



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA
-UBATÉ-

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA

**DIÁMETRO DEL FOLÍCULO PREEVULATORIO, DURACIÓN DEL ESTRO,
TASA DE PREÑEZ Y PRODUCCIÓN EN VACAS HOLSTEIN EN SIMIJACA,
CUNDINAMARCA**

AUTORAS

YANETH LARA CASAS

LIZBETH ADRIANA SÁNCHEZ GONZÁLEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
Zootecnista.**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
UBATÉ
2022**



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA
-UBATÉ-

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA

**DIÁMETRO DEL FOLÍCULO PREEVULATORIO, DURACIÓN DEL ESTRO,
TASA DE PREÑEZ Y PRODUCCIÓN EN VACAS HOLSTEIN EN SIMIJACA,
CUNDINAMARCA**

AUTORAS

YANETH LARA CASAS

LIZBETH ADRIANA SÁNCHEZ GONZÁLEZ

DIRECTORA

MARBEL YULIETH MONROY GONZÁLEZ

CODIRECTOR

JAVIER EDUARDO CORTÉS CORTÉS

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ZOOTECNIA, UBATÉ (GIZU)
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD REPRODUCTIVA Y
FERTILIDAD ANIMAL (SISARF)**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA**

UBATÉ

2022



UDEEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA
-UBATÉ-

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado



DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios por brindarme la fuerza y el coraje para poder llegar hasta este punto, por permitirme superar cada obstáculo que encontré en mi camino incluyendo problemas de salud que lograron agotar mi mente y espíritu, pero gracias a él salí victoriosa porque en el camino seres humanos maravillosos me acompañaron y brindaron su apoyo incondicional. Con mucho cariño dedico mi tesis a mi madre Teodomila Casas por ser mi ejemplo de tenacidad y coraje, a mi padre Alfredo Lara Soto por apoyarme en todo momento y ser mi ejemplo para seguir recordándome que siempre se deben tener metas en la vida y luchar por ser el mejor con trabajo duro y honestidad. A mis hermanos Edilson y Sandra Milena Lara Casas. Con mucho amor dedico mi tesis a Andrés Fernando Soto, mi pareja y compañero de vida con quien encontré la definición de las palabras amor, felicidad y familia.

Finalmente, a mis compañeras Adriana Sánchez, Carolina Rodríguez y docentes de la universidad de Cundinamarca quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas durante estos años, de todo corazón gracias.

Yaneth Lara Casas

DEDICATORIA

Padre celestial infinitas gracias por tus bendiciones y por permitirme superar todos los obstáculos y altibajos tanto personales como espirituales que se me presentaron en el camino de cumplir esta meta de ser profesional. A mis padres Tito Rafael Sánchez e Isaura González por su apoyo incondicional y esa motivación permanente de luchar por mis objetivos de vida, a mis hermanas Roció, Yudi y Paula, por toda esa fuerza moral que me brindaron para que no me rindiera en este proceso. A mi compañero de vida Néstor Duarte que siempre estuvo presente e incondicional, apoyándome y llevándome de la mano en este reto y en especial a mis hijos Rafael Andrés y Oscar Daniel, que son el motor que me impulsa a querer siempre ser mejor persona y a luchar en esta vida por ellos y para ellos.

A todas las personas que confiaron en mí y me colaboraron de alguna manera en este camino, muchas gracias.

Lizbeth Adriana Sánchez González.

Las autoras expresan sus agradecimientos a todas las personas que participaron en el desarrollo de la tesis:

A nuestra directora Marbel Yulieth Monroy González por inspirarnos con su dedicación y amor por la investigación y la docencia incluyendo su orientación, guía y amistad en el desarrollo del trabajo de investigación.

Al docente Javier Eduardo Cortes por su colaboración y apoyo como codirector del proyecto de investigación “Relación del tamaño del folículo ovulatorio, concentración de hormonas esteroidales y duración del estro sobre la gestación temprana en vacas de lechería especializada en Simijaca Cundinamarca”, del cual hicimos parte.

Al docente Edicson Mauricio Rincón Soledad por su colaboración y apoyo en la parte estadística.

Al grupo de investigación de Zootecnia GIZU de la universidad de Cundinamarca seccional Ubaté por permitirnos aprender y aportar en pro de la investigación en el área de reproducción animal.

A la familia Camacho y trabajadores de la finca el Juncal ubicada en Simijaca Cundinamarca por permitirnos desarrollar esta investigación y brindarnos su apoyo y colaboración incondicional hasta el final.

A la Universidad de Cundinamarca por la oportunidad de culminar esta etapa de formación académica y profesional.

Y a todas aquellas personas que nos colaboraron y apoyaron con sus aportes y experiencias.

A todas infinitas gracias...



Tabla de contenido

Resumen Ejecutivo.....	13
Abstract	15
Introducción	17
Objetivos	21
Objetivo General:	21
Objetivos Específicos	21
Marco Teórico.....	22
Eje Hipotálamo, Hipófisis, Gónada.....	23
Ciclo Estral	23
Etapas del Ciclo Estral Bovino.....	24
Proestro	24
Estro	24
Metaestro.....	25
Diestro.....	25
Anestro.....	26
Estro, Signos y Detección.....	26
Métodos de Detección de Celo	28



Inspección Visual.....	28
Factores que Intervienen en la Manifestación del Estro.....	30
Condición Corporal.....	30
Dinámica Folicular	31
Folículo Pre Ovulatorio.....	33
Diámetro del Folículo Ovulatorio en Vacas Lecheras	33
Inseminación Artificial y Regla AM-PM	34
Gestación	34
Importancia de la Ultrasonografía Transrectal en Reproducción	35
Producción de Leche y Estro	36
Diseño Metodológico	38
Criterios de Inclusión de los Animales.....	39
Condiciones de Manejo Clínico	39
Fase 1: Detección del Estro	39
Fase 1.1: Duración del Estro	41
Fase 2: Diámetro del Folículo Preovulatorio.....	41
Fase 2.1: Inseminación Artificial (IA)	42
Fase 3: Medición de la Producción de Leche	42
Fase 4: Confirmación de la Preñez	43



Análisis Estadístico.....	44
Resultados	45
Duración del Estro	45
Diámetro del Folículo Pre Ovulatorio	48
Producción de Leche	51
Gestación	54
Duración del estro y el Estado Reproductivo	54
Tiempo Trascorrido Desde el Inicio del Estro (IC) Hasta la Inseminación Artificial (IA)	55
Tamaño del Folículo Preovulatorio y el Estado Reproductivo.....	55
Producción de Leche y Estado Reproductivo.....	56
Discusión.....	58
Conclusiones	69
Recomendaciones.....	70
Referencias	71



Lista de Tablas

Tabla 1 Características del comportamiento durante el estro en bovinos.	27
Tabla 2 Sistema de puntuación para el comportamiento estral.	40
Tabla 3 Duración del celo en vacas Holstein en Simijaca, Cundinamarca.	46
Tabla 4 Rangos de tiempo desde el inicio del celo hasta el momento de la IA.	47
Tabla 5 Diámetro del folículo preovulatorio y su ubicación ovárica en vacas Holstein. ...	49
Tabla 6 Duración del estro, diámetro y ubicación del folículo preovulatorio.	50
Tabla 7 Distribución del rango de duración del estro y la producción de leche.	52
Tabla 8 Distribución del rango de diámetro del folículo preovulatorio y la producción de leche	52
Tabla 9 Correlación Duración del estro, diámetro del folículo preovulatorio y producción de leche.....	53
Tabla 10 Diámetro del FPO, producción de leche y porcentaje de gestación en vacas Holstein.	55
Tabla 11 Correlación de la Duración del estro, tiempo de inseminación artificial, diámetro del folículo preovulatorio y producción de leche en vacas gestantes y en vacas no gestantes.	57



Lista de Figuras

Figura 1 Esquema de la dinámica folicular en bovinos.	32
Figura 2 Ubicación geográfica y área de la finca la Isla (inversiones Camacho SAS).....	38
Figura 3 Medidor de leche proporcional para vacas.	42
Figura 4 Inicio de la expresión de la conducta estral e IA en vacas de lechería especializada.....	45
Figura 5 Rangos de duración del estro en vacas Holstein.....	46
Figura 6 Intervalos de tiempo desde el inicio del estro hasta la IA en vacas Holstein	48
Figura 7 Ultrasonidos de folículos preovulatorios tomados antes de la I.A.	48
Figura 8 Ubicación del folículo preovulatorio en el ovario derecho o izquierdo en vacas Holstein.	50
Figura 9 Comportamiento de la producción de leche promedio en las 10 vacas Holstein.	51
Figura 10 Porcentaje de preñez en vacas Holstein.....	54



Lista de Símbolos y Abreviaturas

Abreviatura	Término
FO	Folículo ovulatorio
DFPO	Diámetro folículo preovulatorio
DC	Duración del estro
PPL	Producción de leche
CC	Condición corporal
IA	Inseminación artificial
IEP	Intervalos entre partos
IC-IA	Tiempo transcurrido desde la detección del estro y la inseminación artificial
P4	Progesterona
CL	Cuerpo lúteo
CE	Ciclo estral
FSH	Hormona foliculoestimulante
LH	Hormona luteinizante
GNRH	Hormona liberadora de gonadotropinas
E2	Estradiol
PGF2 α	Prostaglandina
IGF-I	Factor de crecimiento insulínico
°C	Grados centígrados
P	Nivel de significación
R	Coefficientes de correlación Pearson
\geq	Mayor/igual
\pm	Desviación estándar
(\bar{x})	Promedio o media aritmética
%	Porcentaje
Mm	Milímetros



Resumen Ejecutivo

La falta de sistemas productivos lecheros más eficientes tiene diferentes causas, entre ellas se incluye el poco entendimiento de los factores que regulan el ciclo estral de las vacas siendo importante su estudio y análisis en el éxito de estos sistemas productivos. En este estudio se determinó la relación del tamaño del folículo preovulatorio (DFPO), duración del estro (DC), producción láctea (PPL) y éxito de la gestación en vacas Holstein en Simijaca Cundinamarca. Se utilizaron 10 vacas Holstein (edad 3-6 años y una CC ≥ 2.5) y una vez se detectó el primer celo presentado de forma natural a partir del día 50 postparto mediante la observación de los signos del estro, se midió el diámetro en milímetros del folículo preovulatorio mediante ultrasonografía y se realizó inseminación artificial teniendo en cuenta la regla am-pm, la producción de leche se midió a partir de la producción individual desde el momento del parto hasta la confirmación de la preñez o retorno del estro, la gestación se diagnosticó entre los días 25 – 60 con el fin de descartar mortalidad embrionaria. Para el análisis de la relación entre las variables (diámetro del folículo preovulatorio, duración del estro y producción de leche), se utilizó coeficientes de correlación de Pearson y para comparar las variables en vacas gestantes y no gestantes se realizaron ANAVAS donde todo valor $p < 0.05$ fue considerado significativo. Se determinó que hubo una tendencia en la correlación entre el diámetro del folículo preovulatorio con: la duración del estro ($r = -0,52$; $p = 0,1$), la producción de leche ($r = -0,12$; $p = 0,7$); sin embargo, no hubo diferencias significativas. El 70% de los animales quedaron gestantes con una duración del estro de $16,7 \pm 7,8$ horas, un tamaño del folículo preovulatorio de $20,3 \pm 2,6$ mm y un promedio de producción de leche $23,6 \pm 3,5$ litros; mientras que las vacas no gestantes el 30%, tuvieron un promedio de duración del estro de $12,3 \pm 3,8$ horas ($p = 0,38$), un tamaño del folículo preovulatorio



de $20,3 \pm 2,6$ mm ($p=0,16$) y un promedio de producción de leche de $28,4 \pm 4,4$ litros ($p=0,10$), sin diferencias significativas entre las vacas gestantes y no gestantes. Hubo correlación entre las variables DC y DFPO ($r= -0,85$; $p=0,02$) en las vacas gestantes. Se encontró correlación entre las variables DC e IC-IA ($r= 0,99$; $p=0,03$) en las vacas no gestantes. Se concluyó que las variables estudiadas DC, DFPO, PPL tienen una tendencia a correlacionarse, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas. En las vacas gestantes se encontró correlación entre las variables DC y DFPO, lo que quiere decir que a medida que aumenta la DC, el DFPO será menor. Para el grupo de vacas no gestantes se encontró una correlación entre las variables DC e IC-IA, es decir que a medida que aumenta la DC el tiempo transcurrido desde el IC hasta la IA también aumenta.

Palabras claves: reproducción, producción, celo, preñez, posparto.



Abstract

The lack of more efficient dairy production systems has different causes, among them is the lack of understanding of the factors that regulate the estrous cycle of cows, being important in its study and analysis in the success of these production systems. In this study, the relationship between preovulatory follicle size (DFPO), estrus duration (DC), milk production (PPL), and gestation success in Holstein cows in Simijaca, Cundinamarca, was determined. Ten Holstein cows (age 3-6 years and a $CC \geq 2.5$) and once the first estrus presented naturally from day 50 postpartum was detected by observing signs of estrus, the diameter in millimeters of the preovulatory follicle was measured by ultrasonography and artificial insemination was performed taking into account the am-pm rule, milk production was measured from individual production from the time of calving until confirmation of pregnancy or return of estrus, gestation was diagnosed between days 25 - 60 in order to rule out embryonic mortality. For the analysis of the relationship between the variables (preovulatory follicle diameter, duration of estrus, and milk production), Pearson correlation coefficients were used, and to compare the variables in pregnant and non-pregnant cows, ANAVAS were performed where any value $p < 0.05$ was considered significant. It was determined that the correlation between the diameter of the preovulatory follicle of the 10 cows with the duration of estrus was moderate $r = -0.52$ ($p = 0.1$), with milk production was weak $r = -0.12$ ($p = 0.7$); while the correlation between duration of estrus and milk production was weak $r = -0.10$ ($p = 0.7$) without significant differences between the variables. Seventy percent of the animals became pregnant with an estrus duration of 16.7 ± 7.8 hours, a preovulatory follicle size of 20.3 ± 2.6 mm and an average milk production of 23.6 ± 3.5 liters; while non-pregnant cows 30%, had an average estrus duration of 12.3 ± 3.8 hours ($p = 0.38$), a pre-



ovulatory follicle size of 20.3 ± 2.6 mm ($p=0.16$) and an average milk production of 28.4 ± 4.4 liters ($p=0.10$); with no significant differences between pregnant and non-pregnant cows. The correlation between the variables DC, DFPO, IC-IA, PPL of pregnant and non-pregnant cows showed significant and non-significant differences, and the dependence between them was positive in some cases and negative in others. It was concluded that the variables studied DC, DFPO, PPL have a weak negative correlation between them and have no significant effect. For the relationship between pregnant and non-pregnant cows, no significant differences were found, but when correlating them by group, it was found that some variables presented direct correlation and others inverse correlation, which may be influenced by environmental, nutritional and sanitary factors.

Key words: reproduction, production, estrus, pregnancy, postpartum.



Introducción

Los índices productivos y reproductivos son indispensables para el manejo eficiente en la producción ganadera, son parámetros que permiten monitorear los progresos e identificar problemas de forma oportuna, siendo fundamentales para la toma de cualquier decisión en torno a la viabilidad económica de la producción lechera.

Generalmente se considera que un hato lechero eficiente debe producir un ternero por vaca al año, en un intervalo parto concepción no superior a los 100 días; por ende, la rentabilidad del hato está reflejada en el correcto manejo y entendimiento de toda la fisiología reproductiva, la cual involucra tanto la parte anatómica de la vaca, como los procesos fisiológicos que van desde la dinámica folicular, la interacción hormonal, la duración y la eficiente detección del estro.

(Bustillo & Melo, 2020)

El establecimiento de la gestación es el objetivo fundamental de los programas reproductivos, lo que repercute directamente en el mantenimiento de la producción lechera; sin embargo, cada uno de estos procesos son inherentes de cada animal y se pueden ver afectados por factores propios del mismo (patologías reproductivas), y externos (medioambientales, nutricionales, sanitarios) entre otros. (Hernández, 2016; Bustillo & Melo, 2020).

Varios estudios plantean que la fisiología reproductiva de las vacas de alta producción ha venido cambiando por diversos factores como el clima, nutrición, raza, producción lechera, entre otros (Palmer et al., 2010). Por otra parte, debido a los bajos niveles de detección, la disminución en la expresión (intensidad) y duración del estro, se reduce la fertilidad del hato considerablemente, influyendo directamente en la rentabilidad de las explotaciones.



Evidentemente el tiempo dedicado a la detección del estro (observación) en los animales es importante, pero se dificulta tener un operario 24 horas del día observándolos y más durante la noche o en horas de la madrugada. Autores citados por Ávila & Ortiz, (2020) reportan que la monta entre vacas (reflejo de permanencia) se presenta en mayor proporción entre las 00:00 am y las 6:00 am., por lo tanto, es posible que la dinámica folicular y hormonal sean claves para una eficiente detección de celos ya que permite regular y monitorear procesos biológicos claves para la obtención de sistemas altamente productivos.

Según Inostroza et al. (2012) con 2 o 3 observaciones diarias en momentos específicos (hora) y con un tiempo adecuado (60 minutos), es posible generar una buena eficiencia en la detección, alrededor del 80%.

Por otra parte, el tamaño de los folículos es considerado un indicador fisiológico importante en la reproducción bovina, ya que influyen en el ciclo estral de la vaca, produciendo los estrógenos necesarios para que el animal entre en celo (Vergara, 2005). Posiblemente un folículo preovulatorio de un determinado tamaño puede producir altos niveles de estrógenos que desencadenen la conducta de celo en la hembra y posteriormente la ovulación; autores como Monroy (2017) y Lopes et al. (2007) plantean que probablemente existe un diámetro del folículo preovulatorio con el cual se llega a mayores porcentajes de preñez, indicando que la probabilidad de concepción guarda relación estrecha con el tamaño del folículo preovulatorio.

Según Galvis et al. (2005) a medida que aumenta la producción de leche el desempeño reproductivo de las vacas ha desmejorado simultáneamente. Leroy et al. (2004) afirma que en las vacas de alta producción se observa una reducción en el desempeño reproductivo, el cual puede estar ligado a un estado de estrés metabólico durante el pico de la lactancia.



Aunque a nivel mundial, sobre todo en los países especializados en producción de leche, se han realizado diferentes estudios que permiten analizar la relación de las variables reproductivas y su expresión ligada con diversos factores genéticos, medio ambientales y fisiológicos; en Colombia son pocos los estudios realizados que aborden esta temática, Pinzón & Grajales, (2005), en su investigación realizada en Tuluá Valle, evaluaron los niveles de progesterona y la dinámica folicular en el posparto de vacas Holstein. Monroy, (2017), realizó una investigación en la sabana de Bogotá, donde evaluó la relación de variables reproductivas y el comportamiento hormonal, durante el ciclo estral hasta la gestación en vacas Holstein.

Por lo anterior se hace necesario realizar una investigación que permita evaluar las variables reproductivas como la detección del estro, la duración del estro, el diámetro del folículo preovulatorio y el tiempo de la inseminación artificial, la gestación y los efectos en la eficiencia reproductiva en un hato de lechería especializada en el municipio de Simijaca Cundinamarca.

Según La Torre (2001) la vaca produce leche en promedio 305 días después del parto (equivalente a 10 meses), lo cual implica que mientras más amplio sea el intervalo entre partos más tiempo pasará la vaca sin generar una nueva lactancia, evidenciando una reducción en los ingresos y un aumento en los gastos de mantenimiento de los animales, donde el impacto más fuerte y evidente se observa especialmente en los pequeños productores del municipio de Simijaca Cundinamarca, pues la gran mayoría poseen un reducido número de vacas, adicionalmente se caracterizan por tener bajos niveles de educación y nulos niveles de tecnología en sus producciones, lo que a su vez conduce a una baja productividad.

El sector lácteo es una de las actividades que tiene una alta participación en la economía del país y según el ministerio de agricultura, la cadena láctea en Colombia es de gran importancia



a nivel económico ya que produce al año 7.500 millones de litros de leche, lo que representa un 12% del PIB del sector agropecuario. Así mismo, su aporte social es significativo ya que vincula de manera permanente y en todas las etapas de producción a más de 700.000 trabajadores (Ministerio de Agricultura, 2020).

Cifras expresadas en el censo de unidades productoras de leche en la región del Valle de Ubaté y Chiquinquirá, reflejan que la provincia de Ubaté para el año 2014 tenía 5.988 unidades productoras de leche y la producción fue de 453.201 litros de leche, de las cuales el municipio de Simijaca presento 644 unidades productoras de leche y la producción fue de 80.838 litros de leche, siendo el municipio a nivel de la provincia con mayor producción respecto a los demás (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014). Adicionalmente el municipio de Simijaca para el procesamiento de productos lácteos cuenta con 3 pasteurizadoras, una pulverizadora de leche y varias fábricas de lácteos. (Alcaldía de Simijaca , 2022).

Con este proyecto se pretende estudiar las variables que intervienen a nivel reproductivo en bovinos de leche, generar información que permita mejorar la eficiencia reproductiva y productiva del hato, de igual forma abrir canales de comunicación entre los estudiantes de zootecnia y los productores de la provincia, generando confianza para que permitan el intercambio de conocimiento mediante el acompañamiento y el aporte a la investigación, pasantías, asesoramiento en tecnología o simplemente en la generación de un trabajo mancomunado garantizando una producción de leche de calidad, teniendo en cuenta que esta es considerada como uno de los alimentos básicos de la canasta familiar.



Objetivos

Objetivo General:

- Determinar la relación de la duración del estro, tamaño del folículo preovulatorio, producción de leche y éxito de la gestación en vacas Holstein en Simijaca, Cundinamarca.

Objetivos Específicos

- Evaluar la relación entre la duración del estro, tamaño del folículo preovulatorio y producción en vacas de lechería especializada.
- Comparar la duración del estro, el tamaño del folículo preovulatorio y los niveles de producción en vacas gestantes y no gestantes.



Marco Teórico

La reproducción juega un papel fundamental en la industria ganadera y en ella, de los sistemas de producción de leche. Por ejemplo, las granjas de ganado dependen en gran medida de la capacidad de obtener una ternera recién nacida para alcanzar la pubertad a una edad adecuada, iniciar la ciclicidad, lograr la gestación y empezar una lactancia, permitiendo medir la eficiencia reproductiva de los hatos por medio de parámetros reproductivos cuantificables en el tiempo (Velázquez et al., 2008).

Esta eficiencia reproductiva depende en gran medida de eventos como la involución uterina, el desarrollo folicular posparto, la producción de niveles hormonales adecuados que permitan la primera expresión del estro y la primera ovulación después del parto (Velázquez et al., 2008).

Todos estos eventos reproductivos están controlados por varias hormonas (GnRH, LH, FSH, Estrógenos, Progesterona) y metabolitos (Insulina, el factor de crecimiento insulínico I (IGF-I)) que actúan según el estado fisiológico del animal y son influenciados en gran medida, por el manejo sanitario y de protocolos reproductivos eficientes y efectivos (Velázquez et al., 2008).

Autores como Stagg et al. (1995) y Salgado et al. (2007) consideran que cuando una hembra bovina se encuentra bajo condiciones favorables (manejo y sanitarias), puede producir un ternero anual con intervalos entre partos de 12 meses y con concepciones entre los 75–85 días posparto. Sin embargo, en Colombia, en las ganaderías se presentan altas incidencias de anestro posparto, que incrementan los días abiertos con efectos negativos sobre la fertilidad de los animales.



Cuando no se tienen en cuenta estas variables reproductivas, animales con un alto potencial genético son descartados debido a la no concepción, sin tener claro los problemas que pueden estar ligados a esas deficiencias reproductivas y productivas, como las alteraciones de procesos fisiológicos y anatómicos relacionados con la expresión del estro o celo y la consecuente obtención de una preñez (Salgado et al., 2007).

A nivel anatómico el tracto reproductivo de la hembra bovina está constituido por los genitales internos (ovarios, oviductos, útero, cérvix, vagina) y los genitales externos (labios vulvares y clítoris), donde cada uno funciona de forma dinámica en el proceso reproductivo. En los ovarios se presenta la dinámica folicular, la cual desencadenará el crecimiento del folículo ovulatorio, y la emergencia del oocito al momento de la ovulación (Motta et al., 2011).

Eje Hipotálamo, Hipófisis, Gónada

Los eventos endocrinos presentes durante el ciclo estral son regulados por el hipotálamo (mediante la secreción de GnRH), la hipófisis (secreción de LH y FSH), el folículo (secreta estrógenos e inhibina), el cuerpo lúteo (secreta progesterona y oxitocina) y el útero (productor de prostaglandina $F2\alpha$) (Atuesta & Gonella, 2011).

De acuerdo con autores citados por (Motta et al., 2011) la GnRH en la eminencia media, difunde a los capilares del sistema portahipofisario y de allí hasta las células de la adenohipófisis en donde estimula la síntesis de la FSH y la LH, hormonas relevantes en el control del ciclo estral porque actúan sobre el ovario y causan la maduración del folículo y secreción de estrógeno.

Ciclo Estral

La especie bovina es poliéstrica continua, es decir, presenta períodos de estro o celo durante todo el año. El ciclo estral (CE) se ha definido como el conjunto de eventos fisiológicos



que tienen lugar entre un celo y el siguiente teniendo una duración normal de 18 a 24 días siendo 21 en promedio (Carvajal & Martínez, 2020).

El ciclo estral está conformado por cuatro fases continuas denominadas: Estro (o periodo de receptividad de la hembra al macho), metaestro (o finalización del estro y desarrollo temprano del cuerpo lúteo), diestro (o periodo de funcionalidad del CL), Proestro (o regresión del CL e inicio del estro); y durante las cuales sucede una serie de cambios en las estructuras ováricas y concentraciones de hormonas que interactúan para que la vaca pueda estar ciclando (Rathbone et al., 2001).

Etapas del Ciclo Estral Bovino

Proestro

Es definido como la etapa del ciclo estral donde los folículos (ovocitos) del ovario comienzan a crecer y a producir estradiol (E2) por estímulo de la FSH. La actividad ovárica durante el Proestro es iniciada por la lisis del cuerpo lúteo (CL) del ciclo estral anterior; el descenso de los niveles de progesterona (P4), la dominancia del estradiol (E2) y simultáneamente se lleva a cabo el crecimiento de un folículo preovulatorio o de Graaf. Pese a que muchos folículos antrales se pueden desarrollar durante este periodo, solo uno será seleccionado como folículo dominante (dinámica folicular) desencadenando eventos como la receptibilidad sexual finalizando esta etapa con el inicio del estro (Guáqueta, 2009).

Estro

Tiene una duración de entre 12 a 24 horas y es definido como la fase del ciclo que se caracteriza por tener los niveles más altos de estradiol (E2) que se vienen incrementando desde el Proestro, y que ahora son secretados en mayor cantidad por el folículo que se ha hecho



dominante. Esta interacción hormonal induce la ovulación (liberación de un ovulo maduro) e inicia el proceso de luteinización (formación del cuerpo lúteo) de las células de la teca y la granulosa desencadenando el descenso de la hormona progesterona (P4). De igual forma se desencadenan eventos importantes y claves para la detección del celo del animal como el periodo de receptividad sexual en donde la hembra acepta la monta y el apareamiento (Atuesta & Gonella, 2021).

Metaestro

Es definido como la etapa posterior al estro inicia en el día cero del ciclo y tiene una duración de 4-5 días. Durante esta etapa ocurre la ovulación y se desarrolla el cuerpo lúteo y se caracteriza porque todas las circunstancias hormonales de la fase anterior (Estro) comienzan a cambiar. Por lo tanto, la Progesterona(P4) empieza a aumentar y las gonadotropinas a disminuir (Guáqueta, 2009). Esto sucede porque el pico de LH acaba de causar la ovulación, con lo que el folículo no producirá más Estrógeno (que tampoco estimule más a la LH). De igual forma, al darse la ovulación, queda un cuerpo hemorrágico (masa que se forma cuando se presenta la ruptura de un pequeño vaso sanguíneo) que se convertirá en un cuerpo lúteo y comenzará con la producción creciente de Progesterona(P4) (Alzate, 2017).

Diestro

El diestro es la etapa más larga del ciclo tiene una duración de 10 a 14 días y se caracteriza por la presencia de un cuerpo lúteo. Si la gestación no se establece, el endometrio secreta prostaglandina $F2\alpha$ (PGF 2α) lo que induce a la luteólisis, reiniciándose así un nuevo ciclo estral, pero si existe un embrión viable en el útero, éste enviará señales de reconocimiento materno que frenará el proceso de luteólisis, evitando que el animal inicie un nuevo ciclo estral y



mantenga así la vida del cuerpo lúteo durante la gestación (Atuesta & Gonella, 2021). Cabe mencionar que, durante esta etapa, la LH se secreta con una frecuencia muy baja y la FSH tiene incrementos responsables de las oleadas foliculares (Hernández, 2016).

Después de esta fase, el ciclo puede seguir dos caminos: Continuar con el Proestro para repetir el ciclo o entrar en anestro.

Anestro

Es un período de inactividad ovárica, en el que no hay manifestación de celo. Puede deberse a condiciones fisiológicas (como la pre- pubertad, la gestación y la lactancia) o a factores externos (factores ambientales, nutricionales y de manejo o patologías específicas) que afectan la ciclicidad de la hembra bovina (Alzate, 2017).

Estro, Signos y Detección

El estro, también llamado calor o celo, es la etapa caracterizada por un periodo de receptividad sexual en donde la hembra bovina acepta la monta y el apareamiento. Debido a que ésta es la etapa más fácilmente reconocible por la conducta que muestra la hembra, se le considera el inicio del CE. (Jiménez , 2019).

Una vaca que permanece quieta mientras es montada es el signo primario evidente e inequívoco de que está en estro. La monta estática es el periodo de máxima intensidad sexual durante el ciclo estral, y durante el mismo la vaca permanece inmóvil para ser montada por otras vacas o se mueve suavemente hacia atrás con el peso de la vaca que la está montando (Goehring, 2003).

En promedio la monta estática tiene una duración de 15 a 18 horas, aunque existen variaciones muy amplias y se llega a encontrar animales que muestran este comportamiento



desde las 8 hasta las 30 horas, dependiendo de varios factores. Es muy importante conocer los cambios en el comportamiento de las vacas durante el celo y además diferenciar los signos primarios y secundarios del mismo, con miras a obtener la mayor precisión y exactitud en determinar los animales que realmente estén en calor (Guáqueta H, 2009).

Los signos secundarios pueden variar en duración e intensidad. Pueden ocurrir antes, durante o después del calor estático y no necesariamente están relacionados con el momento de la ovulación. La observación de cualquiera de estos signos debe llamar la atención del personal encargado acerca de la o las vacas que los estén presentando los signos primarios y secundarios para ser observadas con mayor detalle y frecuencia hasta precisar cuál de ellas es la que está realmente en celo. (Nebel et al., 2000; Guáqueta H, 2009).

El celo es el único momento del ciclo en el que la hembra es receptiva a la monta siendo el momento en que debe realizarse la IA ya que la fertilidad óptima parecería ser lograda al inseminarse desde la mitad del celo hasta 6 horas después de su finalización (Wiltbank, 2002). Por tal motivo es necesario realizar una adecuada y eficiente detección del comportamiento de las hembras bovinas y de los signos del estro (Carvajal et al., 2020).

Tabla 1

Características del comportamiento durante el estro en bovinos.

CARACTERÍSTICAS		DESCRIPCIÓN	ETAPA DE PRESENTACIÓN
Primarios	Pasividad a la Monta	Inmovilidad de la hembra durante 5 a 7 segundos cuando es montada por el toro u hembra (específica del celo).	Estro
Secundarios	Monta o intento de monta a otras vacas	Se puede presentar en el 95% de las vacas del grupo sexualmente activo, pero sólo el 30% -40% presentan este signo en el celo.	Proestro y estro



	Inquietud	La vaca esta inquietas, caminan más y mugen frecuentemente, el resto de las hembras puede estar en sus actividades diarias (pastoreo, rumia o descanso).	Estro
	Olfateo de los genitales	Las vacas olfatean los genitales de otras vacas del grupo.	Proestro y estro
	Encuentros cabeza-cabeza	Puede haber comportamiento agresivo debido a la conformación de un nuevo.	Estro
	Apoyo de mentón	Apoya el mentón sobre el anca de la otra y lo roza con firmeza hacia atrás aplicando presión sobre el anca, es una prueba de receptividad a la monta (reflejo de papada).	Estro
Signos físicos	Descarga vulvar mucosa	El moco vaginal es de aspecto viscoso, transparente y filante (similar a la clara de huevo) debido a los altos niveles de estrógeno (con duración aproximada de 3 días) que puede estar adherido a la base de la cola, miembros posteriores, flancos o periné.	Estro y primer día de metaestro
	Pelos despeinados y suciedad en la grupa	Debido a las sucesivas montas el pelo de la grupa se observa despeinado, con saliva y suciedad por el roce, puede haber lesiones ulcerativas por los cascos en los isquiones, miembros y los flancos, que aparecen con barro o estiércol.	Estro
	Edema y congestión vulvar	En el celo, la alta concentración de estrógenos induce edema y congestión de la vulva.	Estro

Nota. Resumen los comportamientos del ciclo estral y signos físicos observables de los bovinos. Fuente: tomado y adaptado de (Ávila & Ortiz, 2020).

Métodos de Detección de Celo

Existen diversos métodos para la detección del celo, y la efectividad en cada uno, depende del manejo, tiempo e inversión que los sistemas productivos le otorguen al método escogido o establecido.

Inspección Visual

Este método está basado en la observación personal de los signos primarios y secundarios del estro. Este método es considerado un método tradicional y el más usado, aunque se ha

reportado que ha perdido eficacia ya que en los últimos años los signos mostrados por los animales no son tan intensos y la duración cada vez es más corta dificultando el poder determinar los síntomas y cuáles de ellos son indicadores claves del estado del animal (está en celo o no) (Pueyo, 2017).

El éxito de este método depende de tres factores según (Pueyo, 2017):

1. El tiempo pasado en la observación
2. La capacidad del técnico de identificar los signos
3. La capacidad de la vaca para expresar los signos de celo.

Autores como (Perry,2005) establecen que el método tradicional de detección del celo mediante la observación visual tiene una eficiencia que varía entre 45% y 91% donde la eficiencia dependerá de la habilidad del operador de reconocer los signos clínicos del celo y los tiempos dedicados a la observación.

En un estudio realizado por Hidalgo et al .(2018) donde compararon el método visual de detección del estro y un sistema medidor de actividad, establecieron como metodología que la observación visual de los celos se realizara cada dos horas, por aproximadamente 40 minutos por lote de vacas, por una persona en el turno de día y por otra en el turno de la noche y se obtuvo como resultado una proporción de celos detectados con el método visual del 42.3% y con el medidor de actividad un 57.7% de celos detectados.

Otros estudios citados por (Bosques Mendez & Graves, 2017) han demostrado que el comportamiento inicial de monta se distribuye equivalentemente a través del día, donde la fracción de los celos observados aumenta cuando se aumentan los minutos de observación de las vacas y los minutos que se observa cada animal por día.



Factores que Intervienen en la Manifestación del Estro

Pueden ser propios del animal y externos, varían en cada hembra, según la etapa reproductiva y productiva, peso, raza, localización de lote, presencia de patologías ajenas al tracto reproductor y factores de manejo que pueden desencadenar problemas reproductivos de la vaca. (Ávila & Ortiz, 2020).

Condición Corporal

Como establecen Donzelli et al. (2010); Montiel & Ahuja, (2005); Reece & Dukes, (2009), los factores propios del animal: Incluyen condición corporal, evaluada en una escala de 1 a 5, siendo 1 extremadamente flaca y 5 muy obeso. Cuando la condición corporal es menor a 2 es una vaca muy flaca, puede presentar una serie de problemas reproductivos como, por ejemplo, incremento del tiempo de involución uterina, no se presentan signos de actividad sexual ni ovulación, lo que conlleva a tener muchos más días abiertos.

La condición corporal refleja el estado nutricional que se considera el principal factor, cuanto mayor es el aporte energético, mayor es su tasa de concepción. Así como el tipo de producción, en ganado que produce leche se genera un balance energético negativo lo que restringe la producción hormonal que desencadena la ovulación. Citado por (Ávila & Ortiz, 2020).

Problemas Podales

Otro factor que influye en la manifestación de estro, son los problemas a nivel pódal, ya que inducen a las hembras a permanecer estáticas menos tiempo para ser montadas y las cojeras reducen la liberación de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), alterando el comportamiento del estro (Galvis et al., 2005). Cuando el número de vacas preñadas dentro del



lote es mayor, se disminuye la cantidad de vacas que ayudan a detectar los celos (Góngora et al., 2010).

Factores Externos Asociados a la Expresión del Estro

De acuerdo con (González et al., 2016; Ramírez et al., 2002; Arias et al., 2012) entre los factores externos se encuentran: el tipo de suelo, ya que hay reportes de más actividad sexual cuando están sobre tierra que concreto y cuando la temperatura es mayor a 27°C, se reduce o se invierte el flujo de calor desde el animal al exterior generando hipertermia causando estrés calórico que provoca menor duración del celo entre 5 o 6 horas. Al igual que el índice temperatura-humedad, pueden afectar significativamente la expresión del comportamiento del estro.

Factores de Manejo Asociados a la Expresión del Estro

Entre los factores de manejo, la frecuencia de detección representada en la observación hace que sea necesario realizar unas 2 o 3 observaciones diarias en momentos clave y tiempo promedio 60 minutos generan una buena eficiencia de detección, alrededor del 80%. Por otro lado, la distracción o descuido del personal que generalmente hacen observación en el ordeño, el desconocimiento o falta de pericia del trabajador para observar los signos y una buena identificación de los animales influyen negativamente en la eficiencia de detección. citado por (Ávila & Ortiz, 2020).

Dinámica Folicular

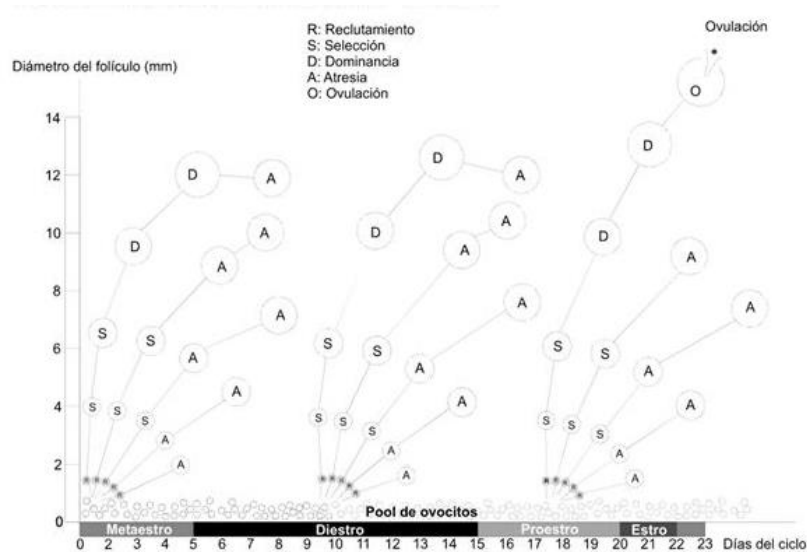
Una onda de desarrollo folicular podría definirse como el desarrollo armónico y simultáneo de varios folículos ováricos antrales pequeños, de los cuales, debido a mecanismos moleculares, se seleccionará el folículo ovulatorio (Grajales & Tovío, 2011). En cada ciclo

estral el número de ondas de crecimiento folicular varía de 1 a 6, presentándose en la mayoría de las vacas 2 a 3 ondas.

Los mecanismos por los cuales se da la selección folicular no están aun completamente claros, pero se conoce que involucran complejas relaciones entre hormonas, péptidos y factores de crecimiento entre otras moléculas. Estos factores probablemente interactúan constantemente; así, el balance entre la acción estimuladora e inhibidora dentro del folículo en sus diferentes estadios determinará el desarrollo y la ovulación o la atresia folicular (Henaó & Trujillo, 2000; Rosales & Guzmán, 2008; Braw-Tal & Roth, 2005). Durante el crecimiento de una onda folicular se podrían describir claramente cuatro fases: reclutamiento, selección, dominancia y atresia (Tovío & Duica, 2012).

Figura 1.

Esquema de la dinámica folicular en bovinos.



Nota. Crecimiento folicular en bovinos mediante ondas. Cada onda se inicia con el reclutamiento de pequeños folículos antrales (4 a 5 mm de diámetro), los cuales crecen, uno de ellos adquiere dominancia, alcanzando un diámetro marcadamente superior y regula el crecimiento de los folículos subordinados. Fuente: Tomado de (Filipiak, Viqueira, & Bielli, 2016).



Folículo Pre Ovulatorio

El folículo de Graaf o preovulatorio es el folículo totalmente desarrollado, el cual dará lugar a la ovulación del ovocito que contiene en su interior. Esta etapa resulta de la proliferación sostenida de las células de granulosa, las que aumentan la tasa de síntesis de esteroides, principalmente Progesterona hacia el estado periovulatorio donde los productos de secreción se vierten hacia el espacio antral, y aumenta rápidamente de volumen para alcanzar el tamaño del folículo maduro preovulatorio. Cuando su diámetro alcanza 1.0 a 2.5 cm., aproximadamente, el folículo está preparado para la ovulación (Findlay et al., 2009; Motta et al., 2011).

Diámetro del Folículo Ovulatorio en Vacas Lecheras

El intervalo hasta la primera ovulación posparto en vacas lecheras lactantes varía dependiendo de qué onda folicular culminará con la ovulación. El folículo dominante de la primera onda folicular posparto tiene tres resultados potenciales: ovulación, atresia o convertirse en un folículo anovulatorio grande, como un quiste folicular.

Según Lopes et al. (2007) el folículo ovárico es el encargado de proporcionar un entorno adecuado para el desarrollo de los ovocitos y para la posterior formación del cuerpo lúteo (CL). Por otra parte, de acuerdo con Starbuck et al. (2004), la fertilidad también puede estar relacionada con el diámetro del folículo ovulatorio.

Estudios como el de (Bleach et al., 2004) han indicado que las vacas lecheras pueden ovular folículos más grandes de lo normal y que la duración prolongada de la dominancia folicular se asocia con una fertilidad reducida, adicionalmente Vasconcelos et al. (2001) asociaron la baja fertilidad con la ovulación de un folículo más pequeño antes de la IA.



Los datos generados por Lynch et al. (2010), revelaron una relación inversa entre el tamaño del folículo y la supervivencia del embrión en novillas que ovulan espontáneamente. Las novillas que ovularon folículos grandes redujeron la supervivencia del embrión, mientras que las que ovularon folículos pequeños y medianos mantuvieron altos niveles de fertilidad.

Inseminación Artificial y Regla AM-PM

La práctica de IA es manejada directamente con la detección del celo y con el sistema AM-PM, donde las vacas que sean vistas en estro en la mañana, deben ser inseminadas durante la tarde del mismo día, y las vacas vistas en celo en la tarde, deben ser inseminadas después del amanecer del siguiente día, lo cual no determina con exactitud una gestación ya que se pueden presentar variaciones en el ciclo estral de cada hembra.

Por ejemplo, vacas que presenten ciclos estrales de mayor durabilidad, que presenten quistes foliculares, enfermedades o alteraciones reproductivas, también pueden estar influenciadas por el ambiente y el manejo que se les dé a los animales. La técnica de la IA, según las experiencias se ha ido mejorando de forma positiva y efectiva en el tiempo, lo que permite evitar pérdidas económicas y disminuir los intervalos entre partos (IEP) en las ganaderías (Gasque, 2008; Foote, 2002; Marizancén & Artunduaga, 2017).

Gestación

La gestación. Se define como el tiempo transcurrido desde la fecundación hasta el parto, dura en promedio 278 días y varía de acuerdo con las características propias de cada individuo, entre los cuales está la raza, los factores maternos, fetales (Número de fetos, sexo del feto, hormonas), genéticos, ambientales (estrés por calor) (Zambrano & Neira, 2020).



Después de la fusión del espermatozoide con el óvulo, se inicia una serie de eventos bioquímicos y morfológicos que llevan a la formación del nuevo ser. La implantación suele ocurrir durante la fase de elongación del blastocisto, en el bovino no hay una verdadera implantación. La vesícula blastodérmica (conceptus), rodeada en este momento por el trofoectodermo toma una posición central en la luz uterina contactando las células epiteliales del trofoectodermo con las de la pared uterina. Hay adhesión, pero no invasión ni erosión permanente de la mucosa uterina (Alonso et al., 2008).

La gestación se establece y mantiene en respuesta a la interacción entre el conceptus (embrión y membranas asociadas) y el endometrio lograda mediante el proceso denominado reconocimiento materno de la preñez, definido como el periodo crítico en el cual el conceptus da señales de su presencia a la madre para lograr el mantenimiento y la integridad funcional del CL, el cual produce P4, la cual es responsable de mantener las funciones endometriales que permiten el desarrollo embrionario temprano, la implantación, placentación y el desarrollo del feto y placenta (Hernández et al., 2008).

Mediante la exploración clínica del sistema reproductor de la vaca (palpación) se puede realizar un examen anatómico y fisiológico del aparato reproductor, así como del ciclo estral y tiempo de gestación de la hembra bovina, (Zambrano & Neira, 2020). El cual debe ser reconfirmado mediante la aplicación de la ultrasonografía.

Importancia de la Ultrasonografía Transrectal en Reproducción

La ultrasonografía transrectal es un método no invasivo que no solo permite el diagnóstico temprano de la gestación, sino que además permite realizar la evaluación del útero, cérvix, ovarios y sus cambios morfológicos, diagnóstico embrionario y fetal, sexaje del feto,



seguimiento de los diferentes eventos fisiológicos presentes en los bovinos. (Quintela et al., 2012).

Gracias a esta técnica los folículos pueden ser visualizados, cuantificados y supervisados de forma secuencial, en el caso de los folículos preovulatorios se muestran como estructuras redondeadas anecogénicas de 15-17 mm, tamaño con el cual se espera la ovulación en la vaca. (DesCôteaux et al., 2009).

En un estudio realizado por Ayala et al. (2017) donde tomaron como guía un estudio realizado por Perea et al. (1998) establecieron la siguiente metodología: para medir las estructuras ováricas usaron un ecógrafo (AlokaProSound 2, multifrecuencia, provisto de un transductor lineal 7,5 MHz) y en cada animal evaluaron los dos ovarios por medio de la técnica de barrido en ubicación latero-medial, dorso- ventral y cráneo- caudal, primero el derecho y luego el izquierdo el día del celo para medir el FPO y en los días 6 y 12 post- ovulación para determinar el tamaño del CL.

Por otro lado, Pierson y Ginther (1984), para determinar el tamaño de las estructuras utilizaron el mismo principio de usar una ecografía transrectal donde el promedio de dos medidas en milímetros del ancho por el alto determinaba el diámetro del folículo.

Producción de Leche y Estro

La relación del estro con la producción de leche se fundamenta en que la producción de leche solamente se iniciará después del parto de una nueva cría. Es por eso, que para producir una mayor cantidad de leche y mejorar ingresos por su comercialización, se debe conseguir que la vaca logre producir un parto al año con el objetivo de que se restablezca rápidamente sus ciclos



después del parto y quede preñada con facilidad y lleve a cabo una lactancia normal (Roelofs et al., 2010).

En el estudio de Roelofs et al. (2010), encontraron que la duración del estro no está relacionado con la disminución en la producción de leche. Pero otros resultados consultados por Roelofs *et al.* (2010), determinaron que la producción de leche se redujo significativamente el día del estro en una proporción de vacas.

Esto se manifiesta como una reducción en la producción de leche en el primer ordeño después del inicio del estro seguido de un aumento compensatorio en el ordeño posterior; se considera que cuando una vaca está en estro encuentra más inquieta, camina más, mugen con frecuencia, reduce su consumo de agua y alimento, mientras que el resto del rodeo está en sus actividades diarias (pastoreo, rumia o descanso) (Roelofs et al., 2010).



Diseño Metodológico

Este proyecto se realizó en la finca de producción lechera la Isla en el municipio de Simijaca, Cundinamarca; está ubicada a 135 Km de Bogotá, 41 Km de Ubaté y a 3 km de la vía principal de Simijaca. Este municipio cuenta con una altitud de 2559 m.s.n.m y una temperatura media anual de 14 °C con una precipitación media aproximada de 768 mm.

La finca se divide en dos hatos lecheros y un área donde se ubican las vacas gestantes en el periodo seco. El hato el paraíso cuenta con 125 vacas y una producción diaria de 2790 litros de leche y el hato el juncal cuenta con 138 vacas y una producción diaria de 3330 litros de leche. El proyecto se desarrolló en el hato el juncal debido a que en este se ubicaba el mayor número de animales que cumplían los criterios de inclusión del presente estudio.

Figura 2.

Ubicación geográfica y área de la finca la Isla (inversiones Camacho SAS)



Nota. Finca la Isla ubicada en el municipio de Simijaca en el departamento de Cundinamarca Colombia fuente: (Google Maps /Google Earth.,2022).



Criterios de Inclusión de los Animales

El tamaño de la muestra fue de 10 vacas Holstein, que fueron marcadas en la frente con un crayón rojo temporal para diferenciarlas. Contaban con un rango de edad de 3 a 6 años, una condición corporal ≥ 2.5 , un tiempo voluntario de espera de 50 días posparto, con un número de partos igual o mayor a 2. (Monroy, 2017).

Las vacas permanecieron bajo las mismas condiciones del hato, en pastoreo rotacional de praderas constituidas principalmente por pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov. Morrone), en interseembra con pasto Ryegrass (*Lolium perenne*), adicionalmente con suplementación de concentrado de acuerdo a la producción individual de leche y ensilaje de maíz o avena.

Condiciones de Manejo Clínico

Después de cumplido el tiempo voluntario de espera, se tuvo en cuenta el primer celo detectado, se evaluó el moco vaginal el cual debía estar cristalino y en ausencia de pus; se descartaron patologías reproductivas como endometritis clínica, quistes foliculares, luteales, anestro, retención placentaria o prolapsos uterinos. Se verificó que los animales contaran con el plan vacunal vigente (Brucelosis y Fiebre Aftosa), todo esto fue determinado mediante un examen clínico realizado por el médico veterinario del hato (Monroy,2017).

Fase 1: Detección del Estro

La detección del estro se realizó utilizando el método de observación visual por parte de las 2 investigadoras, durante todo el experimento. Se establecieron tres periodos de observación en los siguientes horarios: 5:00 am a 8:30 am, luego de 9:30 am a 1:pm, y finalmente de 2:00 a 5:30 pm, con el objetivo de aumentar el tiempo de observación según la metodología propuesta



por Perry (2005); Hidalgo et al. (2018); Bosques Méndez & Graves (2017); Inostroza et al. (2012).

El área de observación (potrero) se dividió en dos partes y cada investigadora observó los animales que se encontraban dentro de esa área, cumpliendo siempre con los tres periodos de observación establecidos. El registro de las observaciones se realizó a través de una bitácora, en la que se registró diariamente fecha, hora de inicio y hora final de la observación, identificación del animal, número de estros detectados, signos presentados y responsables.

Para la identificación de los signos y comportamiento al momento del estro se usó como guía el sistema de clasificación del comportamiento del celo propuesto por Van Eerdenburg et al. (2002) quienes establecen una tabla de puntajes (**Tabla 2**) respecto a la presentación de estos signos, asignando a cada uno de los principales signos un valor (entre más característico y asertivo el signo más puntos), cada vez que se observó un signo en el animal se llevó el registro de los puntos asignados en un rango de 1 a 100 (Van Eerdenburg et al., 2002).

Tabla 2

Sistema de puntuación para el comportamiento estral.

SIGNOS	PUNTOS
Descarga vaginal mucosa	3
Intranquilidad y nerviosismo	5
Olfatear genitales de otras vacas y Reflejo de flehmen	10
Apoyo de la barbilla	15
Monta, pero no estática	20



Monta o intenta montar otras vacas	35
Monta la cabeza de lado sobre otra vaca	45
Monta estática	100

Nota. Tomado y Adaptado de (González et al., 2016; Ávila & Ortiz, 2020).

Fase 1.1: Duración del Estro

El inicio del celo fue definido como la permanencia de un animal para ser montado por otro u otros durante algunos segundos y en varias ocasiones, conducta denominada monta estática (Signo principal) (Monroy et al., 2018) y se estableció como finalización del estro cuando las vacas no mostraran signos evidentes del estro mediante la observación. Para la medición del tiempo transcurrido desde que inicio el estro hasta que finalizó se registró la hora inicial y la final del estro, contando las horas transcurridas de un evento al otro (Wiltbank, 2002; Atuesta & Gonella, 2021).

Fase 2: Diámetro del Folículo Preovulatorio

Una vez se detectó el estro y antes de realizar la inseminación artificial, las vacas se trasladaron al establo para facilitar su manejo y se realizó palpación rectal usando la técnica de barrido latero-medial, dorso- ventral y cráneo- caudal sobre las estructuras reproductivas para ubicar los dos ovarios y palpar en cuál de ellos (derecho o izquierdo) se encontraba el folículo preovulatorio.

Después de la ubicación del FPO en el ovario se realizó ultrasonografía donde se introdujo el transductor del ecógrafo diferenciando de las otras estructuras los folículos preovulatorios que se observaron como estructuras redondeadas anecogénicas. La medida del diámetro del folículo se tomó usando el calibre electrónico del equipo trazando una línea de



forma perpendicular de la imagen obteniendo finalmente el diámetro en milímetros del folículo preovulatorio; estas mediciones fueron realizadas por el médico veterinario encargado de la finca (DesCôteaux et al., 2009; Ayala et al.,2017; Pierson y Ginther.,1984).

Fase 2.1: Inseminación Artificial (IA)

Una vez se detectó el estro se informó al operario encargado de realizar la IA, quien siguiendo la regla AM-PM establecida por Trimberger (1948) donde las vacas que sean vistas en estro en la mañana, deben ser inseminadas durante la tarde del mismo día y las vacas vistas en celo en la tarde, deben ser inseminadas después del amanecer del siguiente día. La inseminación se realizó durante los ordeños ya que los animales se encontraban en el establo y facilitaba su manejo.

Fase 3: Medición de la Producción de Leche

En el hato el Juncal se realiza ordeño mecánico dos veces al día, el ordeño de la mañana inicia a las 3:30 am y finaliza a las 6:30 am mientras que el ordeño de la tarde inicia a la 1:30 pm y finaliza a las 4:30 pm. La medición de la producción de leche se realiza una vez a la semana (lunes) de forma individual por vaca en los dos ordeños del día.

Para observar si el comportamiento a nivel productivo durante la semana de presentación del estro mostro alguna variación se tuvo en cuenta los datos de producción de leche promedio una semana antes del estro (semana 1), la semana durante el estro (semana 2) y una semana después del estro (semana 3).

Figura 3

Medidor de leche para vacas.



Nota. Este medidor retiene en una cámara calibrada una cantidad proporcional de la leche ordeñada, a partir de la cual se puede conocer la cantidad total producida por una vaca o se puede retirar de la cámara para ser pesada. Fuente: Imagen propia.

La producción de leche desde el parto hasta la confirmación de la preñez o retorno del estro se estableció por medio de los registros, tomando el promedio de producción semanal que se encontraba en la base de datos del software Interherd. Los datos obtenidos fueron utilizados para evaluar la correlación de las variables reproductivas (duración del estro, tamaño del folículo preovulatorio) con la producción de leche en las vacas y los grupos gestantes y no gestantes (Roelofs et al., 2010).

Fase 4: Confirmación de la Preñez

Mediante los chequeos reproductivos programados en el hato cada 15 días por parte del especialista en reproducción animal. Se diagnosticó la gestación por medio de ultrasonografía la cual se realizó en el establo del hato entre los días 25 y 60 post inseminación artificial; donde se consideró que una vaca estaba gestante cuando se observó la presencia de líquido amniótico y un embrión con latido cardiaco al momento de hacer la ecografía, (Monroy et al., 2018; Zambrano & Neira, 2020).

Análisis Estadístico

La información obtenida de cada una de las variables (Duración del estro, tiempo transcurrido desde el inicio del celo hasta la inseminación artificial, tamaño del folículo preovulatorio, producción de leche y tasa de preñez) se analizó utilizando estadística descriptiva y comparación de promedios mediante las pruebas t Student. Para la relación entre las variables diámetro del folículo preovulatorio, duración del estro y producción de leche se utilizó coeficientes de correlación Pearson y para comparar las variables diámetro del folículo preovulatorio, duración del estro y niveles de producción de leche en vacas gestantes y no gestantes se realizaron ANAVAS utilizando el método de Tukey (PROC GLM; SAS) donde todo valor $p < 0.05$ fue considerado significativo. Todos los procedimientos se analizaron mediante el programa SAS University Edition (SAS® OnDemand for Academics).



Resultados

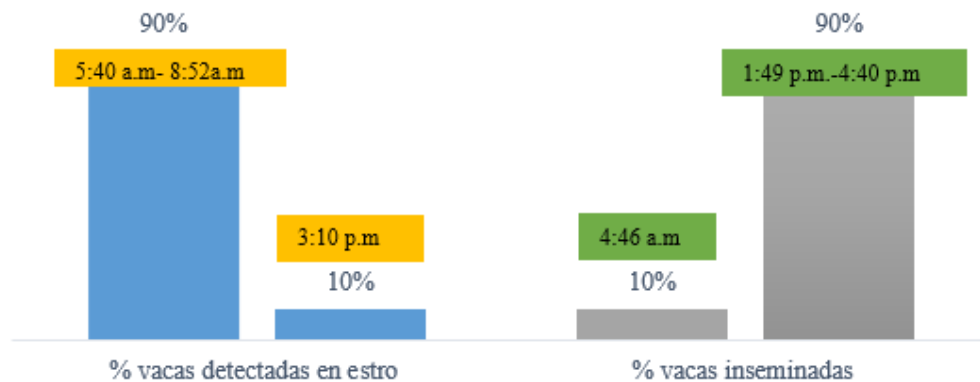
Se utilizaron 10 vacas Holstein, con una edad promedio de $5,6 \pm 1,0$ años, un número de partos en promedio de $4 \pm 0,9$, una condición corporal en promedio de 2.6 ± 0.2 la cual fue evaluada durante el estro. Las vacas presentaron en promedio $89 \pm 37,2$ días en leche con un número de servicios de $0,7 \pm 0,9$ evaluado al momento de detectar el estro.

Duración del Estro

De las vacas detectadas en estro el 90% (9/10) iniciaron el estro en la mañana, entre las 5:40 am y las 8:52 am y fueron inseminadas entre la 1:49 pm y las 4:40 pm, el 10% (1/10) se observó en las horas de la tarde a las 3:10 pm y fue inseminada en la mañana a las 4:46 am (Figura 4).

Figura 4

Inicio de la expresión de la conducta estral e IA en vacas de lechería especializada.



Nota. Se muestra el porcentaje (%) de vacas detectadas en estro am-pm (barra azul) y porcentaje de vacas inseminadas am-pm (barra gris).



La duración promedio del estro en las vacas del estudio fue de $15,4 \pm 6,9$ horas (**Tabla**

3) donde se establecieron 4 rangos de duración del estro: [9,1-13,4] horas, [13,5-17,8] horas, [17,7-22,2] y [22,3-26,5] horas. Se determinó que el mayor porcentaje de las vacas 60% (6/10) presentaron un rango de duración del estro entre 9,1 y 13,4 horas, mientras que el 10% (1/10) presento un rango de duración del estro entre 13,5 y 17,8 horas, el 20% restante (3/10) tuvieron un rango de duración del estro entre 22,3 y 26,5 horas (**Figura 5**). Cabe aclarar que ningún animal presentó una duración del celo en el rango de 17,9 a 22,2 horas y por esta razón no aparece en la figura.

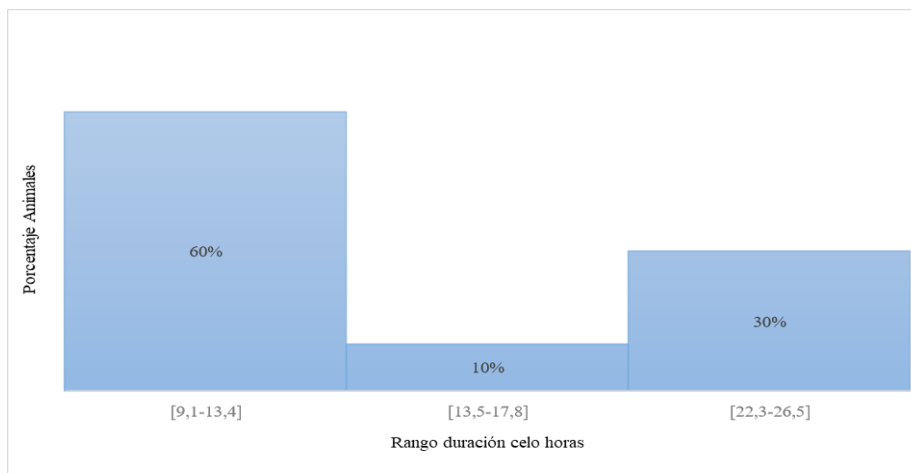
Tabla 3

Duración del celo en vacas Holstein en Simijaca, Cundinamarca.

ID	DURACIÓN CELO (horas)
1	24,2
2	24,3
3	9,1
4	11,3
5	11,3
6	9,1
7	11,5
8	10,4
9	26,5
10	16,5
Media aritmética (\bar{x})	15,4
Desviación estándar (s)	6,9

Figura 5

Frecuencia para cada rango de duración del estro en vacas Holstein.



El tiempo transcurrido entre el inicio del estro y la inseminación artificial fue de $8,9 \pm 2,1$ horas (**Tabla 4**) y se determinó que el 20% de las vacas (2/10) fueron inseminadas en un rango entre 5,1 y 7,2 horas después de detectado el celo, el 40% de las vacas (4/10) entre un rango de 7,3 y 9,2 horas, el 30% de las vacas (3/10) entre un rango de 9,3 y 11,3 horas y el 10% de las vacas (1/10) entre un rango de 11,4 y 13,3 horas después de detectado el estro (**Figura 6**).

Tabla 4

Rangos de tiempo desde el inicio del celo hasta el momento de la IA.

Intervalo Horas IC-IA	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa Porcentual (%)	Media Aritmética (\bar{x})
[5,1-7,2]	2	20% *	8,9±2,1
[7,3-9,2]	4	40% *	
[9,3-11,3]	3	30% *	
[11,4-13,3]	1	10% *	

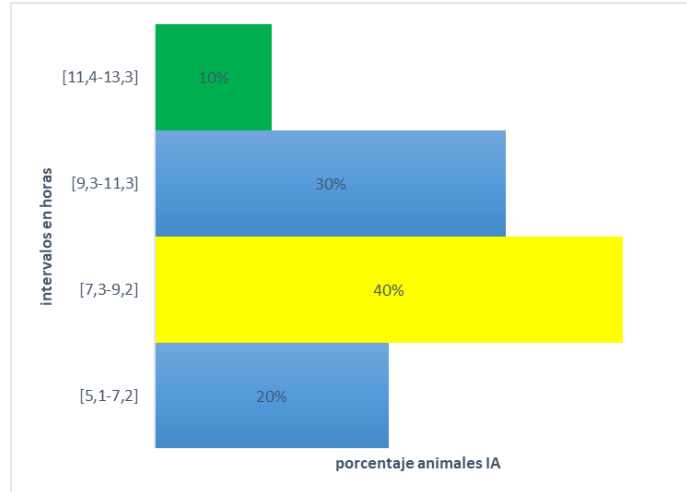
Nota: Se muestra el tiempo transcurrido en horas desde que se inició el celo hasta la inseminación artificial (IC-IA), en

* se muestra el % de animales que fueron inseminados dentro de 4 intervalos de tiempo registrados en este estudio, la Media aritmética (\bar{x}), Desviación estándar (\pm) de los datos registrados, la frecuencia absoluta (fi) hace referencia al número de animales dentro del rango.



Figura 6

Intervalos de tiempo desde el inicio del estro hasta la IA en vacas Holstein



Nota. Se muestra los intervalos en horas de tiempo transcurrido desde que se detectó el estro hasta la inseminación artificial de las vacas del estudio.

Diámetro del Folículo Pre Ovulatorio

Una vez detectado el estro en los animales y antes de realizar la inseminación artificial se realizó ultrasonografía para medir el tamaño del folículo preovulatorio (**Figura 7**) y se obtuvo como resultado que el promedio del diámetro del folículo preovulatorio fue de $19,5 \pm 2,4$ mm (**Tabla 5**) donde el 10% de las vacas (1/10) tuvo un diámetro del folículo preovulatorio entre 15,6 mm a 17,4 mm , el 40% de las vacas (4/10) tuvo un diámetro del folículo entre 17,5 mm a 19,3 mm; el 10% de las vacas (1/10) entre 19,4 mm a 21,1 mm y el 40% de las vacas (4/10) tuvo un diámetro del folículo preovulatorio entre 21,2 mm a 23 mm.

Figura 7.

Ultrasonidos de folículos preovulatorios tomados antes de la IA.



Nota. Medición del tamaño (mm) de los folículos preovulatorios Fuente: Imagen Propia.

Tabla 5

Diámetro del folículo preovulatorio y su ubicación ovárica en vacas Holstein.

Intervalos Tamaño FPO	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa Porcentual (%)	Media aritmética(\bar{x})
[15,6-17,4]	1	10*	19,5±2,4
[17,5-19,3]	4	40*	
[19,4-21]	1	10*	
[21,2-23]	4	40*	

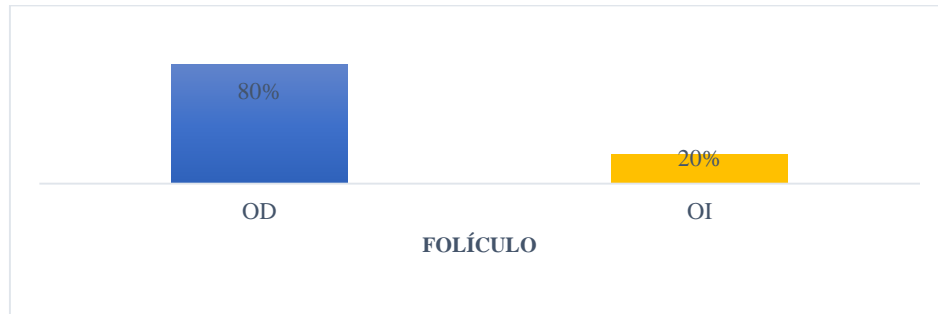
Nota. La tabla contiene los intervalos en mm de los diámetros de los folículos, el porcentaje* y número de animales dentro de esos rangos, la media aritmética(\bar{x}) y desviación estándar (\pm).

Adicionalmente se encontró que el 80% de los animales presentó el folículo preovulatorio en el ovario derecho mientras que el 20% restante en el ovario izquierdo, como se muestra en la **(Figura 8)**.



Figura 8

Ubicación del folículo preovulatorio en el ovario derecho o izquierdo en vacas Holstein.



Por otro lado, las vacas que presentaron una duración del estro entre 9,1 y 13,4 horas (40% de las vacas), presentaron el folículo preovulatorio en el ovario derecho con un diámetro de $20,8 \pm 1,9$ mm y el 20% de las vacas (2/10) presentaron el folículo preovulatorio en el ovario izquierdo con un tamaño promedio de $20,3 \pm 3,9$ mm. En los rangos de 13,5 y 17,8 horas el 10% de las vacas (1/10) desarrollo el folículo preovulatorio en el ovario derecho con un diámetro de 18 mm; cabe aclarar que al estar un solo animal dentro de ese rango no se calculó la desviación estándar (*), en el rango entre 22,3 y 26,5 horas el 30% de las vacas (3/10) desarrollaron el folículo preovulatorio en el ovario derecho con diámetros promedio de $17,9 \pm 2,2$ mm (**Tabla 6**).

Tabla 6

Duración del estro, diámetro y ubicación del folículo preovulatorio.

RANGOS DURACIÓN ESTRO(horas)	OD		OI	
	Tamaño mm	Porcentaje de animales %	Tamaño mm	Porcentaje de animales %
[9,1-13,4]	$20,8 \pm 1,9$	40	$20,3 \pm 3,9$	20
[13,5-17,8]	$18 \pm *$	10		
[22,3-26,5]	$17,9 \pm 2,2$	30		



Nota. En el rango de duración del estro [13,5-17,8] solo está un animal por lo tanto no de cálculo la desviación estándar

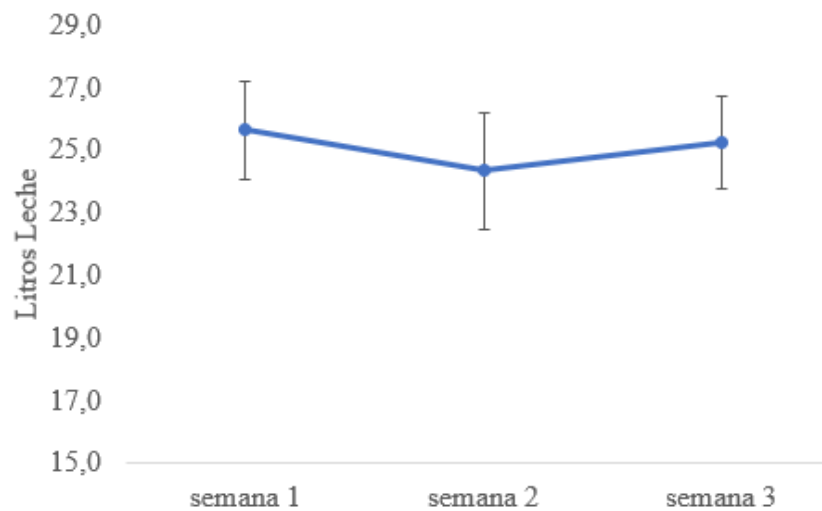
(*) para ese rango.

Producción de Leche

El promedio de producción de leche en las vacas del estudio desde el parto hasta la confirmación de la preñez o repetición del estro fue de $24,3 \pm 4,6$ litros. La producción promedio de leche en la semana 1 fue de $25,6 \pm 5$ litros, en la semana 2 de $24,3 \pm 5,8$ litros y en la semana 3 de $25,2 \pm 4,7$ litros. (Figura 9).

Figura 9

Comportamiento de la producción de leche promedio en las 10 vacas Holstein.



Nota. En línea azul se grafica el promedio de la producción de leche por semana y el error estándar en barras vertical negra.

En lo referente a la duración del estro y la producción de leche durante la semana de la expresión del estro, se determinó que el (60%) de las vacas (6/10) con una duración del estro entre 9,1 y 13,4 horas, tuvieron un promedio de producción de leche de $23,1 \pm 4,4$ litros, el 10% de las vacas (1/10) con un rango de duración del estro entre 13,5 y 17,8 horas presentaron un



promedio de producción de leche de 15,8 litros. El (30%) restante de los animales (3/10) con un rango de duración del estro entre 22,3 y 26,5 horas presentaron un promedio de producción de leche de $29,5 \pm 4,6$ litros (**Tabla 7**).

Tabla 7

Distribución del rango de duración del estro y la producción de leche.

RANGOS DURACIÓN ESTRO (Horas)	Promedios Producción De Leche(Litros) y Desviación Estándar	Frecuencia Relativa Porcentual (%)
[9,1-13,4]	23,1 \pm 4,4	60%
[13,5-17,8]	15,8 *	10%
[22,3-26,5]	29,5 \pm 4,6	30%

Nota. Se muestran los intervalos de duración del celo, los promedios de producción de leche durante la semana de expresión del estro, desviación estándar y el porcentaje de animales que se encontró dentro de cada rango (frecuencia relativa). * No se realizó desviación estándar ya que en ese intervalo solo se presentó un animal.

Tabla 8

Distribución del rango de diámetro del folículo preovulatorio y la producción de leche

Intervalos Tamaño FPO	Promedio producción leche parto-preñez	Frecuencia Relativa Porcentual (%)
[15,6-17,4]	25,8*	10%
[17,5-19,3]	25,9 \pm 4,3	40%
[19,4-21]	24,2*	10%
[21,2-23]	24,4 \pm 5,8	40%

Nota. Se muestran los intervalos con los rangos de tamaños del folículo preovulatorio, los promedios de producción de leche desde el ultimo parto hasta que se diagnosticó la preñez, desviación estándar \pm y el porcentaje de animales que se encontró dentro de cada rango (frecuencia relativa porcentual). * No se realizó desviación estándar ya que en ese intervalo solo se presentó un animal.

De las vacas que presentaron un diámetro del folículo preovulatorio entre 15,6 y 17,4 mm, el 10% mostró un promedio de producción de 25,8 litros, en los rangos de 17,5 y 19,3 mm, el 40% de las vacas (4/10) mostraron un promedio de producción de $25,9 \pm 4,3$ litros, en los



rangos de 19,4 y 21,1 mm, el 10% de las vacas (1/10) mostro un promedio de producción de 24,2 y en los rangos de 21,2 y 23 mm, el 40% de las vacas (4/10) mostraron un promedio de producción de $24,4 \pm 5,8$ litros (**Tabla 8**).

Tabla 9

Correlación Duración del estro, diámetro del folículo preovulatorio y producción de leche

Estadísticos simples SAS						
Variable	N	Media	Desv. est.	Mediana	Mínimo	Máximo
DFPO	10	19.53000	2.44270	19.00000	15.60000	23.00000
PL	10	25.11931	4.25113	24.44339	18.56667	32.29091
DC	10	15.41200	6.95819	11.37500	9.05000	26.52000

Coeficientes de correlación Pearson, N = 10		
Prob > r Vacas del estudio		
	DC	PPL
DFPO	-0,53	-0,12
	0,12	0,74
DC		-0,11
		0,77

Nota. La tabla muestra los resultados de la correlación entre las variables DFPO (diámetro del folículo preovulatorio), DC (duración del estro o celo) y PPL (producción de leche desde el parto hasta la confirmación de la preñez).

Se observó que la duración del estro tiende a relacionarse negativamente con el diámetro del folículo preovulatorio con un valor $r = -0,52$ sin embargo esta no fue significativa ($p = 0,1$). No hubo correlación entre el diámetro del folículo preovulatorio y la producción de leche ($p = 0,7$) con un valor $r = -0,12$ entre estas dos variables. Igualmente, no hubo correlación entre la duración del estro y la producción de leche $r = -0,10$ ($p = 0,7$).



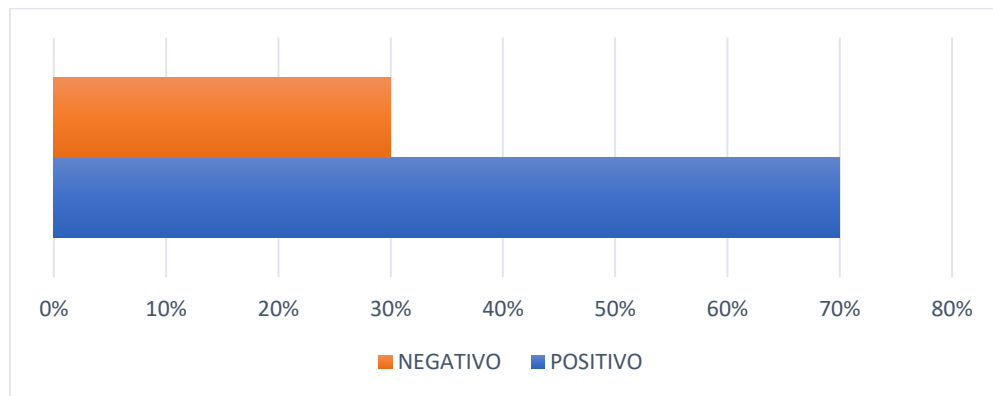
Gestación

Al momento de realizar la confirmación de la preñez por medio de ultrasonografía, se encontró que el 70% de las vacas (7/10) estaban gestantes y el 30% (3/10) no estaban gestantes

(Figura 10)

Figura 10.

Porcentaje de preñez en vacas Holstein.



Nota. Porcentaje de preñez, el 70% fueron positivas y el 30% negativas.

Duración del estro y el Estado Reproductivo

Las vacas gestantes (7/10) tuvieron un promedio de duración del estro de $16,7 \pm 7,8$ horas mientras que las vacas no gestantes (3/10) tuvieron un promedio de duración del estro de $12,3 \pm 3,8$ horas ($p=0,38$); A pesar de no observar diferencias entre vacas gestantes y no gestantes respecto a la duración del estro, e observo que las vacas no gestantes presentaron una duración del estro 4,4 horas inferior a las vacas gestantes.



Tabla 10

Diámetro del FPO, producción de leche y porcentaje de gestación en vacas Holstein.

Variable	Gestante	No Gestante	Valor p
Duración Celo (horas)	16,7±7,8	12,3±3,8	0,38
Tiempo Trascorrido IC-IA	8,3±1,9	10,3 ±1,9	0,21
Tamaño FPO (mm)	20,3± 2,6	17,8 ± 0,3	0,16
Producción Leche (litros)	23,7 ± 3,5	28,5± 4,4	0,10
Porcentaje De Animales	70%	30%	

Nota. Las palabras FPO hacen referencia al folículo preovulatorio y los valores de la tabla corresponden al promedio y el signo ± a la desviación estándar, todo valor $p < 0.05$ se consideró como estadísticamente significativo.

Tiempo Trascorrido Desde el Inicio del Estro (IC) Hasta la Inseminación Artificial (IA)

Se determinó que las vacas gestantes (7/10) presentaron un promedio de 8,3±1,9 horas desde el inicio del estro hasta la IA y las vacas no gestantes presentaron un promedio de 10,3 ±1,9 horas; no hubo diferencias significativas en el tiempo trascorrido desde el inicio del celo hasta la inseminación artificial entre las vacas gestantes y no gestantes ($p = 0,21$) (**Tabla 10**).

Tamaño del Folículo Preovulatorio y el Estado Reproductivo

Se determinó que las vacas gestantes (7/10) presentaron en promedio un tamaño del folículo preovulatorio de (20,3± 2,6 mm) en comparación a las vacas no gestantes que presentaron en promedio un tamaño del folículo preovulatorio de (17,8 ± 0,3 mm); no hubo diferencias significativas en el tamaño del folículo preovulatorio entre vacas gestantes y no gestantes ($p = 0,16$) (**Tabla 10**).



Producción de Leche y Estado Reproductivo.

Se determinó que las vacas gestantes tuvieron en promedio una producción de leche de $23,7 \pm 3,5$ litros y las no gestantes un promedio de producción de leche de $28,5 \pm 4,4$ litros sin diferencias significativas entre los dos grupos ($p=0,10$) (**Tabla 10**).

En la tabla 11 se observó que, para las vacas gestantes, se encontró que hubo una relación entre el DFPO y DC, es decir que a mayor diámetro del FPO menor fue la duración del celo ($r = -0,85$ ($p = 0,02$), no hubo relación entre las variables DC e IC-IA (valor $r = -0,06$; $p = 0,9$); hubo una tendencia a correlacionarse positivamente las variables DC y PPL ($r = 0,42$; $p = 0,3$). No hubo correlación entre las variables IC-IA y DFPO ($r = -0,07$; $p = 0,8$); hubo una tendencia a correlacionarse positivamente las variables IC-IA y PPL ($r = 0,68$; $p = 0,09$). No hubo correlación entre las variables DFPO y PPL ($r = -0,49$; $p = 0,2$).

En las vacas no gestantes hubo una correlación entre las variables DC - IC-IA con un valor $r = 0,99$ ($p = 0,03$); no hubo correlación entre las variables: DC y DFPO ($r = 0,23$; $p = 0,8$); DC y PPL ($r = -0,82$; $p = 0,3$); IC-IA y DFPO ($r = 0,28$; $p = 0,8$); IC-IA y PPL ($r = -0,85$; $p = 0,3$) y DFPO y PPL ($r = -0,74$; $p = 0,4$). (**Tabla 11**)

Tabla 11

Correlación de la Duración del estro, tiempo de inseminación artificial, diámetro del folículo preovulatorio y producción de leche en vacas gestantes y en vacas no gestantes.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 7			
Prob > r Vacas Gestantes			
Variable	IC-IA	DFPO	PPL
DC	-0,06	-0,85	0,42
	0,90 ^a	0,02 ^b	0,35 ^a
IC-IA		-0,07	0,68
		0,89 ^a	0,09 ^a
DFPO			-0,49
			0,26 ^a

Coeficientes de correlación Pearson, N = 3			
Prob > r Vacas no Gestantes			
Variable	IC-IA	DFPO	PPL
DC	0,999	0,23	-0,82
	0,03 ^b	0,85 ^a	0,39 ^a
IC-IA		0,28	-0,85
		0,82 ^a	0,35 ^a
DFPO			-0,74
			0,47 ^a

Nota. la tabla muestra los resultados de correlación entre las variables DC (duración del celo), IC-IA (tiempo de inseminación artificial), DFPO (diámetro del folículo preovulatorio) y PPL (producción de leche desde el parto hasta la confirmación de la preñez). Para vacas gestantes y la parte vacas no gestantes. Las letras (a y b), hacen referencia a las diferencias significativas.



Discusión

Respecto a los hallazgos en detección de celo en este estudio se encontró que, de las 10 vacas detectadas, el 90% mostró el inicio del estro en la mañana y fueron inseminadas en horas de la tarde, mientras que el 10% inicio el estro en las horas de la tarde y la inseminación se realizó en la mañana. Estudios realizados en Canadá y citados por Guáqueta (2009) mostraron que el 70% de las montas sucedieron entre las 7 p.m. y las 7 a.m; mientras que otro artículo citado por el mismo autor mostró que el 54,4% de las vacas entraron en celo durante las horas de la noche, el autor concluye que sí existe una fuerte tendencia a mostrar el celo durante las primeras horas de la mañana y en las últimas del atardecer e incluso durante la noche; estos resultados difieren con los obtenidos en el presente estudio aunque según autores citados por (Ávila & Ortiz, 2020) en relación a la hora de manifestación del estro en las vacas, de las 12:00 am a 6 am un 45% manifiestan el estro, de 6 pm a las 12:00 am un 25%, de 6 am a 12 pm un 22% y de 12 pm a 3 pm un 8%.

De igual forma autores como Castro & Gómez, (2002) establecen que la frecuencia de distribución del comienzo del estro respecto al período del día, mostró que el 70% de los celos comenzó entre las 12:00 am y las 8 a.m. y el 20% entre las 2 pm y las 6 p.m. Estas afirmaciones concuerdan en mayor medida con nuestros resultados ya que la mayor proporción de las vacas de nuestro estudio 90 % mostraron signos de celo en las horas de la mañana entre las 5:40 am y 8:52 am concluyendo que el inicio del celo ocurrió mayormente en la madrugada e inicio del día, que no hay mayor número de montas en la tarde ya que probablemente las variaciones en la actividad de monta se deban a interrupciones causadas por el manejo, como la alimentación y rotación de



los animales por los potreros, sin contar los causados por alteraciones clínicas como cojeras evidenciadas en algunos animales del hato.

Aunque no todos los autores coinciden, la mayoría de ellos apuntan a que el comienzo del celo se suele producir durante la noche o a primera hora de la mañana (Sepúlveda & Rodero, 2003), sin embargo, Sepúlveda et al. (2002) encontraron que los estros en vacas en producción se producen a lo largo del día en tres picos coincidentes con los periodos de ordeño, estos resultados mostrarían que si hubo un porcentaje de animales que presentaría el estro durante el ordeño de la tarde lo cual en nuestro caso fue de tan solo un 10% de los animales.

Diferentes factores pueden estar asociados a una deficiente detección de estros donde la más común radica en la falta de experiencia y la habilidad para reconocer los signos del estro, incluyendo el tiempo dedicado a la detección, autores como, Esslemont et al.(1985) afirman que un incremento en el número de sesiones de observación de celos de 2 a 5, podría aumentar la tasa de detección de celos de un 59 a un 91% , por ejemplo en este estudio se realizaron observaciones 3 veces al día, de 5:00 am a 8:30 am, luego de 9:30 am a 1:pm, y de 2:00 a 5:30 pm lo que en gran medida mejoro la cantidad de animales que fueron detectados en estro durante las observaciones.

En la literatura se encuentran diferentes estudios que evalúan el diámetro folicular durante el tiempo transcurrido desde la detección del estro hasta la ovulación, otros en cambio solo miden el periodo de tiempo desde la monta estática hasta que los signos no son percibidos por el investigador. Autores como King (1990), establecieron que la duración de la receptividad sexual en vacas es igual a la duración del estro. En este estudio se planteó que la duración del estro inicio desde la monta estática y finalizo hasta que no se observaron signos del estro en los



animales. Se obtuvo como resultado que el promedio de duración del estro fue de $15,4 \pm 6,9$ horas donde el mayor porcentaje de las vacas 60% presentaron un rango de duración del estro entre 9,1 y 13,4 horas, el 10% presentó un rango de duración del estro entre 13,5 y 17,8 horas, el 20% restante tuvo un rango de duración del estro entre 22,3 y 26,5 horas; estos resultados coinciden con los mostrados por Macmillan et al. (2021) donde realizaron una comparación de la duración del estro en novillas Holstein, cuando es celo natural respecto a cuándo es inducido por prostaglandinas, para medir la intensidad del estro lo realizaron utilizando un monitor de actividad automatizado que mide el índice de celo (fuerza del estro) y los cambios en la actividad, en sus hallazgos no encontraron diferencias significativas entre la duración del celo natural (12,3 horas) promedio frente a el celo inducido (12,4 horas).

Por otro lado, autores como Sepúlveda & Rodero, (2003) establecieron que la duración del estro oscila entre 9 a 28 horas aproximadamente. Autores como Bloch et al, (2006) mostraron que en un grupo examinado el (47%) presentó valores normales de duración del estro hasta la ovulación entre (26 a 30 horas) coincidiendo con Saumande & Humblot, (2005) quienes reportaron que la ovulación ocurrió (38.5) horas después del inicio del estro y que esos intervalos fueron mayores a otros presentados en otros estudios incluyendo este estudio que estuvieron comprendidos entre (25 y 33 h, y 22 y 27 h) respectivamente. Se debe tener claro que la duración del estro depende de factores como la localización geográfica, de la raza y de la edad de la vaca (Sepúlveda & Rodero, 2003).

Varios estudios sugirieron que había un período de tiempo muy reducido para lograr óptimos resultados con la IA (Wiltbank et al., 2002), autores consultados por Sepúlveda & Rodero, (2003) encontraron que desde el primer signo del estro hasta la inseminación artificial



transcurrió en promedio 11,8 horas; mientras que Tippenhauer et al. (2021) estableció un promedio desde el inicio del estro hasta la IA de $11,9 \pm 8,1$ horas. Los resultados anteriores difieren de los obtenidos en este estudio porque el promedio general desde el inicio del estro hasta la I.A fue de $8,9 \pm 2,1$ horas, mayor en comparación de los resultados de Sepúlveda & Roderó, (2003) y menor a los reportados por Tippenhauer et al, (2021).

Estudios realizados por (Lopes et al.,2007) muestran un tamaño de folículo preovulatorio de $(16,1 \pm 0,5)$ mm, siendo este el del tamaño más grande para vacas Holstein en clima frío. Por otro lado (Fricke et al., 2016) midieron el diámetro del folículo preovulatorio y concentraciones de progesterona (P4) en vacas Holstein sincronizadas por protocolos, y encontraron que las vacas con concentraciones bajas de P4 y que mostraban signos de estro antes de cumplir todas las etapas de la sincronización, tenían un diámetro folicular medio más grande $(17,1 \pm 0,4)$ mm), en comparación a aquellas que no presentaron signos de estro $(15,6 \pm 0,4)$ mm).

Adicionalmente, Bonato et al, (2021) determino que en vacas Holstein de alta producción el tamaño del folículo preovulatorio con repetibilidad de folículos antrales bajo fue de $(16 \pm 0,3)$ mm) y alto de $(15 \pm 0,4)$ mm). Por otro lado Sood et al, (2017) evaluaron las características del folículo preovulatorio y la competencia de los ovocitos en vacas Holstein repetidoras frente a un grupo control, hallando que el diámetro promedio del folículo preovulatorio fue $15,4 \pm 1,0$ mm y $15,9 \pm 1,0$ mm, respectivamente. Las anteriores investigaciones reflejan un rango del diámetro del folículo preovulatorio entre 15,4 mm y 17,1 mm.

Los anteriores resultados difieren con los hallazgos del presente estudio, porque el promedio de diámetro del folículo preovulatorio fue de $19,5 \pm 2,44$ mm, mayor a los diámetros mostrados en las anteriores investigaciones; pero en comparación con los estudios realizados por



Monroy, (2017) donde en condiciones ambientales de manejo y alimentación similares a las de esta investigación, encontró un diámetro de folículo ovulatorio en vacas Holstein de 2 y 3 ondas de crecimiento folicular en el primer ciclo de (19.87 ± 2.8 y 19.83 ± 2.8 mm) respectivamente, similares a los obtenidos en este estudio.

González et al. (2014) determinó que la frecuencia de presentación de gestación con relación al cuerno uterino el 63,1% de las vacas analizadas (968/1534) presentaron gestaciones ubicadas en el cuerno derecho y el 36,9% (566/1534) gestaciones en el izquierdo ($p \leq 0,01$). De igual forma otras variables evaluadas en vacas no gestantes como la presencia del cuerpo lúteo y de folículos, presentaron mayor proporción en cuanto a la ubicación en el ovario derecho a diferencia del izquierdo. Giraldo et al. (2010) en su investigación detectó que, de 64 tractos reproductivos grávidos, el 54,7% se gestaron en el cuerno derecho y el 45,3% en el izquierdo, otros estudios citados por el mismo autor mostraron que tiene mayor incidencia el desarrollo de la gestación en el cuerno derecho, así como la presencia de cuerpo lúteo y folículos preovulatorios en el ovario derecho.

Una de las posibles razones de que ocurra este suceso es que a nivel fisiológico el ovario derecho no solo es de mayor tamaño, sino que también es más activo que el izquierdo, que de alguna manera respalda los resultados de la anterior investigación, al encontrar mayor número de gestaciones en el cuerno derecho, ya que en el ovario derecho se presenta un mayor número de ovulaciones, en especial si se tiene en cuenta que en bovinos el conceptus se ubica en el cuerno ipsilateral al ovario que contiene el cuerpo lúteo. (López, 1997; González et al., 2014). Lo anterior concuerda con los resultados del presente estudio ya que el 80% de las vacas desarrollo el folículo preovulatorio en el ovario derecho y el 20% en el ovario izquierdo.



De acuerdo a Santos et al. (2017), las vacas primíparas produjeron menos leche 35,3 kg/día en comparación a las vacas multíparas que produjeron 44,9 kg/día ($P < 0.01$) 7 días antes de la IA, lo cual no se atribuyó a la presencia del estro. Stevenson, (2021) midió la producción de leche 7 días antes de la I.A y 16 días después de esta, encontrando que la producción diaria de leche no cambió durante el período periestrual. Estos resultados difieren a los obtenidos en el presente estudio porque la producción promedio en la semana 1 fue de $25,6 \pm 5$ litros, en la semana 2 fue de $24,3 \pm 5,8$ litros y en la semana 3 fue de $25,2 \pm 4,7$ litros mostrando que si hubo una disminución en la semana 2 o periestrual; Aunque durante el estro las vacas se observan inquietas, el pastoreo y la alimentación quedan muchas veces interrumpidos, el tiempo de rumia se reduce y también la producción de leche disminuye (Sepúlveda & Rodero, 2003) , pero no se puede asegurar que esta disminución en la producción esté relacionada con la presentación del estro, porque la producción de leche se tomó como un promedio semanal ya que en la finca no se realizan la mediciones diarias de producción sino semanales, por lo tanto no se logró obtener la medición de producción el día del estro como tal.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, el 70 % de las vacas quedo gestante y el 30% de las vacas no quedo gestante. Barco, (2018), encontró que el tratamiento con IATF obtuvo un número superior de hembras preñadas 64% con respecto al tratamiento de inseminación artificial a celo detectado 39% ($P < 0.05$); por otro lado, el estudio de Monroy, (2017) determinó que los celos naturales detectados por observación en vacas Holstein mostraron un 47.36% de hembras gestantes (9/19), y un 52.63% (10/19) de hembras no gestantes. Estos resultados difieren a los obtenidos en el presente estudio ya que el porcentaje de vacas gestantes fue mayor. Consideramos que hay que tener en cuenta factores que pueden influir en



esta variable, por ejemplo, que al momento de realizar la I.A se tenga en cuenta la calidad del semen de las pajillas incluyendo un adecuado protocolo de descongelación, la experticia del inseminador, entre otros.

Por otra parte, estudios realizados por Cuevas & Hagen (1966) indican que la duración promedio del estro en las vacas gestantes fue de 13,2 horas y en las no gestantes la duración promedio de estro fue de 10,3 horas, este autor concluye que entre el grupo de vacas que resultaron gestantes y el de las que no resultaron gestantes, hubo una diferencia de tres horas que no fue significativa ($P < 0.05$). Por otra parte, Monroy, (2017) mostro que el tiempo transcurrido en horas desde el inicio del celo hasta la ovulación fue de (30.00 ± 7.3) en vacas gestantes y de (28.00 ± 6.0) en vacas no gestantes. No podemos afirmar que los resultados de Monroy, (2017) difieran o apoyen los resultados del presente estudio ya que los resultados iniciaron con el estro y terminaron con la ovulación y no hasta la no presentación de los signos del estro.

Los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron que para las vacas gestantes la duración promedio del estro fue de $16,7 \pm 7,8$ horas, mientras que para las vacas no gestantes la duración promedio del estro fue de $12,3 \pm 3,8$ horas donde no hubo diferencias significativas en la duración del estro entre vacas gestantes y no gestantes ($p=0,38$). Si se comparan los resultados con los obtenidos por Cuevas & Hagen (1966) la duración del estro para los dos grupos fue mayor en el presente estudio, aunque concuerda en que no se presentaron diferencias significativas entre los dos grupos (gestante y no gestante).

El momento óptimo para realizar la inseminación artificial (IA) ha sido discutido desde los inicios de la utilización comercial de la técnica. Según autores citados por Wiltbank et al. (2002) la fertilidad óptima parecería ser lograda al inseminarse desde la mitad del celo hasta 6



horas después de su finalización. Mientras que Walker et al. (1996) reportaron que las mayores tasas de concepción se consiguen con IA realizada entre 5 y 6 horas después del primer evento del estro. Los anteriores resultados no concuerdan con los del presente estudio ya que debido al manejo llevado a cabo por el inseminador de la finca, las vacas gestantes presentaron un promedio de $8,3 \pm 1,9$ horas siendo mayor que el anterior estudio; mientras que las vacas no gestantes del presente estudio presentaron un promedio de $10,3 \pm 1,9$ horas; no hubo diferencias significativas en el tiempo transcurrido desde el inicio del celo hasta la inseminación artificial entre las vacas gestantes y no gestantes ($p= 0,21$). Por otro lado, Swensson & Andersson (1980) encontraron mayores tasas de concepción (71%) cuando la IA se realiza el mismo día de la detección del celo en relación al segundo o tercer día.

Según estudios realizados por Monroy et al. (2018) en relación al tamaño del folículo preovulatorio en vacas gestantes y no gestantes, las vacas gestantes presentaron un tamaño de ($17,85 \pm 2,3$ mm) y las vacas no gestantes presentaron un tamaño de ($21,10 \pm 2,8$ mm) encontrando diferencias significativas, donde las vacas gestantes presentaron diámetros de folículos preovulatorios más pequeños que las no gestantes; además se encontró que el menor diámetro del folículo preovulatorio fue un factor asociado a la gestación temprana. Estos resultados difieren a los obtenidos en este estudio, ya que las vacas gestantes tuvieron un diámetro de folículo preovulatorio de ($20,3 \pm 2,6$ mm) mayor y las no gestantes un promedio de tamaño del folículo preovulatorio de ($17,8 \pm 0,3$ mm) menor, sin diferencias significativas entre gestantes y no gestantes.

A diferencia de lo reportado por Monroy et al. (2018), autores como Perry et al. (2007) y Yáñez et al. (2021) en las vacas de carne y en las vacas lecheras observaron que las que



presentaron folículos de mayor diámetro, tuvieron 14 veces más oportunidad de quedar preñadas que las vacas con folículos de menor diámetro. Aunque autores como Lynch et al. (2010) sugieren que no existe asociación entre el tamaño del folículo preovulatorio y el porcentaje de preñez. Debido a la variación en los resultados de dichas investigaciones no se puede afirmar que el tamaño del folículo ovulatorio influya directamente en el número de gestaciones positivas en vacas de producción de lechería especializada.

Estudios realizados por Stevenson, (2021) mostraron que la producción de leche diaria no cambió durante el período periestral; pero la producción de leche fue mayor en las vacas no preñadas que no regresaron al estro durante los días 21 al 26 en comparación con las vacas que regresaron al celo y las vacas preñadas ese mismo periodo. Marques et al. (2020), evaluaron los efectos sobre el desempeño reproductivo al utilizar un dispositivo de detección automático de celo frente a la detección visual en vacas Holstein, encontrando que el promedio productivo de producción de leche fue de $41,3 \pm 0,5$ kg de leche día, y para las vacas con una producción por debajo de ese promedio ninguna de las dos variables de detección afectó la gestación, pero para las vacas con una producción de leche por encima de ese promedio, las que fueron detectadas con el dispositivo de detección tenían más probabilidades de quedar gestantes.

Esos resultados fueron fundamentados o atribuidos a que en las vacas de alta producción se están reduciendo la expresión y duración del estro, debido a varios factores ambientales relacionados con los animales, que son en gran medida intrínsecos a la industria láctea moderna, como el aumento del catabolismo de esteroides hepáticos asociado con los días en leche, por lo tanto la detección del estro por observación no sería la más eficiente en vacas de alta producción,



porque la duración y la intensidad de los estros es poco perceptible (Harrison et al., 1990; Sangsritavong et al., 2002).

Los resultados del presente estudio difieren a los mencionados anteriormente porque se determinó que las vacas gestantes tienen en promedio una producción de leche de $23,7 \pm 3,5$ litros, con una duración del estro de $16,6 \pm 7,8$ horas en comparación con las no gestantes que mostraron un promedio de producción de leche de $28,5 \pm 4,4$ litros con una duración del estro de $12,3 \pm 3,8$ horas, sin diferencias significativas entre gestantes y no gestantes; estos resultados indican que hubo una mayor producción de leche en vacas no gestantes que presentaron una duración del estro menor en comparación con las vacas que quedaron gestantes. No podemos asegurar que la variable producción esté relacionada con la duración del estro y la gestación ya que, no se obtuvo la producción de leche el día de la presentación del estro.

Aunque de acuerdo a la correlación de las variables (duración del estro, diámetro del folículo preovulatorio, tiempo transcurrido entre el estro y la inseminación artificial y producción de leche) respecto a las vacas gestantes, se determinó en el presente estudio que a medida que aumenta la duración del estro DC se disminuye pero en una pequeña proporción el tiempo óptimo para realizar la IA sin diferencias significativas, también se disminuye en gran proporción el diámetro del folículo preovulatorio DFPO con diferencias significativas, pero la producción de leche promedio tiende a aumentar sin diferencias significativas. Si aumenta el tiempo de IC-IA el diámetro del folículo preovulatorio disminuye, pero en pequeñas proporciones sin diferencias significativas y la producción de leche promedio aumenta en proporciones moderadas, sin diferencias significativas. Si el diámetro del folículo preovulatorio DFPO aumenta, la producción



promedio de leche PPL disminuye moderadamente, sin diferencias significativas o viceversa para las anteriores postulaciones.

Para la correlación de las variables (duración del estro, diámetro del folículo preovulatorio, tiempo transcurrido entre el estro y la inseminación artificial y producción de leche) respecto a las vacas no gestantes, se encontró que cuando aumenta la duración del estro DC el tiempo IC-IA también aumenta en una gran proporción con diferencias significativas, el diámetro del folículo preovulatorio aumenta pero en menor proporción, sin diferencias significativas y la producción promedio de leche disminuye en una gran proporción, pero sin diferencias significativas. Cuando el tiempo de IC-IA aumenta, el diámetro del folículo preovulatorio aumenta en menores proporciones, sin diferencias significativas y la producción promedio de leche disminuye en una gran proporción, sin diferencias significativas. Si el diámetro del folículo preovulatorio aumenta, la producción promedio de leche disminuye en gran proporción, sin diferencias significativas o viceversa para los postulados anteriores.



Conclusiones

- Se concluye que a pesar de encontrar una tendencia de correlación en las variables DC, DFPO y PPL en las vacas Holstein, esta no fue significativa.
- Se encontró una correlación entre las variables DC y DFPO en las vacas gestantes, lo que quiere decir que a medida que la DC sea mayor, el DFPO será menor en vacas gestantes, mostrando una relación inversamente proporcional.
- Para el grupo de vacas no gestantes se encontró una correlación entre las variables DC e IC-IA donde a medida que la DC aumenta el tiempo transcurrido desde el IC hasta la IA también aumento en este grupo de animales.
- Se observó que la DC y el DFPO fue mayor en vacas gestantes y menor en vacas no gestantes, aunque no se presentaron diferencias significativas.
- Se observó que el IC-IA y la PPL fue mayor en vacas no gestantes en comparación de las vacas gestantes, aunque no se presentaron diferencias significativas.
- La falta de conocimiento de la fisiología y la endocrinología en lo referente al ciclo estral de los bovinos por parte de los operarios de la finca el juncal retrasa el correcto funcionamiento de estos procesos, por lo tanto, la capacitación del personal a cargo de los animales debe ser prioridad.



Recomendaciones

Establecer un protocolo de detección de estros con personal capacitado o usar dispositivos de detección automática de estros que permita establecer registros de cantidad, duración e intensidad de estros en los animales.

Sabiendo que un alto porcentaje de los estros se presenta durante la mañana se debería tener en cuenta este resultado para establecer un programa de inseminación artificial que permita cumplir la regla am-pm para una correcta inseminación y no se realice la misma dependiendo el tiempo que disponga el inseminador ya que reduce en gran medida el porcentaje de preñez.

Llevar registros oportunos es uno de los puntos críticos más importantes que requieren un análisis profundo con el objetivo de trazar metas a mediano y largo plazo. Se recomienda que la información sea lo más actual posible con respecto al comportamiento y desempeño de todas y cada una de las vacas en el hato.

Se hace necesario llevar a cabo una completa y adecuada marcación e identificación de todos los animales del hato ya que es imposible informar al inseminador que animales presentan comportamiento sexual para su inseminación cuando los animales no están identificados correctamente.

En esta investigación se detectó el celo expresado de manera natural, la duración del estro, el diámetro del folículo preovulatorio, la producción y la gestación, pero no se realizó la correlación con la dinámica hormonal. Se considera viable y oportuno realizar futuras investigaciones que permitan evaluar niveles hormonales (FHS, LH, E2, P4,) y su relación con el ciclo estral en vacas Holstein de lechería especializada, bajo condiciones ambientales de la provincia de Ubaté.



Referencias

- Alcaldía de Simijaca. (2022). Economía del municipio de Simijaca. Obtenido de <https://www.simijaca-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx>
- Alonso, A., Moreno, D., Bó, G., Carcedo, J., Cutaia, L., Martínez, M., Caccia, M. y Baruselli, P. (2008). Fisiología de la reproducción de la vaca. Córdoba, Argentina: IRAC. <https://isbn.cloud/9789872221423/fisiologia-de-la-reproduccion-de-la-vaca/>
- Alzate, D. (21 de octubre de 2017). medvetsite.com. Recuperado el 15 de diciembre de 2021, de <https://medvetsite.com/ciclo-estral-de-la-vaca/>
- Arias, RA, Mader, TL, & Escobar, PC. (2012). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivos de medicina veterinaria, 40(1). <https://hdl.handle.net/10925/687>
- Atuesta, J. E., & Gonella Diaza, Á. M. (2021). Control hormonal del ciclo estral en bovinos y ovinos. (U. C. Colombia, Editor) Recuperado el 15 de diciembre de 2021, de <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/view/598>
- Ayala Guanga, Luis Eduardo, Pesántez Pacheco, José Luis, Rodas Carpio, Ermes Ramiro, Méndez Álvarez, María Silvana, Soria Parra, Manuel Elías, Torres Inga, Carlos Santiago, Vázquez Mosquera, Juan Mesías, & Pesántez Calle, Elizabeth del Rocío. (2017). Tamaño del folículo ovulatorio, cuerpo lúteo y progesterona sanguínea en vaquillas receptoras de embriones de tres razas en pastoreo en Ecuador. Revista de Producción Animal, 29(2), 65-72. Recuperado en 17 de febrero de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202017000200009&lng=es&tlng=es
- Barco Santamaría, L. (2018). Comparación del porcentaje de preñez y días abiertos en vacas Holstein con inseminación artificial a tiempo fijo vs inseminación artificial a celo detectado. Obtenido de Universidad de La Salle: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1358&context=zootecnia>



- Bloch, A., Folman, Y., Kaim, M., Roth, Z., Braw-Tal, R., & Wolfenson, D. (2006). Endocrine Alterations Associated with Extended Time Interval Between Estrus and Ovulation in High-Yield Dairy Cows. Obtenido de Journal of Dairy Science:
<https://www.sciencedirect.com/ucundinamarca/basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0022030206725206?via%3Dihub>
- Bonato, D., Ferreira, E., Gomes, D., Bonato, F., Droher, R., Morotti, F., & Seneda, M. (2021). Follicular dynamics, luteal characteristics, and progesterone concentrations in synchronized lactating Holstein cows with high and low antral follicle counts. Obtenido de Theriogenology Volume 179, Pages 223-229: <https://www.sciencedirect.com/ucundinamarca/basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0093691X21004490>
- Braw-Tal, R., & Roth, Z. (2005). Reproducción. Obtenido de Expresión génica del receptor de LH, 17 alfa-hidroxilasa y StAR en la teca interna de los folículos preantral y antral temprano en el ovario bovino: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15798020/>
- Bustillo Parrado, J. C., & Melo Colina, J. (2020). PARÁMETROS REPRODUCTIVOS Y EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN GANADO BOVINO. Obtenido de Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio, Meta.:
https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17465/1/2020_parametros_reproductivos_eficiencia.pdf
- Carvajal, A., Martínez, E., Remehue, I., Tapia, M., & Ayke, T. (2020). El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva. Obtenido de INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - INFORMATIVO N° 246:
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4022/NR42345.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, A., & Gómez, R. (2002). (R. ICA, Editor) Recuperado el 7 de febrero de 2022, de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/627/77545_1964.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cuevas, R. C., & Hagen, D. D. (1966). cienciaspecuarias.inifap.gob.mx. Recuperado el 7 de febrero de 2022, de <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/viewFile/1990/3504>



- De la Sota, R. L. (2000). produccion-animal.com.ar. Recuperado el 2 de junio de 2021, de produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/08-deteccion_celos_como_calcular_intensidad_y_exactitud.pdf
- DesCôteaux, L., Gnemmi, G., & Colloton, J. (2009). Ecografía del tracto genital femenino bovino. Obtenido de Veterinario Clin North Am Food Anim Pract: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19825441/>
- Donzelli, M.V., Catalano, R.C., Burges, J.C. y Machado, C.F. (2010). Efecto de la nutrición sobre la duración del anestro postparto en vacas de cría. In Vet vol.12 no.2. <https://www.veterinariargentina.com/revista/efectode-la-nutricion-sobre-la-duracion-del-anestro-postparto-en-vacas-de-cria-2/>
- E.C.L. Bleach, R.G. Glencross, P.G. Knight Association between ovarian follicle development and pregnancy rates in dairy cows undergoing spontaneous oestrous cycles. *Reproduction*, 127 (2004) <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-2942541461&origin=inward&txGid=95c8b98e3a08d654473523629b80b58d>
- Esslemont RJ, Bailie JH, Cooper MJ (1985) Fertility management in dairy cattle. Collins. Londres, Reino Unido. 84 pp
- 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), 2. Recuperado en 15 de diciembre de 2021, de http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168848092016000200002&lng=es&tlng=es
- Findlay, J., Kerr, J., Britt, K., Liew, S., Simpson, E., Rosairo, D., & Drummond, A. (2009). *Anim. Reprod.* Obtenido de Ovarian physiology: follicle development, oocyte and hormone relationships: <https://www.animal-reproduction.org/article/5b5a606bf7783717068b4759/pdf/animreprod-6-1-16.pdf>
- Foote, R. (2002). *Journal of Animal Science*. Obtenido de La historia de la inseminación artificial: notas seleccionadas y notables: https://academic.oup.com/jas/article-abstract/80/E-suppl_2/1/4829629



- Franco, J., & Uribe Velásquez, L. F. (2012). Biosalud. Obtenido de HORMONAS REPRODUCTIVAS DE IMPORTANCIA VETERINARIA EN HEMBRAS DOMÉSTICAS RUMIANTES: <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v11n1/v11n1a06.pdf>
- Fricke, P., Carvalho, P., Lucy, M., Curran, F., Herlihy, M., Waters, S., Butler, S. (2016). Effect of manipulating progesterone before timed artificial insemination on reproductive and endocrine parameters in seasonal-calving, pasture-based Holstein-Friesian cows. Obtenido de Journal of Dairy Science: [https://www.sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatossezproxy.com/science/article/pii/S0022030216303769](https://www.sciencedirect.com/ucundinamarca.basesdedatossezproxy.com/science/article/pii/S0022030216303769)
- Galvis, R., Múnera, E., & Marín, A. (2005). Relación entre el mérito genético para la producción de leche y el desempeño metabólico y reproductivo en la vaca de alta producción. Obtenido de Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295022964004>
- Gasque, R. (2008). Enciclopedia bovina. 1ra Ed. FMVZ. Capítulo 8. Obtenido de Mejoramiento Genético en bovinos: https://www.academia.edu/6145139/Cap%C3%ADtulo_8_Mejoramiento_gen%C3%A9tico_en_bovinos_Cap%C3%ADtulo_8_Mejoramiento_gen%C3%A9tico_en_bovinos
- Giraldo, A., Hylan, D., Bondioli, K., & Godke, R. (2010). Distribution of sexes within the left and right uterine horns of cattle. Obtenido de Theriogenology: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X09004634?via%3Dihub>
- Goehring, T. (2003). Beef Cattle Handbook. Obtenido de Heat Detection of Beef Cattle: <https://www.iowabeefcenter.org/bch/HeatDetection.pdf>
- Google maps . (2022). Obtenido de <https://www.google.com/maps/search/inversiones+camacho+simijaca+/@5.5310397,-73.8021085,1560m/data=!3m1!1e3?hl=es>
- Góngora, A., & Hernández, A. (2010). LA REPRODUCCIÓN DE LA VACA SE AFECTA POR LAS ALTAS TEMPERATURAS AMBIENTALES. Obtenido de Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v14n2/v14n2a07.pdf>
- González Tous, M., Pastrana Puche, N., Barón Pinedo, F., & Vertel Morrison, M. (2014). Frecuencia de presentación de gestación con relación al cuerno uterino en bovinos del trópico colombiano. Obtenido de Rev. Med. Vet. ISSN 0122-9354: <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n28/n28a02.pdf>



- González, E.R., Gens, M. y Dick, A. (2016). Método de ayuda para aumentar la eficiencia en la detección de celos. UNCPBA. <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/610/Tesis%20Gonz%C3%A1lez%20Eduardo%20Ram%C3%B3n.pdf?Sequence=1&isAllowed=y>
- Grajales Lombana, H. A., & Tovío Luna, N. I. (2011). Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Efectos de la aplicación de eCG (Día 5 u 8) sobre el desarrollo del cuerpo lúteo, nivel de progesterona y tasa de preñez en hembras receptoras de embriones bovinos:
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7779/780179.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Grajales, L., Hernández, A., & Prieto, E. (2010). Revista MVZ Córdoba. Obtenido de Niveles de progesterona durante el ciclo normal y silencioso en bovinos en el trópico colombiano:
<https://www.redalyc.org/pdf/693/69315067004.pdf>
- Guáqueta H, H. (2009). Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Obtenido de Ciclo Estral: Fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos:
<https://www.redalyc.org/pdf/4076/407639221003.pdf>
- Gutiérrez Lizarazo, D., & Báez Sandoval, G. (2014). La ultrasonografía en bovinos. Obtenido de <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/view/12>
- Guzmán Aguirre, F., Andrade Muñoz, L., Pita Vera, F., Matute Villavicencio, R., Tribulo, H., & Carcedo, J. (2019). Efecto del diámetro del folículo preovulatorio en el momento de la IATF y de la expresión de estro sobre la tasa de preñez en vacas nelore con cría al pie. Obtenido de Dom. Cien., ISSN: 2477-8818:
<file:///C:/Users/NESTOR/Downloads/Dialnet-EfectoDelDiametroDelFoliculoPreovulatorioEnElMomen-7343642.pdf>
- Harrison, R., Ford, S., Young, J., Conley, A., & Freeman, A. (1990). Increased Milk Production Versus Reproductive and Energy Status of High Producing Dairy Cows. Obtenido de Journal of Dairy Science Volume 73, Issue 10: [https://doi-org.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78960-6](https://doi-org.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/10.3168/jds.S0022-0302(90)78960-6)
- Henao, G., & Trujillo, L. (2000). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Obtenido de Establecimiento y desarrollo de la dominancia folicular bovina:



http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7186/6/Henao_R_2000_Establecimiento_dominancia_folicular.pdf

Hernández Cerón, J. (28 de noviembre de 2016). *fmvz.unam.mx*. (U. N. México, Editor)

Recuperado el 15 de diciembre de 2021, de

https://fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/reproduccion/publicaciones/Fisiologia_Clinica.pdf

Hernández V. Aureliano, Góngora O. Agustín, Jiménez E, Claudia, Rodríguez M. José M, Prieto M. Esperanza, Chacón J. Liliana, Escobar C. Fernando, Reproducción en la Vaca Fisiología y Aplicaciones: Ed. UNAL, Primera Edición, 2008

<https://isbn.cloud/9789587019315/reproduccion-en-la-vaca-fisiologia-y-aplicaciones/>

Hidalgo V, Yaneline, Velásquez V, Carlomagno, Chagray A, Néstor, Llapapasca G, Nidia, & Delgado C, Alfredo. (2018). Relación entre dos métodos de detección del celo y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(4), 1364-1371. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i4.15388>

Inostroza Rodrigo, R., Mader, T., & Escobar, C. P. (24 de febrero de 2012).

<http://repositoriodigital.uct.cl/>. Recuperado el 2 de junio de 2021, de

<http://repositoriodigital.uct.cl/handle/10925/687>

J. Vasconcelos, R. Sartori, H. Olivera, J. Guenther, M. Wiltbank. Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. *Theriogenology*, 56 (2001), <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0093691X01005659>

Jiménez, A. (05 de 04 de 2019). El Ciclo Estral Bovino. Obtenido de Entorno Ganadero BM Editores: <https://bmeditores.mx/ganaderia/el-ciclo-estral-bovino-2163/>

La Torre, W. (2001). <http://www.scielo.org.pe/>. (R. d. Perú, Editor) Recuperado el 5 de mayo de

2021, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172001000200022#:~:text=Una%20vaca%20produce%20leche%20en,el%20mismo%20oper%C3%ADodo%20de%20tiempo)

[91172001000200022#:~:text=Una%20vaca%20produce%20leche%20en,el%20mismo%20oper%C3%ADodo%20de%20tiempo](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172001000200022#:~:text=Una%20vaca%20produce%20leche%20en,el%20mismo%20oper%C3%ADodo%20de%20tiempo)

Leroy, J., Vanholder, T., Delanghe, J., Opsomer, G., Van Soom, A., Bols, P., . . . Kruif, A.

(2004). Metabolic changes in follicular fluid of the dominant follicle in high-yielding



- dairy cows early post-partum. Obtenido de *Theriogenology* Volume 62, Issue 6:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X04000317?via%3Dihub>
- Lopes, A., Butler, S., Gilbert, R., & Butler, R. (2007). Relationship of pre-ovulatory follicle size, estradiol concentrations and season to pregnancy outcome in dairy cows. Obtenido de *Animal Reproduction Science*: [https://www.sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0378432006002491](https://www.sciencedirect.com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0378432006002491)
- López Gatus, F. (1997). Transuterine sperm transport is not affected by bilateral asymmetry of the reproductive system in dairy cows. Obtenido de *Theriogenology*:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X97001246?via%3Dihub>
- Lynch, C. O., Kenny, D. a., Childs, S., & Diskin, M. G. (2010). The relationship between periovulatory endocrine and follicular activity on corpus luteum size, function, and subsequent embryo survival. *Theriogenology*, 73(2), 190–198.
<http://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.08.012>
- M.J. Starbuck, R.A. Dailey, E.K. Inskeep Factors affecting retention of early pregnancy in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, 84 (2004) <https://www.sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0378432004000065>
- Macmillan, K., Gobikrushanth, M., Plastow, G., & Colazo, M. (Julio de 2021). Natural versus induced estrus indicators of Holstein heifers determined by an automated activity monitoring system. Obtenido de *Livestock Science* Volume 249: <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S1871141321001220>
- Marizancén Silva, M. A., & Artunduaga Pimentel, L. (2017). *Revista de Investigación Agraria y Ambienta*. Obtenido de *Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo*:
<file:///C:/Users/NESTOR/Downloads/Dialnet-MejoramientoGeneticoEnBovinosATravesDeLaInseminaci-6285365.pdf>
- Marqués, O., Veronese, A., Merenda, V., Bisinotto, R., & Chebel, R. (Julio de 2020). Effect of estrous detection strategy on pregnancy outcomes of lactating Holstein cows receiving artificial insemination and embryo transfer. Obtenido de *Journal of Dairy Science* Volume



- 103, Issue 7: <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0022030220303684>
- Marqués, O., Veronese, A., Merenda, V., Bisinotto, R., & Chebel, R. (Julio de 2020). Effect of estrous detection strategy on pregnancy outcomes of lactating Holstein cows receiving artificial insemination and embryo transfer. Obtenido de Journal of Dairy Science Volume 103, Issue 7: <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0022030220303684>
- Mena, A. R., Sarramone, C. G., & Dick, A. (octubre de 2019). www.ridaa.unicen.edu.ar. (F. d. UNCPBA, Editor) Recuperado el 5 de mayo de 2021, de <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/2250/MENA%2C%20ALEJANDRO%20RAMON.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). Resultados del Primer Censo de Unidades Productoras de Leche en la Región del Valle de Ubaté y Chiquinquirá. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Unidad de Seguimiento de Precios de la Leche – USP Corporación Colombia Internacional - CCI: <http://uspleche.minagricultura.gov.co/assets/resultados-primer-censo-de-unidades-productoras-de-leche-en-la-region-del-valle-de-ubat%C3%A9-y-chiquinquir%C3%A1.pdf>
- Ministerio de Agricultura. (7 de mayo de 2020). id.presidencia.gov.co. Recuperado el 5 de mayo de 2021, de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:klAi1VmS-xsJ:https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2020/Colombia-avanza-en-la-formulacion-del-Plan-de-Ordenamiento-Productivo-de-la-cadena-lactea-en-Colombia-200507.aspx+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=c>
- Monroy González, M. (2017). Tamaño del folículo ovulatorio, volumen del cuerpo lúteo y niveles séricos de progesterona, durante el ciclo estral y gestación temprana en vacas Holstein en Bogotá. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/61025/Tesis_Yulieth_Monroy_G.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Monroy González, M., Jiménez, C., & Hernández, A. (2018). Follicular and luteal morphometry, progesterone concentration and early gestation in Holstein cows (*Bos Taurus*) at high altitude in the tropics (Colombia). Obtenido de *Rev.MVZ Córdoba* 23(2):6681-6695: file:///C:/Users/NESTOR/Downloads/Morfometria_folicular_y_luteal_concentracion_de_pr.pdf
- Montiel, F. y Ahuja, C. (2005). Condición corporal y succión como factores que influyen en la duración del anestro posparto en el ganado. Elsevier. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15556305>
- Motta Delgado, P. A., Ramos Cuéllar, N., González Sánchez, C. M., & Castro Rojas, E. C. (2011). *Medicina Veterinaria y Zootecnia*. Universidad de la Amazonia, Florencia (Caquetá), Colombia. Obtenido de *Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina*: <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v5n2a08.pdf>
- Nebel, R., Dransfield, M., Jobst, S., & Bame, J. (2000). *Anim Reprod Ciencia*. Obtenido de *Sistemas electrónicos automatizados para la detección del estro y la sincronización de la IA en el ganado*: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10844237/>
- Orihuela, A. (2000). Algunos factores que afectan la manifestación conductual del estro en el ganado: una revisión. Obtenido de *Appl Anim Behav Sci*: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10986419/>
- Ortiz Sanabria, S. D., & Avila Parra, K. Y. (02 de 05 de 2020). *Fundamentos y métodos actuales de detección de celo en bovinos*. Obtenido de *Seminario de Profundización en Reproducción Bovina*, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio, Meta.: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17509/2/2020_fundamentos_metodos_actuales.pdf
- Ortiz Sanabria, S. D., & Ávila Parra, K. Y. (2020). *repository.ucc.edu.co*. Recuperado el 5 de febrero de 2021, de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17509/2/2020_fundamentos_metodos_actuales.pdf
- Palmer, M., G. Olmos, L. A. Boyle, and J. F. Mee. 2010. Estrus detection and estrus characteristics in housed and pastured Holstein– Friesian cows. *Theriogenology* 74,255–264



Perea, F.; González, R.; Cruz, R.; Soto, E.; Rincón, E.; González, C. Y Villamediana, P. (1998).

Evaluación ultrasonográfica de la dinámica folicular en vacas y en novillas mestizas.

Revista Científica FCV-LUZ, 8 (1), 14- 24.

Perry, G., Smith, M., Roberts, A., MacNeil, M., & Geary, T. (2007). Relationship between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers. Obtenido de Journal of

Animal Science: [https://academic.oup.com/jas/article-abstract/85/3/684/4778167?](https://academic.oup.com/jas/article-abstract/85/3/684/4778167?redirectedFrom=fulltext)

[redirectedFrom=fulltext](https://academic.oup.com/jas/article-abstract/85/3/684/4778167?redirectedFrom=fulltext)

Pierson, R. A. Y Ginther, O. J. (1984). Ultrasonography of the Bovine Ovary. *Theriogenology*, 21 (3), 495-504.

Pinzón, C., & Grajales L., H. (2005). Niveles de progesterona y dinámica folicular en el posparto de vacas Holstein en condiciones del trópico bajo colombiano. Obtenido de *Revista de Medicina Veterinaria* Volume 1 Number 9:

<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1150&context=mv>

Pueyo Carrera, D. (2017). (U. Zaragoza, Editor) Recuperado el 15 de diciembre de 2021, de

https://citaaragon.es/bitstream/10532/3955/1/2017_493.pdf

Quintela, L., Barrio, M., Peña, A., Becerra, J., Cainzos, J., Herradón, P., & Díaz, C. (2012). Uso de ultrasonido en el manejo reproductivo del ganado lechero. Obtenido de *Revista de reproducción de animales domesticos*: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22681297/>

Ramírez-Iglesia, L. N., Viera-Rosales, F. B., Martínez, J. A., Díaz de Ramírez, A. y Soto-Belloso, E. (2002). Conducta sexual y signos del celo en ganado mestizo de doble propósito. *Revista Científica* Vol. XII-Suplemento 2, 431-

433. [https://www.researchgate.net/profile/LilidoRamirez/publication/261459](https://www.researchgate.net/profile/LilidoRamirez/publication/261459465_CONDUCTA_SEXUAL_Y_SIGNOS_DEL_CELO_EN_GANADO_MESTIZO_DE_DOBLE_PROPOSITO/links/00b49534526a504ae8000000.pdf)

[465_CONDUCTA_SEXUAL_Y_SIGNOS_DEL_CELO_EN_GANADO_MESTIZO_DE_DOBLE_PROPOSITO/links/00b49534526a504ae8000000.p df](https://www.researchgate.net/profile/LilidoRamirez/publication/261459465_CONDUCTA_SEXUAL_Y_SIGNOS_DEL_CELO_EN_GANADO_MESTIZO_DE_DOBLE_PROPOSITO/links/00b49534526a504ae8000000.pdf)

[MESTIZO_DE_DOBLE_PROPOSITO/links/00b49534526a504ae8000000.p df](https://www.researchgate.net/profile/LilidoRamirez/publication/261459465_CONDUCTA_SEXUAL_Y_SIGNOS_DEL_CELO_EN_GANADO_MESTIZO_DE_DOBLE_PROPOSITO/links/00b49534526a504ae8000000.pdf)

Rathbone, M., Kinder, J., Fike, K., Kojima, F., Clopton, D., Ogle, C., & Bunt, C. (2001).

Advanced Drug Delivery Reviews. Obtenido de *Avances recientes en endocrinología y fisiología reproductiva bovina y su impacto en el diseño de sistemas de administración de fármacos para el control del ciclo estral en el ganado.*:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169409X01001569>



- Reece, w. y Duker. (2009). Fisiología de los animales domésticos. Acribia ISBN: 978-84-200-1134-9; Páginas: 1182; 1ª ed. https://www.Editorialacribia.com/libro/dukes-fisiologia-de-los-animales-domesticos_54165/
- Risco, C., & Archibald, L. (2005). EFICIENCIA REPRODUCTIVA DEL GANADO LECHERO. Obtenido de University of Florida, Gainesville, EE.UU.: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/62-eficiencia_reproductiva.pdf
- Roelofs, J., López Gatus, F., Hunter, R. H., van Eerdenburg, F. C., & Hanzen, C. (2010). Theriogenology. Obtenido de ¿Cuándo está una vaca en celo? Aspectos clínicos y prácticos: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20363020/>
- Rosales Torres, A. M., & Guzmán Sánchez, A. (2008). Téc Pecu Mex. Obtenido de Apoptosis en la atresia folicular y la regresión del cuerpo lúteo: <https://www.redalyc.org/pdf/613/61346205.pdf>
- Salgado, R., González, M., & Simanca, J. (2007). Revista MVZ Córdoba. Obtenido de ARTIFICIAL INSEMINATION AT FIXED TIME IN LACTATING COWS BRAHMAN: <https://www.redalyc.org/pdf/693/69312211.pdf>
- Sangsitavong, S., Combsv, D., Sartori, R., Armentano, L., & Wiltbank, M. (2002). High Feed Intake Increases Liver Blood Flow and Metabolism of Progesterone and Estradiol-17 β in Dairy Cattle. Obtenido de Journal of Dairy Science Volume 85, Issue 11: [https://doi-org.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74370-1](https://doi-org.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/10.3168/jds.S0022-0302(02)74370-1)
- Sangsitavong, S., Sartori, R., Armentano, L. E., Wiltbank, M. C., & Peines, D. K. (noviembre de 2002). [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12487450/). Recuperado el 5 de mayo de 2021, de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12487450/>
- Santos, V., Carvalho, P., Maia, C., Carneiro, B., Valenza, A., & Fricke, P. (2017). Fertility of lactating Holstein cows submitted to a Double-Ovsynch protocol and timed artificial insemination versus artificial insemination after synchronization of estrus at a similar day in milk range. Obtenido de Journal of Dairy Science: <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0022030217307610>



com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/abs/pii/S002203022100744
X

Stevenson, J. S. (21 de octubre de 2021). pubmed.ncbi.nlm.nih.gov. Recuperado el 7 de febrero de 2022, de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34275627/>

Swensson, T., & Andersson, U. (1980). The influence of heat symptoms and the time of insemination of cattle on the early and late returns. Obtenido de Nord Vet Med ;32(11):457-63.: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7232131/>

Tippenhauer, C., JPlenio, J., Madureira, A., Cerri, R., Heuwieser, W., & Borchardt, S. (2021). Timing of artificial insemination using fresh or frozen semen after automated activity monitoring of estrus in lactating dairy cows. Obtenido de Journal of Dairy Science Volume 104, Issue 3, Pages 3585-3595: <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/abs/pii/S0022030221000394>

Tovío Luna, N. I., & Duica Amaya, A. (2012). Spei Domus. Obtenido de Factores relacionados con la dinámica folicular en la hembra bovina: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/view/95/96>

Trimberger, George W. (1948) *Eficiencia reproductiva en ganado lechero a partir de inseminación artificial en varios intervalos antes y después de la ovulación* (Boletín de investigación: Boletín de la Estación Experimental Agrícola de Nebraska No. 153) <https://digitalcommons.unl.edu/ardhistrb/117/>

Unión Ganadera Regional de Jalisco. (2019). [ugrj.org.mx](http://www.ugrj.org.mx). Recuperado el 2 de junio de 2021, de [http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=197#:~:text=Las%20ventajas%20de%20una%20eficiente,estro%20\(celo%20o%20alboroto\).](http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=197#:~:text=Las%20ventajas%20de%20una%20eficiente,estro%20(celo%20o%20alboroto).)

Van Eerdenburg, F., Karthaus, D., Taverne, M., Mercis, I., & Szenci, O. (2002). Relación entre la puntuación del comportamiento estral y el tiempo de ovulación en el ganado lechero. Obtenido de Revista de ciencia láctea volumen 85 número 5: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030202741775>

Velázquez, M. A., Spicer, L. J., & Wathes, D. C. (2008). Domestic Animal Endocrinology. Obtenido de El papel del factor de crecimiento similar a la insulina endocrino I (IGF-I) en



- la reproducción bovina de hembras: [https://www.sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0739724008000775](https://www.sciencedirect.com/ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0739724008000775)
- Vergara Icaza, Y. L. (2005). *bdigital.zamorano.edu*. Recuperado el 5 de mayo de 2021, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5274/1/CPA-2005-T093.pdf>
- Walker, W., Nebel, R., & McGilliard, M. (1996). Time of Ovulation Relative to Mounting Activity in Dairy Cattle. Obtenido de *Journal of Dairy Science* Volume 79, Issue 9: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030296765177>
- Wiltbank, M. C., Sartori, R., Herlihy, M. M., Vasconcelos, J. L. M., Nascimento, A.B., Souza, A. H., Gumen, A. (2011). Managing the dominant follicle in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 76(9), 1568–82. <http://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.08.012>
- Wiltbank, M. C., Sartori, R., Pursley, J. R., & Vasconcelos, J. L. (2002). Sitio Argentino de Producción Animal. Recuperado el 7 de febrero de 2022, de https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/33-momento_optimo_inseminar.pdf
- Wiltbank, S. P. (2002). Sitio Argentino de Producción Animal. Recuperado el 23 de noviembre de 2021, de https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/33-momento_optimo_inseminar.pdf
- Yáñez Avalos, D., Barbona, I., López Parra, J., & Marini, P. (2021). Protocolos J-Synch con y sin eCG en Brown Swiss y cruces con vacas Bos Indicus en la Amazonia ecuatoriana. Obtenido de *Life Sciences Journal*: <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/33.2021.01>
- Zambrano Neira, D. A., & Neira Sánchez, P. L. (2020). Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio, Meta. Obtenido de *Actualidad En Ginecología Y Obstetricia En Bovinos*: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/18336/4/2020_actualidad_ginecologia_obstetricia.pdf



UDECA
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA
-UBATÉ-

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA