

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS

EFICIENCIA REPRODUCTIVA POST PARTO EN VACAS HOLSTEIN DE CRIANZA INTENSIVA EN LA COMUNIDAD GANADERA INVERNILLO- POMALCA- LAMBAYEQUE

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: CIENCIAS VETERINARIAS

Presentado por:

Mg. EDGAR VÁSQUEZ SÁNCHEZ

Asesor:

Dr. CORPUS HILDEBRANDO CERNA CABRERA

Cajamarca, Perú

2025



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:

Edgar Vásquez Sánchez
DNI: 16524837

Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Veterinarias.
Programa de Doctorado en Ciencias, Mención: Ciencias Veterinarias.

2. Asesor: Dr. Corpus Hildebrando Cerna Cabrera

3. Grado académico o título profesional

- Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor

4. Tipo de Investigación:

- Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

EFICIENCIA REPRODUCTIVA POST PARTO EN VACAS HOLSTEIN DE CRIANZA INTENSIVA EN LA COMUNIDAD GANADERA INVERNILLO- POMALCA- LAMBAYEQUE.

6. Fecha de evaluación: **22/12/2025**

7. Software antiplagio: **X TURNITIN** URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: **13%**

9. Código Documento: **3117:542740331**

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

X APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **29/12/2025**

Firma y/o Sello
Emisor Constancia

Dr. Corpus Hildebrando Cerna Cabrera
Asesor

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 by
EDGAR VÁSQUEZ SÁNCHEZ
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11.00 a.m. horas, del día 21 de Marzo de dos mil veinticinco, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. JOSÉ ANTONIO NIÑO RAMOS, DR. GILBERTO FERNÁNDEZ IDROGO, DR. JOSÉ ELÍAS RAFAEL BAUTISTA**, y en calidad de Asesor el **DR. CORPUS HILDEBRANDO CERNA CABRERA**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la Tesis titulada **“EFICIENCIA REPRODUCTIVA POST PARTO EN VACAS HOLSTEIN DE CRIANZA INTENSIVA EN LA COMUNIDAD GANADERA INVERNILLO - POMALCA - LAMBAYEQUE”**, presentada por el Maestro en Administración con Mención en Gerencia Empresarial **EDGAR VÁSQUEZ SÁNCHEZ**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó Aprobado..... con la calificación de17 (Diecisiete)..... la mencionada Tesis; en tal virtud, el Maestro en Administración con Mención en Gerencia Empresarial, **EDGAR VÁSQUEZ SÁNCHEZ**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **CIENCIAS VETERINARIAS**, con mención en **CIENCIAS VETERINARIAS**.

Siendo las 12.50.. horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dr. Corpus Hildebrando Cerna Cabrera
Asesor

.....
Dr. José Antonio Niño Ramos
Jurado Evaluador

.....
Dr. Gilberto Fernández Idrogo
Jurado Evaluador

.....
Dr. José Elías Rafael Bautista
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A mi madre Olinda y mi padre Artidoro, quienes desde el cielo iluminan mi camino y me inspiran con su amor eterno en cada paso de mi vida.

A mi compañera Katherine, pilar fundamental en esta travesía, cuyo apoyo incondicional, paciencia infinita y amor sincero me han fortalecido siempre.

A mis hijos, Edgar David, Fátima Beatriz y Olinda Katherine, la razón de mi esfuerzo y motivación diaria, quienes con su cariño y alegría llenan mi vida de significado.

A mis hermanos Saúl, Eduar, Castinaldo, Juana y, especialmente, a Gloria, cuya compañía y apoyo constante han sido una guía invaluable en este viaje.

Gracias a todos ustedes, por ser mi fuerza y mi inspiración.

AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por permitirme vivir esta enriquecedora experiencia en mi universidad, por la salud que me concede, y por guiarme cada día en este camino.

Al Doctor Corpus Cerna, mi asesor y amigo, por su invaluable orientación y apoyo incondicional, que han sido fundamentales en la culminación de este logro.

A mi hermana Gloria, por su inmenso apoyo, su motivación constante y la exigencia que me impulsó a superar este nuevo desafío.

A mi hermana Juana, siempre atenta a mis responsabilidades diarias, brindándome ayuda y aliento en todo momento.

A Gianfranco, amigo fiel que ha estado a mi lado, acompañándome en cada paso y apoyándome en la superación de los retos académicos y profesionales que juntos hemos enfrentado.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por ser parte de este importante capítulo de mi vida.

CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Bases Teóricas	12
2.2.1. Eficiencia reproductiva: Evaluación integral de indicadores y significado económico	12
2.2.2. Factores determinantes de la eficiencia reproductiva en ganado bovino .	14
2.2.3. Involución uterina: Proceso postparto y restauración reproductiva	16
2.2.4. Dinámica de la reactivación ovárica: Foliculogénesis y desarrollo de ondas foliculares.....	17
2.2.5. Progesterona	30
2.2.6. Parámetros reproductivos	32
2.2.7. Condición corporal como indicador de salud reproductiva y nutricional	35
2.2.8. Manejo posparto en vacas.....	37
2.2.9. Contribución metabólica en la actividad ovárica	46
2.2.10. Neuroendocrinología del ciclo estral.....	48
2.2.11. Ecografía en reproducción animal	51
2.2.12. Ciclo estral y determinación de la ovulación.....	56
CAPITULO III	
DISEÑO Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	58
3.1. Localización	58
3.2. Población.....	59
3.3. Tamaño de muestra	60
3.3. Materiales	61

3.3.1. Material biológico	61
3.3.2. Materiales de campo.....	61
3.3.3. Materiales de laboratorio.....	62
3.4. Metodología	62
3.4.1. Tipo y diseño de investigación.....	62
3.5. Análisis estadístico	64
 CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia reproductiva postparto en vacas Holstein de crianza intensiva en la comunidad ganadera Invernillo, Pomalca, Lambayeque. Se seleccionaron 25 vacas en lactación temprana de un establo que cumplía con criterios de inclusión. Para medir la concentración de progesterona, se recolectaron muestras de sangre y se analizaron mediante la técnica RIA. Además, se realizaron análisis ecográficos cada cinco días, desde el séptimo día hasta el día 87 posparto, para evaluar el desarrollo folicular. Los datos fueron procesados con SPSS Statistics® v.22, utilizando ANOVA, la prueba de Tukey y correlación de Spemann. Los resultados mostraron una tasa de concepción del 61.11%, detección de celos del 72%, y una tasa de preñez del 43.99%, considerada "buena". Las vacas con una variación de condición corporal (CC) de 0.5 a 1 presentaron tasas de concepción (72.73%) y preñez (66.67%) significativamente superiores a las vacas con variación de 0 a 0.49. El ovario derecho mostró mayor crecimiento que el izquierdo, con un diámetro máximo de 13.44 mm a los 82 días posparto. Las vacas con mejor CC tuvieron menos días abiertos (98.5 días). La progesterona fue basal hasta el día 42 posparto, con un pico de 13.68 ng/mL en el día 77. Hubo una correlación positiva significativa entre las concentraciones de progesterona y el tamaño folicular, y vacas con $CC > 3.5$ presentaron mayores diámetros foliculares y niveles de progesterona entre los días 42-87 posparto. La CC disminuyó hasta el día 52, pero aumentó significativamente al día 87, influyendo en los niveles de progesterona. Por lo tanto las vacas de la comunidad ganadera Invernillo presentaron buena tasa de concepción, menor número de días abiertos, mayor crecimiento folicular en el ovario derecho y correlación positiva entre progesterona, crecimiento folicular y condición corporal.

Palabras clave: Eficiencia reproductiva, progesterona, ultrasonografía, condición corporal, crecimiento folicular.

ABSTRACT

This research aimed to determine postpartum reproductive efficiency in intensively raised Holstein cows in the Invernillo cattle community, Pomalca, Lambayeque. Twenty-five cows in early lactation were selected from a farm that met the inclusion criteria. To measure progesterone concentration, blood samples were collected and analyzed using the RIA technique. In addition, ultrasound analyses were performed every five days, from day 7 to day 87 postpartum, to evaluate follicular development. The data were processed with SPSS Statistics® v.22, using ANOVA, Tukey's test, and Spemann's correlation. The results showed a conception rate of 61.11%, estrous arrest of 72%, and a pregnancy rate of 43.99%, considered "good." Cows with a body condition (BC) score of 0.5 to 1 had significantly higher conception (72.73%) and pregnancy (66.67%) rates than cows with a BC score of 0 to 0.49. The right ovary showed greater growth than the left, with a maximum diameter of 13.44 mm at 82 days postpartum. Cows with better BC had fewer days open (98.5 days). Progesterone was basal until day 42 postpartum, with a peak of 13.68 ng/mL on day 77. There was a significant positive correlation between progesterone concentrations and follicular size, and cows with BC>3.5 had higher follicular diameters and progesterone levels between days 42-87 postpartum. BC decreased until day 52, but increased significantly at day 87, influencing progesterone levels. Therefore, the cows from the Invernillo cattle community had a good conception rate, fewer days open, greater follicular growth in the right ovary and a positive correlation between progesterone, follicular growth and body condition.

Keywords: Reproductive efficiency, progesterone, ultrasonography, body condition, follicular growth.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La función reproductiva es esencial para la rentabilidad en la producción lechera, especialmente en el periodo posparto, donde la recuperación reproductiva determina el éxito económico. En vacas Holstein de crianza intensiva, la eficiencia reproductiva se ve afectada por factores como el manejo nutricional, condición corporal y el ambiente. Uno de los principales problemas es el intervalo entre partos (IEP), influido por bajas tasas de concepción, que suelen ser inferiores al 30% en el primer servicio. Esto, sumado a alteraciones en la función del cuerpo lúteo, dificulta la reanudación ovárica y el mantenimiento de la preñez. A medida que aumenta la producción de leche, la eficiencia reproductiva disminuye, afectando la rentabilidad. Los prolongados días abiertos y las bajas tasas de concepción son indicadores de un mal manejo posparto, lo que genera pérdidas económicas significativas para los ganaderos (Bustillo y Melo, 2020).

La eficiencia reproductiva en vacas de producción intensiva es crucial para la productividad y rentabilidad ganadera, ya que permite mantener ciclos de producción continuos. Sin embargo, problemas como el manejo nutricional inadecuado y la falta de control del estado corporal afectan negativamente la fertilidad. La nutrición influye directamente en la secreción hormonal y la actividad ovárica. La baja eficiencia reproductiva prolonga los intervalos entre partos, disminuye la productividad a lo largo de la vida de la vaca e incrementa los costos de manejo. Además, las bajas tasas de concepción aumentan los días abiertos, afectando la producción total de leche (Bósquez, 2022).

En la comunidad ganadera de Invernillo, Pomalca, Lambayeque, la crianza intensiva de vacas Holstein ha crecido debido a la demanda de productos lácteos, pero uno de los

mayores retos es la rápida recuperación de la fertilidad postparto para garantizar una mayor productividad. El período postparto en las vacas es una etapa crítica que influye directamente en la eficiencia reproductiva, ya que durante esta fase ocurren múltiples cambios fisiológicos, endocrinos y metabólicos que afectan la salud y la capacidad reproductiva del animal. En sistemas de crianza intensiva, como la comunidad ganadera Invernillo, estos factores pueden tener un impacto aún mayor debido a las exigencias productivas y la alta concentración de animales.

La investigación sobre la eficiencia reproductiva posparto en vacas Holstein de crianza intensiva en la Comunidad Ganadera Invernillo – Pomalca – Lambayeque es fundamental, ya que aborda uno de los principales retos que enfrentan los productores lecheros. La determinación de factores clave como la dinámica folicular y los niveles hormonales de progesterona durante el periodo posparto es crucial para proponer soluciones prácticas que optimicen la productividad.

Este estudio se justifica por la necesidad de mejorar la eficiencia reproductiva en sistemas intensivos, donde el manejo inadecuado de factores nutricionales y reproductivos puede afectar gravemente la rentabilidad. Al proporcionar una comprensión detallada de los procesos involucrados en la reproducción posparto, los resultados permitirán a los ganaderos implementar prácticas más eficaces en cuanto a la alimentación, el manejo sanitario y el control reproductivo (Henao, 2001).

El objetivo de esta investigación es evaluar la eficiencia reproductiva mediante la determinación de la tasa de concepción, tasa de preñez y la variación en la condición corporal. Además, se busca medir el crecimiento folicular a través de ultrasonografía, así como los niveles de progesterona y su relación con la condición corporal y el desarrollo

folicular, análisis que nos permite identificar los factores que influyen en el éxito reproductivo.

El aporte teórico de esta investigación reside en ampliar el conocimiento sobre la dinámica reproductiva de las vacas posparto, centrándose en los eventos ováricos y los factores que influyen en la función reproductiva, como el manejo corporal. También se abordan los mecanismos hormonales que controlan la reanudación de los ciclos estrales, proporcionando una base teórica para estudios futuros. Además, el uso de tecnologías avanzadas, como la ultrasonografía y el Radioinmunoanálisis (RIA), mejora la precisión en la evaluación de la dinámica folicular y hormonal, optimizando el diagnóstico y manejo reproductivo.

El aporte práctico se enfoca en ofrecer recomendaciones basadas en los datos obtenidos sobre la eficiencia reproductiva posparto. Al analizar factores como el IEP, los días abiertos y la tasa de concepción al primer servicio, los ganaderos podrán identificar y mitigar los problemas reproductivos más comunes. Esto permite una optimización del manejo alimenticio y reproductivo, lo que mejora la productividad y rentabilidad de sus explotaciones.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes relacionados con los parámetros de eficiencia reproductiva

Chamba (2013) la prevalencia de 93 vacas en fase de producción, comprendida entre 2 y 14 años y clínicamente saludables, se examinó la prevalencia de quistes ováricos y su impacto en la eficiencia reproductiva, medida en días abiertos. Las vacas con quistes ováricos tenían un aumento significativo de 56.35 días abiertos en comparación con el promedio de 85 días. Así mismo, indica que la prevalencia de quistes foliculares fue del 21.5% y la de quistes luteínicos del 10.8%. mostrando una relación significativa ($p<0.05$) entre la condición corporal, las infecciones uterinas y el uso de productos hormonales con la prevalencia de quistes ováricos.

Pérez et al. (2002) evaluaron 37 vacas posparto con historial de repetición de celos, se realizaron exploraciones ecográficas y mediciones de progesterona plasmática desde el día de la inseminación (día 0 del ciclo) hasta el día 32, con mediciones cada cuatro días. Se detectaron estructuras quísticas ováricas en el 16.2% de los animales, en las cuales el 70% fueron quistes foliculares, caracterizados por ser anecogénicos con paredes delgadas hiperecogénicas, presentándose individualmente o en grupos. El 30% restante presentó quistes luteínicos, de forma redondeada y apariencia anecoica, con ocasionales estructuras hiperecogénicas. Clínicamente, el 66.6% de los animales experimentó ciclos estrales cortos y frecuentes, mientras que el 33.3% mostró anestro. Los niveles de progesterona variaron, identificando vacas con niveles basales (menos de 0.8 ng/ml), suprabasales

(entre 0.8 y 1.8 ng/ml) y fluctuaciones según la naturaleza y el momento de formación del quiste.

Cavestany, Galina y Viñoles (2001) investigaron sobre la reanudación de la actividad ovárica posparto en vacas Holstein en pastoreo, comparando vacas multíparas y primíparas. No encontraron diferencias significativas en el tiempo hasta la primera ovulación, el primer celo observado y el intervalo desde el parto hasta la concepción. Sin embargo, detectaron diferencias significativas en el tiempo desde el parto hasta el primer servicio, con un periodo más largo en vacas primíparas ($p<0.05$). También se observó que la condición corporal al parto influyó en la reanudación de la actividad ovárica, especialmente en las primíparas, donde una menor condición corporal se asoció con un intervalo más largo hasta la primera ovulación. La producción de leche y la duración del anestro posparto no mostraron diferencias estadísticamente significativas. La actividad ovárica comenzó temprano en la mayoría de las vacas, con un 63.1% ovulando antes de los 30 días posparto y el 95% retomando la actividad ovárica antes de los 100 días posparto. Además, las vacas que ovularon antes de los 30 días posparto presentaron intervalos más cortos hasta el primer celo, servicio y concepción. En cuanto a la detección de celo, concepción y preñez, aunque no hubo diferencias significativas en la detección de celo entre vacas primíparas y multíparas, sí se encontraron diferencias significativas en la tasa de concepción y preñez, siendo más altas en las multíparas ($p<0.05$).

Llevaron a cabo un estudio comparativo sobre la fertilidad en vacas y vaquillas Holstein, examinando la relación con la función lútea a través de perfiles de progesterona. Morales et al. (2000), obtuvieron una tasa de concepción, encontrando un 34.4% en vacas de primer servicio, 34.6% en vacas repetidoras y 59.0% en vaquillas. En la segunda fase, se midieron las concentraciones de progesterona en

muestras sanguíneas diarias de vacas de primer servicio (n=10), vacas repetidoras (n=17) y vaquillas (n=10) desde la inseminación hasta el día 15 postinseminación. No se observaron diferencias significativas en los niveles de progesterona ni en el área bajo la curva de progesterona entre los grupos. Asimismo, los perfiles de progesterona no mostraron diferencias entre los animales que lograron gestarse y los que no lo hicieron en cada grupo. En conclusión, las tasas de concepción fueron similares en vacas de primer servicio y repetidoras, y la mayor fertilidad en las vaquillas no se asoció con diferencias en la función del cuerpo lúteo.

Bustillo y Melo (2020) realizaron un análisis exhaustivo sobre los aspectos reproductivos en el ganado bovino, resaltando la importancia de estos parámetros en las operaciones ganaderas debido a su impacto en la eficiencia reproductiva. El estudio señala que factores como la raza, el entorno, las prácticas de manejo, la alimentación y la salud influyen tanto en el inicio como en el resultado de los eventos reproductivos en machos y hembras, ya sea en ganado de carne o de leche. Entre los aspectos clave se encuentran el inicio de la pubertad, los servicios reproductivos, los niveles de concepción y los partos. Estos indicadores son reflejo de la fertilidad a lo largo de las diversas etapas de la vida reproductiva y un manejo adecuado puede incrementar significativamente la productividad y la rentabilidad.

Bosquez (2022) realizó un estudio sobre la eficiencia reproductiva en bovinos de la raza Holstein en sistemas ganaderos de la provincia de Imbabura, utilizando fichas reproductivas correspondientes al periodo de 2007 a 2018 como unidades experimentales. Los resultados indicaron un promedio de 2.18 ± 0.09 montas por vaca, superando los valores normales para vacas Holstein, lo que sugiere condiciones óptimas de manejo y buena genética en los rebaños evaluados. Se registraron 180.81 ± 1.84 días abiertos, y no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$)

entre los promedios de las variables productivas y reproductivas. Esto sugiere que las variables reproductivas son independientes de las productivas y que la influencia de las primeras no afecta de manera significativa a las segundas.

Ureña (2021) evaluó la eficiencia reproductiva en vaquillas y vacas de producción de las razas Holstein y Parda Suiza, considerando factores como el manejo y la alimentación. En las vaquillas, los parámetros reproductivos mostraron una edad al primer servicio de 18 meses para Holstein y 21 meses para Parda Suiza, y una edad al primer parto de 27 meses para Holstein y 30 meses para Parda Suiza. El número de servicios por preñez fue de 1.6 en Holstein y 1.3 en Parda Suiza, con tasas de preñez del 75% y 85%, respectivamente. En las vacas de producción, los días abiertos fueron de 128 para Holstein y 103 para Parda Suiza, con un intervalo entre partos de 408 días para Holstein y 383 días para Parda Suiza. El número de servicios por preñez fue de 1.8 para Holstein y 1.5 para Parda Suiza, con tasas de preñez del 65% en Holstein y 75% en Parda Suiza.

2.1.2. Antecedentes relacionados con las concentraciones séricas de progesterona

Grajales et al. (2010), estudiaron los cambios secuenciales en las concentraciones de progesterona (NP) durante el Ciclo Normal (CN) y el Ciclo Silencioso (CS) en 94 hembras de las razas Holstein x Cebú (HC), Simmenthal x Cebú (SC), Romosinuano (R) y Cebú (C), utilizando la técnica de Radioinmunoanálisis. La evaluación, que abarcó desde la pubertad hasta los tres primeros ciclos estrales, resultó en 184 perfiles de progesterona para CN y 153 para CS. No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) en los niveles de NP entre los grupos SC y HC, lo que sugiere similitudes en sus patrones hormonales. Durante las diferentes etapas del ciclo estral, los niveles de progesterona se mantuvieron

generalmente bajos. Aunque no se detectaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los grupos SC, HC y C, sí se observaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre HC (5.154 ng/ml) y C (4.322 ng/ml).

Moyano y Rodríguez (2014) realizaron un estudio en el municipio de Paipa, Boyacá, Colombia, en el que se evaluaron las concentraciones sanguíneas de colesterol, progesterona, estradiol y hormona luteinizante preovulatoria en 12 vacas Holstein en pastoreo. Las vacas, alimentadas con kikuyo, trébol y falsa poa, con libre acceso al agua y suplementadas con grasas protegidas, fueron evaluadas mediante ultrasonografía entre 30 y 90 días posparto. Las vacas que recibieron el suplemento de grasas protegidas presentaron un aumento significativo en los niveles de colesterol (de 171.5 a 201.5 mg/dl), progesterona (de 1.1 a 4.3 ng/ml) y estradiol (de 6.6 a 7.7 pg/ml), en comparación con el grupo control, cuyos niveles fueron de 158 mg/dl de colesterol, 0.4 ng/ml de progesterona y 6.1 pg/ml de estradiol. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p<0.05$).

Guagalango (2020) realizó un monitoreo y estandarización de los perfiles de progesterona (P4) en bovinos Holstein en las tierras altas del Ecuador. El estudio incluyó a 15 vacas lecheras, divididas en tres grupos: uno sometido a sincronización del estro con prostaglandina (PGF_{2α}), y dos grupos, novillas y control, sin intervención. Las concentraciones de P4 se midieron mediante la prueba de electroquimioluminiscencia (ELC). Los resultados mostraron una curva típica de P4 en un ciclo estral normal, con niveles iniciales promedio de 0.35 ng/ml, alcanzando un pico de 12.69 ng/ml y descendiendo a 7.16 ng/ml al final del estudio. La prueba de ELC demostró ser un método confiable para cuantificar los niveles hormonales. Este estudio confirmó la consistencia de los niveles séricos de P4 con la fisiología reproductiva normal y su relación directa con la presencia del cuerpo lúteo.

(Guerra, 2017) realizó un estudio en 18 vacas Holstein durante el primer tercio de lactancia en la campiña de Cajamarca, con el objetivo de relacionar los niveles de progesterona (P4) y 17β estradiol con el restablecimiento de la ciclicidad estral posparto. Las vacas recibieron una dieta basada en forraje y concentrado. Se tomaron muestras de sangre al parto y a los 30, 60 y 90 días posparto, y se analizaron mediante radioinmunoanálisis (RIA). Las vacas reiniciaron su ciclicidad cuando los niveles de progesterona superaron 1 ng/ml. A los 90 días posparto, las vacas cíclicas presentaron niveles de progesterona de 1.718 ± 0.395 ng/ml y de 17β estradiol de 11.988 ± 0.50 pg/ml. El estudio concluyó que los niveles de progesterona y 17β estradiol están directamente relacionados con el reinicio de la ciclicidad estral en vacas Holstein.

Scandolo (2021) estudió los efectos de dispositivos intravaginales de progesterona (DI) en la sincronización de la ovulación de vacas con baja condición corporal. Se utilizaron tratamientos con GnRH o BE y se evaluaron el tamaño folicular, niveles de progesterona y fertilidad. En el experimento, vacas sin cuerpo lúteo recibieron un DI con 3 g de progesterona y se compararon con un grupo control. Los dispositivos fueron retirados el día 3, tras lo cual se administraron prostaglandinas. Los resultados mostraron que, aunque los niveles de progesterona fueron mayores en el grupo control, no afectaron el diámetro folicular. El DI incrementó los niveles de progesterona y redujo el tamaño del folículo preovulatorio. La administración de progesterona antes del Ovsynch mejoró la tasa de concepción en vacas sin cuerpo lúteo, alcanzando resultados similares a las vacas con cuerpo lúteo.

2.1.3. Antecedentes relacionados con la dinámica folicular

López et al. (2004) En un estudio con 267 vacas Holstein con un promedio de 50 días en leche, se evaluó la relación entre la producción de leche y la duración del estro. Las vacas de alta producción (≥ 39.5 kg/día) mostraron estros más cortos (6.2 h vs. 10.9 h; $P < 0.0001$), menos episodios de permanencia en pie ($P = 0.001$) y menos tiempo de reposo ($P = 0.007$) en comparación con las de baja producción (< 39.5 kg/día). Se encontró una correlación negativa significativa entre la producción de leche y la duración del estro ($r = -0.51$; $P < 0.0001$). Las vacas de alta producción presentaron mayor diámetro folicular ($P = 0.004$) pero menores niveles de estradiol ($P = 0.01$). El estudio sugiere que la alta producción de leche reduce la duración del estro al disminuir las concentraciones de estradiol (E2).

Moussavi et al. (2007), investigaron la actividad ovárica y las respuestas uterinas en vacas durante la fase inicial de la lactancia (5 a 50 días posparto) con suplementación de harina de pescado. Se monitoreó la dinámica del desarrollo folicular ovárico y las concentraciones plasmáticas de estradiol y progesterona. Todas las vacas presentaron una ola temprana de desarrollo folicular durante la segunda semana posparto. El tamaño del folículo previo a la ovulación sincronizada no fue influenciado por la dieta. Un pequeño número de vacas ovuló un folículo de la primera onda antes de los 23 días posparto. Además, las concentraciones plasmáticas de estradiol disminuyeron significativamente ($p < 0.001$).

Alfaro et al. (2020) estudiaron la dinámica folicular ovárica en ganado criollo, evaluando quince vacas en pastoreo durante las temporadas de lluvias y seca. Mediante ecografía, se encontró que la duración media del ciclo estral fue similar en ambas temporadas ($p > 0.05$). Se observaron ciclos con 2, 3 y 4 ondas foliculares,

siendo la mayoría de 3 ondas. El tamaño del folículo ovulatorio y del cuerpo lúteo no presentó diferencias significativas entre las estaciones. Las ovulaciones se distribuyeron equitativamente entre los ovarios derecho e izquierdo ($p > 0,05$). Estos resultados sugieren que el ganado criollo mantiene su ciclicidad incluso en condiciones climáticas adversas.

2.1.4. Antecedentes relacionados a la condición corporal

Angulo (2021) investigó la relación entre los niveles de condición corporal y la actividad ovárica en vacas con anestro posparto mediante ultrasonografía. En este estudio, se clasificaron 80 vacas de acuerdo a su condición corporal: 5 con grado 1, 41 con grado 2, 29 con grado 3 y 5 con grado 4. Los resultados mostraron que 40 vacas presentaron actividad ovárica, mientras que 37 mostraron acíclico patológico y 3 tenían quistes luteales. La mediana de relación del 0,52% entre los grados de condición corporal y la actividad ovárica sugiere la existencia de alteraciones reproductivas asociadas a la condición corporal.

Cabrera (2021) evaluó la influencia de la condición corporal (CC) en la tasa de concepción (TC) de vacas lecheras bajo crianza intensiva en un establo de Lima, analizando 1851 servicios. Las vacas fueron clasificadas en dos grupos: $CC < 3$ y $CC \geq 3$. Los resultados mostraron que las vacas con $CC \geq 3$ tuvieron una TC general y al primer servicio significativamente mayor ($p < 0.01$), mientras que la CC no influyó en la TC durante el segundo y tercer servicio ($p > 0.05$). En vacas multíparas, la CC afectó significativamente la TC al primer servicio ($p < 0.05$), pero no en vacas primíparas ($p > 0.05$). Esto indica que la CC al servicio influye en la TC en vacas lecheras bajo crianza intensiva.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Eficiencia reproductiva: Evaluación integral de indicadores y significado económico

A lo largo de la historia se ha planteado el concepto de eficiencia reproductiva, destacando entre algunos a González y Soto (2005), definiéndola como un estado óptimo de la expresión y desarrollo de las actividades fisiológicas de la reproducción, a partir del inicio de la vida genésica y de la ciclicidad que se manifiesta en la optimización de las producciones y en una economía favorable; de igual manera Macmillan et al., 2020, manifiesta que es un término utilizado para describir el conjunto de parámetros relacionados con el proceso reproductivo del ganado vacuno, que es difícil de precisar en términos específicos porque es el resultado de una serie de interacciones; por lo que la definición que destaca de manera reciente está dada por Horrach et al. (2020) donde la eficiencia reproductiva es la obtención de un ternero por vaca, dentro del período permisible para maximizar la rentabilidad, como expresión de la fertilidad de los progenitores, la intervención del hombre y la acción del ambiente.

2.2.1.1. Medición de la eficiencia reproductiva

La eficiencia reproductiva se mide generalmente utilizando indicadores como la tasa de concepción, tasa de supervivencia de crías o el intervalo entre partos. Estos indicadores proporcionan una visión de la capacidad de un sistema reproductivo para producir descendencia de manera efectiva (Franzoni y Zuliani, 2019; Lemaire y Narbaiz, 2022). Con un solo índice es difícil evaluar de forma objetiva la fertilidad y analizar las causas de una baja eficiencia reproductiva, posiblemente porque para su cálculo es necesario

previamente los resultados numéricos de los parámetros utilizados (Horrach et al., 2020) .

Para el logro de una buena eficiencia reproductiva requiere de acuerdo a lo manifestado por Lemaire Merif y Narbaiz Solsona (2022), entre otras cosas, de registros que permitan su análisis e interpretación para que los resultados sean confiables; los métodos de registro utilizados deben ser capaces de proporcionar a productores y técnicos información esencial para tomar decisiones de manejos adecuados, así como poder identificar rápidamente a los animales e indicar su estado reproductivo, por lo que esta información debe ser recopilada y utilizada. de manera apropiada.

2.2.1.2. Implicaciones económicas para la producción ganadera

La interpretación de la eficiencia reproductiva puede variar según el contexto específico y los indicadores utilizados (Lemaire y Narbaiz, 2022):

- Tasa de Concepción: Evaluar la capacidad del sistema reproductivo para lograr la concepción.
- Tasa de Supervivencia de Crías: Evaluar la habilidad del sistema reproductivo para producir crías que sobrevivan hasta cierta etapa.
- Intervalo Entre Partos: Analizar el tiempo que transcurre entre los partos como indicador de la eficiencia del sistema reproductivo.

Es fundamental adaptar las interpretaciones reproductivas y productivas al ganado lechero y al entorno específico, considerando que los índices de producción y

reproducción son herramientas clave para evaluar el rendimiento del hato. Estos indicadores son útiles para identificar áreas de mejora, establecer metas realistas, supervisar avances y detectar problemas en fases tempranas. Por ello, los registros precisos y completos de eventos reproductivos y productivos son esenciales para tomar decisiones informadas y asegurar la viabilidad económica de las unidades de producción animal. Un registro bien elaborado no solo ahorra tiempo, sino que también puede aplicarse a diversas áreas de la empresa. Sin embargo, un análisis detallado es inútil si los datos no reflejan con exactitud la realidad, por lo que es crucial combinar registros precisos con análisis certeros para obtener evaluaciones confiables (Olivera, 2001; Wattiaux, 2004).

2.2.2. Factores determinantes de la eficiencia reproductiva en ganado bovino

La eficiencia reproductiva en vacas está determinada por una combinación de factores interrelacionados. Algunos de los factores clave incluyen (Bustillo y Melo, 2020; D'Occchio et al., 2019):

2.2.2.1. Influencias externas: Impacto de condiciones ambientales y de manejo

Manejo Sanitario: La gestión de enfermedades reproductivas y el control de enfermedades en general son cruciales para la eficiencia reproductiva. Prácticas de manejo adecuados, como el monitoreo de celo y la atención a la salud del ganado impactan en la eficiencia reproductiva.

Ambiente: Condiciones ambientales, como temperatura y humedad, pueden afectar la expresión del celo y la tasa de concepción.

Manejo de la Inseminación Artificial: Estrategias de inseminación bien planificadas y ejecutadas contribuyen a una mayor eficiencia reproductiva.

Monitoreo del Ciclo Reproductivo: La identificación precisa del ciclo estral y el momento óptimo para la inseminación son fundamentales.

Manejo Postparto: Cuidados adecuados después del parto, incluida la gestión de la involución uterina, impactan en la prontitud para la siguiente concepción. Enfermedades uterinas y problemas de salud en general pueden afectar negativamente la concepción.

Manejo del Estrés: El estrés, ya sea debido al manejo, transporte u otras condiciones, puede afectar negativamente la eficiencia reproductiva.

2.2.2.2. Factores internos: Exploración genética y manejo nutricional

Estado Nutricional: Una nutrición adecuada es esencial para mantener la salud reproductiva y la condición corporal óptima de las vacas. La calidad y cantidad de la alimentación afectan directamente la salud reproductiva de las vacas.

Genética: La selección de animales con buenas características reproductivas influye directamente en la eficiencia reproductiva del establo.

Estos factores interactúan entre sí, y su manejo integrado es esencial para mejorar y mantener altos niveles de eficiencia reproductiva en un sistema de producción lechera.

2.2.3. Involución uterina: Proceso postparto y restauración reproductiva

2.2.3.1. Descripción de la involución uterina y su proceso

La Involución Uterina (IU) constituye el proceso fisiológico mediante el cual el útero restaura sus dimensiones normales tras la actividad reproductiva; diversos factores, como la nutrición, la raza, las enfermedades metabólicas, el parto y las condiciones ambientales, tienen la capacidad de retardar este proceso (Lin et al., 2021).

Cerca del 90% de las vacas experimentan infecciones uterinas en los primeros 14 días postparto, y la existencia de toxinas bacterianas propician la liberación de PGF_{2α} desde el útero, elevando el tono uterino y favoreciendo su involución (Domínguez et al., 2008a). Tras el parto, es imperativo que el útero regrese a su estado normal, en donde la liberación de oxitocina facilita la contracción y retracción uterina (Domínguez et al., 2008a; Ruiz et al., 2017a). Se estima que la involución uterina debería concluir entre los 40 y 50 días posteriores al parto; tras este periodo, se anticipa la posibilidad de palpar un útero en condiciones normales durante la palpación rectal; este método de palpación rectal se revela útil para identificar posibles retrasos en la involución uterina, evidenciados por cuernos engrosados entre los días 39 y 49 después del parto (Ruiz et al., 2017b).

2.2.3.2. Conexiones con la eficiencia reproductiva: Papel fundamental en la preparación para el próximo ciclo

La relación entre la involución uterina y la eficiencia reproductiva es crucial para preparar a las vacas para su próximo ciclo reproductivo. Ambos procesos están interconectados y son esenciales para un rendimiento reproductivo óptimo. La involución uterina permite la recuperación fisiológica del útero

después del parto, facilitando la implantación del embrión en el siguiente ciclo. La reducción del tamaño uterino y la restauración de la morfología normal son factores clave para la concepción exitosa. El monitoreo de la involución uterina, mediante palpación rectal o ultrasonografía, no solo evalúa la recuperación del útero, sino que también ayuda a detectar problemas reproductivos como infecciones o retención de placenta. Estos métodos son fundamentales para asegurar la salud reproductiva del ganado (Ruiz et al., 2017a).

2.2.4. Dinámica de la reactivación ovárica: Foliculogénesis y desarrollo de ondas foliculares

2.2.4.1. Foliculogénesis: Detalles del desarrollo de los folículos ováricos

La foliculogénesis, esencial para la maduración de los ovocitos y la función reproductiva, abarca diversas etapas desde la formación de las células germinales primordiales (CGP) hasta la maduración de los folículos antrales en bovinos; inicia con las CGP en el saco vitelino, donde se originan a partir de células no alineadas del epiblasto durante la gastrulación, posteriormente, migran hacia los pliegues gonadales a través del saco vitelino y el endodermo del intestino caudal, colonizan las gónadas y se diferencian en ovogonias (Filipiak et al., 2016).

La meiosis en las vacas lecheras comienza entre los 75-80 días de gestación, seguida de una proliferación de ovogonias hasta los 150 días. Las ovogonias entran en dictioteno, y los folículos primordiales emergen a través del ensamblaje folicular, desarrollándose hasta convertirse en folículos antrales. Los folículos de Graaf, o antrales grandes, presentan una cavidad

completamente desarrollada, con el folículo dominante promoviendo la atresia de los subordinados. El crecimiento folicular ocurre en ondas, y el folículo dominante alcanza un gran tamaño antes de la ovulación. El número de folículos primordiales disminuye con la edad, lo que es clave para comprender la función reproductiva y la reserva ovárica en las vacas lecheras (Abramovich et al., 2014).

2.2.4.2. Foliculogénesis y su relación con la hormona de crecimiento (GH)

La función ovárica en bovinos es controlada por mecanismos intraováricos y señales endócrinas que coordinan el reclutamiento, selección y crecimiento folicular. Las gonadotropinas juegan un papel clave en el crecimiento y diferenciación folicular, especialmente en las etapas finales de maduración, mientras que la hormona del crecimiento modula la esteroidogénesis, foliculogénesis y maduración de los ovocitos. Comprender estos mecanismos intraováricos es esencial para desarrollar nuevas estrategias que permitan manipular la función ovárica y mejorar la fertilidad en los rodeos lecheros. (Leiva et al., 2021).

La foliculogénesis es esencial en el desarrollo de los folículos ováricos, y la hormona del crecimiento (GH) juega un papel clave en las primeras etapas, promoviendo el reclutamiento y supervivencia de los folículos primordiales. Junto con IGF1 y la hormona anti-mülleriana, la GH activa los folículos primordiales para su desarrollo en folículos antrales. En etapas avanzadas, la GH e IGF1 actúan sinéricamente con las gonadotropinas (FSH y LH) para estimular la proliferación de células de la granulosa y la teca. En bovinos, la GH favorece el crecimiento folicular, afectando el ciclo estral. Su receptor en

las células de la granulosa es crucial para la ovulación, y la GH mejora la maduración del ovocito, reduce la apoptosis y estimula la expansión de células del cumulus, beneficiando la fertilidad (Modina et al., 2007; Rhoads et al., 2008; Zulu et al., 2002).

2.2.4.3. Ondas foliculares: Impacto en la dinámica reproductiva y ciclo ovárico

La investigación sobre la dinámica folicular se inició en la mitad del siglo XX, pero ha experimentado avances significativos en las últimas tres décadas gracias a la utilización de herramientas que permiten un examen continuo y no invasivo. Estos avances han posibilitado la observación en tiempo real de los cambios en los ovarios mediante el uso de la ultrasonografía, incluso durante el periodo de gestación (Bonato et al., 2022).

El monitoreo de la dinámica folicular mediante ultrasonografía en bovinos ha revelado la presencia de dos o tres ondas foliculares por ciclo. Este avance ha permitido estudios más precisos sobre la relación entre la hormona folículo estimulante (FSH) y la aparición de las ondas foliculares, utilizando técnicas como la ablación del folículo dominante. En vacas sin signos evidentes de celo, pero con un cuerpo lúteo detectable, se ha administrado PGF_{2α} para inducir el celo. Tras el tratamiento con PGF_{2α}, el 55% de las vacas con cuerpo lúteo identificado mostraron signos de celo dentro de seis días (Barrón et al., 2023; Bonato et al., 2022)..

La ultrasonografía ha permitido observar alteraciones en estructuras foliculares y lúteas, y medir las concentraciones de estradiol y progesterona en vacas Hereford x Angus durante el anestro posparto. Este monitoreo

facilitó el seguimiento del tamaño folicular, la ovulación, y la formación y regresión del cuerpo lúteo. El intervalo desde el parto hasta la primera ovulación fue de 82 días, identificándose diferentes patrones de crecimiento folicular antes de la primera y segunda ovulación posparto. La primera ovulación ocurrió con un folículo de tamaño similar al de la segunda. Estos estudios destacan la importancia de la ultrasonografía para examinar la dinámica folicular y sus variaciones (Ayala et al., 2019).

La dinámica folicular es el proceso de crecimiento y regresión continuos de los folículos antrales, que lleva al desarrollo del folículo preovulatorio. Este fenómeno se conoce como foliculogénesis y se caracteriza por el crecimiento de estas estructuras en oleadas o grupos en el ovario. Durante este proceso, las respuestas autocrinas y paracrinas de los péptidos derivados de las células foliculares desempeñan un papel crucial al estimular e inhibir el crecimiento y la diferenciación de los folículos. A lo largo de un ciclo estral, es posible que ocurran una o varias de estas oleadas. (Lucy et al., 1993).

2.2.4.3.1. Fases de la dinámica folicular

Hay dos categorías de folículos ováricos: a) aquellos que no están experimentando crecimiento, que incluyen los folículos primordiales, y b) aquellos en fase de crecimiento folicular, que comprenden los folículos primarios, secundarios y terciarios (Kanitz et al., 2001). A lo largo de toda la vida reproductiva, los folículos primordiales ingresan a la fase de crecimiento. Aquellos folículos primordiales que inician esta transición experimentan un cambio hacia la fase de folículos primarios. Durante este proceso, los ovocitos aumentan de tamaño y las células de la granulosa que

los rodean, originalmente pre-escamosas, adoptan una forma cuboidal y se multiplican para formar una capa de células cúbicas alrededor del ovocito en crecimiento (Fortune et al., 2004). En esta etapa, el folículo es denominado como folículo primario. Aunque los mecanismos que desencadenan el crecimiento folicular en esta fase no se comprenden completamente, se ha sugerido la posible participación de gonadotropinas y factores de crecimiento (Webb et al., 1999).

La mayoría de los ciclos estrales en vacas presentan de 2 a 3 oleadas foliculares. (Noseir, 2003) informa que el 71,4% de las vacas presentaban 3 oleadas de desarrollo folicular. La duración promedio de los intervalos Inter ovulatorios en vacas con 2 oleadas fue de $19,8 \pm 0,6$ días, significativamente más corta ($p \leq 0,05$) en comparación con las vacas que tenían 3 oleadas foliculares, con una duración de $22,5 \pm 0,8$ días. Los andrógenos desempeñan un papel crucial en el crecimiento folicular y la función ovárica al determinar el número de folículos reclutados. Se observa que la concentración de testosterona circulante es más elevada en vacas con una mayor población folicular, mientras que es notablemente baja en vacas con una población folicular inferior (Mossa et al., 2010)

El crecimiento y la atresia folicular están relacionados con cambios en la expresión de ARNm de receptores de gonadotropina, enzimas esteroidogénicas, factores de crecimiento (IGF-I y II) y sus proteínas de unión (IGFBP). A medida que progresá el desarrollo folicular, la expresión de ARNm de receptores de gonadotropina, enzimas androgénicas y la proteína StAR aumenta, alcanzando su máximo en folículos dominantes. En folículos en atresia, la expresión de ARNm disminuye rápidamente. La

selección de los folículos dominantes está vinculada a la expresión de ARNm de los receptores de LH en las células de la granulosa, lo que sugiere que los cambios en la expresión génica son fundamentales en el reclutamiento, selección, dominancia y atresia de los folículos ováricos (Bao y Garverick, 1998).

A. Reclutamiento de folículos primarios

El Reclutamiento Folicular es el proceso en el que los folículos ingresan a un grupo de crecimiento y participan en las oleadas foliculares. En cada oleada, un grupo de folículos primordiales es reclutado y crece continuamente, impulsado por el aumento de las concentraciones de FSH, lo cual es crucial para iniciar la oleada folicular. Al inicio del ciclo estral, se reclutan folículos antrales pequeños (2 a 4 mm), y este reclutamiento no ocurre de manera aleatoria, sugiriendo que los folículos seleccionados ya han recibido señales que les permiten crecer y desarrollarse en lugar de sufrir regresión (Webb *et al.*, 2003; Adams *et al.*, 1992; Sunderland *et al.*, 1994; Fricke *et al.*, 1997; Fortune *et al.*, 1991 citados por (Mercado, 2015)).

El mecanismo que regula el reclutamiento de estos folículos más pequeños y determina cuáles serán reclutados aún no se comprende completamente. No obstante, investigaciones sugieren que hay un aumento leve de FSH en la circulación sanguínea (Fortune *et al.*, 1991).

Xu et al. (1995) propusieron que las variaciones en la expresión de ARNm de los receptores de FSH y LH podrían ser cruciales para el reclutamiento de un conjunto de folículos, así como para la selección y atresia del folículo dominante en bovinos. No obstante, se observa que el nivel de ARNm de los receptores de FSH en folículos saludables no guarda correlación ni con el tamaño del folículo ni con las alteraciones en el nivel de ARNm del receptor de FSH durante la primera oleada folicular.

En la última década, se han propuesto dos conceptos respecto al reclutamiento folicular: el reclutamiento inicial y el reclutamiento cíclico. Se argumenta que el reclutamiento inicial se debe a la ausencia de ciertos factores inhibidores que mantenían a los folículos en un estado latente. Este proceso se visualiza como un fenómeno continuo, iniciándose poco después de la formación del folículo y mucho antes de la pubertad (McGee y Hsueh, 2000). Inmediatamente después de la formación del folículo, algunos de ellos abandonan la reserva y comienzan su desarrollo. A este proceso se le denomina activación folicular (Fortune et al., 2004). Una vez que un folículo abandona esta reserva, continúa su crecimiento hasta alcanzar la ovulación o experimentar degeneración. (Hafez, 2002).

El reclutamiento cíclico comienza después de la pubertad y surge debido al aumento de los niveles de FSH en la corriente sanguínea durante cada ciclo ovárico, rescatando así a un conjunto de folículos antrales de la atresia (McGee y Hsueh, 2000). Antes de la aparición del antro, el ovocito no puede experimentar un crecimiento más allá

de la etapa de diploteno de la primera división meiótica (Eppig, 2001).

B. Selección de folículos ováricos

Se da al final de la fase común de crecimiento (Ginther et al., 2001).

Este proceso de selección implica que la cantidad de folículos en crecimiento se ajusta al número específico de ovulaciones característico de la especie. Después del reclutamiento, un número decreciente de folículos continúa su crecimiento, y finalmente, se elige un folículo para convertirse en dominante. Mientras tanto, los demás folículos reclutados permanecen estáticos y experimentan apoptosis a través de la atresia (Fortune et al., 1991).

Los procesos de selección ocurren debido a la disminución de las concentraciones de FSH y tienen una duración de 2 a 3 días. Se ha informado que los folículos con un tamaño ≤ 3 mm carecen de la capacidad de crecimiento cuando la FSH disminuye drásticamente, en comparación con los folículos de tamaño ≥ 5 mm. Además, se ha demostrado que la inhibina desempeña un papel significativo en la regulación negativa de la secreción de FSH durante la fase luteal temprana, período en el cual las concentraciones de estradiol y progesterona suelen ser elevadas (Kaneko et al., 1997).

Al iniciar la desviación folicular, la inhibina actúa como el principal supresor de FSH. Simultáneamente, las emisiones de estradiol aumentan en la corriente sanguínea, y se ha implicado que el estradiol liberado contribuye a la continua supresión de las

concentraciones de FSH, especialmente por debajo de lo necesario para los folículos más pequeños, aunque no afecta al folículo más grande (Ginther et al., 2001)

Otros investigadores argumentan que el desarrollo folicular persiste hasta alcanzar una etapa denominada desviación, según Kulick et al. (1999) se informó que la desviación se produce cuando los dos folículos más grandes tienen diámetros de 8.3 ± 0.2 mm y 7.8 ± 0.2 mm. Este evento fue observado aproximadamente 61.0 ± 3.7 horas después de la aparición de la onda folicular. Se obtuvieron resultados similares en cuanto al diámetro y el tiempo asociado con la desviación. fueron reportados por Ginther et al, (2001).

C. Dominancia del folículo ovárico

El folículo elegido demuestra una mayor capacidad para producir estradiol en las vacas. En las hembras bovinas, los niveles de estradiol comienzan a aumentar en la circulación durante el inicio de la desviación (Kulick et al., 1999), lo que ocasiona el descenso de la FSH (Ginther et al., 2001). En cada oleada folicular, el folículo dominante adquiere receptores para la hormona luteinizante (LH) y sigue creciendo, mientras que los folículos subordinados, que aún dependen de la hormona foliculoestimulante (FSH), entran en atresia. El folículo dominante, que inicialmente dependía de la FSH para su desarrollo folicular después de la desviación, cambia su dependencia a la LH para proseguir con su crecimiento y para la síntesis de estradiol y, posteriormente, de progesterona (Ginther et

al., 2001). El folículo preovulatorio seleccionado exhibe una mayor cantidad de receptores para la hormona luteinizante (LH), y estos receptores aumentan significativamente antes de que el folículo dominante alcance el tamaño de ovulación (15 mm-23 mm). Los folículos que adquieren la capacidad ovulatoria, alrededor de los 10 mm, lo hacen aproximadamente 1 día después de iniciar la desviación folicular. Sin embargo, necesitan una dosis mayor de LH para inducir la ovulación en comparación con los folículos más grandes (Sartori y Barros, 2011).

2.2.4.3.2. Funciones de las inhibinas en la dinámica folicular

La fertilidad en mamíferos es regulada por la producción hipotalámica de GnRH, que controla la liberación de FSH y LH en la glándula pituitaria. Esta liberación es influenciada por factores hipotalámicos, gonadales y de la pituitaria. La activina y la inhibina, presentes tanto en las gónadas como en la pituitaria, tienen efectos opuestos: la activina estimula y la inhibina inhibe la síntesis y liberación de gonadotropinas (Fafioffe et al., 2004).

El crecimiento de los folículos primordiales y su desarrollo hacia la dependencia de FSH en los folículos preantrales ocurre de manera independiente a las gonadotropinas, probablemente mediante regulación paracrina y autocrina. En etapas posteriores, las gonadotropinas interactúan con reguladores locales, como ciertos péptidos, que afectan todas las fases de la foliculogénesis, incluida la ovulación. Factores como activinas, inhibinas y folistatinas, que son esenciales para funciones

reproductivas y no reproductivas, están interrelacionados y su producción es estimulada por las gonadotropinas pituitarias (Cruz, 2005).

A. Activina

La activina, producida por las células de la granulosa, se compone de dímeros de la subunidad β , formando activina A, AB o B. Sus receptores se dividen en tipo I (actRI) y tipo II (actRII), y la activina se une con alta afinidad a actRI solo en presencia de actRII, cuya actividad depende de un complejo con actRI. La activina regula de manera autocrina y paracrina la diferenciación de las células de la granulosa, con efectos que varían según la madurez folicular. En presencia de FSH, la activina aumenta la actividad de la aromatasa y la producción de estradiol, además de estimular la producción de inhibina, acción que es bloqueada por la folistatina (Findlay, 1993; Halvorson y DeCherney, 1996).

B. Inhibina

En las células de la granulosa del folículo se sintetiza la hormona inhibina, cuya producción es regulada endocrinamente. La inhibina se libera en el torrente sanguíneo y actúa sobre células objetivo a distancia, como FSH y LH, y de manera paracrina y autocrina, como el factor de crecimiento epidérmico, la androstenediona, el factor de crecimiento similar a la insulina-1, la activina y la folistatina. La inhibina consiste en una subunidad α de 18 kilodaltons, unida por un puente disulfuro a una de las dos subunidades β de 14 kilodaltons, formando inhibina A ($\alpha\text{-}\beta\text{A}$) o inhibina B ($\alpha\text{-}\beta\text{B}$) (Halvorson y DeCherney, 1996).

La activina puede atenuar el efecto estimulador de la LH sobre la producción de andrógenos. La inhibina ejerce un efecto paracrino en el folículo ovárico, especialmente en las células de la teca, y también actúa como una hormona endocrina periférica que regula la secreción de FSH, influyendo en la foliculogénesis a través del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios. La inhibina bloquea la producción de FSH en algunos gonadotropos, reduce el número de receptores GnRH en gonadotropos productores de FSH e induce receptores GnRH para LH en otros (Phillips, 2005).

C. Folistatina

Las células de la granulosa son la principal fuente de folistatina, cuya producción es controlada por FSH y activina, pero no por LH. La folistatina reduce la actividad de la aromatasa y la producción de inhibina, en contraste con los efectos de la activina. Además, la folistatina incrementa la producción de progesterona inducida por FSH. (Findlay, 1993). Polipéptido glicosilado organizado en tres dominios homogéneos en más del 50% (Halvorson y DeCherney, 1996; Phillips, 2005). La folistatina regula la inhibina y la activina al unirse a su subunidad β . Bloquea la influencia estimulante de la activina en la producción y liberación de FSH. En general, se cree que la folistatina impide la acción de la activina e inhibina al evitar su interacción con los receptores correspondientes (Halvorson y DeCherney, 1996).

2.2.4.3.3. Función del cuerpo lúteo en la vaca

El cuerpo lúteo es una glándula endocrina que se forma a partir de la pared del folículo ovulado y experimenta un aumento progresivo en la producción de progesterona en los días que siguen (Acosta y Miyamoto, 2004), cuya función principal consiste en la síntesis y liberación de progesterona (P4), fundamental para el sustento del embarazo, ya que el desarrollo embrionario se encuentra estrechamente vinculado al entorno de progesterona materna (Inskeep, 2004; Mann y Lamming, 2001). Además, desempeña una función crucial en la regulación del ciclo estral, el cual está determinado por la duración de la liberación de progesterona (P4). Esta liberación, a su vez, es controlada por las secreciones de la glándula pituitaria anterior, el útero, los ovarios, el embrión y la placenta, mediante mecanismos luteotrópicos y luteolíticos (Hinckley et al., 1996).

La progesterona (P4) tiene la capacidad de cambiar la frecuencia y amplitud del pulso de la hormona luteinizante (LH), alargando el lapso entre los episodios de liberación de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH). Además, la P4 puede influir en la respuesta de la glándula pituitaria al GnRH. La relación entre la progesterona y el desarrollo del embrión se establece mediante los efectos de la P4 en el entorno uterino (Mann y Lamming, 2001), debido a que la progesterona (P4) ejerce un efecto inhibitorio sobre la expresión de los genes receptores de oxitocina durante las fases temprana y media del ciclo estral (Robinson *et al.*, 1999).

La población de células del cuerpo lúteo (CL) es heterogénea en tamaño y capacidad esteroidogénica, incluyendo células grandes y pequeñas. Se ha sugerido que las células pequeñas derivan de las células de la teca y las grandes de las células de la granulosa, aunque también se plantea que las células grandes pueden provenir de la transformación de las pequeñas, regulada por LH. Las células grandes secretan 20 veces más progesterona (P4) que las pequeñas, pero estas últimas son seis veces más sensibles a LH. En ovinos, las células grandes del CL, que poseen receptores de PGF_{2α} y PGE2, controlan la luteólisis. La secreción de P4 puede ocurrir por difusión, y en ovejas, existe una correlación entre la exocitosis de gránulos luteales y la secreción de P4. PGF_{2α} y oxitocina podrían estar envueltas en un ciclo de retroalimentación positiva para asegurar la regresión luteal (Tysseling et al., 1998).

Durante la mayor parte del ciclo estral, el estradiol y la P4 restringen la secreción de GnRH a través de una retroalimentación negativa. Sin embargo, durante el proestro, estas dos hormonas esteroideas ejercen una retroalimentación positiva sobre las neuronas de GnRH y los gonadotropos de la pituitaria. Sobresale entre estos cambios la secreción masiva de LH (Smith y Jennes, 2001).

2.2.5. Progesterona

2.2.5.1. Producción de progesterona: Mecanismos y regulación

La progesterona (P4) es una hormona esteroide secretada por el cuerpo lúteo (CL) y por la placenta que tiene papel fundamental en los eventos

reproductivos y establecimiento, y mantenimiento de la gestación (Bartolomé, 2009).

La síntesis de progesterona en el cuerpo lúteo (CL) comienza con la entrada de colesterol en forma de lipoproteínas de bajo (LDL) y alto (HDL) peso molecular. Las LDL se internalizan mediante endocitosis, liberando colesterol, que se almacena como ésteres. Las hormonas luteotrópicas activan la proteína kinasa A (PKA), que libera el colesterol almacenado. Este colesterol es transportado a las mitocondrias por la proteína StAR, donde es transformado en pregnenolona y luego en progesterona por la enzima 3BHSD. La progesterona se libera por difusión y su almacenamiento es limitado. La actividad del CL es regulada por niveles pulsátiles de LH, que posteriormente se mantienen en niveles basales (Orizaba Chávez et al., 2013).

La curva típica de progesterona en un celo estral normal tiene como punto de partida un promedio de 0.35 ng / ml; 12.69 ng / ml en el punto más alto; y 7.16 ng / mL al final de la curva medido por la prueba de electro quimioluminiscencia eficaz por su especificidad y sensibilidad, lo que nos permite tener confianza en sus resultados, por lo que, los niveles séricos de progesterona son consistentes con la fisiología reproductiva normal y están directamente relacionados a la presencia del cuerpo lúteo (Guagalango Amaña, 2020).

2.2.5.2. Progesterona y eficiencia reproductiva en los indicadores reproductivos

La elevada concentración de progesterona circulante en protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo mejora la tasa de concepción de vacas de

leche (Chebel et al., 2010; Stevenson et al., 2006). Investigaciones que observaron la baja concentración de progesterona presentan una tasa de concepción baja (37,1%) a los 30 días de gestación sobre la fertilidad durante un programa de inseminación a tiempo fijo (IATF) usando el protocolo Doble Ovsynch, mientras que una concentración elevada de progesterona denota un 51,0%, indicando que el aumento de P4 en el protocolo de IATF puede proporcionar una mejora substancial de la fertilidad. Lima *et al.*, (2010), citado por Ferreira De Souza, 2016, menciona que comparando protocolos de IATF (Ovsynch vs P4+E2) en vacas de leche de alta producción observó un incremento substancial en la tasa de preñez (27.5% vs 40.8%) de las vacas tratadas con implante de P4.

2.2.6. Parámetros reproductivos

El entendimiento de los parámetros reproductivos, su evaluación e interpretación, así como la toma de decisiones basada en la información recopilada, son aspectos que ganan creciente relevancia en las operaciones de producción lechera (Ortiz Salazar et al., 2005). Lograr resultados favorables en los indicadores reproductivos de los rebaños bovinos representa una de las metas esenciales que cada ganadero debe buscar. Esto se debe a la considerable influencia que estos parámetros ejercen sobre el rendimiento productivo y, por consiguiente, el aspecto económico de su empresa ganadera (González, 2001). Entre los parámetros más importantes tenemos:

A. Intervalo parto-celo

El periodo que transcurre desde el parto hasta la detección del primer celo después del parto es denominado como el intervalo parto-celo

(Díaz, 2021). Este intervalo no solo se considera como un indicador clave para determinar el reinicio de la ciclicidad posparto, sino también como una medida indirecta de la eficacia en la identificación de celos previos al servicio; aunque muchas vacas experimentan el primer celo entre 20 y 40 días después del parto, en ocasiones, la detección de celos tempranos puede no registrarse, afectando los cálculos; cuando la media del intervalo parto-celo se acerca al periodo de espera voluntario establecido (± 15 días), es probable que la intensidad en la detección de celos sea adecuada, por el contrario, si la media es más prolongada, el intervalo parto-celo será reducido o que el periodo de espera voluntario actual no sea el adecuado (Solórzano Calderón & Benítez Dueñas, 2021). Se recomienda que el intervalo parto-celo sea inferior a 45 días, con variaciones entre 22 y 55 días en operaciones mejoradas, aunque puede extenderse a 150 días o más en rebaños más tradicionales (González, 2001).

El intervalo parto-celo se calcula de la siguiente formula:

$$IPE = \frac{\text{Suma de los días entre el parto y primer celo observado en todas las vacas que han mostrado celo en un periodo determinado}}{\text{Número total de las vacas en celo por primera vez en ese periodo}}$$

B. Intervalo parto concepción

Al registrar dos partos consecutivos de una vaca, se determina el intervalo parto a concepción mediante la sustracción de 280 días, que representa la duración estimada de la gestación, al día del último parto, luego, se realiza otra sustracción entre la fecha de concepción y la fecha

del parto anterior para obtener el valor del parámetro; este índice reproductivo guarda una estrecha relación con el intervalo entre partos, ya que se encuentra en medio de este periodo y está influenciado por las variaciones en la duración de la gestación; un intervalo prolongado entre el parto y la próxima concepción puede ser el resultado negativo de una edad al primer parto tardía o de la manifestación inicial del primer celo en una etapa avanzada, lo que impacta negativamente en la rentabilidad de la explotación ganadera (Solórzano Calderón y Benítez, 2021).

El intervalo parto-concepción se calcula de la siguiente formula:

$$\text{IPC} = \frac{\text{Suma total de intervalos entre parto y concepción (días) en vacas preñadas}}{\text{Número de vacas preñadas}}$$

C. Tasa de concepción

La tasa de concepción (TC) se representa como un porcentaje de las vacas que lograron quedar gestantes después de una o más cubriciones o inseminaciones, y se calcula a partir de la proporción entre el número total de vacas gestantes y el número total de vacas inseminadas, tanto gestantes como no gestantes, durante un periodo específico; la TC también puede interpretarse como la velocidad a la que las vacas logran preñarse y constituye el indicador más objetivo para evaluar la reproducción en su conjunto, esta métrica inicial refleja de manera integral la eficiencia del sistema reproductivo en su conjunto, siendo

los valores de referencia para vacas de >55% y para novillas de >60% (González Stagnaro, 2001; Ramos Coaguila, 2023).

La tasa de concepción se calcula de la siguiente formula:

$$TC = \frac{N^{\circ} \text{ de vacas preñadas}}{N^{\circ} \text{ de vacas inseminadas}} \times 100$$

D. Tasa de preñez a los 100 días

Es un excelente indicativo de ciclicidad, eficiencia de detección de celo, fertilidad y fecundidad pues nos expresa una temprana reanudación y detección de la actividad cíclica y una buena tasa de preñez, además de propiciar un intervalo entre partos de un año; intervalos menores de 50-60 días se acompañan habitualmente de menor fertilidad al primer servicio y una elevada frecuencia de vacas con 3 o más servicios.

La tasa de preñez a los 100 días se calcula de la siguiente formula:

$$TP_{100} = \frac{N^{\circ} \text{ de vacas preñadas 100d después de haber parido}}{N^{\circ} \text{ de vacas paridas en un periodo de 100d posparto}} \times 100$$

2.2.7. Condición corporal como indicador de salud reproductiva y nutricional

2.2.7.1. Definición y método de medición de la condición corporal

La condición corporal (CC) es una evaluación subjetiva que se realiza visualmente y mediante la palpación para determinar la cantidad de grasa subcutánea presente en una vaca; se asigna un valor según la observación y

palpación de puntos anatómicos, utilizando una escala de 1 a 5 con incrementos de 0,25; en esta escala, 1 indica una vaca muy delgada, mientras que 5 representa una vaca con un nivel elevado de grasa (Saborío Montero y Sánchez, 2014).

La condición corporal se evalúa según una escala adoptado por Guzmán, 2017, y Narváez J., 2003, citado por Guachagmira, (2019), que abarca cinco niveles distintos: en el nivel 1, hay una cavidad profunda alrededor de la base de la cola, con huesos de la pelvis y costillas muy palpables, y el lomo está hundido. En el nivel 2, la concavidad es menos pronunciada y hay algo de grasa sobre los huesos, que aún son palpables. En el nivel 3, no hay cavidad y una capa de grasa cubre la pelvis y costillas, palpables con presión moderada. En el nivel 4, se observan pliegues de grasa alrededor de la cola y los huesos de la cadera, con una piel suave por la capa gruesa de grasa. En el nivel 5, la base de la cola y las costillas están completamente cubiertas de grasa, y los huesos no son palpables, incluso con presión firme. Estos niveles permiten una evaluación detallada del estado corporal del ganado.

2.2.7.2. Vínculos con la eficiencia reproductiva: Evaluación de su importancia y aplicaciones prácticas

De acuerdo con Saborio Montero y Sánchez, (2013), cuando las vacas presentan una condición corporal extrema, ya sea alta o baja (menor a 3,00 o mayor a 4,00) en el momento del parto, se vuelven susceptibles a trastornos metabólicos y enfermedades infecciosas, esto se manifiesta a través de partos distócicos y tasas de concepción reducidas posteriormente; en el caso de las vacas delgadas, pueden carecer de reservas para la producción de leche y con

frecuencia no logran concebir en el período técnicamente deseado, lo que conlleva a un aumento en los requisitos energéticos durante el inicio de la lactancia.

La variabilidad en la condición corporal de un animal, tanto a nivel individual como del hato, es clave para la toma de decisiones en la gestión ganadera. Esta condición determina la cantidad y tipo de suplemento necesario durante la lactancia. Las vacas pueden movilizar sus reservas corporales sin comprometer su rendimiento reproductivo. La condición corporal es un indicador más fiable del estado nutricional que el peso corporal, ya que el peso puede verse influenciado por la fase de gestación y el contenido gastrointestinal. Por ello, la evaluación de la condición corporal es fundamental para orientar las decisiones de manejo en la finca (López, 2006).

2.2.8. Manejo posparto en vacas

Durante el puerperio, el útero experimenta cambios fisiológicos y estructurales debido al embarazo. Estos incluyen la restauración del cuello uterino, la reducción del volumen uterino, la reparación del endometrio, la eliminación de loquios y el reinicio de la ciclicidad ovárica. Las contracciones del miometrio, la eliminación de infecciones y la regeneración del endometrio juegan un papel clave en este proceso. Los cambios alcanzan su punto máximo alrededor de la cuarta o quinta semana y concluyen a los 45 días posteriores al parto (Hafez, 2002).

La gestión reproductiva se fundamenta en planes de partos y servicios (Durán, 1996) así como en la pronta restauración de la actividad ovárica normal después del parto, lo cual es crucial para optimizar la eficiencia reproductiva.

Esto consiste en alcanzar al menos una ovulación seguida de un ciclo estral de duración habitual, además de garantizar un alto porcentaje de animales inseminados y preñados en los primeros 21 días desde el comienzo del periodo de servicios (Cavestany, Galina y Viñoles, 2001).

La evaluación de la progesterona posibilita identificar el reinicio de la actividad ovárica posparto (AOPP) y analizar sus características, siendo este proceso crucial, dado que patrones irregulares de progesterona están vinculados a tasas reducidas de concepción (Bulman y Lamming, 1978). Investigaciones anteriores acerca de las particularidades del reinicio de la actividad ovárica posparto revelan que el 94% de las vacas inicia sactividad cíclica alrededor del dia 60 días pos parto (DPP). Las fases iniciales de liberación de progesterona son de corta duración, y el primer ciclo exhibe una variabilidad en su duración más pronunciada en comparación con los ciclos que le siguen (Bloomfield et al., 1986). En investigaciones adicionales que compararon la correlación entre ovulaciones y síntomas de celo en el posparto, se observó que un 42% de estas ovulaciones no presentaban signos evidentes de celo (Schopper et al., 1993), con la ayuda de la ultrasonografía (US) (Pierson y Ginther, 1984) y se ha evaluado la efectividad de esta técnica en comparación con el examen mediante palpación rectal (Pieterse et al., 1990) y la evaluación de la progesterona (Ribadu et al., 1994). Considerando que el manejo posparto en vacas implica una serie de factores interrelacionados, los que se detallan a continuación:

2.2.8.1. Alimentación

Un eficaz programa de manejo reproductivo debe basarse en la nutrición, considerando que no hay nutrientes específicos para la reproducción. Por lo tanto, resulta complicado identificar funciones particulares y los mecanismos nutricionales que influyan en la fisiología reproductiva (Roche y Diskin, 2005). La vaca después del parto necesita adaptar su ingesta, la priorización de nutrientes y su actividad metabólica para cubrir las demandas de la glándula mamaria, las cuales necesitan 2 veces más en relación a los requisitos de los otros sistemas corporales combinados. (Nielsen & Riis, 1993), de esta manera, se evidencia el riesgo metabólico al cual se encuentra susceptible la vaca después del parto y la importancia de una nutrición apropiada para enfrentar de manera efectiva este desafío.

Las vacas lecheras de alto rendimiento experimentan un período de balance energético negativo (BEN) después del parto, durante el cual se regula movilizando la grasa almacenada. La intensidad del BEN estará influenciada por el potencial genético de producción, las reservas corporales existentes y la composición de la dieta proporcionada. Existe un riesgo significativo de desarrollar cetosis en este contexto, la cual se asocia con una mayor probabilidad de padecer enfermedades puerperales (Ingvartsen y Andersen, 2000).

Manejo de la vaca en anestro

Mejorar la alimentación antes y después del parto puede acelerar el reinicio de la ciclicidad posparto y facilitar ovulaciones tempranas, aunque no resuelve completamente el problema del anestro. Las vacas Holstein, por su

genética, priorizan la producción de leche sobre la recuperación corporal y la actividad reproductiva. A corto plazo, el manejo reproductivo, como el uso de progesterona para tratar el anestro, la sincronización de celos, la detección temprana de gestación y la resincronización de vacas vacías, podría ofrecer soluciones más efectivas para este desafío (Diskin et al., 2002).

Mejorar la alimentación en vacas Holstein antes y después del parto acelera el reinicio de la ciclicidad posparto y facilita ovulaciones tempranas, pero no resuelve completamente el anestro, ya que la genética de estas vacas prioriza la producción de leche sobre la recuperación corporal y reproductiva. Tácticas como el uso de progesterona, la sincronización de celos o la detección temprana de gestación pueden ser más efectivas a corto plazo. Dada la restricción en el uso de hormonas, se buscan alternativas para mantener la eficiencia reproductiva. Diversos estudios han clasificado el anestro posparto en cuatro tipos. El tipo I, causado por subnutrición severa, presenta ondas foliculares sin desviación. El tipo II muestra desviación y crecimiento folicular seguido de atresia, debido a bajos niveles de estrógenos. El tipo III se caracteriza por un folículo dominante persistente que no ovula, asociado a insensibilidad a estrógenos o disfunción hormonal. El tipo IV ocurre por una fase luteal prolongada sin folículo dominante, lo que genera una secreción anormal de prostaglandina F_{2α}, vinculada a infecciones uterinas (Peter *et al.*, 2009; citado por Cavestany y Nava, 2010).

El comportamiento fisiológico del anestro posparto sugiere estrategias de tratamiento para aumentar la frecuencia de pulsos de hormona luteinizante (LH) y permitir que los folículos maduren. Estas estrategias incluyen el uso de progesterona para estimular el sistema hipotálamo-hipofisario.

Posteriormente, se utilizan combinaciones hormonales como GnRH, estradiol y prostaglandinas para desencadenar los eventos necesarios que conducen a la ovulación. Estas tácticas buscan corregir el anestro y restaurar la función reproductiva en vacas posparto (Diskin et al., 2002).

2.2.8.2. Recuperación de los efectos de la preñez en el hipotálamo y la hipófisis.

Después del parto, es crucial que la vaca lechera conciba nuevamente. El desarrollo de los folículos ovulatorios inicia entre 6 y 8 días tras el parto, debido a la disminución de estrógeno y progesterona, y al aumento de FSH. La fertilidad durante la inseminación está vinculada a la cantidad y calidad de los ciclos ovulatorios previos. El número de ciclos antes del ciclo fértil depende del grado y duración del Balance Energético Negativo (BEN) después del parto, que se relaciona con la pérdida de condición corporal en los primeros 30-45 días de lactancia. La mejora del BEN en las primeras 2-4 semanas de lactancia indica el reinicio de la actividad ovárica, con la primera ovulación ocurriendo entre los días 17 y 42 postparto (Lucy et al., 1993).

Para asegurar un adecuado desarrollo folicular, es crucial una rápida liberación de pulsos de la hormona luteinizante (LH), lo cual ocurre al superar el punto más bajo del Balance Energético Negativo (BEN). Aunque la liberación pulsátil de LH se recupera tras superar el BEN, la falta de respuesta del ovario a la LH puede retrasar el primer celo y la ovulación posparto. El estado energético postparto también afecta el crecimiento de los folículos ováricos, alterando su tamaño. Además, la relación entre la Hormona de Crecimiento (GH) e insulina influye en la captación de glucosa por el tejido

adiposo y otros órganos dependientes de insulina, como el ovario, afectando su función reproductiva (Bargo et al., 2009).

Durante la etapa avanzada del embarazo, los niveles de progesterona (P4) son elevados, lo que impide que los folículos crezcan y maduren hasta alcanzar un tamaño ovulatorio. La capacidad de estos folículos para madurar y ovular depende de la restauración de la estimulación normal de la hormona luteinizante (LH). La liberación pulsátil de LH está influenciada por el equilibrio entre P4 y estradiol (E2), y la regulación de la hipófisis anterior mediante la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) del hipotálamo. En condiciones normales, las vacas lecheras recuperan la pulsación y el pico de LH entre 2 y 3 semanas después del parto, lo que permite la reactivación de la actividad reproductiva (Lucy, 2003).

No obstante, el balance energético negativo (BEN) pronunciado, la lactancia, las infecciones bacterianas y el estrés por calor pueden influir negativamente en la liberación habitual de la Hormona Luteinizante (LH) desde la hipófisis anterior. Estos factores tienen el potencial de limitar el crecimiento folicular hasta alcanzar su capacidad ovulatoria y, en última instancia, de afectar la ovulación misma. (Beam & Butler, 1999). Estos elementos pueden ocasionar demoras significativas hasta el primer servicio postparto, disminuyendo las posibilidades de concepción en ese servicio y, por ende, originando intervalos prolongados entre el parto y la concepción. Uno de los factores subyacentes en los anestros anovulatorios parece ser la reducción de la concentración de insulina después del parto (Lucy, 2003).

2.2.8.3. Desarrollo folicular

El desarrollo folicular en vacas sigue un patrón de ondas, que incluye las fases de reclutamiento, selección, dominancia y, finalmente, ovulación o atresia del folículo dominante. El reclutamiento ocurre cada 8 a 10 días, y generalmente un folículo es seleccionado por onda para completar su crecimiento. Este proceso puede ser programado hormonalmente mediante dos métodos principales. El primero, más preciso pero costoso, utiliza GnRH para inducir la liberación de LH, provocando la ovulación o regresión del folículo dominante, con dosis entre 8 y 100 µg. El segundo método, más económico, emplea estradiol natural o sales sintéticas como benzoato o cipionato, que tienen diferentes duraciones en la sangre. Sin embargo, la sincronización folicular con estrógenos es menos precisa que con GnRH (Cavestany y Nava, 2010).

2.2.8.4. Regulación del cuerpo lúteo

El anestro profundo (Tipo I) se caracteriza por la ausencia de crecimiento folicular detectable y está relacionado con el balance energético negativo en vacas posparto. En contraste, los anestros de Tipo II y III, llamados superficiales, presentan crecimiento folicular, pero estos folículos no alcanzan el tamaño necesario para la ovulación. La administración de GnRH en estos casos puede inducir la ovulación en folículos mayores de 10 mm que se encuentran en fase de crecimiento y maduración metabólicamente activa (Cavestany y Nava, 2010).

2.2.8.5. Regulación de la actividad ovárica posparto

Tras el parto, las concentraciones de FSH aumentan entre 2 y 3 días, lo que provoca la emergencia de folículos de 3 a 5 mm que producen estrógeno e inhibina. Estos folículos generan una retroalimentación negativa que reduce los niveles de FSH, suprimiendo el crecimiento de otros folículos antrales que, en su mayoría, sufren atresia. Sin embargo, el folículo antral más grande continúa creciendo, produciendo estrógeno, y se convierte en el Folículo Dominante (FD) debido a su aumento de receptores de LH y la producción continua de IGF-I, facilitada por proteasas que liberan esta proteína de su conjugación (Fortune *et al.*, 2004).

El destino del FD está ahora determinado por la frecuencia pulsátil de la LH. Una frecuencia baja en los pulsos de LH (un pulso cada 3-4 horas) conduce a la atresia del FD debido a un soporte insuficiente de LH. En cambio, una frecuencia pulsátil de LH de uno por hora resulta en una producción continua de estrógeno e induce picos preovulatorios de GnRH, LH y FSH, permitiendo que el FD ovule. (Roche y Diskin, 2005).

Beam y Butler (1999) detallaron tres patrones de desarrollo folicular distintos, los cuales se fundamentan en el destino del primer folículo dominante de la onda folicular posparto (PP) en vacas lecheras:

- Ovulación del folículo dominante (FD) activo en estrógeno durante la primera onda folicular posparto (PP),
- Desarrollo de una primera onda folicular anovulatoria con un FD no activo en estrógenos, seguido de ondas adicionales de desarrollo

- folicular anovulatorio hasta que se produzca la primera ovulación posparto
- Desarrollo de una primera onda con un folículo dominante activo en estrógenos, el cual da lugar a la formación de un quiste folicular.

Se observa un evidente crecimiento folicular en los primeros 10 días posparto, y es más la falta de ovulación (regresión del folículo dominante) que la ausencia de un folículo dominante lo que contribuye a los anestros posparto prolongados. La reanudación temprana de los ciclos estrales ovulatorios después del parto se relaciona con mejoras en la fertilidad. (Butler, 2003; Westwood et al., 2002).

El balance energético negativo (BEN) en las primeras etapas posparto no afecta las poblaciones de folículos de 3 a 5 mm o de 6 a 9 mm ni el inicio del crecimiento del folículo dominante (FD). Sin embargo, el BEN influye en la ovulación del primer FD. Los FD que emergen tras el BEN tienen un crecimiento más rápido, mayor tamaño y mayor producción de estrógenos, lo que facilita su ovulación. La primera ovulación posparto es crucial, ya que determina el número y duración de los ciclos estrales previos al periodo de servicios, aumentando la probabilidad de concepción al primer servicio. (Cavestany et al., 2001; Roche y Diskin, 2005).

Dado que el costo energético necesario para el crecimiento folicular, fertilización del óvulo e implantación del embrión es mínimo en comparación con las demandas de producción de leche y mantenimiento del organismo, se concluye que el problema no radica en la falta de energía para los procesos reproductivos, sino más bien en cómo el estado energético afecta la

concentración de metabolitos y la actividad de las hormonas metabólicas y reproductivas. (Martínez y Sánchez, 1999). En consecuencia, resulta crucial contar con vacas que inicien un nuevo ciclo de parto entre 30 y 40 días posparto, asegurándose de que al momento del parto tengan un estado corporal de 2,75-3. Esto ayuda a prevenir una disminución abrupta del estado corporal, limitándola a una pérdida de 0.5 puntos antes de su primer servicio. (Overton y Waldron, 2004; Roche & Diskin, 2005).

Las vacas que pierden más de 1 punto en su condición corporal tardan más en ovular. Aquellas con una condición corporal baja al parto (menor a 2.5) tienen un mayor riesgo de anestro prolongado, debido a una menor frecuencia de pulsos de LH y bajos niveles de estrógenos, lo que impide el pico de LH y la ovulación. Además, estas vacas presentan folículos dominantes más pequeños, bajas concentraciones de insulina e IGF-I, y una menor frecuencia de pulsos de LH. (Roche, 2006).

2.2.9. Contribución metabólica en la actividad ovárica

Las señales endocrinas relacionadas con el equilibrio energético, como la insulina, el IGF-I y la leptina, activan el eje reproductivo. (Butler, 2003), cuyas concentraciones de IGF-I, insulina y leptina disminuyen luego del parto (Butler, 2000; Lucy, 2001). Los niveles de insulina e IGF-I experimentan un aumento gradual en el período posparto (PP), mientras que la leptina se mantiene baja en vacas durante la lactancia. Las concentraciones de IGF-I, insulina y leptina son más elevadas en vacas que presentan un balance energético positivo. En contraste, las vacas con balance energético negativo (BEN) y aquellas seleccionadas para la producción de leche muestran concentraciones más bajas de insulina e IGF-I. (Gong

et al., 2002a; Snijders et al., 2001). Estas hormonas, que están metabolicamente reguladas, tienen la capacidad de afectar la secreción de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y hormona luteinizante (LH). El control hormonal proviene de tejidos que responden al estado nutricional o metabólico del animal, tales como la insulina del páncreas, el IGF-I del hígado y la leptina del tejido adiposo. Otros metabolitos, como la glucosa y los ácidos grasos, así como otras hormonas, podrían también desempeñar un papel. Estos mismos metabolitos y hormonas, al influir en la secreción de GnRH y, finalmente, de LH y FSH, pueden actuar directamente sobre el ovario, afectando su sensibilidad a la LH y FSH. (Lucy, 2003).

La insulina desempeña una función crucial en la función ovárica de diversas especies y experimenta una marcada reducción en las vacas lecheras durante la etapa inicial de la lactancia. Esta hormona, producida por las células beta del páncreas, tiene un papel central en el metabolismo corporal y se reconoce como un indicador del estado energético para el sistema nervioso central (SNC). (Butler et al., 2004). Tanto la insulina como el IGF-I son reconocidos por su capacidad para estimular la proliferación de las células de la granulosa, donde Gong et al. (2002b) demostraron que la dieta induce aumentos de la insulina circulante resultando en mejorías de la eficiencia reproductiva de vacas lecheras. Las altas concentraciones circulantes de insulina estimulan la esteroidogénesis ovárica independientemente de cualquier efecto aparente en la pulsosidad de LH, implicando que la hipoinsulinemia no es la responsable de la baja frecuencia de pulsos de LH observada en la lactancia temprana. Según Butler, Pelton y Butler (2004), los posibles mecanismos para explicar esta observación son:

- La insulina ejerce un efecto directamente estimulante en la producción global de esteroides en el ovario.,

- La insulina tiene un impacto particularmente estimulante en el proceso de aromatización, convirtiendo los andrógenos en estrógenos.,
- Además, potencia la respuesta ovárica a otros factores presentes en la circulación, como la hormona luteinizante (LH) o el Factor de Crecimiento Similar a la Insulina (IGF-I).
- Asimismo, la insulina influye indirectamente al modificar los niveles de otros factores como los ácidos grasos no esterificados (NEFA) o el IGF-I.

Estableciendo de manera explícita que niveles elevados de IGF-I resultan beneficiosos para la producción de esteroides en el ovario, se sugiere que esto podría ser un medio significativo e indirecto a través del cual la insulina incrementa la síntesis de estradiol. (Butler et al., 2004).

2.2.10. Neuroendocrinología del ciclo estral

2.2.10.1. Hormona liberadora de gonadotropinas

Las células neuronales que liberan la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) se encuentran en el núcleo preóptico del hipotálamo y desempeñan un papel crucial en la función reproductiva como parte del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas a lo largo de la vida postnatal. (Wray, 2001). El ciclo estral es el resultado de una intrincada coordinación de eventos neuroquímicos y endocrinos que afectan al sistema nervioso central (SNC), la glándula pituitaria anterior y los ovarios. (Halvorson y DeCherney, 1996; Smith y Jennes, 2001).

El sistema neuroendocrino incluye células que secretan péptidos y monoaminas en el hipotálamo ventral. Existen dos regiones principales con neuronas que liberan hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH): la región septo-preóptico-supraquiasmática y el área mediobasal del tuber cinereum, especialmente el núcleo premamilar e infundibular. Los productos de estas células son transportados por fibras nerviosas hacia la eminencia media, donde se liberan en el sistema portahipofisiario y luego llegan a la glándula pituitaria, regulando la secreción de hormonas en el lóbulo anterior de la hipófisis. (Padmanabhan et al., 2002).

La influencia de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) en los gonadotropos se inicia mediante la interacción con sus receptores en la membrana plasmática. La GnRH regula la secreción de hormonas pituitarias a través de mecanismos que implican la generación de fosfatidilinositol con la movilización de calcio (Ca^{++}) y la formación de diacilglicerol con la activación de la proteína quinasa C. (Conn y Freeman, 2000).

A. Hormonas hipofisiarias

La hormona luteinizante (LH) opera en pulsos y sus funciones en las hembras incluyen estimular la ovulación y mantener el cuerpo lúteo (CL). Las células gonadotrópicas constituyen entre el 5 y el 10% de la población de células en la glándula pituitaria anterior, siendo responsables de la síntesis tanto de LH como de la hormona folículo estimulante (FSH). Cada una de estas hormonas está compuesta por dos péptidos distintos denominados subunidades α y β . (Padmanabhan et al., 2002). Las gonadotropinas que se producen son almacenadas en

gránulos secretorios dentro del citoplasma y son liberadas mediante exocitosis, estimuladas por la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) (Roche, 1996).

Las variadas pautas de secreción pulsátil de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) en el sistema portahipofisario, combinadas con alteraciones en la respuesta de las células gonadotrópicas a la GnRH, provocan modificaciones en la liberación de la hormona luteinizante (LH) y de la hormona folículo estimulante (FSH), lo cual se manifiesta a lo largo del ciclo estral. (M. J. Smith y Jennes, 2001). En la fase de aumento de la hormona luteinizante (LH), se ha notado que los pulsos son excepcionalmente amplios y la frecuencia es elevada, como se ha documentado en vacas, ovejas, ratas y mujeres, con más de un pulso cada 15-20 minutos. (Karsch, 1987). La hormona folículo estimulante (FSH) también está sujeta a la regulación por parte de esteroides y proteínas liberadas por las gónadas, como la activina, la inhibina y la folistatina. Es conocido que tanto la inhibina como la folistatina tienen la capacidad de inhibir la FSH, mientras que la activina, por otro lado, tiene el potencial de estimular la producción y secreción de FSH. (Padmanabhan et al., 2002).

Se puede notar un aumento en las concentraciones de la hormona folículo estimulante (FSH) que inicia entre 16 y 24 horas después del punto más alto de la hormona luteinizante (LH). Es probable que este aumento represente el pico que impulsa la aparición de la oleada folicular. (Kulick et al., 1999). A lo largo del desarrollo folicular, la hormona folículo estimulante (FSH) está vinculada con la proliferación

de las células de la granulosa, la formación del antro folicular, el respaldo de la viabilidad de las células de la granulosa y la síntesis de receptores de gonadotropinas en estas células. Mientras tanto, la hormona luteinizante (LH) induce la síntesis de andrógenos en las células de la teca. (Padmanabhan et al., 2002). Las células de la teca, de la granulosa y del cúmulus trabajan en conjunto para mantener y proporcionar al oocito un entorno propicio que le permita.

2.2.11. Ecografía en reproducción animal

La existencia de dispositivos como el ultrasonido en tiempo real posibilita la exploración de los órganos reproductivos, brindando un enfoque novedoso y valioso para examinar la dinámica folicular en los animales. En la actualidad, la ultrasonografía se ha convertido en la base de una técnica altamente precisa para estimar la población de folículos antrales, dentro de los límites establecidos por la resolución del ecógrafo. (Gordon, 2004).

El uso de la ecografía transrectal en tiempo real ha revolucionado la comprensión de la biología reproductiva en ganado bovino, proporcionando información clave sobre la dinámica folicular ovárica, la función del cuerpo lúteo y el desarrollo fetal. Esta tecnología ha sido adoptada rápidamente en la industria lechera, con aplicaciones como la aspiración folicular y la recuperación de ovocitos, aunque su uso generalizado sigue siendo limitado. La ecografía ofrece una mayor precisión en la estimación del número y tamaño de folículos en comparación con la palpación rectal, especialmente en el diagnóstico de quistes foliculares y lúteos, con sensibilidades superiores. Además, permite estudios en tiempo real sobre los factores que influyen en la

respuesta ovulatoria a tratamientos de superovulación, considerando tanto el tratamiento como el estado folicular del animal, lo que podría mejorar los protocolos actuales. (Hanzen et al., 2000; González et al., 2002).

2.2.11.1.Importancia y potencial de la ultrasonografía transrectal

Desde mediados de la década de 1980, la ultrasonografía transrectal y ofrece una extensa gama de información morfológica sin afectar ni modificar los tejidos mediante la ultrasonografía transrectal. Estos exámenes pueden realizarse de manera repetida a lo largo de varios días, o eventos dinámicos como la ovulación pueden ser observados en su totalidad mediante un seguimiento continuo durante al menos 30 minutos. La inclusión de exámenes ultrasónicos en los protocolos experimentales ofrece la oportunidad de establecer conexiones entre la morfología en constante cambio, los cambios hormonales y otras modificaciones funcionales (Barrón et al., 2023).

La modalidad B del ultrasonido en tiempo real ha brindado la oportunidad de mejorar los métodos de evaluación de la función ovárica y el diagnóstico de preñez en bovinos. La determinación del sexo del feto durante la gestación temprana, específicamente entre los días 55 y 85, y la verificación de la viabilidad del embrión a través del monitoreo del latido cardíaco fetal, son técnicas distintivas que involucran la exploración por ultrasonido. Estos enfoques, junto con el método para evaluar la inseminación artificial, pueden ser empleados para optimizar el manejo reproductivo en el ganado. (Barrón et al., 2023; Gwynn et al., 2018).

La ultrasonografía es fundamental en la reproducción bovina, permitiendo un diagnóstico temprano de gestación con alta precisión. Esto facilita la

separación de vacas gestantes y no gestantes, optimizando estrategias reproductivas para mejorar la fertilidad. Es más precisa que la palpación rectal tanto en programas de monta natural como en inseminación artificial a tiempo fijo. Los avances tecnológicos, como las imágenes en tiempo real, Doppler color, ultrasonografía transrectal y transvaginal, y la tecnología 3D, han mejorado la capacidad de diagnóstico y la investigación clínica en diversas áreas reproductivas. Estos avances potencian la eficiencia en la gestión reproductiva del ganado. (Barrón et al., 2023).

El uso de la ultrasonografía en bovinos en la década de 1980 validó una teoría reproductiva apoyada previamente por el radioinmunoensayo, desarrollado por Rosalyn Sussman Yallow y Solomon A. Berson en los años 70. Esta técnica permite medir y diferenciar las hormonas reproductivas en suero durante los distintos estados reproductivos de las vacas, siendo útil para diagnosticar gestación 24 días después de la inseminación. Aunque el radioinmunoensayo es una herramienta precisa, sensible y económica, su principal desventaja radica en la necesidad de equipo y personal especializado, además de requerir licencias para el manejo y desecho de productos radiactivos. (Ehrhardt et al., 2000). El radioinmunoensayo permitió desarrollar perfiles de hormonas como la progesterona en muestras de leche de vaca recolectadas dos veces por semana, lo que hizo posible la selección de vacas con patrones anormales de progesterona, y esto permitió el estudio de algunos tratamientos de vacas subfértilles.(Bonato et al., 2022)

2.2.11.2. Funcionamiento del ecógrafo

En la década de 1980, Palmer y Driancourt documentaron el uso de la ultrasonografía en el tracto reproductor de una yegua, un avance basado en el descubrimiento de los cristales piezoelectricos cien años antes. Estos cristales, al expandirse y contraerse con señales eléctricas, generan ondas de ultrasonido aplicadas a los tejidos. El eco resultante es convertido nuevamente en señales eléctricas, que se representan en una pantalla con diversas intensidades de gris, permitiendo la visualización interna del cuerpo. (Ginther, 2014).

El ecógrafo se compone de varios componentes clave, como el transductor, que transforma señales eléctricas en frecuencias ultrasónicas y las convierte en presión acústica. El transmisor regula la emisión de ultrasonidos del transductor, mientras que el receptor y amplificador recogen los impulsos generados. Por último, el osciloscopio procesa los ecos recibidos del amplificador para generar imágenes. (Cortadellas y Fernández, 2012).

El diagnóstico ecográfico en escala de grises se ha aplicado en la reproducción de diversas especies, como equinos, bovinos, ovinos, caprinos y búfalos. Un avance reciente es el uso del Doppler color, que permite diferenciar el flujo sanguíneo de arterias y venas, ayudando a entender mejor los mecanismos reproductivos. El transductor es la parte más delicada del equipo, y en veterinaria existen transductores con frecuencias de 3.5, 5.0 y 7.5 MHz. Frecuencias más altas proporcionan mejor resolución, pero reducen la capacidad de penetración. (Descôteaux et al., 2006).

2.2.11.3.Exploración de los ovarios y útero con uso de ecógrafo

Un análisis exhaustivo de la región reproductiva en el ganado requiere la observación detallada de las estructuras principales. Aunque la palpación rectal puede ser precisa en la identificación de la preñez, no resulta efectiva para evaluar los folículos ováricos. (Pieterse et al., 1990). La creación de imágenes ultrasónicas representa una técnica extremadamente precisa y rápida para la evaluación de las estructuras ováricas. (Kulick et al., 1999).

En la industria lechera, el ultrasonido se utiliza comúnmente para explorar el útero y diagnosticar preñez temprana. En vacas no gestantes, el tejido uterino se presenta ecogénico, visualizándose en tonos de gris debido a la absorción de las ondas ultrasónicas. El útero aparece como una estructura gris en la ecografía, y en la sección transversal tiene forma de roseta. Durante la exploración, se usa la vejiga como referencia inicial, ya que es anecogénica (negra). Los cuernos uterinos y el cuerpo del útero pueden observarse, y en la fase folicular, los folículos se ven como cavidades negras que crecen a una tasa de 1.5 a 2.5 mm por día. El folículo dominante, antes de la ovulación, alcanza entre 15 y 18 mm. El cuerpo lúteo aparece 2 a 3 días después de la ovulación, creciendo de 1 a 2 mm por día, y se presenta como una estructura grisácea con cavidades y trabéculas visibles. Los quistes ováricos se definen como estructuras anormales de más de 25 mm. (Bellenda, 2003).

2.2.12. Ciclo estral y determinación de la ovulación

El ultrasonido ha confirmado que los folículos crecen, retroceden y son reemplazados continuamente durante el ciclo. Ha revelado que las concentraciones de estradiol aumentan en los folículos preovulatorios hasta el pico previo a la liberación de LH y luego disminuyen rápidamente. Además, la gonadotropina regula la esteroidogénesis folicular, y niveles altos de estradiol inhiben la producción de progesterona antes del pico de LH. La ultrasonografía, por su alta sensibilidad y especificidad, es útil para detectar folículos, cuerpos lúteos y quistes ováricos, ayudando a determinar la etapa del ciclo estral y a diagnosticar patologías como la endometritis subclínica y los quistes ováricos. (Barrón et al., 2023).

El seguimiento del ciclo estral y el examen diario de los ovarios mediante ultrasonografía permiten diagnosticar la gestación desde los 32 días tras la inseminación artificial. Este enfoque también ayuda a observar los efectos de tratamientos hormonales, como la GnRH y la Prostaglandina F2 α , sobre los ovarios, monitorizando las actividades foliculares y lúteas desde el día -7 hasta el +7. La respuesta del folículo dominante en vacas cíclicas y no cíclicas es de gran interés. Sin embargo, la detección del estro sigue siendo un desafío, especialmente en vacas de alta producción, afectando el rendimiento reproductivo. (Bonacker et al., 2020)

Una táctica para elevar las concentraciones de progesterona en suero antes de la inseminación artificial (IA) durante el diestro consiste en administrar hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) o gonadotropina coriónica humana (hCG) entre el quinto y séptimo día del ciclo estral, con el objetivo

de inducir la ovulación de un folículo dominante de primera onda y generar un cuerpo lúteo. Estos estudios han sido factibles gracias al monitoreo del ciclo estral mediante el uso de la ultrasonografía (Cunha et al., 2021).

CAPITULO III

DISEÑO Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

3.1. Localización

La investigación se realizó en la Comunidad Ganadera Invernillo – Distrito de Pomalca, ubicado a 7km. De la carretera Chiclayo – Pomalca. Caracterizado por un clima sub. Tropical; la temperatura en verano fluctúa entre 20°C como mínimo y 30°C como máximo; cuando el clima se tropicaliza, cada cierto año, la temperatura fluctúa entre 30-35°. En invierno la temperatura mínima es de 15°y máxima de 24°. Que pertenece a la cuenca del Rio Chancay.

La ciudad de Pomalca, ubicada en el departamento de Lambayeque, Perú, se encuentra a una altitud de 76 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una humedad relativa promedio que varía entre el 65% y el 85%, siendo más alta durante los meses húmedos. Sus coordenadas geográficas son 6.8069° S de latitud y 79.8228° O de longitud.

Características de manejo de la ganadería de la Comunidad ganadera Invernillo

- El sistema de manejo de la explotación del ganado vacuno de leche de la Comunidad Ganadera el Invernillo es intensivo.
- Su sistema de alimentación es en base a forraje (Chala), residuos industriales (Cascara de lenteja, otros) y concentrados comerciales (Producidos en la zona).
- Manejo sanitario; referente a los controles sanitarios como son la T.B.C. Brucellosis Bovina y otras es realizada por las programaciones de SENASA Chiclayo.

- Manejo reproductivo; no existe un manejo reproductivo como tal, pero los animales son inseminados cuando aparece su celo visto por profesionales que prestan el servicio de Inseminación Artificial I.A.

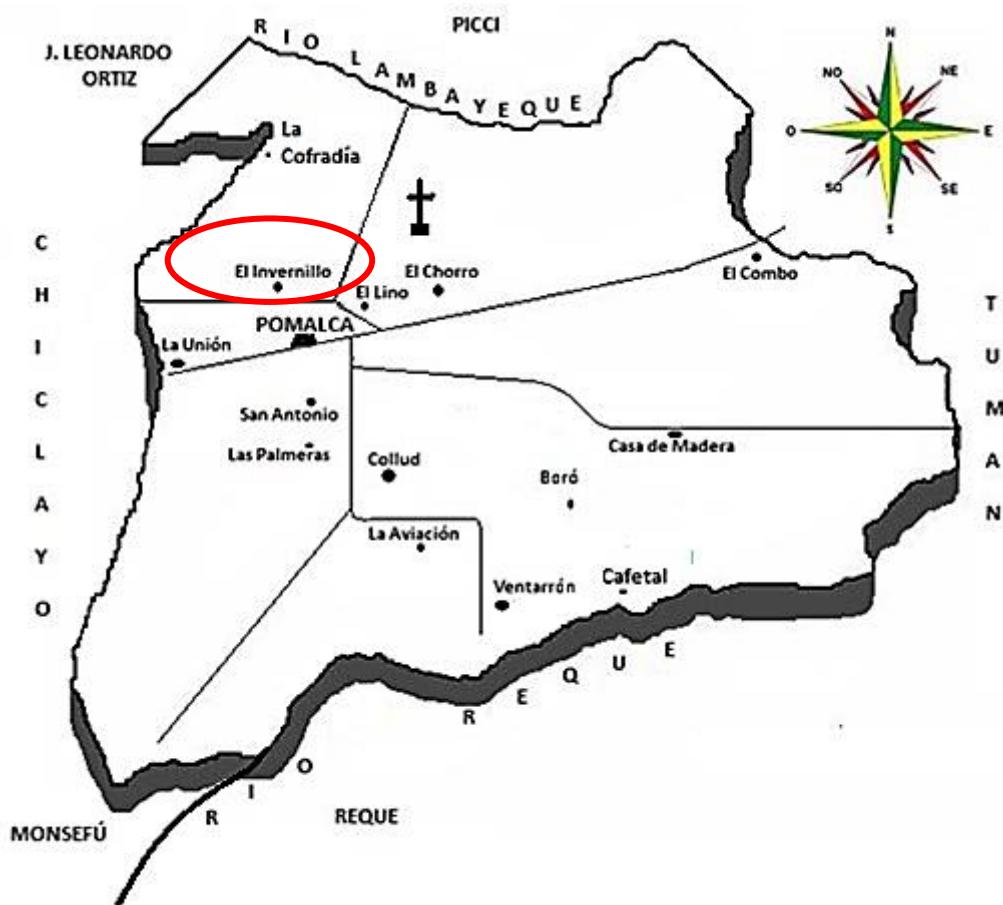


Figura 1. Mapa satelital de la provincia de Chiclayo
Fuente: (Google maps, 2018)

3.2. Población

La población estuvo conformada vacas pos parto del Establo “SIANSA” el cual estuvo constituido por 150 vacas, de las cuales se seleccionaron cumpliendo con los siguientes criterios inclusión.

- Vacas de raza Holstein
- Vacas pos parto de lactación de temprana.

- Considerar vacas con una condición corporal dentro de un rango óptimo, ya que el estado nutricional es crucial para la eficiencia reproductiva.
- Vacas posparto con un historial completo de su último parto, lo que garantiza la disponibilidad de datos precisos para el análisis.

3.3. Tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de muestras, se tuvo en consideración la variación de la concentración de progesterona durante un ciclo estral normal, concentraciones que son reportados por Grajales et al. (2010), tal como se detalla en la tabla 1:

Tabla 1. Niveles de progesterona en un ciclo normal

Fases donde se mide Progesterona	Niveles Mínimos de Progesterona	Niveles Máximos de Progesterona
Fase Folicular (día =0)	0.331±0.36	--
Fase Folicular (día =20)	0.560±0.78	--
Fase Luteal Temprana	--	2.467±1.46
Fase Luteal Media	--	5.512±2.12
Fase Luteal Tardía	--	5.750±1.94

Fuente: Grajales, Hernández and Prieto (2010)

Para ello se aplicó la fórmula estadística de población infinita tomado por Aguilar (2015) que se muestra a continuación:

$$n = \frac{z^2 s^2}{e^2}$$

Donde:

n= tamaño de la muestra requerido

z= nivel de confiabilidad de 95% (valor estándar de 1,96)

s= Variancia de los niveles máximos de progesterona dentro de la fase luteal (s=1.46 ng/ml) tomado por lo investigado por Grajales et al. (2010)

e= Se tomo el promedio de las desviaciones estándar de los valores minimos de progesterona en sus niveles basales (0.57 ng/ml) investigado por Grajales, Hernández and Prieto (2010).

Reemplazando la fórmula:

$$n = \frac{z^2 s^2}{e^2}$$

$$n = \frac{3.8416 \quad 2.1316}{0.3249}$$

$$n = 25 \text{ animales}$$

Unidad de Análisis

Conformada por 25 vacas pos parto de lactación temprana que constituyó la muestra de la investigación.

3.3. Materiales

3.3.1. Material biológico

Vacas Holstein en lactación temprana de la comunidad Invernillo- Pomalca.

3.3.2. Materiales de campo

- Guantes
- Botas
- Tubos vacutainer
- Guantes descartables

- Agujas N° 20 x 1.5'
- Agujas N°18x1.5'
- Tubos vacutainer tapa roja
- Nariceras
- Sogas

3.3.3. Materiales de laboratorio

A. Equipos

- Stat Fax 4200 Lector de Elisa
- Centrífuga. PowerSpin™ MX 8624
- Tubos al vacío (Vacutainer) sin anticoagulante,
- Viales,
- Micropipetas simples y multicanales de 5 -50 µL, 50 – 200 µL, y de 200 –1000 µL.
- Refrigeradora.
- Congeladoras.

B. Reactivos

- Kit comercial de progesterona y estradiol para bovinos

3.4. Metodología

3.4.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño fue de naturaleza básica, descriptivo, correlacional y longitudinal. En el enfoque descriptivo, se detallaron las características de la eficiencia reproductiva postparto en vacas Holstein bajo un sistema de crianza intensiva, recopilando datos como días abiertos, tasa de concepción, porcentaje

de detección de celo, tasa de preñez y el tamaño folicular de ambos ovarios a través de ultrasonografía, además de determinar la concentración de progesterona mediante el método de Radio Inmuno Ensayo (RIA). En el componente correlacional, se analizaron las correlaciones entre variables como la concentración de progesterona, el tamaño folicular y la condición corporal. Finalmente, el diseño longitudinal permitió seguir a un grupo de vacas Holstein durante la lactancia temprana (hasta 90 días postparto) para observar su desempeño reproductivo.

3.4.3. Toma de muestra de sangre

Para la determinación de la concentración de progesterona, se recolectó sangre de la vena coccígea con agujas número 20 x 1"; una vez colectadas, se colocaron en tubos vacutainer y se dejó reposar por 30 minutos, a temperatura ambiente, hasta la formación del coágulo, técnica descrita por Padilla (2015); inmediatamente se colocaron en un Tecnopor con hielo a 4°C, y fueron trasladadas al laboratorio donde se centrifugó a 2.500 rpm durante 25 min para la recolección de suero, almacenadas a -20°C hasta su respectivo análisis utilizando la técnica RIA (Reis et al., 2012).

Los días para la extracción de muestras de sangre se detalla en la figura 1.

Figura 1:

Cronograma secuencial de toma de información.

BARRIDO ECOGRÁFICO, MUESTRAS DE
SANGRE Y MEDICIÓN DE CC



3.4.4. Vacas para la ultrasonografía

Se seleccionaron vacas posparto, las cuales fueron revisadas por ultrasonido cada 5 días, empezando a los 7 días posparto, concluyendo el día 87 (figura 1). El examen ultrasonográfico consistió en la evaluación del desarrollo folicular.

3.4.5. Técnicas de laboratorio.

Las muestras de sangre de las vacas posparto fueron enviadas a un laboratorio especializado para su procesamiento y la determinación de las concentraciones de progesterona mediante la técnica de radioinmunoanálisis.

3.5. Análisis estadístico

Se utilizó el software SPSS Statistics® v.22. Los resultados que se obtuvieron fueron sometidos al análisis de la variancia y las diferencias entre medias a través de la prueba de Tukey, y en la asociación de las variables Condición Corporal, niveles de progesterona y tamaño de folículos se utilizó la correlación de Spemann.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La eficiencia reproductiva post parto en vacas Holstein de crianza intensiva, es influenciada por múltiples factores, incluyendo la condición corporal, los días abiertos, los protocolos de inseminación, la genética entre otros que impacta directamente en la productividad de las explotaciones lecheras. Este periodo es fundamental para la recuperación del sistema reproductivo del animal y su capacidad para concebir nuevamente.

Para mejorar esta eficiencia, es fundamental contar con la información e implementar estrategias integradas que consideren tanto el manejo nutricional como los avances genéticos y los protocolos reproductivos adecuados. Esto no solo optimiza la salud y bienestar del animal, sino que también maximiza la rentabilidad de las explotaciones lecheras

4.1. Condicion corporal

La condición corporal es un indicador clave del estado nutricional y de salud del animal, especialmente durante el periodo de transición y la fase de recuperación después del parto. En la comunidad ganadera de Invernillo, Pomalca, Lambayeque, el monitoreo de la condición corporal es fundamental para optimizar la producción lechera y garantizar el bienestar de las vacas. Factores como la alimentación, el manejo reproductivo y el ambiente tienen un impacto directo en la recuperación posparto, el crecimiento folicular y el rendimiento productivo, lo que hace necesario un seguimiento adecuado en este contexto ganadero.

Tabla 2: Condición corporal en vacas Holstein pos parto en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca- Lambayeque.

DIAS POS PARTO (DPP)	Condición corporal	
	\bar{X}	DS
7 DPP	3.65	0.177 ^{ab}
12 DPP	3.45	0.217 ^{bcd}
17 DPP	3.38	0.193 ^{cd}
22 DPP	3.15	0.228 ^{ef}
27 DPP	3.07	0.255 ^{fg}
32 DPP	2.89	0.178 ^{ghi}
37 DPP	2.87	0.179 ^{hi}
42 DPP	2.66	0.122 ^j
47 DPP	2.62	0.127 ^j
52 DPP	2.59	0.122 ^j
57 DPP	2.68	0.169 ^j
62 DPP	2.76	0.153 ^{ij}
67 DPP	3.00	0.102 ^{fgh}
72 DPP	3.30	0.260 ^{de}
77 DPP	3.35	0.323 ^{ab}
82 DPP	3.50	0.204 ^{ab}
87 DPP	3.72	0.166 ^a

Letras diferentes en la misma-columna son significativos ($p<0.05$), Tukey.

Las vacas Holstein postparto mostraron una disminución en su condición corporal (CC) desde el séptimo día de evaluación, con un promedio de 3.65, hasta el día 52, alcanzando un puntaje de 2.59, lo cual fue significativamente inferior ($p<0.05$) en comparación con los demás días postparto. Posteriormente, la condición corporal aumentó hasta el día 87 postparto, registrando un puntaje de 3.72, significativamente superior ($p<0.05$) respecto a los demás. La condición corporal, que representa la reserva de grasa o tejido adiposo bajo la piel, es un indicador clave del estado nutricional de los animales durante la lactancia. En esta investigación, el proceso de movilización de grasa posparto coincide

con lo señalado por Menegoto et al. (2015), quienes reportan una pérdida del 62% de la CC en esta etapa. Los resultados del presente estudio también concuerdan con lo descrito por Ceballos et al. (2002), quienes indican que la mayor pérdida de CC se produce hasta la sexta semana posparto, observándose que los puntajes más bajos ($p<0.05$) se registran entre los días 42 y 52 posparto. La disminución del score de CC está asociado a cambios perjudiciales durante la etapa de lactación temprana, provocando alteraciones metabólicas (enfermedades de la producción) y reproductivas como intervalos de mayor amplitud a la primera inseminación pos parto, esto debido a las bajas concentraciones de colesterol que sufre la vaca durante la lactación temprana (Kim y Suh, 2003). De igual manera las vacas obesas tienen mayor probabilidad de riesgo de generar distocia, disminución en la eficiencia reproductiva, así como una mayor movilización de reservas corporales posparto (Rennó et al., 2006).

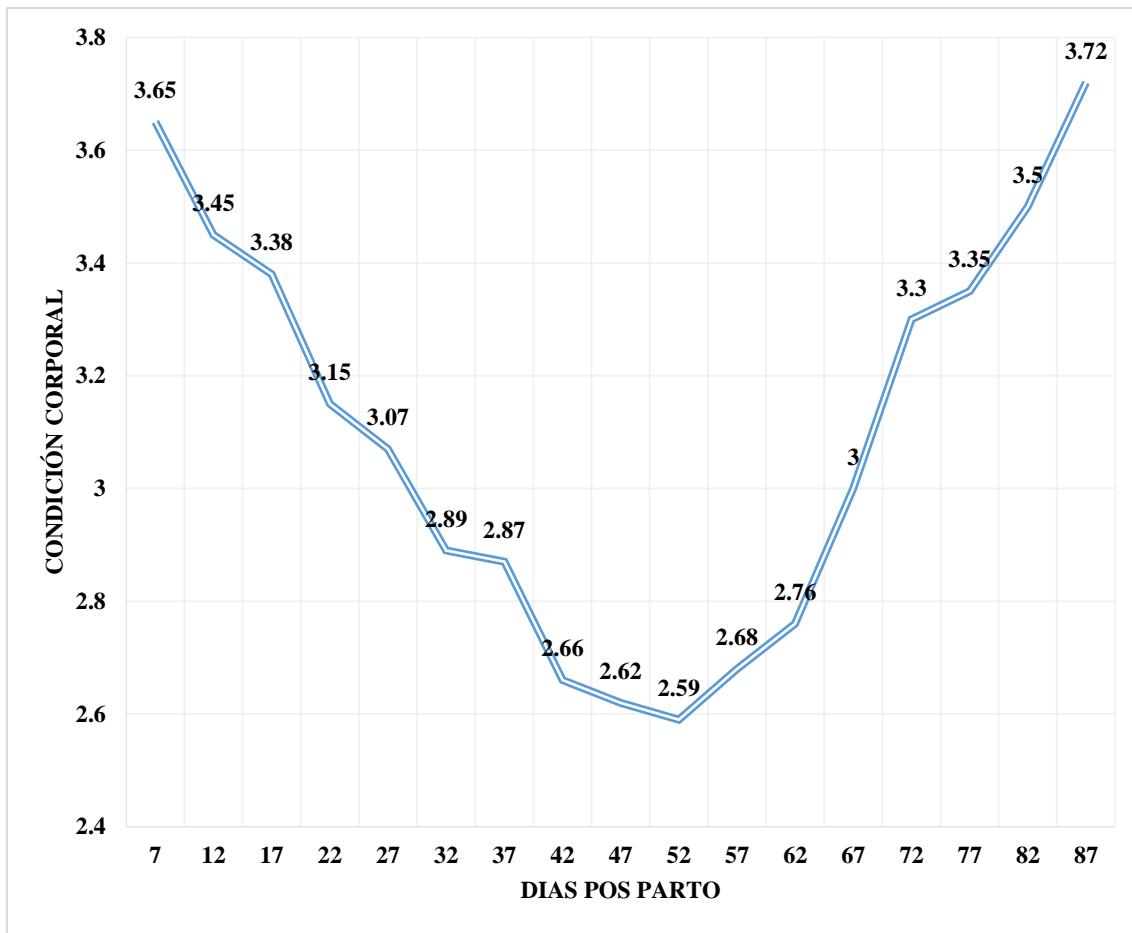


Figura 2: *Comportamiento de la condición corporal en vacas Holstein pos parto en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca- Lambayeque.*

4.2 Indicadores de eficiencia reproductiva

Los indicadores de eficiencia reproductiva, como el número de vacas inseminadas, vacas preñadas, la tasa de concepción, la tasa de detección de celo cíclico y la tasa de preñez, son fundamentales para evaluar el éxito reproductivo de las vacas Holstein en la etapa posparto. El monitoreo de estos indicadores proporciona una visión clara sobre la efectividad de los programas de reproducción y manejo animal. Además, la variación en la condición corporal de las vacas durante este periodo juega un papel crucial en su capacidad para concebir nuevamente, afectando directamente los resultados reproductivos y la productividad lechera. Un seguimiento adecuado de estos factores es esencial para optimizar el rendimiento reproductivo de la ganadería en la comunidad.

Tabla 3: *Indicadores de la eficiencia reproductiva y variación en función de la condición corporal en vacas Holstein pos parto en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca - Lambayeque.*

Indicadores Reproductivos de Eficiencia Reproductiva	Total	Variación de Condición corporal		Valor p
		0.0 a 0.50 n=13	0.51 a 1.00 n=12	
Vacas inseminadas (n)	18	7	11	--
Vacas Preñadas (n)	11	3	8	--
Tasa de Concepción (%)	61.11	37.5	72.73	0.028*
Tasa de Detención de Celo cíclico (%)	72.00	53.85	91.67	0.035*
Tasa de preñez (%)	43.99	20.19	66.67	--

*p<0.05, Significativo, prueba de Chi-cuadrado

La tabla 3, muestra que las vacas Holstein presentaron una Tasa de Concepción del 61.11 %, Detención de Celos en un 72.00% y una tasa de preñez del 43.99%, encontrándose este último en una calificación con nivel bueno tomando la valoración propuesta por Middleton y Rodrigo (1999), quienes consideran como nivel Bueno en un rango de 32 a 49%; con respecto a la condición corporal (CC) las vacas que variaron de 0.5 a 1 de CC tuvieron tasas significativas de concepción (72.73%), y de preñez (66.67%), a diferencia del grupo de vacas que variaron de 0 a 0.49. El presente estudio muestran similitud con los reportes de estudios antes mencionados así, las vacas en las cuales la CC varió de 0.5 a uno tuvieron tasas de concepción de de72,63% demostrando diferencia significativa (p<0.05) con el grupo de vacas en las cuales la CC vario de 0-0.49 mostrando menores tasas de concepción y preñez a pesar de esto también se consideran como un nivel bueno, respectivamente, la tasa de concepción y detención de celo mostraron bajas tasas en el rango de 37.50% y 53.85%, respectivamente. Resultados similares a lo reportado por Carizi et al. (2019) encontró que la presencia de celo estuvo dentro de los 60 días pos parto, de igual manera a los grupos evaluado en el presente estudio se encontró vacas con celo a partir del 52 DPP, acercándose a lo reportado por Oliveira (2002) que detectó el

primer celo a los 69.5 días posparto en vacas Holstein, con el suministro de una suplementación energética y esto puede deberse a la baja de condición corporal que influye en la variación del IPPS, tal como lo reporta por Andrade (2013).

Las tasas de concepción tal como lo manifiesta Leaver (1977) son generalmente bajas (42 - 63%) en extremos de la condición corporal (< 1.0 y > 4.0 CC) . De igual manera las investigaciones que reporta Ruegg y Milton (1995) que afirman que las vacas que presentan una condición corporal (CC) por encima o por debajo de los límites establecidos (<1 o >4 CC) en el primer servicio exhiben tasas de concepción bajas, inferiores al 38%. Es relevante destacar que las vacas con una condición corporal superior a una escala de 3 muestran tasas de preñez con un 29% más elevadas en comparación con aquellas con una condición corporal inferior a 2.5. En este contexto, no solo se ve afectada la tasa de preñez, sino también el Intervalo entre Partos (IEP). La reducción en el consumo alimentario antes del parto, reflejada en una limitación fisiológica en la ingesta energética de la dieta, conduce a la pérdida de peso y condición corporal, así como a una disminución en la actividad del ciclo estral. Este fenómeno se atribuye a la falta de secreción de la hormona luteinizante (LH), lo que resulta en la disminución de las concentraciones del factor liberador de insulina tipo I (IGF-I) y de glucosa, y en el aumento de las concentraciones en el plasma de la hormona de crecimiento (GH) y de ácidos grasos no esterificados (NEFAs), según lo manifestado por Lopez (2006).

El intervalo entre parto y concepción es un indicador clave de la eficiencia reproductiva en vacas Holstein, especialmente en el periodo posparto, donde la recuperación de la condición corporal juega un papel crucial. En la comunidad ganadera de Invernillo, Pomalca, Lambayeque, se ha observado que la ganancia de condición corporal tras el parto influye significativamente en la reducción de este intervalo. Una adecuada recuperación del estado físico de las vacas favorece el retorno a la ciclicidad estral y

mejora las tasas de concepción, lo que impacta directamente en la productividad y sostenibilidad de los sistemas ganaderos de la región.

Tabla 4: Intervalo parto concepción según ganancia condición corporal en vacas Holstein pos parto en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca- Lambayeque.

Variación de Condición Corporal	Número de Vacas	Intervalo Parto Concepción (días)		Valor p
		\bar{X}	$\pm DS$	
0.0 a 0.50	11	117.27	± 14.37	0.000069
0.51 a 1.00	14	98.50	± 2.18	
Total	25	106.76	13.38	--

Prueba T-Student ($p<0.01$, altamente significativo)

La tabla 4 se muestra que las vacas con una variación de 0.5 a 1 de Condición corporal (CC) tuvieron menor días abierto o Intervalo Parto Concepción (98.50 días) que el grupo de vacas que solo tuvieron una variación de 0 a 0.49 de CC que mostro 117.27 días; siendo esta diferencia altamente significativa; sin embargo en otro estudio reportado por Corea, et al. (2008) no encontraron diferencia significativa siguiendo este parámetro de evaluación en la varianza de la CC; en otro estudio reportado por Carizi et al. (2019) encontró el IPC fue de 147.3 días y 148.3 días para en vacas con $CC < 3.5$ y $CC \geq 3.5$, sin diferencias significativas. Esto se justifica a lo que enmarca Santos (2009) que la condición corporal posparto (CCP) influye en el retorno a la actividad ovulatoria (RAO) y en la fisiología del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, y esto a su vez reduce la cantidad de folículos en cada onda folicular, y su desarrollo del folículo dominante (FD), como también en la frecuencia de liberación de pulsos de hormona luteinizante (LH); factores que provocan un retraso en la ovulación posparto y una disminución en la actividad del cuerpo lúteo (CL), especialmente en la producción de progesterona (P4), tal como lo señala Santos et al. (2009).

Cuando las vacas atraviesan el periodo de parto, enfrentan un balance energético negativo (BEN⁻), lo que aumenta su riesgo de contraer enfermedades infecciosas, trastornos metabólicos, reducción en la producción de leche y una disminución en la eficiencia reproductiva. (Patton et al., 2007), que influyen en el sistema nervioso central al inhibir la síntesis y liberación de GnRH, LH y FSH, además de afectar el ovario al influir en la síntesis de esteroides, lo que provoca cambios en la dinámica folicular, tamaño del folículo y calidad del ovocito. (Ingvartsen, 2006, Mulligan et al., 2006). Por lo tanto, para alcanzar una eficiencia reproductiva óptima, resulta fundamental prevenir la presencia de enfermedades metabólicas, como el desequilibrio energético negativo, tanto en los períodos previos al parto como en el postparto temprano. Este desequilibrio afecta adversamente la frecuencia de los pulsos de la hormona luteinizante (LH), el índice de crecimiento y el diámetro de los folículos dominantes (FD), el factor de crecimiento insulínico-I (GF-I), así como las concentraciones de glucosa e insulina. Asimismo, es crucial evitar incrementos en la hormona del crecimiento (GH) y ciertos metabolitos sanguíneos. Todos estos factores ejercen un impacto significativo en la pérdida de la condición corporal y contribuyen al elevado porcentaje de vacas en anestro en los hatos ganaderos. (Sá Filho et al., 2010).

4.3. Crecimiento folicular

El crecimiento folicular en vacas Holstein posparto es un proceso crítico para la restauración de la actividad reproductiva tras el parto. En la comunidad ganadera de Invernillo, Pomalca, Lambayeque, el monitoreo del desarrollo folicular es fundamental para entender el momento óptimo de inseminación y mejorar las tasas de concepción. Durante el posparto, factores como la condición corporal, la nutrición y el manejo reproductivo influyen en la dinámica folicular y en la reanudación de los ciclos estrales. Un adecuado seguimiento del crecimiento folicular permite a los productores optimizar

el rendimiento reproductivo y asegurar una mayor eficiencia en los programas de reproducción.

Tabla 5: Crecimiento folicular en vacas Holstein pos parto en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca- Lambayeque.

DÍAS POS PARTO (DPP)	Crecimiento folicular (mm)				Valor p	
	Crecimiento folicular del Ovario Izquierdo		Crecimiento folicular del Ovario Derecho			
	\bar{X}	DS	\bar{X}	DS		
7 DPP	3.60	1.00	4.44	0.96	0.004	
12 DPP	4.56	0.87	5.72	1.24	0,000113	
17 DPP	5.76	1.54	7.20	2.02	0.007	
22 DPP	6.20	1.78	7.44	2.06	0.027	
27 DPP	5.80	1.44	6.88	1.54	0.014	
32 DPP	5.88	1.36	7.04	1.49	0.006	
37 DPP	6.24	1.30	7.44	1.47	0.004	
42 DPP	6.76	0.88	7.96	1.02	0,000050	
47 DPP	7.48	0.83	8.60	1.00	0,000185	
52 DPP	11.16	1.14	12.12	1.13	0,000026	
57 DPP	7.84	0.80	8.88	0.78	0.004	
62 DPP	7.32	0.80	8.28	0.68	0,000034	
67 DPP	3.24	0.44	4.28	0.46	1,0195E-10	
72 DPP	7.80	3.27	10.20	2.71	0.037	
77 DPP	11.00	1.19	12.12	1.29	0.024	
82 DPP	12.88	2.85	13.44	2.63	0,000006	
87 DPP	5.84	1.11	7.52	1.66	0,000112	

p<0.01, significativos. Prueba de T-Student.

La tabla 5 y figura 3 muestra el crecimiento folicular de los ovarios derecho e izquierdo en vacas pos parto, observándose un crecimiento significativo para el ovario derecho en dos momentos, inicialmente se observó un diámetro de 12.12 ± 1.13 mm 52 Dias Pos Parto y luego hasta 13.44 ± 2.63 mm 82 Dias Pos Parto, tamaños que fueron significativamente mayores al del ovario izquierdo. Resultados similares son reportados por Guedón et al. (1999). En un estudio previo, evidenció que las vacas experimentaron una reactivación del ciclo ovárico con niveles significativamente

elevados a partir de la segunda semana posparto, y esto se asoció con un aumento notable en los niveles de colesterol sérico. De manera similar, en la presente investigación, se observó que a partir del día 17 posparto, el tamaño de los folículos en el ovario derecho fue de 7.20 ± 2.02 mm de diámetro, superando al ovario izquierdo que solo alcanzó un diámetro de 5.76 ± 1.54 mm. Estas medidas indican la presencia de folículos reclutados y seleccionados en el ovario derecho cuando alcanzan un tamaño de entre 6 y 9 mm de diámetro, clasificándose como folículos tipo II según la propuesta de clasificación dada por Lucy et al. (1992); además, el mismo investigador evaluó la dinámica folicular en vacas Holstein y encontró que, a partir del día 25 posparto, los folículos grandes de Tipo III (10-15 mm de diámetro) y Tipo IV (>15 mm de diámetro) aumentaron significativamente ($p<0.01$) a medida que transcurrían los días posparto. Este aumento se atribuye al reclutamiento y selección folicular, que permiten el crecimiento folicular y el establecimiento de la dominancia, según lo indicado por el autor mencionado. En el presente estudio, se observa que solo a partir del día 52 posparto, el folículo derecho alcanza un tamaño de 12.12 ± 1.13 mm y el izquierdo 11.16 ± 1.14 mm de diámetro, clasificándose como folículos de tipo III. Posteriormente, se determina que los folículos clasificados como tipo IV se observan en los días 52 y 82 posparto, indicando una normalización de la actividad reproductiva en relación con la dinámica folicular.

Se notó un incremento significativo en el tamaño del ovario derecho en comparación con el izquierdo, como se detalla en la tabla 4 y se muestra en la figura 3. Estos resultados respaldan lo señalado por Granados (2016) ha señalado que el ovario derecho muestra mayor actividad, y Mc Donald (1981), informa que la preñez ocurre en el cuerno derecho en un rango del 60 al 85%, mientras que en el izquierdo solo representa entre el 35% y el 40%. Otros autores como Gereš et al. (2011), González et al. (2014); indican que el crecimiento folicular está vinculado al número de ondas en un ciclo estral, donde el

proceso de reclutamiento y selección determina que solo un folículo se vuelva dominante y, posteriormente, ovule. Este proceso está influenciado por hormonas como FSH, LH y estrógenos, y también se deben considerar factores adicionales como la insulina e inhibina, que afectan la diferenciación y dominancia de un folículo, tal como lo afirma Fortune et al. (2001) y Mihm y Bleach (2003).

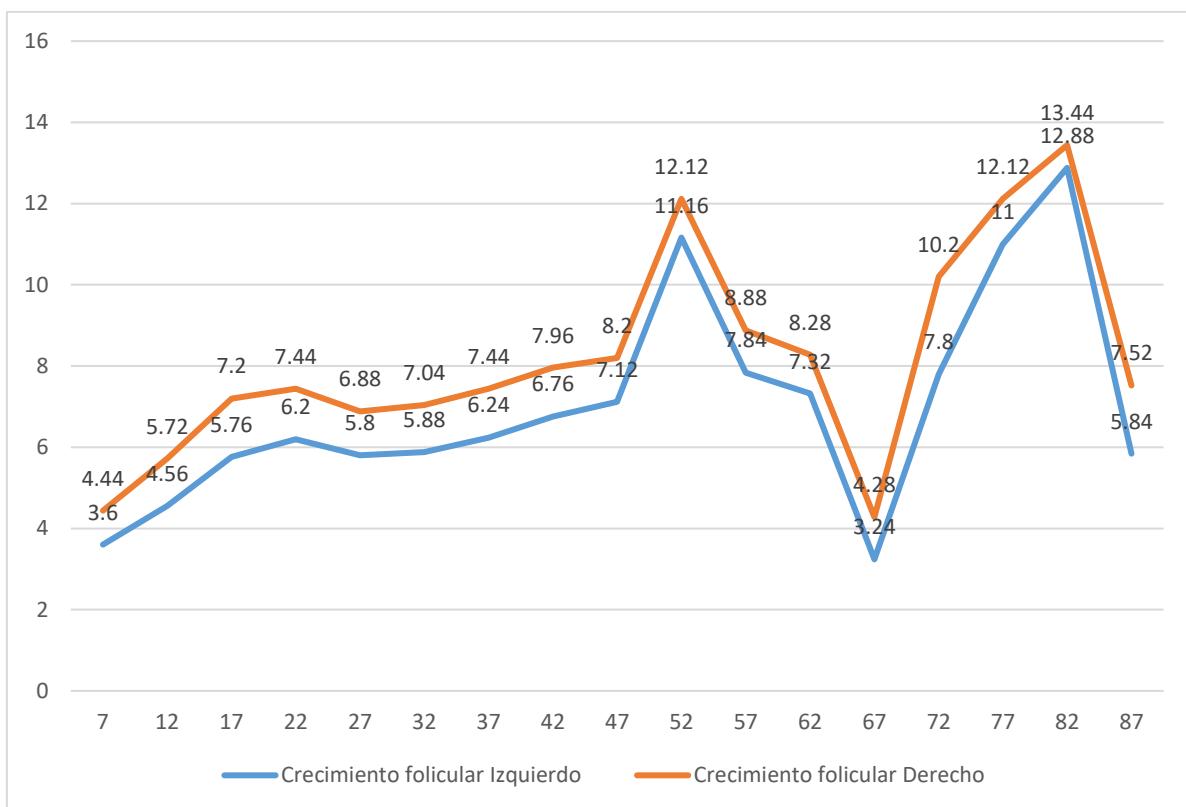


Figura 3: Comportamiento del crecimiento folicular en vacas Holstein pos parto en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca- Lambayeque.

4.4. Concentraciones de progesterona

Las concentraciones de progesterona sérica (ng/mL) en vacas Holstein posparto son un indicador crucial para evaluar la recuperación reproductiva y la reanudación de la actividad cíclica ovárica. En la comunidad ganadera de Invernillo, Pomalca, Lambayeque, el monitoreo de los niveles de progesterona en este periodo permite determinar el momento óptimo para la inseminación y predecir el retorno a la fertilidad. Factores como la nutrición, el manejo y la condición corporal influyen en las variaciones

de progesterona, lo que hace esencial un control adecuado para mejorar las tasas de preñez y la eficiencia reproductiva en la ganadería local.

Tabla 6: Concentraciones de progesterona sérica (ng/mL) pos parto en vacas Holstein en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca- Lambayeque.

DÍAS POS PARTO (DPP)	Concentraciones de progesterona sérica (ng/mL)	
	\bar{X}	DS
7 DPP	0.082	0.011 ^h
12 DPP	0.092	0.009 ^h
17 DPP	0.131	0.048 ^h
22 DPP	0.208	0.049 ^h
27 DPP	0.244	0.058 ^{gh}
32 DPP	0.540	0.126 ^{gh}
37 DPP	0.976	0.142 ^{fg}
42 DPP	1.720	0.253 ^{ef}
47 DPP	2.900	0.479 ^d
52 DPP	4.420	0.624 ^c
57 DPP	4.260	0.597 ^c
62 DPP	2.040	0.721 ^e
67 DPP	0.612	0.078 ^{gh}
72 DPP	7.400	1.000 ^b
77 DPP	13.680	2.626 ^a
82 DPP	2.000	0.817 ^e
87 DPP	0.328	0.089 ^{gh}

Letras diferentes en la misma columna son significativos p<0.01, prueba de Tukey

En la tabla 6 y figura 4, se muestran las concentraciones de progesterona sérica (ng/mL) pos parto en vacas Holstein de crianza intensiva de la comunidad ganadera Invernillo-Pomalca- Lambayeque, observándose que desde el 7 hasta el 37 día posparto, los niveles de progesterona fueron basales (<1ng/ml), y la reactivación ovárica comenzó a partir del

día 42 posparto debido a que sus concentraciones de progesterona superaron sus niveles basales; teniendo su primer incremento significativo en el día 52 pos parto, para luego manifestar una meseta (disminución) a niveles de 0.612 ng/ml en el dia 67 pos parto que nos determina niveles basales de manifestación estral cíclica para luego tener el pico máximo de progesterona en el día 77 con 13.68 ng/mL.; indicándonos que en adelante fisiológicamente presentará ciclo regulares. Resultados similares a lo reportado por Pinzón y Grajales (2005) quienes observaron el primer calor psíquico antes del día 46 posparto (32.4 ± 12.6 días) y una elevación de P4 por encima de los niveles basales previa al primer calor, coincidiendo con lo señalado por Bartolome y Taurus (2009), que manifiesta que la luteólisis es esencial para que se desencadene el parto exponiéndose las concentraciones de progesterona a niveles mínimos (menor a 1 ng/ml) manteniéndose hasta el día 35 posparto, tendencia que abona a nuestra investigación porque se encontró también niveles basales hasta el día 37 pos parto; para Guagalango (2020) la P4 tuvo en un ciclo estral normal, desde el día 45 que se muestreo la sangre, los valores iniciales promedio fue de 0.35 ng/ml conociendo con el presente estudio, además el pico máximo que alcanzo fue de 12.69 ng/ml, y en este estudio fue de 13.68 ng/dl, no habiendo diferencias significativas, pero si hubo diferencias en el descenso, cuyo valor fue 7.16 ng/ml al final del estudio. La reactivación ovárica en esta investigación se observa en las vacas posparto desde el día 42 hasta el día 62 y desde el día 67 hasta el día 87 como segundo momento, teniendo en consideración los picos y mesetas de la concentración de la progesterona en vacas posparto, mostrando un comportamiento de los niveles de progesterona de un ciclo normal de las vacas de la experiencia, mencionando también que Baez (2010), encontró un retorno a la ciclicidad estral posparto teniendo en consideración niveles de progesterona superiores a 1ng/ml a partir del dia 72 posparto. De manera similar Pinzón & Grajales (2005), manifestaron que el reinicio de la ciclicidad estral

posparto se da en el día 36 con niveles superiores a 1 ng/ml. Por otro lado Becker et al. (2001) encontró una reactivación ovárica a partir de los días 45 posparto relacionándolos también a los niveles superiores de 1 ng/ml de progesterona.

En la figura 4 se observa que los niveles de progesterona tiene un comportamiento no cíclico que tiene una tendencia a incrementar sus valores basales conforme avanza los días pos parto, visualizándose que sus picos y mesetas superan los niveles basales a partir del día 42 posparto para luego establecerse un comportamiento cíclico de picos y mesetas que obedece a las concentración de progesterona de un ciclo normal, debido a que la actividad cíclica ovárica va retornando de forma paulatina; tendencia similar al comportamiento cíclico de las concentraciones de progesterona estudiado por Baez (2010), porque sus niveles de progesterona hallados en su estudio fue a partir del día 72 pos parto. Los resultados de la experiencia coinciden con lo de Opsomer et al. (1998) mencionando que la reactivación ovárica está ligada a los niveles de progesterona, donde lo denomina como “Actividad normal tipo 1” caracterizado por que el reinicio de la ciclicidad estral se observa antes del día 80 posparto con incrementos sucesivos de progesterona (niveles que superen 1 ng/ml), menester respaldado por Lucy et al. (1992), donde asocia que existe factores que influye de manera directa como la salud, la raza, la nutrición, producción de leche, presencia del macho, factores climatológicos y la edad.

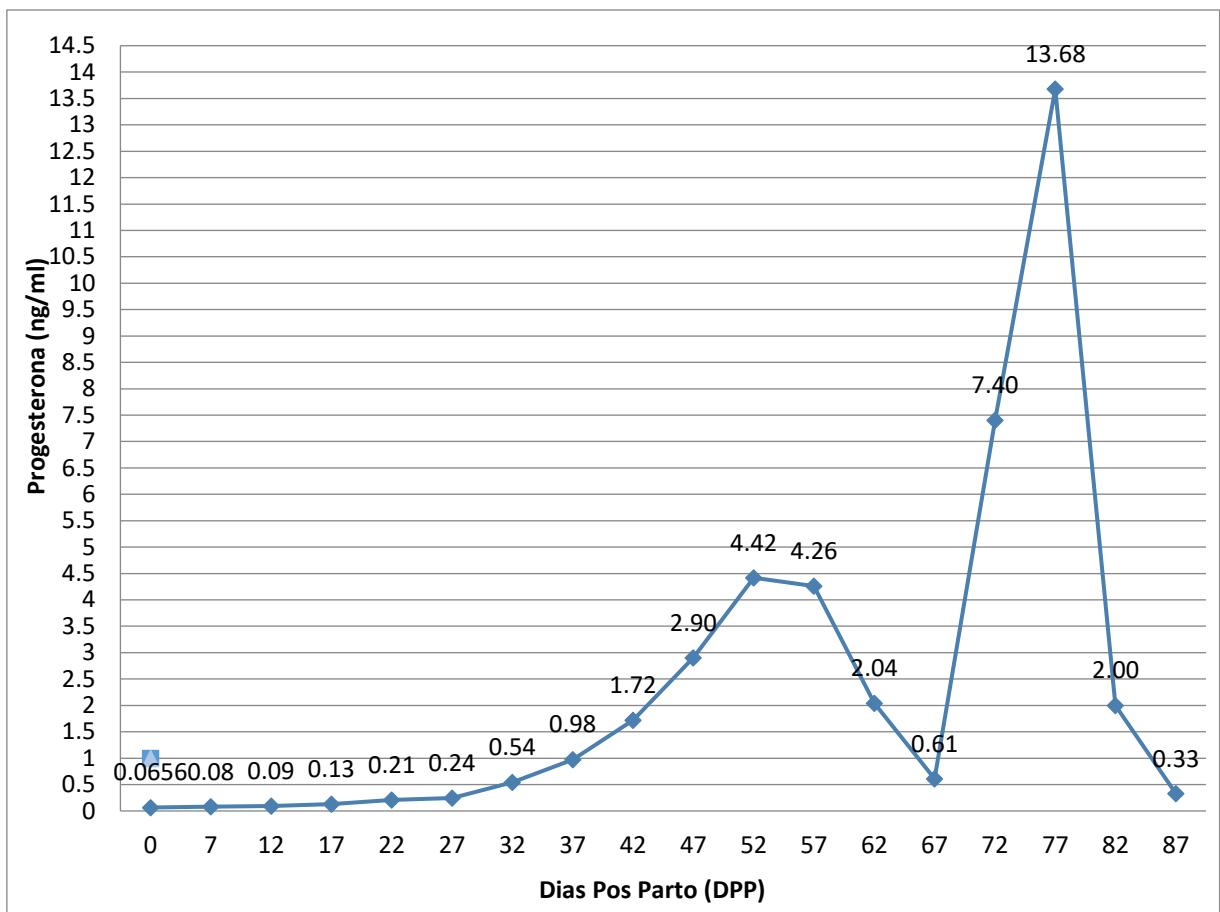


Figura 4: Comportamiento de las concentraciones de progesterona sérica (ng/mL) pos parto en vacas Holstein en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca- Lambayeque.

El estudio de los niveles de progesterona y el diámetro folicular en los ovarios derecho e izquierdo de vacas Holstein posparto, en función de la condición corporal, proporciona información clave sobre su capacidad reproductiva. En la comunidad ganadera de Invernillo, Pomalca, Lambayeque, el seguimiento entre los días 42 y 62 posparto permite evaluar cómo la condición corporal afecta la dinámica folicular y los niveles hormonales. Una adecuada condición corporal favorece el crecimiento folicular y la regulación hormonal, lo que resulta en una mayor eficiencia reproductiva y mejores tasas de preñez en el ganado de la región.

Tabla 7: Niveles de progesterona - diámetro folicular (ovario derecho e izquierdo) según la condición corporal en vacas Holstein pos parto en la comunidad ganadera Invernillo-Pomalca- Lambayeque, desde el dia 42 a 62

DIAS POS PARTO (DPP)	Condición corporal				Valor p	
	CC < 3.5		CC ≥ 3.5			
	̄X	DS	̄X	DS		
Niveles de Progesterona (ng/mL)	3.04	1.27	3.44	0.85	0.347	
Diámetro folicular del Ovario Izquierdo (mm)	8.02	1.76	9.33	2.00	0.034	
Diámetro folicular del Ovario Derecho(mm)	9.09	1.73	10.22	2.05	0.06	

p<0.05, significativo. Prueba de T-Student.

El análisis de los niveles de progesterona y el diámetro folicular en los ovarios derecho e izquierdo de vacas Holstein posparto en un sistema de crianza intensiva ofrece una visión detallada sobre su recuperación reproductiva. En la comunidad ganadera de Invernillo, Pomalca, Lambayeque, el seguimiento de estos parámetros entre los días 72 y 87 posparto permite evaluar cómo la condición corporal, influenciada por el manejo intensivo, impacta el desarrollo folicular y la actividad hormonal. Este control es esencial para optimizar la eficiencia reproductiva y mejorar las tasas de concepción en sistemas de producción intensiva.

Tabla 8: Niveles de progesterona - diámetro folicular (ovario derecho e izquierdo) según la condición corporal en vacas Holstein pos parto de crianza intensiva en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca- Lambayeque, desde el día 72 a 87

DIAS POS PARTO (DPP)	Condición corporal				Valor p
	CC < 3.5	CC ≥ 3.5			
Niveles de Progesterona (ng/mL)	2.86	3.26	5.78	5.84	0.03
Diámetro folicular del Ovario Izquierdo (mm)	4.26	2.02	10.12	3.30	7,3041E-19
Diámetro folicular del Ovario Derecho(mm)	5.79	2.20	11.39	2.96	1,1579E-19

p<0.05, significativo, p<0.01, altamente significativo. Prueba de T-Student.

En la tabla 7 y 8, se muestra el comportamiento de los niveles de progesterona (ng/ml) y el diámetro folicular (ovario izquierdo y derecho) teniendo en consideración la condición corporal en grupos de vacas (CC< 3.5 y CC>3.5) al analizar los días 42 a 62 pos parto (DPP) y 72 a 87 DPP respectivamente. Observándose que en los primeros días de análisis el nivel de progesterona y el diámetro folicular de ambos ovarios el grupo de vacas con CC>3.5 mostraron valores mayores en comparación con las vacas del grupo con CC<3.5, observando significancia en el diámetro folicular tanto en el ovario izquierdo como en el derecho; mientras que en la concentración de progesterona no hubo diferencias. En el análisis de los días 72 a 87 DPP se observó que la concentración de progesterona en el grupo de vacas con CC>3.5 obtuvo un valor significativo en comparación al grupo de vacas con CC<3.5 así como su comportamiento de diámetro folicular de ambos ovarios. Resultados similares a lo reportado por Balarezo et al. (2020) encontrando mayor concentración en progesterona sérica con 4.18 ± 0.32 en el grupo de vacas con CC>3.5 mientras que en el grupo de CC<3.5 tuvo valores menores con 3.16 ± 0.37 . Así como en

otras investigaciones realizadas en vacas mestizas que parieron con CC > de 2.5 presentaron un mayor diámetro en el folículo dominante de clase III (≥ 10 mm de diámetro) y su concentración de progesterona fueron superior a partir del día 30 DPP en razón a 0.5 ng/ml; muy diferente al grupo de vacas con ≤ 2.5 CC que tuvieron un retraso en la actividad ovárica, reportado por Domínguez et al. (2008).

En el periodo pos parto los primeros folículos son dependientes a las hormonas gonadotrópicas (Sartori et al., 2002); teniendo en consideración que el primer Foliculo Dominante pos parto no llega a ovular por déficit de LH y si este ovula lo hace sin presencia de un celo psíquico en más del 70% con bajo porcentaje de fertilidad (Crowe, 2008).

Mientras que los resultados obtenidos en este estudio la reactivación ovárica con el folículo dominante preovulatorio no es una limitante para su reactivación observándose que su comportamiento reproductivo es favorecida después de los 35 días pos parto.

4.5. Correlación entre las concentraciones de progesterona y el crecimiento folicular

La correlación entre las concentraciones de progesterona y el crecimiento folicular en los ovarios derecho e izquierdo de vacas Holstein posparto es fundamental para comprender el proceso de recuperación reproductiva. En la ganadería de la comunidad de el Invernillo, el análisis de esta relación en dos periodos distintos permite identificar patrones en la actividad ovárica que influyen en la eficiencia reproductiva. La progesterona juega un papel clave en la regulación del ciclo estral, mientras que el desarrollo folicular es crucial para la ovulación y la concepción. Estudiar esta correlación proporciona información valiosa para optimizar los programas de reproducción en la región.

Tabla 9: Correlación de concentraciones de progesterona y crecimiento folicular de los ovarios (derecho e izquierdo) en vacas Holstein pos parto en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca- Lambayeque, en dos periodos (días).

Periodo (Días)	Variable	ρ de Spearman	Grado de ρ de Spearman	Valor p
42 a 62 DPP	Progesterona (ng/ml)			
	Crecimiento Folicular del Ovario Derecho	0.587	Correlación positiva Considerable	3,7012E-14
	Progesterona (ng/ml)			
	Crecimiento Folicular del Ovario Izquierdo	0.611	Correlación positiva Considerable	6,5372E-13
	Progesterona (ng/ml)			
	Crecimiento Folicular del Ovario Derecho	0.54	Correlación positiva Considerable	1,3501E-10
72 a 87 DPP	Progesterona (ng/ml)			
	Crecimiento Folicular del Ovario Derecho	0.49	Correlación positiva media Considerable	5,1731E-9
	Progesterona (ng/ml)			
	Crecimiento Folicular del Ovario Izquierdo			
	Progesterona (ng/ml)			
	Crecimiento Folicular del Ovario Izquierdo			

**p<0.01, Altamente Significativo

ρ = Coeficiente de Correlación de Spearman

Grados de correlación de Spearman = Correlación positiva Considerable (0.51 a 0.75), Correlación positiva Fuerte (0.76 a 0.90), Correlación positiva Perfecta (0.91 a 1.00)

En la tabla 9 se muestran las correlaciones de las concentraciones de progesterona y el tamaño de los folículos ováricos (derecho e izquierdo), encontrando una correlación positiva considerable altamente significativo tanto en el periodo de 42 a 62 días como de 72 a 87 días; esto quiere decir que a medida que disminuye las concentraciones de progesterona el crecimiento folicular no se ve alterado en su tamaño (mm), tal como se describió en la tablas 5 donde encontramos que en los dos periodos, un aumento de las

concentraciones de progesterona y de igual manera en la tabla 3 se observó una tendencia en aumento del crecimiento folicular predominando más el del ovario derecho.

Esto nos permite resaltar que en el desempeño fisiológicos la contribución de las hormonas FSH, en el desempeño fisiológico en el proceso de esteroidogénesis folicular, denota que la producción de estrógenos, así como en el crecimiento y maduración del folículo dominante, como resultado de asociación positiva y por otro lado, la Hormona Luteinizante (LH) contribuye en la esteroidogénesis lútea, desencadenando en la liberación de progesterona, ovulación, y la formación y mantenimiento del cuerpo lúteo. (Wright y Malmo, 1992); también debemos de mencionarle que los estrógenos que no fueron estudiado en esta investigación, son hormonas esteroideas generadas por los folículos ováricos en desarrollo, influyendo en diversas áreas como los oviductos, útero, vagina, vulva, así como en el sistema nervioso central y el hipotálamo; estimulando la conducta cíclica de celo con un efecto de retroalimentación negativa en el centro tónico, al tiempo que ejercen una retroalimentación positiva en el centro cíclico; así como lo manifiesta Schoenemann et al. (1985).

Es necesario entender que a la ausencia de progesterona, los estrógenos estimulan síntesis de receptores de GnRH en la hipófisis aumentando la sensibilidad de la hipófisis a la GnRH, estimulada de manera más pronunciada y como respuesta a la presencia de celo, tal como lo menciona Kesner y colaboradores (1981); que en los días 16 a 19 del ciclo estral, se observa una disminución en los niveles de progesterona en la sangre, atribuible al aumento en la concentración de estrógenos, entendiendo que la inhibina, hormona proteica producida por las células de la granulosa en el folículo ovárico, regula la FSH al reducir su secreción mediante retroalimentación negativa en la hipófisis. En cuanto al útero, este es responsable de la producción de la prostaglandina F2 alfa (PGF2 α), la cual

regula el ciclo estral a través de su efecto luteolítico y también participa en los mecanismos de ovulación y parto.

También debemos de tener escenarios de variación en la dinámica folicular que son originados por diversos factores como la alimentación, manejo, producción de leche, periodo de lactancia y el postparto, según lo señalado por Ginther y colaboradores (1996).

La calidad de la dieta puede incidir en el patrón de ondas de crecimiento folicular, ya que una nutrición deficiente se asocia a bajos niveles circulantes de IGF-I (Murphy et al., 1990); déficit nutricional que conlleva a una disminución en el diámetro del folículo dominante en todas las ondas, así como en una reducción en el tiempo de persistencia de este folículo durante la primera onda. (Rhodes et al., 1995)

4.6. Correlación entre la progesterona y condición corporal

La correlación entre las concentraciones de progesterona y la condición corporal en vacas Holstein posparto es clave para entender la dinámica reproductiva en este periodo crítico. En la comunidad ganadera de Invernillo, Pomalca, Lambayeque, el análisis en dos periodos específicos permite evaluar cómo la recuperación física del animal afecta los niveles hormonales y, por ende, su capacidad para reanudar los ciclos reproductivos. Un buen estado corporal favorece la estabilidad de las concentraciones de progesterona, lo que se traduce en mejores tasas de concepción y eficiencia reproductiva.

Tabla 10: Correlación de concentraciones de progesterona y condición corporal en vacas Holstein pos parto en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca- Lambayeque, en dos periodos (días).

Periodo (Días)	Variable	ρ de Spearman	Grado de ρ de Spearman	Valor p
42 a 62 DPP	Progesterona (ng/ml)	0.05	Correlación positiva débil	0.57
	Condición Corporal			
72 a 87 DPP	Progesterona (ng/ml)	0.12	Correlación positiva media	0.044
	Condición Corporal			

**p<0.01, Altamente Significativo

ρ = Coeficiente de Correlación de Spearman

Grados de correlación de Spearman = Correlación negativa débil (-0.001 a -0.10); Correlación positiva débil (0.01 a 0.10); Correlación positiva media (0.11 a 0.50); Correlación positiva Considerable (0.51 a 0.75), Correlación positiva Fuerte (0.76 a 0.90), Correlación positiva Perfecta (0.91 a 1.00)

La tabla 10 muestra las correlaciones de las concentraciones de progesterona y condición corporal, encontrando una correlación positiva débil no significativa para el periodo de 42 a 62 días; sin embargo en el periodo 72 a 87 días presento una correlación positiva media altamente significativa; esto quiere decir que a medida que aumenta o se regularice la condición corporal influye en el aumento de las concentraciones de progesterona (ng/ml).

Investigadores como Maza A. et al. (2001) y Sartori et al. (2002) indican que la insuficiencia de progesterona (P4) se debe a una disminución en la liberación de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y en la respuesta de la hipófisis a esta hormona. Este desequilibrio genera patrones irregulares en la secreción de GnRH y reduce el pico preovulatorio de la hormona luteinizante (LH), afectando así el crecimiento, maduración y ovulación del folículo dominante (FD). Los resultados de esta investigación coinciden con lo reportado por Maza A. et al. (2001), al encontrar que las

vacas con condición corporal baja ($CC < 3.5$) presentaron concentraciones reducidas de progesterona (P4) y estrógenos (E2) circulantes. Por el contrario, las vacas con un puntaje de $CC \geq 3.5$ mostraron niveles más altos de progesterona, lo cual se atribuye a sus mejores reservas energéticas, que favorecen el desarrollo folicular posparto. Este equilibrio energético positivo tiene un efecto beneficioso en el ovario, ya que estimula la liberación de GnRH por parte del hipotálamo. Posteriormente, la GnRH promueve la síntesis y liberación de la hormona foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) por la hipófisis, como también lo señalaron Sartori et al. (2002).

Los resultados del presente estudio son similares a lo que manifiesta Santos et al. (2009) quienes indican que la condición corporal posparto (CCP) influye en el retorno a la actividad ovulatoria (RAO) y en la fisiología del eje hipotálamo-hipófisis-ovario. En este estudio, se observó que las vacas con una $CC \geq 3.5$ presentaron mayores concentraciones de progesterona entre los 72 y 87 días posparto. Esto refuerza la idea de que la falta de reservas corporales afecta negativamente la cantidad de folículos en cada onda folicular, el desarrollo del folículo dominante (FD) y la frecuencia de los pulsos de la hormona luteinizante (LH). Estos factores contribuyen a un retraso en la ovulación posparto ya una menor actividad del cuerpo lúteo (CL), lo que reduce la producción de progesterona (P4), tal como también lo reporta Santos et al., 2009).

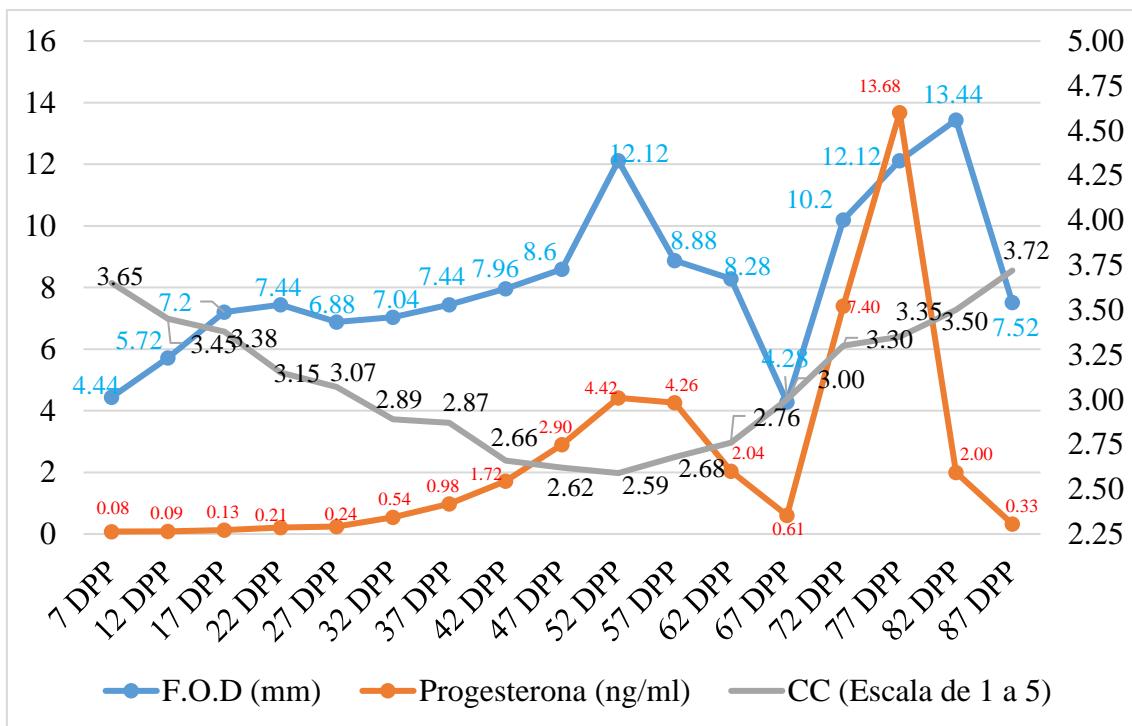


Figura 5: Comportamiento entre la condición corporal (Escala de 1 a 5), diámetro folicular (mm) y concentraciones de progesterona sérica (ng/mL) y en vacas Holstein en la comunidad ganadera Invernillo- Pomalca- Lambayeque.

La figura 5 muestra la relación entre tres variables diferentes a lo largo de varios días post parto (DPP) en vacas Holstein de la comunidad ganadera Invernillo, Pomalca, Lambayeque, gráfico que proporciona una visión del proceso reproductivo y su recuperación traducido a la reactivación ovárica en vacas pos parto, crucial para su manejo reproductivo y de salud.

Se observó que el tamaño del folículo del ovario derecho (F.O.D, en mm, línea azul), a medida que avanzan los días post parto (DPP), el diámetro folicular muestra un aumento de forma significativo desde la primera semana pos parto, alcanzando su punto máximo alrededor del 52 y 82 DPP.

La concentración de Progesterona (en ng/ml, línea naranja) muestra un patrón de aumento de forma significativa desde el DPP 7, con concentraciones basales hasta el dia 42 el valor

es mayor a 1 ng/ml significando que hay una reactivación ovárica traducida a un tamaño folicular que llega hasta 7.96 mm tamaño que se traduce a la selección en la dinámica folicular.

La Condición corporal (Escala de 1 a 5, línea gris) muestra una disminución desde la primera semana pos parto desde el 7 DPP hasta el 52 DPP llegando a tener el menor valor significativo con una escala de 2.59 CC, para luego presentar un aumento de forma gradual hasta el 87 DPP, valor máximo y significativo, indicando una franca recuperación en la condición corporal.

CONCLUSIONES

1.- Las vacas de la comunidad ganadera de Invernillo presentaron una tasa de concepción buena del 61.11%. Después del parto, experimentando una disminución en la condición corporal (CC) hasta el día 52 (2.59 CC), seguida de un aumento progresivo hasta el día 87 (3.72 CC). Aquellas vacas con una variación de CC entre 0.51 y 1.0 mostraron tasas de concepción (72.73%) y preñez (66.67%) significativamente superiores a las que su variación fue menor (0 a 0.50 CC). Además, las vacas con mejor CC presentaron menos días abiertos, con un promedio de 98.50 días frente a los 117.27 días observados en las vacas de menor CC.

2.- La evaluación ecográfica de los ovarios de las vacas de la comunidad ganadera Invernillo reveló que el folículo del ovario derecho presentó un crecimiento significativo de 12.12 mm y 13.44 mm a los 52 y 82 días posparto respectivamente en comparación con el ovario izquierdo.

3.- Las vacas de la comunidad ganadera Invernillo mostraron niveles basales de progesterona (<1 ng/mL) hasta el día 42 posparto, momento en el que superaron dichos niveles. A partir de entonces, los niveles de progesterona aumentaron hasta alcanzar un valor máximo significativo de 4.42 ng/mL en el día 52 posparto, para luego descender hasta el día 62. A partir del día 67, los niveles de progesterona regresaron a los valores basales. Sin embargo, se observó un aumento significativo entre los días 72 y 77 posparto, alcanzando nuevamente su valor máximo, lo que indica el inicio de ciclos reproductivos regulares.

4.- Las concentraciones de progesterona y el tamaño folicular (derecho e izquierdo) muestran una correlación positiva, lo que indica que el crecimiento folicular no se ve afectado significativamente por la disminución de progesterona. La condición corporal también influye en las concentraciones de progesterona, con una correlación positiva moderada y significativa entre los días 72 y 87 DPP. Esto sugiere que la mejora en la condición corporal está asociada con un aumento en la progesterona, resultados que resaltan la importancia de la condición corporal en la recuperación reproductiva de las vacas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un manejo reproductivo basado en la evaluación constante del intervalo entre partos (IEP), días abiertos y tasa de concepción al primer servicio, lo que permitirá identificar y corregir problemas reproductivos de forma temprana. Es crucial optimizar la alimentación y el manejo reproductivo para mejorar la productividad y rentabilidad en las explotaciones. Además, se sugiere capacitar a los ganaderos locales en prácticas sostenibles, lo que fortalecerá sus habilidades técnicas y fomentará una gestión más eficiente y rentable, contribuyendo al desarrollo económico de la comunidad ganadera en la región de Lambayeque.

Lista de Referencias

- Abramovich, D., Irusta, G., Parborell, M., & Fernanda Agustina. (2014). Foliculogénesis. In *El óvulo como paciente* (pp. 23–36).
- Aguilar, S. araí. (2015). Formulas para el calculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud En Tabasco*, 11(2), 333–338. <https://doi.org/ISSN:1405-2091>
- Alfaro, M. I., Ormachea, H. H., & Alvarado, A. E. (2020). Ovarian follicular dynamics of a creole cattle under grazing conditions in high Andean areas of Peru. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 621–628. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.18>
- Andrade, S. (2013). Desempenho produtivo e reprodutivo de vacas Holstein-Frísia em comparação com os respectivos cruzamentos com vermelha sueca e Montbéliarde. In *Tesis de Maestría*. Univ. de Lisboa.
- Angulo, R. (2021). Determinar la actividad ovárica, mediante la ultrasonografía en relación de la condición corporal en vacas con anestro pos parto en granjas Acrhobol Cochabamba. In *Tesis para optar el titulo de Medico Veterinario Zootecnista*. Universidad Mayor de San Simon.
- Ayala, L. E., Pesantez, J. L., Rodas, E. R., Dután, J. B., Calle, J. R., Murillo, Y. A., Vázquez, J. M., Nieto, P. E., Ortega, V. V., & Samaniego, J. X. (2019). Dinámica folicular de vaquillas Criollas al pastoreo en el altiplano ecuatoriano. *Archivos de Zootecnia*, 68(262), 184–190. <https://doi.org/10.21071/az.v68i262.4135>
- Baez, G. M. (2010). *Relaciones Hormonales y Dinámica Folicular Durante el Periodo Posparto en Vacas Sanmartinero*. Universidad Colombia, Colombia.
- Balarezo, L., García, J. R., & Noval, E. (2020). Condición corporal y reinicio de la actividad ovárica posparto en vacas Holstein en Ecuador. *Revista MVZ Córdoba*, 25(3), e1859. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1859>
- Bao, B., & Garverick, H. A. (1998). Expression of steroidogenic enzyme and gonadotropin receptor genes in bovine follicles during ovarian follicular waves: a review. *Jorunal Animal Science*, 76, 1903–1921.
- Bargo, F., Busso, F., Corbellini, C., Grigera, J. M., Lucas, V., Podetti, V., Tuñon, G., & Vidaurreta, I. (2009). Organización y análisis de un sistema de registros de enfermedades del periparto en vacas lecheras : su incidencia e impacto económico sobre las empresas. In *Informe final del Convenio de Asistencia Técnica Institucional INTA – Elanco – AACREA*.
- Barrón, Oscar., Avilés, Ricardo., Fraga, E., & Bautista, Yuridia. (2023). Los procesos reproductivos en vacas y el uso de la ultrasonografía. *Abanico Veterinario*, 13, 1–34. <https://doi.org/10.21929/abavet2023.18>

- Bartolomé, J. (2009). Endocrinología y fisiología de la gestación y el parto en el bovino. *Taurus Bs As*, 11(42), 20–28.
- Bartolome, J., & Taurus, B. (2009). *Endocrinología y fisiología de la gestación y el parto en el bovino: Reproducción y manejo ganadero* (3ra edició). Acribia.
- Beam, S. W., & Butler, W. R. (1999). Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows . *Journal of Reproduction and Fertility*, 54, 411–424.
- Becker, S., Inostrosa, V., Peña, S., Gonzales, R., & Serrano, R. (2001). *El inicio de la función ovárica en vacas lecheras primíparas y multíparas: reproducción ganadera* (2da edició). Americana.
- Bellenda, O. (2003). *La Ecografía Aplicada a la Reproducción en especies de interés reproductivo*.
- Bloomfield, G. A., Morant, S. V., & Ducker, M. J. (1986). A survey of reproductive performance in dairy herds. Characteristics of the patterns of progesterone concentrations in milk. *Animal Production*, 42, 1–10.
- Bonacker, R. C., Stoecklein, K. S., Locke, J. W. C., Ketchum, J. N., Knickmeyer, E. R., Spinka, C. M., Poock, S. E., & Thomas, J. M. (2020). Treatment with prostaglandin F_{2α} and an intravaginal progesterone insert promotes follicular maturity in advance of gonadotropin-releasing hormone among postpartum beef cows. *Theriogenology*, 157, 350–359. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.08.018>
- Bonato, D. V., Ferreira, E. B., Gomes, D. N., Bonato, F. G. C., Droher, R. G., Morotti, F., & Seneda, M. M. (2022). Follicular dynamics, luteal characteristics, and progesterone concentrations in synchronized lactating Holstein cows with high and low antral follicle counts. *Theriogenology*, 179, 223–229. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.12.006>
- Bosquez, M. E. (2022). Determinación de la eficiencia reproductiva de vacas Holstein Friesian en la provincia de Imbabura, Ecuador. In *Trabajo de Titulación para optener el grado de Maestría*. Escuela superior politécnica de Chimborazo.
- Bulman, D. C., & Lamming, G. E. (1978). Milk progesterone levels in relation to conception, repeat breeding and factors influencing acyclicity in dairy cows. *Journal Reprod. Fert.*, 54, 447–458.
- Bustillo, J. C., & Melo, J. A. (2020). Parámetros reproductivos y eficiencia reproductiva en ganado bovino. In *Tesis para optar el título de Medico Veterinario*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Bustillo, J., & Melo, J. (2020). *Parámetros reproductivos y eficiencia reproductiva en ganado bovino*. /<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/b5334883-6e6a-4364-853a-26ebf486f3ad/content>

- Butler, S. T., Pelton, S. H., & Butler, W. R. (2004). Insulin increases 17 β -estradiol production by the dominant follicle of the first postpartum follicle wave in dairy cows. *Reproduction*, 127, 537–545.
- Butler, W. R. (2000). Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*, 60(61), 449–457.
- Butler, W. R. (2003). Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Prod Sci*, 83, 211–218.
- Cabrera, A. E. (2021). Efecto de la condición corporal al momento del servicio sobre la fertilidad de las vacas lecheras de crianza intensiva de Lima. In *Tesis para obtener el Titulo Medico Veterinario*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Carizi, V., Pablo, J., Alvarado, J. P., & Roberto, P. (2019). Condición corporal y su relación con producción láctea, reproducción y perfil metabólico en vacas lecheras del trópico boliviano. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 30(1), 107–118. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.14459>
- Cavestany, D., Galina, C. S., & Viñoles, C. (2001). Efecto de las Características del reinicio de la actividad ovárica posparto en la eficiencia reproductiva de vacas Holstein en pastoreo. *Arch. Med. Vet.*, 32(2), 217–226. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2001000200010>
- Cavestany, D., & Nava, G. (2010). *Estrategias de manejo reproductivo para una mejora de la fertilidad del ganado bovino*. Engormix.Com. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/estrategias-manejo-reproductivo-mejora-t28598.htm>
- Chamba, H. R. (2013). *Prevalencia de quistes foliculares y luteinicos en vacas Holstein en Pos-parto*. Universidad de Cuenca.
- Chebel, R. C., Al-Hassan, M. J., Fricke, P. M., Santos, J. E. P., Lima, J. R., Martel, C. A., Stevenson, J. S., Garcia, R., & Ax, R. L. (2010). Supplementation of progesterone via controlled internal drug release inserts during ovulation synchronization protocols in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(3), 922–931. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2301>
- Conn, P. M., & Freeman, M. E. (2000). Neuroendocrine regulation of sexual behavior. In *Neuroendocrinology in physiology and medicine*. Totowa.
- Corea, Elmer, E., Alvarado, J. F., & Leyton, L. V. (2008). Efecto del cambio en la condicion corporal, raza y numero de partos en el desempeño reproductivo de vacas lecheras. *Agronomia Mesoamericana*, 19(2), 251–259.
- Cortadellas, O., & Fernández, M. (2012). Diagnosis and therapy of canine and feline chronic kidney disease (CKD). *Clin. Vet. Peq. Anim*, 32(4), 215–223.

- Crowe, M. (2008). Resumption of Ovarian Cyclicity in Post-partum Beef and Dairy Cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 43(s5), 20–28. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01210.x>
- Cruz, J. E. (2005). *Efecto de la GnRH postinseminación sobre la concentración plasmática de progesterona y las tasas de concepción en vacas Holstein repetidoras*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Cunha, T. O., Martinez, W., Walleser, E., & Martins, J. P. N. (2021). Effects of GnRH and hCG administration during early luteal phase on estrous cycle length, expression of estrus and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 173, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.06.010>
- Descôteaux, L., Carrière, P., & Durocher, J. (2006). *Ultrasonography of the reproductive system of the cow: basic principles, practical uses and economic aspects of this diagnostic tool in dairy production*.
- Díaz Diaz, L. (2021). *Mejoramiento de los parámetros reproductivos y productivos en la Finca El Secreto Mediante La Técnica De Inseminación Artificial Bovina*.
- Diskin, M. G., Kenny, D. A., Dunne, L., & Sreenan, J. M. (2002). Systemic progesterone pre and post AI and early embryo survival in cattle. *Proc Agricultural Research Forum*, 27.
- D’Occhio, M., Baruselli, P., & Campanile, G. (2019). Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. *Theriogenology*, 125, 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>
- Domínguez, C., Ruiz, A., Pérez, R., Martínez, N., Drescher, K., Pinto, L., & Araneda, R. (2008a). Efecto de la condición corporal al parto y del nivel de alimentación sobre la involución uterina, actividad ovárica, preñez y la expresión hipotalámica y ovárica de los receptores de leptina en vacas doble propósito. *Rev. Fac. Cs. Vets.*, 49(1), 23–36.
- Domínguez, C., Ruiz, A. Z., Pérez, R., Martínez, N., Drescher, Pinto, L., & Araneda, R. (2008b). Efecto de la condición corporal al parto y del nivel de alimentación sobre la involución uterina, actividad ovárica, preñez y la expresión hipotalámica y ovárica de los receptores de leptina en vaca doble propósito. *Revista de La Facultad de Ciencias Veterinarias*, 49(1), 23–36.
- Durán, H. (1996). Sistema de alta producción de leche. *Jornada de Lechería y Pasturas. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA La Estanzuela)*, 1–15.
- Eppig, J. J. (2001). Oocyte control of ovarian follicular development and function in mammals. *Reproduction*, 122, 829–838.

- Fafioffe, A., Ethier, J.-F., Fontaine, J., JeanPierre, E., Taragnat, D., & Dupont, J. (2004). Activin an inhibin receptor gene expression in the ewe pituitary throughout the oestrous cycle. *Endocrinology*, 182, 55-68.
- Ferreira De Souza, E. (2016). La importancia de la progesterona. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1–3. www.produccion-animal.com.ar
- Filipiak, Y., Viqueira, M., & Bielli, A. (2016). Desarrollo y dinámica de los folículos ováricos desde la etapa fetal hasta la prepuberal en bovinos. *Veterinaria (Montevideo)*, 52(202), 14–22.
- Findlay, J. K. (1993). An update on the roles of inhibin, activin, and follistatin as local regulators of folliculogenesis. *Biol Reprod*, 48(1), 15-23.
- Fortune, J. E., Rivera, G. M., & Yang, M. Y. (2004). Follicular development: the role of the follicular microenvironment in selection of the dominant follicle. *Animal Reproduction Science*, 82–83, 109-126.
- Fortune, J., Rivera, G., Evans, A., & Turzillo, A. (2001). Differentiation of Dominant Versus Subordinate Follicles in Cattle. *Biol Reprod*, 65, 648–654.
- Fortune, J., Sirois, J., Turzillo, A. W., & Laver, M. (1991). Follicle selection in domestic ruminants. *Journal Reprod. Fert.*, 43(Suppl 1), 187.
- Franzoni, G., & Zuliani, R. (2019). *Espesor de la grasa subcutánea, condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas de cría Hereford* [Tesis de grado]. Universidad de la República .
- Gereš, D., Ževrnja, B., Žubčić, D., Zobel, R., Vulić, B., Staklarević, N., & Gracin, K. (2011). Asymmetrical functional activities of ovaries and tubular part of reproductive organs of dairy cows. *Veterinarski Arhiv*, 81(2), 187–198.
- Ginther, O. J. (2014). How ultrasound technologies have expanded and revolutionized research in reproduction in large animals. *Theriogenology*, 81, 112–125.
- Ginther, O. J., Beg, M. A., Bergfelt, D. R., Donadeu, F. X., & Kot, K. (2001). Follicle selection in monovular species. *Biology of Reproduction*, 65, 638–647.
- Gong, J. G., Lee, W. J., Garnsworthy, P. C., & Webb, R. (2002a). Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. *Reproduction*, 123(3), 419–427. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1230419>
- Gong, J. G., Lee, W. J., Garnsworthy, P. C., & Webb, R. (2002b). The effect of dietary induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. *Reproduction*, 123, 419–427.

- González, M., Pastrana, N., Barón, F., & Vertel, M. (2014). Frecuencia de presentación de gestación con relación al cuerno uterino en bovinos del trópico colombiano. *Rev Med Vet*, 28, 13–21.
- González Stagnaro, C. (2001). Parámetros, cálculos e índices aplicados en la evaluación de la eficiencia reproductiva. In *Reproducción Bovina* (pp. 203–247).
- González Stagnaro, C., & Soto Beloso, E. (2005). *Manual de ganadería doble propósito* (Astro Data, Vol. 8).
- Gonzálezs, A., Santiago, J., García, R. M., Cocero, M. J., & López, A. (2002). Patrones y mecanismos de control del desarrollo folicular durante la administración de protocolos superovulatorios en pequeños rumiantes (Revisión). *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.*, 17(1–2), 37–48.
- Google maps. (2018). *Mapa de la provincia de Chiclayo, región Lambayeque*.
- Gordon, I. (2004). Controlled Reproduction in Farm Animals Series: Four Volume Set (Controlled Reproduction in Farm Animals, So4). *CAB International*, 332.
- Grajales, H., Hernández, A., & Prieto, E. (2010). Niveles de progesterona durante el ciclo normal y silencioso en bovinos en el trópico colombiano. *Medicina Veterinaria*, 15(2), 2060–2069.
- Granados, C. A. (2016). Efecto de la aplicación de semilla de Linaza sobre la ciclicidad en bovinos del municipio de Aruca. In *Tesis pregrado*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Guachagmira Bastidas, A. (2019). *Evaluación del peso, condición corporal y estado reproductivo del ganado lechero en sistemas silvopastoriles de acacia (Acacia melanoxylum), aliso (Alnus acuminata) y un sistema tradicional en la finca San Vicente parroquia el Carmelo* [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Guagalango Amaña, A. D. (2020). *Perfiles de Progesterona y estandarización de la prueba de electroquimioluminiscencia en muestra de sangre durante un ciclo estral natural y sincronizado en bovinos productores de leche en el páramo ecuatoriano* [Tesis de grado]. Universidad San Francisco de Quito .
- Guedón, L., Saumande, J., Dupron, F., Couquet, C., & Desbals, B. (1999). Serum cholesterol and triglycerides in postpartum beef cow and the relationship to the resumption of ovulation. *Theriogenology*, 51, 1405–1415.
- Guerra, C. R. (2017). Perfil hormonal y su relación con la reactivación del ciclo estral en vacas pos parto de raza Holsteín en el valle de Cajamarca. In *Tesis para obtener el Titulo Medico Veterinario*. Universidad Nacional de Cajamarca.

- Gwynn, T., Rodning, S., Goodrich, B., Dyce, P., Elmore, M., Elmore, J. B., Edmondson, M., Newcomer, B. J., Mullenix, K., & Carson, R. L. (2018). Beef Cow Pregnancy Examination. In *Livestock & Poultry*.
- Hafez. (2002). *Reproduccion e inseminacion artificial*.
- Halvorson, L. M., & DeCherney, A. H. (1996). Inhibin, activin, and follistatin in reproductive medicine. *Fertil Steril*, 65(3), 459–469.
- Henao, G. (2001). Reactivación Ovárica Postparto En Bovinos. Revisión. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 54(1), 1285–1302.
- Hinckley, T., Clark, R. M., Bushmich, S. L., & Milvae, R. A. (1996). Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids and Bovine Luteal Cell Function. *Biology of Reproduction*, 55, 445–449.
- Horrach, M., Bertot, J., Montes De Oca, R., & Garay, M. (2020). Eficiencia reproductiva de sistemas vacunos en inseminación artificial. Tendencias actuales y perspectivas. *Rev. Prod. Anim*, 32(3).
- Ingvartsen, K. L., & Andersen, J. B. (2000). Integration of Metabolism and Intake Regulation: A Review Focusing on Periparturient Animals. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1573–1597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75029-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75029-6)
- Inskeep, E. K. (2004). Preovulatory, postovulatory, and postmaternal recognition effects of concentrations of progesterone on embryonic survival in the cow. *Journal Animal Sciencie*, 82, 24–39.
- Kaneko, H., Taya, K., Watanabe, G., Noguchi, J., Kikuchi, K., Shimada, A., & Hasegawa, Y. (1997). Inhibin is involved in the suppression of FSH secretion in the growth phase of the dominant follicle during the early luteal phase in cows. *Domest. Anim. Endocrinol*, 14, 263-271.
- Kanitz, W., Brussow, K., Becker, F., Torner, H., Schneider, F., Kubelka, M., & Tomek, W. (2001). Comparative aspects of follicular development, follicular and oocyte maturation and ovulation in cattle and pigs. *Archiv Fur Tierzucht – Archives of Animal Breeding*, 44, 9–23.
- Karsch, F. J. (1987). Central actions of ovarian steroids in the feedback regulation of pulsatile secretion of luteinizing hormone. *Ann Rev Physiol*, 49, 465–482.
- Kim, I.-H., & Suh, G.-H. (2003). Effect of the amount of body condition loss from the dry to near calving periods on the subsequent body condition change, occurrence of postpartum diseases, metabolic parameters and reproductive performance in Holstein dairy cows. *Theriogenology*, 60(8), 1445–1456. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(03\)00135-3](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00135-3)

- Kulick, L. J., Kot, K., Wiltbank, M. C., & Ginther, O. J. (1999). Follicular and hormonal dynamics during the first follicular wave in heifers. *Theriogenology*, 52, 913–921.
- Leaver, J. D. (1977). Effect of Nevel of Nutrition and Body Condition on the Fertility of Heifers. *Animal Production*, 28, 219–224.
- Leiva, C., Durante, L., Bertoli, J., Gatti, 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. *InVet*, 23(2), 1–12.
- Lemaire, M., & Narbaiz, M. (2022). *Indicadores de eficiencia reproductiva en rodeos lecheros de Uruguay y evaluación de softwares específico como sistemas de registro reproductivo* [Tesis doctoral]. Universidad de la República .
- Lin, Y., Yang, H., Ahmad, M., Yang, Y., Yang, W., Riaz, H., Abulaiti, A., Zhang, S., Yang, L., & Hua, G. (2021). Postpartum Uterine Involution and Embryonic Development Pattern in Chinese Holstein Dairy Cows. *Frontiers in Veterinary Science*, 7(604729). <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.604729>
- Lopez, F. (2006). Relación entre Condición Corporal y Eficiencia Reproductiva en Vacas Holstein. *Facultad de Ciencias Agropecuarias de La Universidad Del Cauca*, 4, 78–86.
- López, F. J. (2006). Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 4(1), 77–86.
- Lopez, H., Satter, L. D., & Wiltbank, M. C. (2004). Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 81(3–4), 209–223. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.10.009>
- Lucy, M. C. (2001). Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *Journal Dairy Science*, 84, 1277–1293.
- Lucy, M. C. (2003). Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reprod Suppl.*, 61, 415–427.
- Lucy, M. C. ;, De La Sota, R. L. ;, Staples, C. R. ;, & Thatchew, W. W. (1993). Ovarian Follicular Populations in Lactating Dairy Cows Treated with Recombinant Bovine Somatotropin (Sometribove) or Saline and Fed Diets Differing in Fat Content and Energy . *Journal of Dairy Science*, 76, 1014–1027. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77429-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77429-9)
- Lucy, M. C., Savio, J. D., Badinga, L., De La Sota, R. L., & Thatcher, W. W. (1992). Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3615–3626. <https://doi.org/10.2527/1992.70113615x>
- Macmillan, K., Gobikrushanth, M., Behrouzi, A., López-Helguera, I., Cook, N., Hoff, B., & Colazo, M. G. (2020). The association of circulating prepartum metabolites,

minerals, cytokines and hormones with postpartum health status in dairy cattle. *Research in Veterinary Science*, 130, 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.03.011>

Mann, G. E., & Lamming, G. E. (2001). Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanism in cows. *Reproduction*, 121(1), 175–180.

Martínez, A. L., & Sánchez, J. F. (1999). *Alimentación y Reproducción en vacas lecheras*. Mundo Ganadero.

Maza A., L., Salgado O., R., & Vergara G., O. (2001). Efecto de la condición corporal al parto sobre el comportamiento reproductivo y variación de peso corporal postparto de vacas mestizas lecheras. *Revista MVZ Córdoba*. <https://doi.org/10.21897/rmvz.526>

Mc Donald, L. (1981). *Reproducción y endocrinología veterinarias* (2da Edició). Interamericana.

McGee, E. A., & Hsueh, A. J. W. (2000). Initial and cyclic recruitment of ovarian follicles. *Endocrinology*, 21, 200–214.

Mercado, J. A. (2015). *Efecto del estradiol y el efecto liberador de gonadotropinas sobre la dinamica folicular de vacas Holstein*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Middleton, B., & Rodrigo, D. (1999). Monitoreo de la fertilidad en ganado lechero. *Rev Ext TecnoVet*, 5(3).

Mihm, M., & Bleach, E. (2003). Endocrine regulation of ovarian antral follicle development in cattle. *Anim Reprod Sci*, 78, 217–237.

Modina, S., Modina, S., Borromeo, V., Luciano, A., Lodde, V., Franciosi, F., & Secchi, C. (2007). Relationship between growth hormone concentrations in bovine oocytes and follicular fluid and oocyte developmental competence. *European Journal of Histochemistry*, 51(3), 173–180.

Morales, S., Hernandez, J., Rodriguez, G., & Peña, R. (2000). Comparación del porcentaje de concepción y la función lútea en vacas de primer servicio , vacas repetidoras y vaquillas Holstein. *Veterinaria Mexico*, 31(3), 179–184.

Moussavi, A. R. H., Gilbert, R. O., Overton, T. R., Bauman, D. E., & Butler, W. R. (2007). Effects of Feeding Fish Meal and n-3 Fatty Acids on Ovarian and Uterine Responses in Early Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 145–154. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72616-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72616-4)

Moyano, M. ;, & Rodríguez, C. (2014). Suplementación energética y su efecto en el nivel de colesterol y el perfil hormonal preovulatorio en vacas. *Revista Salud Animal*, 36(2), 90–96.

- Nielsen, M. O., & Riis, P. M. (1993). Somatotropin, insulin-like growth factor-I and the mammary gland in regulation of nutrient and energy metabolism during early lactation. *Acta Vet Scand Suppl*, 89, 47–54.
- Noseir, W. (2003). Varian follicular activity and hormonal profile during estrous cycle in cows: the development of 2 versus 3 waves. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 1, 50.
- Oliveira, P. (2002). Uso de produtos gliconeogênicos no pré e pós-parto sobre parâmetros produtivos, reprodutivos e sanguíneos de vacas Holandesas. In *Tesis de Maestría*. Univ. de São Paulo.
- Olivera, S. (2001). Índices de producción y su repercusión económica para un estable lechero. *Rev Inv Vet Perú*, 12(2), 49–54.
- Opsomer, G., Coryn, M., Deluyker, H., & Kruif, A. (1998). *An analysis of ovarian dysfunction in high yielding dairy cows after calving, based on progesterone profiles*. Universidad de Ghent, Bélgica.
- Orizaba Chávez, B., Alba Jasso, G. A., & Ocharán Hernández, M. (2013). Farmacocinética de la progesterona. *Rev Hop Jua Mex*, 80(1), 59–66.
- Ortiz Salazar, J., García Terán, O., & Morales Terán, G. (2005). *Manejo de bovinos productores de leche*.
- Overton, T. R., & Waldron, M. R. (2004). Management of transition Dairy cows: Strategies to optimize metabolic health. *Journal Dairy Science*, 87, 105–119.
- Padilla, M. A. (2015). *Concentraciones de progesterona al momento de la inseminación artificial y su relación con la tasa de concepción y producción láctea en vacas lecheras de raza Holstein en una hacienda de la provincia de Pichincha – Ecuador*. Universidad San Francisco de Quito.
- Padmanabhan, V., Karsch, F. J., & Lee, J. S. (2002). Hypothalamic, pituitary and gonadal regulation of FSH. *Reproduction*, 59, 67–82.
- Patton, J., Kenny, D., McNamara, S., Mee, J., O’Mara, F., Diskin, M., & Murphy, JJ. (2007). Relationships among milk production, energy balance, plasma analytes, and reproduction in Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.*, 90, 649–658.
- Pérez, C., Rodríguez, I., España, F., Hidalgo, M., Dorado, J., & Sanz, J. (2002). Utilidad del perfil de progesterona plasmática y ecográfica en el diagnóstico de quistes ováricos en vacas repetidoras de celos. *Rev Col Cienc Pec*, 15(1), 51–62.
- Phillips, D. J. (2005). Activins, inhibins and follistatins in the large domestic species. *Domest Anim Endocrinol*, 28(1), 1–16.
- Pierson, R. A., & Ginther, O. J. (1984). Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology*, 21, 495–504.

- Pieterse, M. C., Taverne, M. A. M., Kruip, T. A. M., & Willemse, A. H. (1990). Detection of corpora lutea and follicles in cows: a comparison of transvaginal ultrasonography and rectal palpation. *Vet. Rec.*, 126, 552-554.
- Pinzón, C., & Grajales, H. (2005). Niveles de progesterona y dinámica folicular en el posparto de vacas Holstein en condiciones del trópico bajo Colombiano. *Rev. Med. Vet. (Bogotá)*, 9, 7–18.
- Ramos Coaguila, O. (2023). *Parámetros reproductivos en vacas Holstein (Bos taurus) inseminadas con semen sexado de toros Gyr (Bos indicus) en la irrigación Majes – Arequipa* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Reis, M. M. ;, Cooke, R. F. ;, Ranches, F. ;, & Vasconcelos, J. L. (2012). Effects of calcium salts of polyunsaturated fatty acids on productive and reproductive parameters of lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 95, 7039–7050. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5502>
- Rennó, F. P., Pereira, J. C., Santos, A. D. F., Alves, N. G., Torres, C. A. A., & Rennó, L. N. (2006). Efeito da condição corporal ao parto sobre a produção e composição do leite, a curva de lactação e a mobilização de reservas corporais em vacas da raça Holandesa. *Arq Bras Med Vet Zoo*, 58, 220–233. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352006000200011>
- Rhoads, M., Meyer, J., Kolath, S., Lamberson, W., & Lucy, M. (2008). Growth hormone receptor, insulin-like growth factor (IGF)-1, and IGF-binding protein-2 expression in the reproductive tissues of early post partum dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(5), 1802–1813. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0664>
- Ribadu, A. Y., Ward, W. R., & Dobson, H. (1994). Comparative evaluation of ovarian structures in cattle by palpation per rectum, ultrasonography and plasma progesterone concentration. *Vet Rec.*, 135, 452–457.
- Roche, J. F. (1996). Control and regulation of folliculogenesis--a symposium in perspective. *Reviews of Reproduction*, 1(1), 19–27. <https://doi.org/10.1530/ror.0.0010019>
- Roche, J. F. (2006). The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Anim Reprod Sci*, 96, 282–296.
- Roche, J. F., & Diskin, M. G. (2005). *Efecto de la nutrición sobre la eficiencia reproductiva de los bovinos*. 21–26.
- Ruegg, P. L., & MILTON, RL. (1995). Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada: Relationship with yield, reproductive performance, and disease. *J. Dairy Sci*, 78, 552–564.
- Ruiz, L., Sandoval, R., Montenegro, M., & Delgado, A. (2017a). Desempeño reproductivo de vacas lecheras con involución uterina retardada bajo tratamiento

- hormonal con Cipionato de Estradiol y Benzoato de Estradiol. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 28(1), 110–119. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12943>
- Ruiz, L., Sandoval, R., Montenegro, M., & Delgado, A. (2017b). Reproductive performance of dairy cows with delayed uterine involution under hormonal therapy with estradiol cypionate and estradiol benzoate. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 28(1), 110–119. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12943>
- Sá Filho, M. F., Crespilho, A. M., Santos, J. E. P., Perry, G. A., & Baruselli, P. S. (2010). Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled Bos indicus cows. *Animal Reproduction Science*, 120(1–4), 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.03.007>
- Saborio Montero, A., & Sánchez, J. (2013). Prevalencia y factores de riesgo relacionados con la cetosis clínica y subclínica tipo I y II en un hato de vacas Jersey en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 37(2), 17–19.
- Saborío Montero, A., & Sánchez, J. (2014). Evaluación de la condición corporal en un hato de vacas Jersey en pastoreo en la zona alta de Cartago. Variaciones durante el ciclo reproductivo. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 55–65.
- Santos, J. E. P., Rutigliano, H. M., & Filho, M. F. S. (2009). Risk factors for resumption of postpartum estrous cycles and embryonic survival in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 110(3–4), 207–221. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.01.014>
- Sartori, R., & Barros, C. (2011). Reproductive cycles in bos indicus cattle. *Animal Reproduction Science*, 124, 244–250.
- Sartori, R., Rosa, G. J. M., & Wiltbank, M. C. (2002). Ovarian Structures and Circulating Steroids in Heifers and Lactating Cows in Summer and Lactating and Dry Cows in Winter. *Journal of Dairy Science*, 85(11), 2813–2822. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74368-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74368-3)
- Scandolo, D. G. (2021). Efecto de diferentes tratamientos con progesterona sobre el crecimiento folicular y la fertilidad de vacas lecheras con baja condición corporal. In *Tesis doctoral*. Universidad Nacional del Litoral.
- Schopper, D., Schemer, R., Weiler, U., & Claus, R. (1993). Effects of milk yield on the fertility of dairy cows during the postpartum period: evaluation of progesterone profiles. *Reproduction in Domestic Animals*, 28, 225–235.
- Smith, M. J., & Jennes, L. (2001). Neural signals that regulate GnRH neurones directly during the oestrous cycle. *Reproduction*, 122, 1–10.

- Snijders, S. E., Dillon, P. O., Farrell, K. J., Diskin, M., Wylie, A. R., O'Callahan, D., Rath, M., & Boland, M. P. (2001). Genetic merit for milk production and reproductive success in dairy cows. *Anim Rep Sci*, 65, 17–31.
- Solórzano Calderón, A., & Benítez Dueñas, A. (2021). *Análisis de parámetros reproductivos de ganaderías lecheras en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas en tiempos del Covid-19* [Trabajo de maestría]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Stevenson, J. S., Pursley, J. R., Garverick, H. A., Fricke, P. M., Kesler, D. J., Ottobre, J. S., & Wiltbank, M. C. (2006). Treatment of cycling and noncycling lactating dairy cows with progesterone during Ovsynch. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2567–2578. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72333-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72333-5)
- Tysseling, K. A., Thatcher, W. W., Bazer, F. W., Hansen, P. J., & Mirando, M. A. (1998). Mechanisms regulating prostaglandin F2 alpha secretion from the bovine endometrium. *Journal Dairy Science*, 81(2), 382–389.
- Ureña, B. (2021). Evaluación de la eficiencia reproductiva en vaquillas y vacas de la raza Holstein Y Parda Suiza en la granja “Cayara- Potosí.” In *Tesis para optar el título de Medico Veterinario Zootecnista*. Universidad Mayor De San Simon.
- Vergara, O., Botero, L., & Martínez, C. (2009). Primer Parto Y Primer Intervalo De Partos Environmental Factors That Affect the Age of First Double-Purpose System. *Revista MVZ Córdoba*, 14(1), 1594–1601.
- Wattiaux, M. (2004). Manejo de la Eficiencia Reproductiva. *Universidad de Wisconsin-Madison*, 49–52.
- Webb, R., Gosden, R. G., Telfer, E. E., & Moor, R. M. (1999). Factors affecting folliculogenesis in ruminants. *Animal Science*, 68, 257–284.
- Westwood, C. T., Lean, J., & Garuin, J. K. (2002). Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: a multivariate description. *Journal Dairy Science*, 85, 3225–3237.
- Wray, S. (2001). Development of luteinizing hormone releasing hormone neurones. *Journal Neuroendocrinology*, 13, 3–11.
- Xu, Z. Z., Garverick, H. A., Smith, G. W., Smith, M. F., Hamilton, S. A., & Youngquist, R. S. (1995). Expression of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone receptor messenger ribonucleic acids in bovine follicles during the first follicular wave. *Biology of Reproduction*, 53, 951–957.
- Zulu, V., Sawamukai, Y., Nakada, K., Kida, K., & Moriyoshi, M. (2002). Relationship among Insulin-Like Growth Factor-I, Blood Metabolites and Postpartum Ovarian Function in Dairy Cows. *J. Vet. Med. Sci*, 64(10), 879–885.

ANEXO

Calificación de la tasa de preñez de acuerdo a diferentes índices

Calificación	Tasa de preñez
Optimo	>=50%
Bueno	32-49%
Regular	22-31%
Malo	15-21%
Pésimo	<=14%

Fuente: (Middleton and Rodrigo, 1999)