amonio cuaternario

4.2.4 Instalaciones

- Corral
- Brete

4.2.5 Insumos veterinarios

- Gonadotropina (GnRH)
- Estrógenos (E2)
- Gonadotropina coriónica equina (eCG)
- Prostaglandinas (PGF_{2α})
- Dispositivos intravaginales (DIV, 1.2 de progesterona)
- Pajuelas

4.2.6 Semovientes

- Bovinos hembra (45 UBAS).

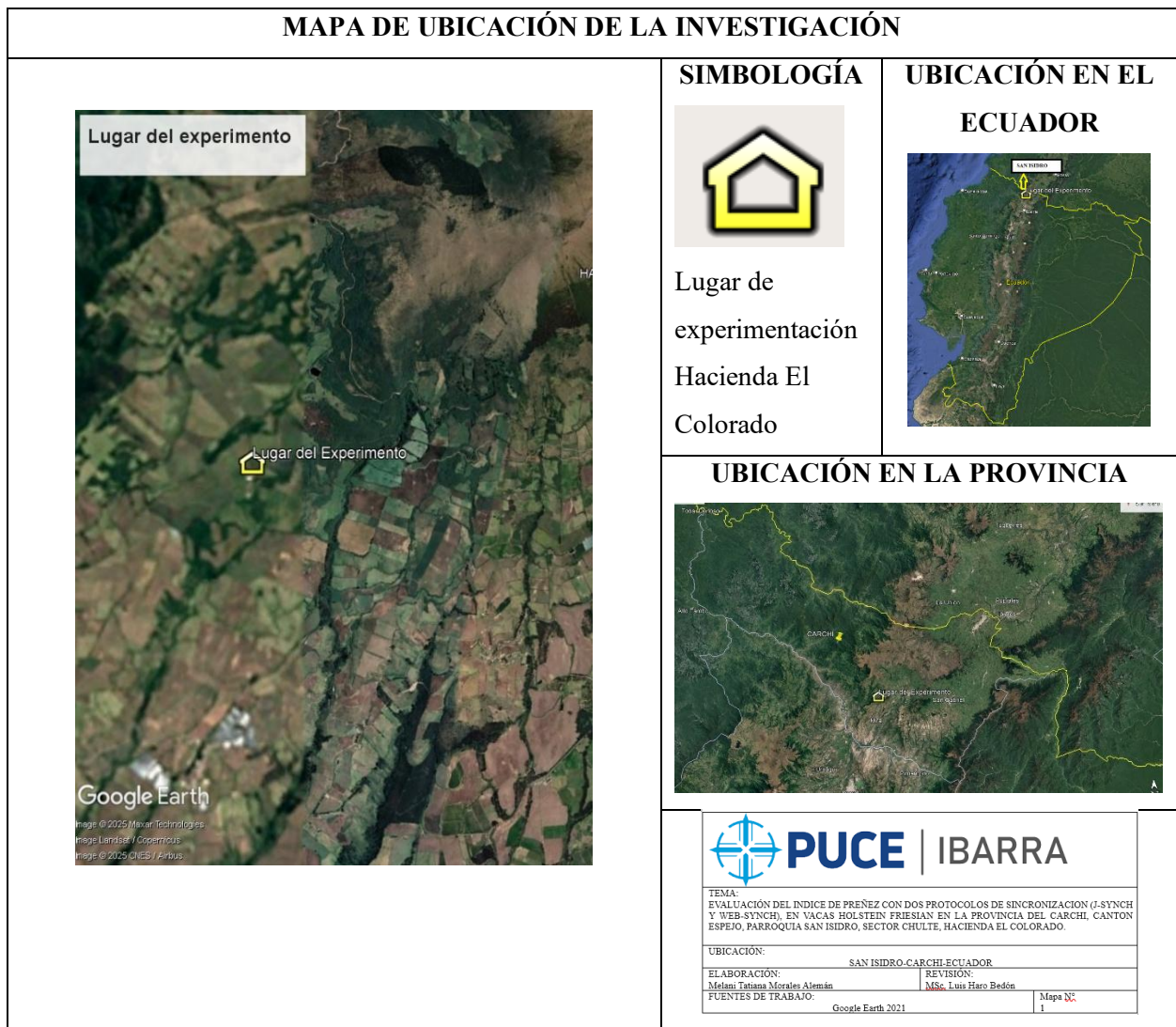
4.3 Condiciones meteorológicas

De acuerdo con la información obtenida de ECOANDES y el Proyecto Gobierno Provincial del Carchi- CONDESAN, en la parroquia de San Isidro se presenta una pluviometría media anual baja, en un rango de 500 a 1000 mm, con un período seco de seis meses, las temperaturas anuales van de 8 a 14°C, lo que hace que presente un clima templado frío, esto debido a que se encuentra a 3.373 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar) (GADPR San Isidro, 2025).

4.4 Gráfica de localización

Figura 5

Horizonte geográfico de la investigación.



Fuente: Google Earth (2021).

4.5 Variables

4.5.1 Variable Dependiente

Evaluación del:

- Índice de preñez: fue considerada como la variable principal para poder evaluar la eficiencia de los protocolos hormonales de sincronización (Bó et al., 2021). Se pudo determinar si la vaca se encontraba preñada o vacía por medio de palpación rectal y ecografía a los 30 días post inseminación (Villagómez. & Manjarrez., 2016).

4.5.2 Variable Independiente

Protocolos de sincronización:

- Protocolo J-Synch: el día 0 se realiza la aplicación del dispositivo intravaginal con progesterona (P4) + 2 mg de benzoato de estradiol (BE), en el día 6 se hará el retiro del dispositivo, se colocó las prostaglandinas 2ml y gonadotropina coriónica equina 2ml y a los 2 días y medio se realiza la inseminación artificial a tiempo fijo (Yáñez Avalos et al., 2021).
- Protocolo Web-Synch: empezamos en el día donde se coloca el dispositivo intravaginal de progesterona + 2 ml de prostaglandinas, al día 5 se aplicó una dosis de 2ml de gonadotropina, para el día 11 realizar el respectivo retiro del dispositivo, y se colocó las prostaglandinas 2 ml y gonadotropina coriónica equina 2ml y a los 2 días y medio se realiza la inseminación artificial a tiempo fijo (Ramírez & Gonzáles, 2021).

4.6 Diseño experimental

4.6.1 Distribución de las unidades experimentales

Para la distribución de las vacas se tomó en cuenta el número de días post parto que estaban en un rango de 60 a 90 días y la actividad ovárica, se utilizó un diseño estadístico completamente al azar (D.C.A) en donde se aplicó una prueba de análisis de varianza (ANOVA), la misma que se detalla a continuación.

- Tratamientos= 3
- Repeticiones= 3
- N° de bovinos/ Unidad Experimental (5 bovinos)
- N° total de animales = 45

Tabla 3

Tratamientos de los protocolos de sincronización y las variables controladas

Tratamiento	Protocolo	Unidades Experimentales
T0	Vacas utilizando el protocolo normal en la hacienda	5
T0	Vacas utilizando el protocolo normal en la hacienda	5
T0	Vacas utilizando el protocolo normal en la hacienda	5
T1	Vacas con el protocolo J-Synch	5
T1	Vacas con el protocolo J-Synch	5
T1	Vacas con el protocolo J-Synch	5
T2	Vacas con el protocolo Web-Synch	5
T2	Vacas con el protocolo Web-Synch	5
T2	Vacas con el protocolo Web-Synch	5

Nota: Se evaluaron un total de 9 tratamientos en los cuales se evalúa el si se usó de los protocolos (J-Synch y Web-Synch) de sincronización, además de una comparativa con el protocolo usado en la hacienda; Elaborado por la autora.

El índice de preñez es el factor clave que ayudara a la evaluación de la eficacia de los distintos protocolos de sincronización de celo en vacas lecheras, llegando a reflejar de manera

directa cual es la capacidad del protocolo para optimizar la fertilidad del hato. Tomando en cuenta los 3 tratamientos explicados en la tabla 4.

Tabla 4

Esquema del modelo de análisis de varianza (ANOVA)

Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (GL)
<i>Total</i>	8
<i>Tratamientos</i>	2
<i>Error experimental</i>	6

Nota: Se evaluaron un total de 3 tratamientos en los cuales se evalúa el si se usó de los protocolos (J-Synch y Web-Synch) de sincronización, además de una comparativa con el protocolo usado en la hacienda.

- Unidad experimental

Se manejaron protocolos de sincronización de celo diferentes por cada una de las unidades experimentales, correspondiendo a T1 (Protocolo de prostaglandinas), T2 (Protocolo J-Synch) y T3 (Protocolo Web-Synch).

En cada una de las unidades experimentales se trabajó con 5 bovinos hembra, se eligieron animales de raza Holstein-Friesian, los cuales fueron sometidos a protocolos de sincronización hormonal según el tratamiento asignado, adicionalmente se llevó registros del proceso y se realizó una ecografía para poder determinar la preñez.

4.7 Duración de la fase experimental

El tiempo de duración planificado fue de 7 semanas, en la primera semana se colocó el dispositivo intravaginal y las primeras hormonas, para culminar en la séptima semana con ecografías para identificar que animales han quedado preñadas y cuales se encuentran vacías.

4.7.1 Manejo del experimento

El experimento se realizará con un total de 45 unidades bovinas adultas hembras (UBAS), los cuales serán divididos al azar en tres grupos de tratamiento, en los cuales se evaluará el índice de preñez, con respecto a la aplicación de protocolos de sincronización (J-Synch y Web-Synch).

Para llevar a cabo el ensayo, se consideraron las recomendaciones de Cedeño y Bó (2018), se tomó en cuenta cual había sido el índice de preñez anterior en la hacienda El Colorado, además del uso de dispositivos de liberación de progesterona para ayudar en la regulación del ciclo estral y que la aplicación de hormonas durante este proceso de sincronización debe de ser en una hora establecida y calculada para el momento de la sincronización.

4.7.2 Manejo del hato experimental

El espacio para el momento de la sincronización de los animales será en el establo, en el cual ya se encuentra el grupo preestablecidos de vacas que van a entrar a este protocolo, al momento de la aplicación de los protocolos de sincronización se debe de hacer de forma rigurosa, siguiendo las pautas establecidas para la administración de hormonas, se debe de llevar un registro de datos que tenga detalles de los tratamientos administrativos, las expresiones de celo, y los resultados de la preñez , esto permitirá que se dé una evaluación adecuada del lote experimental.

4.7.3 Técnicas

La presente investigación se utilizará la observación directa para registrar la variable dependiente que se estudiarán en las UBA, la cual incluyen el índice de preñez. Además, se aplicarán análisis estadísticos para interpretar los datos recolectados de manera manual e interpretados con ayuda del software XLSTAT (2023, 2.0; 1411) (Lumivero, 2025), identificador (Licencia): b1672737-bf0f-472b-a655-46d8039fd975.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan y analizan de una manera clara y detallada de los resultados que se han obtenido en el estudio llevado a cabo para evaluar la eficacia de los protocolos hormonales de sincronización de celo e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas de la raza Holstein Friesian. Su principal objetivo fue determinar cuál es el impacto de los protocolos de J-Synch y Web-Synch sobre el índice de preñez, este índice es un indicador de eficiencia reproductiva en una producción lechera. Durante el estudio se llevaron registros cuidadosamente que incluyen los nombres de las vacas, las dosis de las hormonas, fechas y horas. Para poder determinar la validez de los datos obtenidos se realizaron pruebas estadísticas como una prueba de normalidad (Shapiro-Wilk), y análisis de varianza (ANOVA), complementándola con una gráfica que contiene las barras del error en cuanto a la variabilidad de los datos.

5.1 Descripción de los datos del estudio

En primer lugar se presentan los datos individuales que fueron obtenidos durante la parte experimental donde se evaluó cual es el porcentaje de preñez que se ha podido obtener por cada unidad experimental, cada una contenía 5 unidades bovinas adultas hembras (UBAS) que se encontraban bajo tres protocolos de sincronización de celo diferentes (PGF2 α , J-Synch y Web-Synch), proporcionando una base de datos que se encuentra en la tabla 5.

Tabla 5

Porcentaje de preñez que se pudo observar por cada unidad experimental y protocolo de sincronización de celo (Ver anexo 1).

<i>Nombre</i>	<i>Grupo</i>	<i>Protocolo</i>	<i>Porcentaje de preñez</i>
<i>Germania Clemencia Digna Karen María</i>	1	Web-Synch	80%
<i>Viviana Regina Bertha Rusel Lorena</i>	2	Web-Synch	60%
<i>Clara Loca Luna Esmeralda Chispa</i>	3	Web-Synch	40%
<i>Orgullosa Erica Araceli Gloria Zara</i>	1	J-Synch	20%
<i>Francisca Isla Cerila Graciela Nancy</i>	2	J-Synch	60%
<i>Chivita Betty Gemela Brenda Manantial</i>	3	J-Synch	80%
<i>Amanda Nevada Rubi Canela Sofía</i>	1	PGF2 α	40%
<i>Chistosa Envidiosa Abigail Lesly Clavel</i>	2	PGF2 α	20%
<i>Mercy Pinta Valentina Doctora Evelin</i>	3	PGF2 α	0%

Nota: Tabla elaborada por la autora, contiene los resultados de la parte experimental.

5.2 Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk).

Antes de poder aplicar un análisis de varianza (ANOVA), se procedió a comprobar con una prueba de normalidad y homocedasticidad.

Una vez que se han procesado los datos recolectados tras la aplicación de los protocolos de sincronización de celo, se realizó una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, obteniendo valores de p-value >0.05 , de acuerdo con los datos mostrados en la indicando que existe una distribución normal; de acuerdo con los datos que se encuentran en la tabla 6, de la misma manera se estableció que existe homogeneidad de varianza mediante el estadístico F de la prueba de Levene p-value >0.05 .

La prueba para determinar la normalidad dio como resultado $W= 0.932$ con un valor $p=0.504$, dado que este valor p es notablemente mayor al nivel de significancia que se ha preestablecido ($\alpha=0.05$), no se desecha la hipótesis nula de normalidad, esto representado en la tabla 6.

La prueba de Levene que es usada para la igualdad de varianza entre los grupos de los protocolos mostro un resultado estadístico de $F= 0.200$ con un valor $p= 0.824$. En este caso el valor p es mayor a $\alpha= 0.05$, donde tampoco se ha desechado la hipótesis nula de homocedasticidad.

Tabla 6

Prueba de supuestos de normalidad.

<i>Variables</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. Tipica</i>	Shapiro Test		Levene Test	
				<i>W</i>	<i>p-value</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>
<i>Porcentaje de Preñez</i>	9	44.444	27.889	0.932	0.504	0.200	0.824

Nota: Shapiro-Wilk test p-value >0.05 ; los datos presentan distribución normal.

5.3 Análisis estadístico de las variables.

El uso de una prueba ANOVA es válido debido a que no existen diferencias significativas en las varianzas del porcentaje entre los grupos en los cuales se aplicó los protocolos, entre los resultados que se han evaluado ($p=0.173$) es mayor en cuanto a al nivel de significancia de $\alpha =0.05$, dando a entender que no se rechaza la hipótesis nula presentada.

En cuanto al valor F (2.385) no es lo tan alto como para que represente una diferencia real entre los grupos.

Tabla 7

Análisis de varianza de los protocolos de sincronización de celo

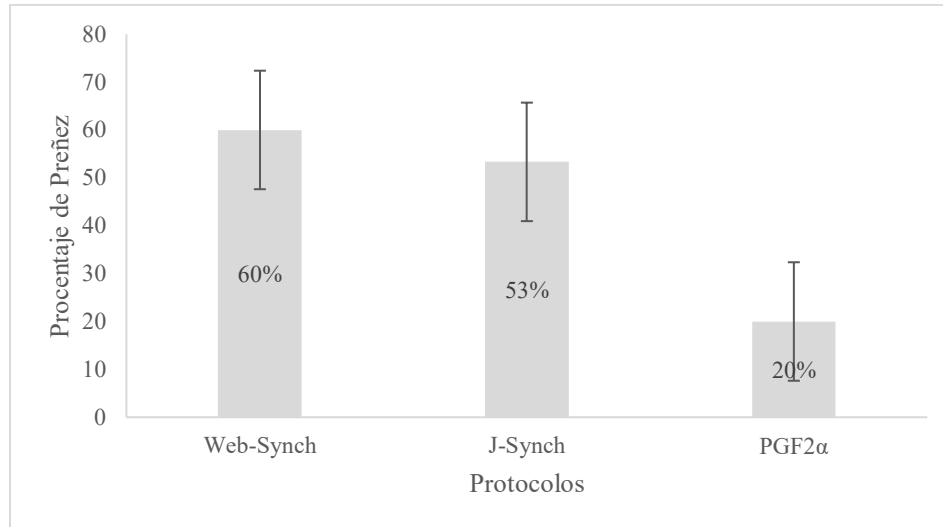
<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Modelo</i>	2.000	2755.556	1377.778	2.385	0.173	°
<i>Tratamiento</i>	2.000	2755.556	1377.778	2.385	0.173	°
<i>Error</i>	6.000	3466.667	577.778			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$
*Signification codes: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1*
 Promedio(%) 44.444
 CV(%) 54.083

Aunque los datos presenten normalidad un CV de 54.083% indica que existe una alta dispersión en relación con la media, este comportamiento es aceptable en estudios dedicados a la reproducción bovina, a causa de que el tamaño de la muestra es reducido, lo que puede que aumente la sensibilidad del CV ante cualquier variación individual significativa, esto aumenta su valor sin que exista un sesgo de información o un error experimental. Al existir normalidad en los datos se permite el uso de pruebas paramétricas.

Figura 6

Comparación múltiple de promedios de las variables.



La figura 6 representa los porcentajes de preñez promedio que se han podido obtener entre los tres protocolos de sincronización de celo: prostaglandinas, J-Synch y Web-Synch, los resultados obtenidos fueron 20% para prostaglandinas siendo el protocolo con menor resultado, 53.33% para J-Synch y 60% para Web-Synch exhibido con el porcentaje más alto.

Las barras del error representan el error estándar de la media (SEM) que es una indicación de la variabilidad que existe dentro de los grupos y la precisión con la que se da una estimación de la media, en el caso de los protocolos J-Synch y Web-Synch en las barras del error representan una variación significativa referente a sus medias. Esto presenta una dispersión que es notable entre los distintos datos individuales de porcentaje de preñez de los grupos, el recubrimiento de las barras del error entre J-Synch y Web-Synch son irrefutables, lo que sugiere que la diferencia obtenida como resultado entre sus medias no es estadísticamente significativa, no obstante el protocolo de PGF2α dio como resultado una barra del error que tiene una magnitud menor en comparación con los otros protocolos, aunque con una media baja presenta variabilidad.

El objetivo del estudio desarrollado por De la Mata et al; (2022), se comparó los protocolos hormonales Web-Synch y J-Synch para la optimización de la ovulación y la tasa de preñez con vacas con cría en pies acompañados del protocolo Co-Synch, en un estudio en el cual se realizan

tres tratamientos: T1: Web-Synch + Co-Synch + J-Synch, este se desarrolló de la siguiente manera: Web-Synch: día 0= aplicación de las prostaglandinas (PGF2 α) + dispositivo intravaginal (DIV) que contiene progesterona (P4), luego al día 5= se aplica 2 ml de GnRH, luego el tratamiento J-Synch en el día 5: se aplica 2 mg de benzoato de estradiol (BE) y DIV con P4, y por último el tratamiento Co-Synch en el cual el día 5 se aplica GnRH + DIV con P4, en el día 11 se retira el DIV de todos los animales en los que fue colocado y se aplica PGF2 α y ECG, con la presencia de celo 72 horas después del retiro del DIV; T2: Día 0 del Web-Synch se pone el DIV (0.7 a 1 g de P4), luego 0,02 de GnRH y J-Synch aplica DIV + 2 mg BE, día 11 retiro del dispositivo y aplicación de PGF2 α + ECG y en el T3: uso de vacas con crías al pie, que pasaron a ser divididas como en el experimento 2, dejando como resultados que T1: Web-Synch (66 a 58.7%) destacó como una alternativa prometedora para ser el protocolo de IATF en el caso de bovinos de carne con pie de cría, llegando a producir un pro-estro prolongado, con una tasa ovulatoria y tasas de preñez aceptables en bovinos de carne.

En el caso actual donde se usan los mismos protocolos mencionados pero en bovinos de leche se puede observar que en el protocolo Web-Synch se obtuvo una mejor tasa de preñez con un resultado de 9/15 vacas representando un 60% destacando por mucho sobre el protocolo de prostaglandinas que solo logró preñar 3/15 vacas siendo un 20%, pero otra opción ante el protocolo Web-Synch se encuentra el protocolo J-Synch que no presenta una gran variación logrando preñar 8/15 vacas con un 53%, siendo solo la diferencia de 1 vaca (7%) entre estos dos protocolos.

En cuanto a la sincronización con prostaglandinas al solo ocupar una hormona no se le brinda ayuda al útero a su preparación, ya que con la primera inyección de prostaglandinas hacemos una regresión a toda la onda folicular y con la segunda se brinda ayuda en el proceso de luteólisis, luego a los 3 días el animal debe de presentar celo y ser inseminado, a diferencia de los otros dos protocolos utilizados que son estructurados y permiten que el útero esté listo, además que al hacer el retiro del dispositivo en 2 días y medio se hará inseminación presente o no presente celo, al no tener tanta preparación el protocolo es susceptible a presentar bajas tasas de preñez, en especial en lugares con temperaturas bajas, y con altitudes altas.

En cuanto al segundo objetivo establecido, se determinó un intervalo de 30 a 35 días para realizar el chequeo post inseminación, donde con ayuda de ecografía se observaba una estructura

alargada que se encontraba llena de líquido amniótico (Sice et al., 2022). Esto para realizar una detección de preñez temprana en función a los protocolos de sincronización de celo, permitiendo así que se pueda validar el análisis de la tasa de preñez.

Tabla 8

Datos de chequeo de preñez

<i>Protocolo</i>	<i>Fecha de inseminación</i>	<i>Chequeo</i>	<i>Resultado</i>
<i>PGF2α</i>	07/04/2025	10/05/2025	20%
<i>J-Synch</i>	02/04/2025	04/05/2025	53%
<i>Web-Synch</i>	09/04/2025	09/05/2025	60%

La superioridad de los porcentajes de los protocolos J-Synch y Web-Synch sobre PGF2 α se da debido a que se puede:

- Sincronizar una nueva onda folicular, ya que estos protocolos ayudan a controlar la duración del estro y el momento en el cual se presente la ovulación, además induce a animales que se encuentran anéstricos a la ciclicidad ovárica (Ré, 2018).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- El protocolo Web-Synch obtuvo el mayor índice de preñez durante el estudio, siendo declarado el tratamiento que presentó mejor eficacia dentro del enfoque comparativo, destacado por su buena capacidad para inducir una ovulación precisa. Las hormonas que se usó son ventajas que brindan resultados que son consistentes y confiables para los esquemas de IATF.
- El protocolo J-Synch manifiesta ser una estrategia para una reproducción eficiente en vacas Holstein-Friesian por el índice de preñez obtenido, su aplicación hormonal permite una respuesta reproductiva uniforme en hembras bovinas, optimizando los tiempos de inseminación, además de permitir un equilibrio entre la eficiencia biológica y la operatividad.
- Se comparó la eficiencia de los protocolos J-Synch y Web-Synch, evaluado mediante la tasa de preñez de vacas Holstein Friesian, permito que se identifiquen diferencias numéricas entre los tratamientos, sin embargo, dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas, presentando que bajo las condiciones experimentales del estudio a 3.373 m.s.n.m., no tengan ventaja entre ellos. No obstante, se incluyó un grupo donde se aplicó prostaglandinas ($PGF2\alpha$) como un tratamiento comparativo, este se usó en la hacienda con anterioridad, su respuesta reproductiva fue menor a la de los otros dos protocolos.
- Se determinó el número de días óptimo para realizar la ecografía que ayudara a la detección de preñez temprana es de 30-35 días, esto permito que se cumpla de manera satisfactoria el objetivo que se propuesto. Este intervalo de días es alineado con los principios fisiológicos que presenta la hembra para el reconocimiento de la preñez, realizar una evaluación oportuna permite una mejor toma de decisiones y renovar la planificación de los ciclos reproductivos siguientes.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de protocolos estructurados como J-Synch y Web-Synch en vacas lecheras a 3.373 m.s.n.m., estos permiten que se obtenga un control sobre el ciclo reproductivo y se pueda sincronizar de mejor manera la ovulación y la inseminación.
- Se recomienda realizar una planificación estratégica que este técnicamente adecuada para vacas Holstein Friesian, donde se pueda realizar una detección temprana mediante ecografía facilitando la identificación de animales gestantes y no gestantes. En los hatos especializados que un animal presente menor número de días abiertos ayuda a que no existan pérdidas económicas, se estima que un día abierto a partir de los 100 días tiene un costo estimado de 100 a 200 dólares por vaca.
- Desde una perspectiva tanto técnica como económica, al evaluar los costos de cada uno de los protocolos de sincronización de celo se permite evidenciar una relación directa entre la inversión y los resultados obtenidos por vaca preñada, el protocolo Web-Synch tiene un costo de 45.61\$ por vaca preñada y J-Synch un 46.69\$ por vaca preñada, esto representa una inversión más alta referente a el protocolo de prostaglandinas que costo 24.50\$ por vaca preñada, pero se debe de tener en cuenta que este último protocolo mencionado registra la menor tasa de preñez, limitando la eficiencia de la IATF en los hatos lecheros que son especializados. No obstante, los protocolos J-Synch y Web-Synch presentaron tasas de preñes altas, esto determina que el realizar una sincronización efectiva y una IATF son prioritarios para que los intervalos entre parto y concepción sean competitivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, P. , L. F., & Vargas M., C. A. (2024). *Revisión sistemática de enfermedades infecciosas en bovinos que generan 1 abortos en hatos colombianos.*
- Anaguarqui, G. , S. E. (2022). *Evaluación de tres métodos de sincronización de estro e inseminación artificial en vacas mestizas lecheras en la parroquia El Altar.*
- Aréchiga F., C., Cortés V., Z., Hernández B., P., Flores F., G., Rochín B., F., & Ruiz F., E. (2019). Revisión: Función y regresión del cuerpo lúteo durante el ciclo estral de la vaca. *Abanico Veterinario*, 9(1). <https://doi.org/10.21929/abavet2019.924>
- Arteaga, F. (2019). *Mejoras genéticas en ganado bovino en Ecuador, un camino largo y con retos económicos.*
- Bagley., J., Richter., M., & Lane., T. (2022). El papel de la ecografía transrectal en el diagnóstico de la gestación en bovinos. *Revista de Sonografía Médica Diagnóstica.*, 39(1), 50-60. <https://doi.org/10.1177/87564793221120260>
- Balhara., A. K., Gupta., M., Singh., S., Mohanty., A. K., & Singh., I. (2013). Early pregnancy diagnosis in bovines: current status and future directions. *ScientificWorldJournal*. <https://doi.org/10.1155/2013/958540>
- Baruselli, P., Fernández, M., & Salazar, J. (2022). Dinámica hormonal y fisiología reproductiva bovina. *Universidad de São Paulo, Facultad de Medicina Veterinaria.*
- Baruselli, P. S., Marques, M. O., Monteiro, G. C., Ferreira, R. M., & Díaz, F. A. (2022). Hormonal synchronization of estrus in beef cattle. . *Theriogenology*, 177, 30-38.
- Blanco, M. , F. J. (2025). Atlas de ecografía reproductiva en vacuno. *Amazing Books.*
- Bó, G. A., Cutaiia, L., Pérez, L. C., De la Mata, J. J., & Pinczak, A. (2022). Estrous synchronization programs for fixed-time artificial insemination in cattle. . *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 38(1), 101-118.
- Bó, G. A., Morales, E., & Zárata, F. (2021). Manejo reproductivo en bovinos: Innovaciones y tecnologías aplicadas. *Ediciones Agropecuarias Del Sur.*
- Boeta Myriam, Balcázar S, A., Cerbón José Luis, Hernández Medrano Juan H, Hernández Cerón Joel, Páramo Ramírez Rosa María, Porras Almeraya Antonio I, Rangel Lucía, Salgado Brenda, Valencia Javier, & Zarco Luis. (2023). *Fisiología reproductiva de los animales domésticos.* chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.fmvez.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia_Reproductiva.pdf
- Carrillo González, D. F. (2021). *Principios básicos de la reproducción e inseminación artificial en bovinos.*

- Carvajal, A. M., Martínez, E., & Tapia Montes, M. M. (2020). *El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28255.28329>
- Castillo Y, J. (2024). *Determinación del efecto de progesterona inyectable previo al reconocimiento materno para mejorar el porcentaje de preñez en vacas*.
- Chavarría J. (2018). *EFEECTO DE DOS TRATAMIENTOS HORMONALES SOBRE LA ACTIVIDAD OVÁRICA EN VACAS LECHERAS POST PARTO*.
- Colazo, M. G., & Mapletoft, R. (2017). Fisiología del ciclo estral bovino. *Ciencia Veterinaria*, 16(2). 31-42 Pp.
- Corredor C., E. S., & Jiménez R., L. M. (2005). *Efecto de las anomalías cromosómicas sobre la fertilidad en bovinos*.
- Dantas, V. S., Siqueira, J. B., Sales, E. M., Soares, L. G., & Andrade, G. A. (2023). Advances in estrous synchronization and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *A Review. Animal Reproduction*, 20(4), E20230009.
- De La Mata, J. J., Macagno, A. (, Cedeño, A., & Bó, G. A. (2022). *Tratamiento a base de GnRH y proges-terona como alternativa para los tratamientos a base de estradiol para la inseminación artificial a tiempo fijo en vacas Bostaurus para carne * TRABAJOS ORIGINALES Re su men*. www.revistataurus.com.ar
- Díaz A., N. A. (2021). *“BIOTECNOLOGÍA APLICADA EN EL CONTROL Y MANIPULACIÓN DEL CICLO ESTRAL DE BOVINOS.”*
- Díaz, M., Pérez, J., & Torres, L. (2023). Avances en la inseminación artificial a tiempo fijo en ganado bovino. *Revista de Zootecnia*, 15(2), 89-97.
- GADPR San Isidro. (2025). *Clima*.
- García, A., & Rodríguez, S. (2023). Sincronización del estro en vacas: Herramientas para la eficiencia reproductiva. *Veterinaria Global*, 8(3), 112-120.
- García Díaz J. R, Hernández-Barreto, M. A., & Pazinato J. (2017). Eficacia de dos tratamientos hormonales para la inducción del celo en la vaca lechera Palabras clave adicionales Efficacy of two hormonal treatments for induction of estrus in dairy cows Archivos de Zootecnia. In *Arch. Zootec* (Vol. 66, Issue 253).
- García Ispiero, I., & López Gatiús, F. (2013). *Factores que afectan a la fertilidad del vacuno lechero de alta producción*.
- Gnemmi, G., Gnemmi, B., Maraboli, C. V. A., Saleri, R., & De Rensis, F. (2022). Interpretación ecográfica del mapa folicular. Cómo hacer más eficiente el diagnóstico y el uso de las hormonas. *Taurus*, 24(95).
- Góngora H. (2023). *Guía anatómica del aparato reproductor bovino*.
- Guevara G, C., & Buitrago T, D. (2021). *Actualización de protocolos de inseminación*.

- Hernández B, J. A., Benítez M, J. A., Gómez G, A., & Moreno F, L. A. (2017). *INSEMINACIÓN ARTIFICIAL ANIMAL: HISTORIA Y EVOLUCIÓN* Editorial.
- Hernández Cerón, J. (2016). *Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia_Clinica.pdf
- Herrera S., D. J., Veliz I., K. M., & Jaramillo V., J. J. (2023). Progresos en la gestión reproductiva del ganado bovino mediante una revisión bibliográfica. *Innova Science Journal*, 1(4), 37-47.
- Hidalgo, F., & Terán, S. (2021). La importancia del aparato reproductor de las vacas. *BM Editores*.
- Leiva C. J, Durante L. I, Bértoli J., Gatti E., Baravalle E., Rey F., Ortega H, & Marelli B. (2021). *Rol de la hormona del crecimiento en la función ovárica de la vaca lechera Role of growth hormone in dairy cow ovarian function*. 23(2), 1–12.
- Lenis Sanín, Y. (2014). Reproducción de la vaca. Manual didáctico sobre la reproducción, la gestación, la lactancia y el bienestar de la hembra bovina. *Corporación Universitaria Remington*,.
- Llanos C., G. A., & Ruiz H., D. M. (2016). *Anatomía del aparato reproductor de la hembra bovina*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-la-amazonia-peruana/fisiologia-humana/informe-aparato-reproductor-hembra-vaca-y-marrana-compress/23908888>
- Lorenti, N. S., Madoz, L. V, Rearte, R., Quintero Rodriguez, L. E., Migliorisi, A. L., Jaureguiberry, M., & e la Sota, R. L. (2022). *Diagnóstico de pérdida embrionaria y detección muy temprana de vacas no gestantes mediante ecografía Doppler*.
- Maia, A. A., Penteado, L. M., Silva, R. C., Nogueira, G. P., & Lima, F. S. (2024). Hormonal protocols for estrus synchronization in *Bos indicus* and *Bos taurus* cows. *A Review of Recent Advances. Brazilian Journal of Animal Science*, 53(1), E20230078.
- Maldonado, D. A., Duchi, N. A., Díaz, H., Taolombo, P. A., Navas González, F. J., & Delgado Bermejo, J. V. (2022). Estudio de las correlaciones entre valores genéticos producción-reproducción y tipo lineal de los toros Holstein en Ecuador Study of correlations between genetic values production-reproduction and type in Holstein breed sires in Ecuador Archivos de Zootecnia. In *Arch. Zootec* (Vol. 71, Issue 273).
- Maldonado, J. (2019). Endocrinología reproductiva en rumiantes. . *Ediciones Técnicas Andinas*.
- Maldonado Paladines., J. F. (2019). *Diagnóstico de patologías reproductivas en hembras bovinas faenadas en el camal municipal del cantón Balsas, provincia de El Oro*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22485/1/Jefferson%20Paul%20Maldonado%20Paladines.pdf

- Manchero Herrera, C. A. (2022). Principios de la fisiología reproductiva animal. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)* .
- Manosalva A., L. H. (2022). *Infección uterina pos parto. Diagnóstico, tratamiento y consecuencias.*
- Martínez, C., Gonzáles, F., & Rojas, H. (2024). Adaptación de protocolos de sincronización del estro del ganado de carne al ganado lechero: Revisión y perspectivas. *Ciencias Veterinarias Aplicadas, 12(1), 1-10.*
- Murillo, J., Serrano, A., García, L., León, I., García, E., Gil, B., & Ríos, L. (2018). *Métodos de investigación de enfoques experimentales: Métodos de investigación en Curso.*
- Nebel, R., & DeJarnette, M. (2011). Anatomía y fisiología de la reproducción bovina. . *SELECT SIRES INC, 6.*
- Ortiz, N. A. (2019). *Perdida Embrionaria en bovinos.*
- Pansani, M. A., & Beltrán, M. P. (2009). *ANATOMIA E FISIOLOGIA DO APARELHO REPRODUTOR DE FÊMEAS BOVINAS.*
- Pérez Wallace, S., Domínguez, G., Corva, S. G., & de la Sota, R. L. (2020). Fisiología reproductiva de la vaca lechera. *Edra.*
- Perry, G. A., Duarte, C. A., & Romero, H. (2020). Hormonas sexuales en bovinos: Estrógenos, progesterona e inhibina. *Advances in Bovine Reproductive Biology, 9(1), 14–29.*
- Perry George. (2021). *Detección de Celos en el Ganado Bovino.* chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://extension.sdstate.edu/sites/default/files/2021-12/P-00168-S.pdf
- Pfeifer L., F. M., Barreto L., S., & Ramírez J. (2021). Captura ovocitaria y fecundación en vacas lecheras. *Revista Andina de Medicina Veterinaria, 6(3), 110–125.*
- Pilla C., M., Yáñez ., D., Ortega C., M., Aragadvay Y., R., & Marini, P. R. (2023). Evaluation of the effect of two synchronization protocols on Estradiol and Progesterone levels in Dual Purpose cows from the Ecuadorian Amazon. *Revista Científica de La Facultad de Veterinaria, 33.* <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33200>
- Poma R., J. O. (2023). Evaluación de la preñez según la concentración espermática con el uso de Iatf en bovinos de leche mestizos. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.*
- Ramírez, P., & Gonzáles, M. (2021). Efectividad del protocolo Web-Synch en la sincronización del estro en bovinos. *Agrociencia, 25(3), 167-175.*
- Ré, M. G. (2018). *Tratamientos que prolongan el proestro usando estradiol y progesterona en vaquillonas de leche.*
- Ruiz Serrano, E. O. (2022). *Evaluación de los protocolos de sincronización de celo Ovsynch y Cosynch en vacas de lidia con la aplicación de inseminación artificial a tiempo fijo.*

- Rutter B. (2018). Obstetricia y neonatología bovina: I. Anatomía del aparato reproductor Femenino. *Engormix*.
- Sá Filho, M. F., Ayres, H., Ferreira, R. M., Bó, G. A., & Baruselli, P. S. (2021). Fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal Reproduction*, *18*(4), E20210034.
- Sagbay D, C. F. (2012). *Efecto de la gonadotropina corionica equina (eCG) aplicada al momento de retirar el dispositivo de progesterona (P4) sobre el porcentaje de preñez en vacas*.
- Sequeira, L. T. (2013). Compendio sobre reproducción animal. *Universidad Nacional Agraria*.
- Sice, M., Martín, Á. G., & Almendro, J. G. (2022). Presente y futuro del diagnóstico de gestación en el ganado bovino. *In Anales de Veterinaria de Murcia (Vol. 36)*.
- Silva, D., Costa, R., & Almeida, F. (2022). Uso de prostaglandinas en la sincronización del estro en vacas lecheras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *51*(4), E20210087.
- Spencer, T. E., Morales, C., & Sandoval, L. (2023). Fisiología uterina bovina: Cambios cíclicos y función gestacional. *Animal Reproduction and Fertility Review*, *12*(1), 22–35.
- Stern, M. L. (2023). Citología vaginal en vacas Holstein sometidas a inseminación artificial a tiempo fijo. *Universidad Nacional Del Nordeste*.
- Szenci., O. (2002). *Diagnóstico temprano de preñez y mortalidad embrionaria tardía en la vaca*.
- Tenecota Valencia, W. A., & Usiña Román, J. E. (2024). *Factores que afectan el rendimiento reproductivo de las vacas lecheras que pertenecen al proyecto UTC GEN de Latacunga occidental*.
- Toapanta A., B. R. (2023). *DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL PROESTRO PROLONGADO SOBRE EL TAMAÑO DEL FOLÍCULO DOMINANTE Y TASA DE PREÑEZ EN BOVINOS INDICUS CON IATF*.
- Tomás, I. J. (2024). *Ensayo de comparación en la liberación de progesterona por parte de dos dispositivos intravaginales bovinos con diferentes siliconas*.
- Van Eerdenburg, F. J. (2018). *Detección de celo en vacas lecheras: como vencer a un toro. En Bienestar animal en la práctica, en producciones lecheras, desde la perspectiva europea*. <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://research-portal.uu.nl/files/58153606/Deteccion.pdf>
- Vela J., H. Y. (2022). Desarrollo folicular tras la aplicación de la PGF2 α en vacas Brown Swiss sometidas a un protocolo de pre sincronización por dos vías de administración. *Master's Thesis, Universidad Nacional Del Altiplano de Puno (Peru)*.
- Villagómez., E., & Manjarrez., A. (2016). *Diagnóstico Temprano de Gestación en Bovinos*.
- Villota Ruiz, K. J. (2022). *Análisis de la sincronización de celo con benzoato de estradiol y progesterona en hembras bovinas para carnes*.

- Whittier Jack. (2021). *Reproductive Anatomy and Physiology of the Cow*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/file:///C:/Users/Usuario/Downloads/repro.en.es.pdf
- Wiltbank, M. C., Salazar, F., & Gómez, R. (2021). Regulación neuroendocrina del ciclo estral bovino. *Advances in Veterinary Sciences*, 15(3), 55–70.
- Woudwyk, M., Acuña, F., & Gomez, G. (2022). *CAPÍTULO 20 Sistema reproductor de la hembra*.
- Yáñez-Avalos, D. O., Barbona, I., López-Parra, J. C., & Marini, P. R. (2021). Protocols J-synch with and without ECG in brown swiss and crosses with bos indicus cows in the Ecuadorian Amazons. *Granja*, 33(1), 8–20. <https://doi.org/10.17163/LGR.N33.2021.01>
- Yunga Ayavaca, S. E., Quinche Morocho, X. R., & Angulo Cubillán, J. F. (2023). Fertilidad mejorada en ganado lechero con baja condición corporal al usar gonadotrofina coriónica equina en inseminación artificial a tiempo fijo. . *Revista Científica de La Facultad de Veterinaria*, 33(1).

ANEXOS

Anexo 1: Datos recolectados

Protocolo Hacienda		J-SYNCH		WEB-SYNCH	
T0		TI		T2	
100	0	100	0	100	100
100	0	0	0	100	0
0		0		100	
200		100		400	
40		20		80	
T0		TI		T2	
100	0	100	0	100	100
0	0	100	100	0	0
0		0		100	
100		300		300	
20		60		60	
T0		TI		T2	
0	0	100	100	0	100
0	0	0	100	0	100
0	0	100		0	
0		400		200	
0		80		40	

Nota: Datos obtenidos durante la parte experimental del experimento.

Nombre	Número	Protocolo	Fecha Inicial	Fecha final	Hora de aplicación	Hormonas	Dosis, vías y Fechas	Hora y fecha de la Inseminación Artificial A Tiempo Fijo (IATF)	Fecha de control	Repetición	Resultados
Germania		Web-Synch	24/03/2025	04/04/2025	9h15-9h30	Progesterona (DIV, 1.2g)	1.2g -Intravaginal	15h00 a 16h00	09/05/2025	I	Preñada
Clemencia							Aplicación: 24-03-2025				Preñada
Digna							Retiro: 04-04-2025				Preñada
Karen						Prostaglandinas (PG2F)	2.5 ml-Intramuscular				Vacia
María							1ra Aplicación: 24-03-2025				Vacia
Viviana	115						2da Aplicación: 04-04-2025				Preñada
Regina			Preñada								
Bertha	274					Gonadotropina (GnRH)	2 ml-Intramuscular	07/04/2025	II	Vacia	
Rusel	288				Unica aplicación: 29-03-2025		Vacia				
Lorena	278						Preñada				
Clara						Gonodotropina Corionica equina (eCG)	2 ml-Intramuscular		III	Preñada	
Loca					Unica aplicación: 04-04-2025		Preñada				
Luna							Preñada				
Esmeralda											Vacia
Chispa											

Nombre	Número	Protocolo	Fecha Inicial	Fecha final	Hora de aplicación	Hormonas	Dosis, vías y Fechas	Hora y fecha de la Inseminación Artificial A Tiempo Fijo (IATF)	Fecha de control	Repetición	Resultados		
Orgullosa	260	J-Synch	24/03/2025	30/03/2025	9h00-9h15	Progesterona (DIV, 1.2g)	1.2 g - Intravaginal	15h00 a 16h00	04/05/2025	I	Preñada		
Erica	-						Aplicación: 24-03-2025				Vacía		
Araceli	177					Prostaglandinas (PG2F)	2 ml-Intramuscular				02/04/2025	II	Vacía
Gloria	132						Unica aplicación: 30-03-2025						Vacía
Zara	253					Benzoato de estradiol (E2)	3 ml-Intramuscular				Unica aplicación: 24-03-2025	III	Vacía
Francisca	240												Vacía
Isla	217					Gonodotropina Corionica equina (eCG)	3 ml-Intramuscular				Unica aplicación: 30-03-2025	III	Preñada
Cerila	490												Vacía
Graciela	196					Gonodotropina Corionica equina (eCG)	3 ml-Intramuscular				Unica aplicación: 30-03-2025	III	Preñada
Nancy	120												Vacía
Chivita	-					Gonodotropina Corionica equina (eCG)	3 ml-Intramuscular				Unica aplicación: 30-03-2025	III	Preñada
Betty	-												Vacía
Gemela	-	Gonodotropina Corionica equina (eCG)	3 ml-Intramuscular	Unica aplicación: 30-03-2025	III	Preñada							
Brenda	-					Vacía							
Manantial	-	Gonodotropina Corionica equina (eCG)	3 ml-Intramuscular	Unica aplicación: 30-03-2025	III	Preñada							
	-					Vacía							

Nombre	Número	Protocolo	Fecha Inicial	Fecha final	Hora de aplicación	Hormonas	Dosis, vías y Fechas	Hora y fecha de la Inseminación Artificial A Tiempo Fijo (IATF)	Fecha de control	Repetición	Resultados	
Amanda	997	Prostaglandinas	24/03/2025	07/04/2025	9h30-9h45	Prostaglandinas (PG2F)	2ml -Intramuscular	9h30-9h45	10/05/2025	I	Preñada	
Nevada	-										Vacía	
Rubi	829										Vacía	
Canela	-						1ra Aplicación: 24-03-2025				II	Vacía
Sofía	-											Vacía
Chistosa	198											Vacía
Envidiosa	-					2da Aplicación: 07-04-2025	III	Preñada				
Abigail	78							Vacía				
Lesly	89					Gonodotropina Corionica equina (eCG)	3 ml-Intramuscular	Unica aplicación: 07-04-2025	III	Vacía		
Clavel	-									Vacía		
Mercy	-					Gonodotropina Corionica equina (eCG)	3 ml-Intramuscular	Unica aplicación: 07-04-2025	III	Vacía		
Pinta	300									Vacía		
Valentina	86	Gonodotropina Corionica equina (eCG)	3 ml-Intramuscular	Unica aplicación: 07-04-2025	III	Preñada						
Doctora	687					Vacía						
Evelin	74	Gonodotropina Corionica equina (eCG)	3 ml-Intramuscular	Unica aplicación: 07-04-2025	III	Preñada						
	-					Vacía						

Nota: Registro detallado de la muestra.

Anexo 2: Investigación de campo en bovinos en el sector Chulte, cantón Espejo.



Nota: Aplicación de los dispositivos intra vaginales, y colocación de hormonas.



Nota: Retiro de los dispositivos y colocación de las ultimas hormonas.



Nota: diagnostico de preñez temprana.