

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA PRODUCTIVA Y
REPRODUCTIVA EN VACAS LECHERAS HOLSTEIN**

ESTUDIANTE

NOHELYS A. RIOS G.

8-979-1622

ASESOR

DR. REGGIE GUERRA

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2026

**FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA PRODUCTIVA Y
REPRODUCTIVA EN VACAS LECHERAS HOLSTEIN.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA.**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO DE PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL
DEBE SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO

PROF. DR. REGGIE GUERRA

DIRECTOR

PROF. DR. ALEX SOLÍS

COMITÉ

PROF. ING. EDIL ARAÚZ M.Sc.

COMITÉ

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2026

AGRADECIMIENTO

Todo lo que soy y lo que aquí presento, se lo debo con gratitud a Dios. Este trabajo demuestra no solo un esfuerzo humano, sino la fortaleza, grandeza y misericordia con la que Dios me ha bendecido.

Mi más sincero agradecimiento a mi tutor, Reggie Guerra, quien me ayudo a llevar a cabo esta investigación, por su dedicación y compromiso en todo lo que hace y por compartir su tiempo, experiencia y conocimientos conmigo.

Agradezco a mi madre Dolly González, por su sacrificio, sus oraciones y su amor. Gracias por enseñarme a ser fuerte, a luchar por mis sueños y ser perseverante. Te amo y siempre serás mi mayor inspiración.

A mi tía Karen, por su amor, apoyo incondicional, buenos consejos y por siempre estar conmigo cuando la necesito.

Anthony te agradezco por estar a mi lado acompañándome y animándome a seguir adelante durante este proceso.

A mis compañeros y amigos universitarios, con quienes compartí una conexión durante la carrera, que en muchos momentos nos costó a todos, pero nunca nos rendimos; al contrario, nos apoyamos mutuamente.

A las personas que, directa o indirectamente, contribuyeron a mi formación académica y personal, creyeron en mis capacidades, me motivaron, me recordaron que el camino no sería fácil, pero rendirse no sería una opción.

¡Muchísimas gracias!

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a **Dios**, creador del cielo, la tierra y de todo lo que en ella habita. Por darme la fortaleza necesaria para culminar esta etapa académica, y porque la principal inspiración de este trabajo viene de parte de su creación.

A mi madre **Dolly Raquel González Guerra**, por su amor incondicional, su esfuerzo y dedicación que me han hecho lo que soy hoy en día.

Mi tía **Karen González Guerra**, quien estuvo siempre pendiente de mí durante toda mi vida universitaria y por eso te dedico a ti también este trabajo.

A mis familiares más cercanos que también han sido de gran ayuda y por eso aprecio todo lo que han hecho por mí (**abuelas, tías, prima**).

Este logro no es solo mío, sino de cada uno de ustedes que me han brindado su amor y cariño de una forma especial.

*Cuando miro el cielo de noche y veo la obra de tus dedos: **la luna** y las estrellas que pusiste en su lugar, me pregunto: ¿qué son los simples mortales para que pienses en ellos, los seres humanos para que de ellos te ocupes?*

Salmos 8:3–4

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Generalidades de la luna	3
2.1.1. Fases de la luna	4
2.2. Efecto lunar en el comportamiento de animales de interés zootécnico	5
2.3. La reproducción de la hembra bovina	7
2.4. Factores que afectan la reproducción de las vacas lecheras	9
2.4.1. Estrés	9
2.4.2. Alimentación	10
2.4.3. Genética	11
2.4.4. Sanidad	12
2.5. Manejo reproductivo del hato bovino: Monta natural (MN) e Inseminación artificial (IA)	13
2.6. Influencia lunar en la reproducción bovina	15
2.6.1. Influencia lunar en el celo y concepción de la hembra bovina	17
2.6.2. Influencia lunar en la determinación del sexo de las crías	18
2.6.3. Influencia lunar durante el periodo gestacional y el parto	19
III. MARCO METODOLÓGICO	21
3.1. Objetivos e hipótesis	21

3.2. Condiciones generales de las fincas	21
3.4. Características y descripción de los datos	24
3.5. Análisis estadístico	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Análisis de factores ambientales en variables productivas y reproductivas	28
4.2. Evaluación de las variables reproductivas con las fases lunares	37
4.3. Discusión general	41
V. CONCLUSIONES.	46
VI. RECOMENDACIONES.	47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	48

ÍNDICE DE TABLAS.

Nº	TÍTULO	Pág.
1	Efecto de las fincas sobre el desempeño productivo de las vacas.	28
2	Efecto época sobre las variables evaluadas en vacas Holstein.	34
3	Efecto del número de lactancia sobre las variables productivas y reproductivas en vacas lecheras.	35
4	Efecto de categorías de edad al primer parto sobre las variables productivas y reproductivas en vacas Holstein.	36
5	Influencia de las fases lunares sobre el sexo de la cría en las vacas Holstein.	40
6	Análisis de correlación entre variables productivas y reproductivas.	41

ÍNDICE DE FIGURAS.

Nº	TÍTULO	Pág.
1	Las cuatro fases principales de la luna.	4
2	La dinámica de las hormonas a lo largo del ciclo estral.	8
3	Relación entre las fases lunares, el apareamiento y el sexo de las crías en bovinos	16
4	Efectos de la melatonina sobre el estado fisiológico del ganado	17
5	Ubicación geográfica de la cuenca lechera en la provincia de Chiriquí.	22
6	Temperatura máxima y mínima promedio de Chiriquí.	23
7	Precipitación mensual de la provincia de Chiriquí.	23
8	Comportamiento de DLAC (1991-2024)	29
9	Comportamiento de PLT y PL305D (1991-2024).	30
10	Comportamiento del periodo abierto (1991-2024).	31
11	Valores promedio de DLAC según el mes del año.	32
12	Las variables de PLT y PL305d durante los meses del año.	33
13	Valores promedio de días abiertos según el mes del año.	34
14	Influencia lunar sobre la duración de la gestación en vacas Holstein.	38
15	Periodo de días abiertos correspondiente según las fases lunares.	39

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.

Abreviatura	Significado
%	Porcentaje
°C	Grados Celsius
ADN	Ácido desoxirribonucleico
BHB	β -hidroxibutirato
CRIPAS	Centro Regional de Investigación para la Producción Animal Sostenible
DGd	Duración de la gestación en días
DIac	Duración de la lactancia
E2	Estradiol
EPP	Edad al primer parto
GnRH	Hormona liberadora de gonadotropina
IA	Inseminación artificial
IATF	Inseminación artificial a tiempo fijo
IDIAP	Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá
IMHPA	Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá
kg	Kilogramo
kg/día	Kilogramos por día
LA	Lactación
LH	Hormona luteinizante
ME	Mes
mm	Milímetros
MN	Monta natural
NASEM	National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine
NEFA	Ácidos grasos no esterificados
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration

NRC	National Research Council
PAd	Periodo abierto en días
P4	Progesterona
pg/mL	Picogramos por mililitro
PGF2 α	Prostaglandina F2 alfa
PLd	Producción diaria de leche
PLT	Producción total de leche
PL305d	Producción de leche ajustada a 305 días
SAS	Statistical Analysis System
SEXOC	Sexo de la cría
US Navy	Observatorio Naval de los Estados Unidos

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA EN VACAS LECHERAS HOLSTEIN

Nohelys Rios

2026

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar los factores que influyen en la eficiencia productiva y reproductiva en vacas lecheras Holstein. Se contó con información de dos fincas lecheras ubicadas en la Provincia de Chiriquí, Distrito de Tierras Altas, zona conocida como la Cuenca Lechera. La base de datos incluyó información reproductiva de vacas Holstein entre 1991 y 2024 a partir de los registros de las propias fincas, obteniendo 14,964 datos. Esta se analizó y depuró resultando 6,135 observaciones. Primeramente, se evaluó los efectos ambientales: finca, año, mes, época, lactancia y categorías edad al primer parto sobre las variables productivas y el periodo abierto. Adicionalmente, se consideró las fases lunares en tres enfoques: dos fases, cuatro fases y ocho fases y se evaluó sus efectos en el periodo abierto, duración de la gestación y sexo de las crías. Se utilizaron modelos lineales generales (GLM) y regresión logística considerando un nivel de significancia estadística con $p < 0.05$ y $p < 0.10$ para tendencia a diferir. Los resultados indicaron que la duración de la lactancia fue de 336.60 ± 94.65 días, con una producción de leche total de $7,146.22 \pm 2,761.74$ kg, y ajustada a 305 de $6,319.08 \pm 2,249.13$ kg. El periodo abierto fue de 151.65 ± 106.14 días, la duración de la gestación de 278.64 ± 5.20 días y hubo un 2.10 % más crías hembras que machos. Los factores ambientales mostraron diferencias ($p < 0.05$) en todos los efectos, excepto el de época en el periodo abierto, así como la edad al primer parto y que las lactancias intermedias estuvieron relacionadas con mayor duración de esta y producción de leche, pero a su vez con mayores periodos abiertos. Finalmente se determinó que no hubo influencia lunar para ninguna de las variables reproductivas evaluadas. Por lo que se concluye que los factores ambientales de mayor impacto fueron las categorías de edad al primer parto y lactancias de las vacas, en tanto las fases lunares no mostraron influencia en las variables reproductivas evaluadas.

Palabras claves: duración de la lactancia, factores ambientales, sexo de la cría.

FACTORS THAT INFLUENCE PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE EFFICIENCY IN HOLSTEIN DAIRY COWS

Nohelys Rios

2026

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the factors that influence productive and reproductive efficiency in Holstein dairy cows. Information was collected from two dairy farms located in the province of Chiriquí, in the Tierras Altas district, an area known as the Dairy Basin. The database included reproductive information on Holstein cows between 1991 and 2024 from the farms' own records, yielding 14,964 data points. This data was analyzed and refined, resulting in 6,135 observations. First, the environmental effects were evaluated: farm, year, month, season, lactation, and age categories at first calving on productive variables and the open period. Additionally, the lunar phases were considered in three approaches: two phases, four phases, and eight phases, and their effects on the open period, gestation length, and sex of the calves were evaluated. General linear models (GLM) and logistic regression were used, considering a level of statistical significance with $p < 0.05$ and $p < 0.10$ for tendency to differ. The results indicated that the duration of lactation was 336.60 ± 94.65 days, with a total milk production of $7,146.22 \pm 2,761.74$ kg, adjusted to 305 of $6,319.08 \pm 2,249.13$ kg. The open period was 151.65 ± 106.14 days, the duration of gestation was 278.64 ± 5.20 days, and there were 2.10 % more female than male offspring. Environmental factors showed differences ($p < 0.05$) in all effects, except for the season in the open period, as well as age at first calving, and intermediate lactations were related to longer lactation duration and milk production, but also to longer open periods. Finally, it was determined that there was no lunar influence on any of the reproductive variables evaluated. It is therefore concluded that the environmental factors with the greatest impact were the age categories at first calving and lactations of the cows, while the lunar phases showed no influence on the reproductive variables evaluated.

Keywords: duration of lactation, environmental factors, sex of the offspring.

I. INTRODUCCIÓN

Según Galina (2008), la capacidad reproductiva se entiende como el resultado de todas las actividades reproductivas, que es la suma de todos los factores que intervienen como el celo, la ovulación, la fertilización, la gestación y el parto. El principal propósito de un buen manejo reproductivo debe ser optimizar el desempeño del hato en términos reproductivos.

El manejo reproductivo es un factor clave que influye en la producción y eficiencia de las lecherías de ganado bovino. La fertilidad reducida es una de las razones más frecuentes para el sacrificio de las vacas, ya que conduce a una baja producción de leche y tiene como consecuencia aumentos en los costos de los protocolos reproductivos, esto de acuerdo con Pinedo *et al.* (2020).

En este aspecto, la detección precisa del celo se convierte en una de las principales problemáticas que influyen en la fertilidad de vacas lecheras. Se ha demostrado que la fertilidad de las vacas en lactancia es baja, principalmente por la ineficiente detección de celos, lo que afecta negativamente los indicadores reproductivos (Bó *et al.*, 2009). Sin embargo, existen múltiples factores que aportan negativamente a los problemas reproductivos. La falta de control reproductivo, el inadecuado manejo nutricional y la aparición de enfermedades, junto con significativos aumentos en el potencial genético de producción de leche, contribuyen a esta situación (Lucy, 2001).

De acuerdo con Chakraborty (2018), un gran número de investigaciones han demostrado que es evidente que el ciclo lunar influye en diversas funciones reproductivas de los seres vivos. Se ha descrito la influencia de la luna en diversos eventos reproductivos en animales de granjas como fueron los estudios de Subramaniam *et al.* (1991), que analizaron el impacto de las fases lunares sobre la variabilidad en las inseminaciones en ganado vacuno; Kollerstrom y Power (2000), quienes estudiaron la influencia del ciclo lunar en la fertilidad en caballos pura sangre. Yonezawa *et al.* (2016), reportaron que el ciclo lunar influye en el parto

espontáneo en vacas. Chinchilla *et al.* (2018), estudiaron los efectos lunares y climáticos en los rasgos del eyaculado de verracos. En tanto, El-Darawany *et al.* (2021), investigaron el efecto del ciclo lunar sobre algunos aspectos reproductivos de cabras hembras.

Como alcances, la investigación abre nuevas líneas de estudio, enfocándose en análisis de los factores no tan considerados como de gran importancia en la producción animal, dentro de las cuales están las fases lunares, tanto en ganado bovino como en otras especies productivas, en este caso con relación a aspectos reproductivos. De igual manera, se presenta la oportunidad de desarrollar prácticas de manejo basados en dichos ciclos naturales, optimizando la eficiencia reproductiva en parámetros de interés zootécnicos, como el celo, la ovulación, o el parto.

Entre las principales limitaciones se puede mencionar la confiabilidad que se puede tener en los datos recolectados en las fincas, ya que, en muchos casos los registros pueden ser tomados por los operarios de campo. También, aunque existen estudios que sugieren la influencia de las fases lunares en procesos reproductivos, aún hay escasa bibliografía al respecto disponible para la discusión de los resultados obtenidos, lo cual en parte también se puede considerar como una oportunidad de desarrollo.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los factores que influyen en la eficiencia productiva y reproductiva en vacas lecheras Holstein.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades de la luna

La luna se considera como un cuerpo celeste y representa el único satélite natural de la tierra (Restrepo-Rivera, 2005); está compuesta por una estructura estratificada de tres capas que se diferencian en tamaño, densidad y composición química, las cuales son la corteza, el manto y el núcleo, algo parecido a la estructura terrestre (Xiao & Head, 2020).

De acuerdo con Galadí-Enríquez *et al.* (2005), la luna órbita alrededor de la tierra de forma elíptica con un semieje de aproximadamente 384,000 kilómetros, una excentricidad de 0.0549 (más lejos en apogeo y más cerca en el perineo), y un ángulo de $5^{\circ}9'$ respecto al plano de la elíptica, que es el plano por donde la tierra gira alrededor del sol.

Según Morales *et al.* (2020), el movimiento de la luna alrededor de la tierra genera dos periodos distintos “el mes sideral” y “el mes sinódico”. El mes sideral es el tiempo que tarda la luna en completar una órbita completa alrededor de la tierra, tomando como referencia las estrellas, este ciclo dura aproximadamente 27.3 días. Por otro lado, el mes sinódico se refiere al tiempo que la luna tarda en dar una vuelta alrededor de la tierra con relación al sol, y dura unos 29.5 días. Durante estos periodos, se logra definir las fases lunares, las cuales dependen de la cantidad de luz solar reflejada hacia la tierra.

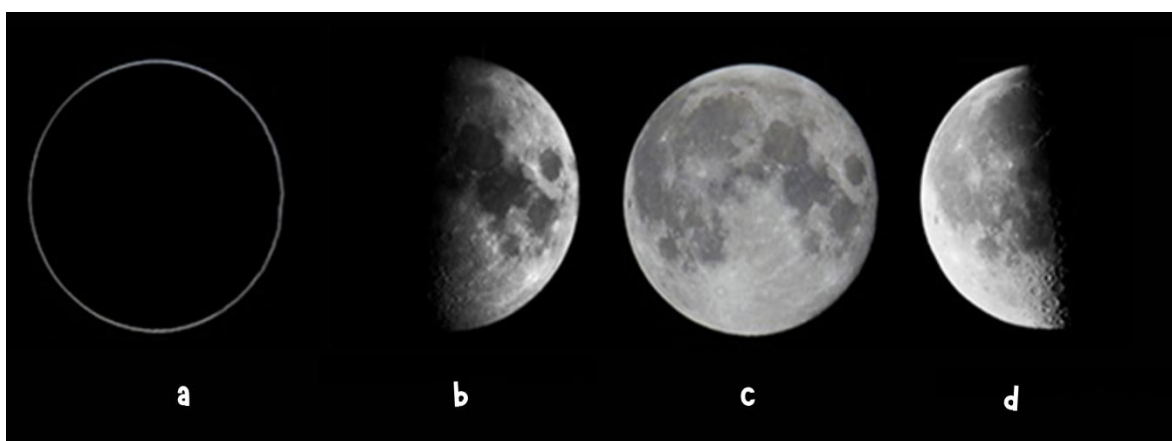
El sol siempre ilumina una mitad de la luna el cual hace que sea posible su visibilidad en la tierra, a diferencia del otro lado el cual siempre permanece oscuro y sin visibilidad. La luna al igual que la tierra cuenta con un lado diurno y un lado nocturno que cambian a medida está órbita (Vogel, 2023).

2.1.1. Fases de la luna

De acuerdo con Aguirre-Riofrio *et al.* (2019), a medida que la luna se desplaza alrededor de la tierra, el ángulo varía continuamente. Las fases de la luna dependen de su posición con respecto al sol y la tierra.

La luna pasa por cuatro fases principales (Figura 1): luna nueva, cuarto creciente, luna llena y cuarto menguante.

FIGURA 1. Las cuatro fases principales de la luna.



Aunque se consideran las cuatro fases relevantes de la luna, es importante destacar que algunos autores tales como Yonezawa *et al.* (2016), Vogel (2023), Ávila-Carrasco (2024), consideran hasta ocho fases lunares, incluyendo las fases gibosas menguantes y crecientes, todas representan las formas visibles de la luna en la tierra.

2.1.1.1. Luna nueva

Ocurre cuando la luna se encuentra entre la tierra y el sol, de manera que la luz solar ilumina únicamente el lado opuesto de la tierra, dejando el lado visible completamente oscuro e invisible (Figura 1a), este periodo también es conocido como conjunción, donde la luna y el sol pueden estar en conjunción solo una vez por mes (Torres, 2012).

2.1.1.2. Cuarto creciente

Es el fenómeno denominado cuando la luna ya ha recorrido un cuarto de su órbita y desde la tierra es visible la mitad de su lado derecho iluminada (Figura 1b), acontece aproximadamente una semana después de la luna nueva (Torres, 2012).

2.1.1.3. Luna llena o plenilunio

Cuando la luna se encuentra detrás de la tierra y el sol la ilumina por completamente (Figura 1c), es considerado el momento en que la luna brilla con mayor intensidad (Restrepo-Rivera, 2005).

2.1.1.4. Cuarto menguante

En esta fase, los tres cuerpos (luna, tierra y sol) forman un ángulo recto, lo que permite observar la otra mitad de la cara lunar (Figura 1d), asemejándose a la letra “C” en el cielo (Villafuerte, 2020).

2.2. Efecto lunar en el comportamiento de animales de interés zootécnico

Restrepo-Rivera (2005), señala que la atracción combinada entre la luna y el sol sobre la superficie de la tierra genera una fuerza gravitatoria que afecta a todos los líquidos presentes en la tierra. La intensidad de esta atracción varía considerablemente dependiendo de la naturaleza, el estado físico y la flexibilidad de las sustancias sobre las que estas fuerzas actúan.

Las diferentes fases de la luna tienen efectos sobre la tierra; incluyendo las mareas, así como el movimiento de la savia en las plantas y la circulación sanguínea en los seres vivos. Este fenómeno se origina en la atracción que la luna ejerce sobre las masas de agua, junto con la calidad y cantidad de luz que emite, así como la duración de horas luz percibidas (Aguirre-Riofrio *et al.*, 2019).

Las fases lunares tienen un impacto a nivel celular, orgánico y conductual en los animales, estos sincronizan sus relojes biológicos, lo que les ayuda para indicar el momento de actividad y descanso, permitiendo adaptarse a condiciones favorables de su entorno y medio ambiente (Villafuerte, 2020).

Se ha descrito la influencia de la luna en diferentes practicas ganaderas, por ejemplo, un estudio de Restrepo-Rivera (2005), asegura que la fase de luna nueva se considera la más común para que las gallinas incuben sus huevos, pero recomiendan que preferiblemente empollen en la fase del primer creciente para así obtener un mayor porcentaje de viabilidad de huevos.

Un estudio sobre los efectos de las fases lunares en la castración porcina realizado por Cabrera (2023), demuestra que las fases lunares influyen significativamente en factores como el grado de inflamación, cicatrización y el peso de los animales a los 30 días después de la castración. En la luna llena se corren mayores riesgos de inflamación, mientras que la fase de cuarto menguante muestra mejores resultados a la hora de realizar esta cirugía, ya que los cerdos cicatrizan más rápidamente y el peso final es mucho mayor en comparación a las otras fases.

Una de las prácticas realizadas dentro de la planificación ganadera es el herraje que es más frecuente en equinos con el fin de mejorar su bienestar físico; y el recorte de cuernos en especies como bovinos y caprinos para optimizar el manejo del hato. En relación con Restrepo-Rivera (2005), la luna menguante es la fase más recomendada para colocar herraduras en caballos, ya que los cascos tienden a mantenerse más fuertes y saludables. Por otra parte, para el recorte correcto de los cuernos, se aconseja realizar estas prácticas durante la luna menguante para un menor crecimiento y fortaleza de cuernos.

Díaz *et al.* (2024), reportaron que las fases lunares pueden influir en la calidad de esperma de aves reproductoras tras la descongelación. Estos sugieren que la intensidad de la luz durante las diferentes fases lunares influye en las concentraciones de melatonina (hormona que regula los ciclos del sueño) por lo

tanto, la fase de luna nueva es el periodo lunar menos conveniente para la recolección y extracción de espermatozoides de aves reproductoras.

Además, Perea *et al.* (2022), señalan que el ciclo lunar influye en la función reproductiva de la tilapia (*Oreochromis spp.*), presentando una mayor actividad reproductiva durante la fase de luna llena y menguante.

2.3. La reproducción de la hembra bovina

La reproducción es un proceso fisiológico esencial para la supervivencia de cualquier especie. Los autores Ibrahim & Seid (2017), describieron la reproducción como un factor determinante para eficiencia de la producción del ganado.

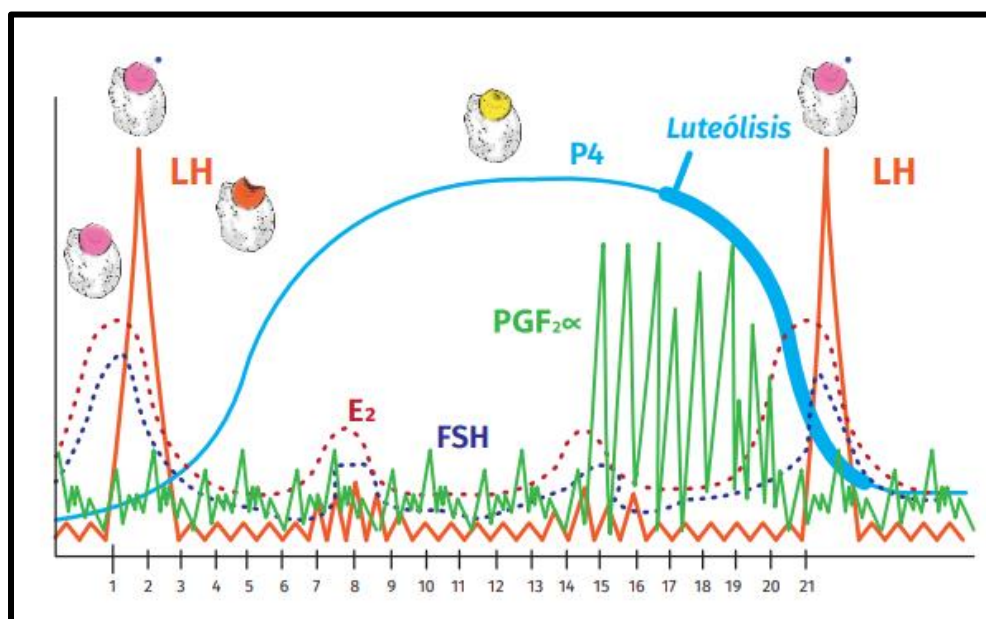
En vacas y novillas, la fertilidad está determinada por la capacidad de entrar en el ciclo estral, mantener con éxito la preñez hasta el parto y que la hembra pueda estar lista para reproducirse nuevamente (Arbel *et al.*, 2001). Según Dabale *et al.* (2020), los factores más cruciales para una óptima eficiencia de la hembra son la capacidad de reproducirse, concebir y fortalecer el embrión, parir crías óptimas al final de la gestación, ovarios activos, manifestación del celo y la recuperación de la función uterina.

Estas respuestas fisiológicas son mediadas por el sistema endocrino, conocido por presentar reacción a estímulos específicos, que son liberados por medio de glándulas en el torrente sanguíneo. Las hormonas son aquellas moléculas producidas por las glándulas endocrinas que controlan múltiples funciones en el organismo y son transportadas a través de la sangre a sus células dianas, las cuales poseen receptores para una señal hormonal específica, como el metabolismo, crecimiento o reproducción (Hiller-Sturmhöfel & Bartke, 1998). Estas hormonas son las encargadas de la funcionalidad del ciclo estral, un proceso clave en la reproducción de las hembras bovinas.

El ciclo estral es el tiempo entre dos períodos de estro y tiene un lapso normal de 18 a 24 días. Este ciclo se compone de cuatro fases: proestro, estro, metaestro y

diestro. En cada una de esas fases, suceden cambios en las estructuras ováricas y en las concentraciones de hormonas, que permiten la vaca sea capaz de ciclar (Guáqueta, 2009). El comportamiento del ciclo estral bovino se puede observar en la figura 2.

FIGURA 2. Dinámica hormonal a lo largo del ciclo estral.



Fuente: Lenis *et al.* (2021).

Se puede definir cada fase de acuerdo con sus características particulares, tal como fueron detalladas por Lenis *et al.* (2021):

Proestro: Se observa un aumento gradual en los niveles de estrógeno (E_2) que produce el folículo dominante. Esta etapa inicial dura entre 3 a 5 días.

Estro: En este momento la hembra está en el momento óptimo para la monta o inseminación. Los niveles de E_2 en sangre alcanzan su punto máximo, creando condiciones ideales para la reproducción. Esta fase dura entre 12 y 18 horas.

Metaestro: Se presenta la ovulación del folículo preovulatorio, los niveles de E_2 disminuyen y comienza a aumentar la producción de progesterona (P_4). Esta fase suele durar de 2 a 5 días.

Diestro: La presencia del cuerpo lúteo se vuelve funcional y eleva los niveles de P_4 en sangre a su máximo nivel, para mantener la gestación. Si la vaca queda gestante, el cuerpo lúteo permanecerá activo; en caso contrario, el cuerpo lúteo sufrirá lisis por la acción de la prostaglandina ($PGF_{2\alpha}$) entre los días 15 y 17 del ciclo, dando fin a esta etapa. El diestro tiene una duración de aproximadamente 10 a 12 días.

2.4. Factores que afectan la reproducción de las vacas lecheras

De acuerdo con Wrzecińska *et al.* (2021), las vacas necesitan condiciones de cría adecuadas para que sea posible adquirir indicadores reproductivos y productivos óptimos en el ganado lechero. Por lo que existen muchos factores que influyen en la eficiencia y la tasa reproductiva de las vacas lecheras, los más comunes son el estrés, nutrición, genética y salud.

2.4.1. Estrés

En zonas tropicales, las vacas se encuentran amenazadas principalmente por altas temperaturas y humedad relativa, provocando disminuciones en la producción láctea y el rendimiento reproductivo; para contrarrestar y sostener la termorregulación, las vacas se han adaptado de forma metabólica, endocrina y conductualmente a las condiciones de estrés por calor que se le presenten (Tao *et al.*, 2020).

Según Edwards-Callaway *et al.* (2021), el ganado puede adaptarse al estrés ambiental mediante respuestas fisiológicas y conductuales que son beneficiosas a un corto plazo, pero si se prolonga puede afectar el bienestar del ganado, disminuyendo la productividad, reduciendo la eficiencia reproductiva y perjudicando la salud y el comportamiento en general de los animales. Esta condición también puede reducir la ingesta alimenticia y alterar parámetros fisiológicos claves en el animal (Das *et al.*, 2016). Esto suele deberse también a la temperatura ambiental, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento (Bernabucci *et al.*, 2010; Belhadj Slimen *et al.*, 2016).

De acuerdo con Boni (2019), la reproducción es una función fisiológica delicada, la cual puede verse afectada por factores de estrés ambiental que comprometen las funciones de los sistemas respiratorios, cardiovasculares e inmunológicos de los mamíferos en general. En los hatos lecheros el estrés puede provenir de diversas fuentes, entre las cuales se encuentran las condiciones ambientales, el manejo, el alojamiento, los factores nutricionales, la sanidad, la alta exigencia productiva y la interacción jerárquica entre el grupo (Grelet *et al.*, 2022).

Tal como afirman Sammad *et al.* (2020), la eficiencia reproductiva de las vacas lecheras es susceptible al calentamiento global y al cambio climático. En las vacas lecheras, el estrés térmico se presenta mayormente durante el verano en lugares donde las condiciones de cría son climas de altas temperaturas lo que disminuye la secreción pulsátil de LH (Wise *et al.*, 1988) y anula el pico preovulatorio de LH (Gilad *et al.*, 1993).

Además, las vacas lecheras pueden llegar a experimentar frustración cuando se ven obligadas a estar de pie para disipar el calor corporal o acostarse para descansar y mantenerse frescas recuperando energías (Polsky & von Keyserlingk, 2017). Ya que, la carga interna de calor es alta debido a la intensa producción metabólica relacionada con la síntesis de la leche (Chebel *et al.*, 2004).

2.4.2. Alimentación

Las vacas lecheras requieren una alimentación adecuada para cumplir con la producción de leche, crecimiento y reproducción (Lesta *et al.*, 2023). Los requerimientos nutricionales del bovino dependen de la etapa fisiológica, la raza y las variables climáticas, entre otros factores. Los nutrientes requeridos para las vacas lecheras en lactancia tienen que estar compuestos con suficiente energía, carbohidratos, aminoácidos, ácidos grasos, minerales, vitaminas y agua. No obstante, complementar al animal con un equilibrio alimentario según su requerimiento, esto permite aprovechar al máximo su rendimiento reproductivo y en general (Erickson & Kalscheur, 2020). Estos requerimientos pueden ser estimados mediante herramientas como son las que proporciona NRC (2001) y NASEM (2021).

Sin embargo, de acuerdo con Pascottini *et al.* (2020), una de las fases más cruciales en las vacas lecheras es el periodo de transición, el cual consiste en una combinación de diferentes procesos, involucrando cambios en el metabolismo y en las hormonas, procesos inflamatorios e inmunológicos. El balance energético es la discrepancia entre la energía consumida y la energía usada para el mantenimiento de producción de leche o reproducción (Baumgard *et al.*, 2006). En consecuencia, las vacas lecheras experimentan un balance energético negativo cuando el consumo de alimento es demasiado bajo para cumplir con los requerimientos energéticos y el mantenimiento corporal (Xu *et al.*, 2020). Estos cambios metabólicos y fisiológicos en el ganado lechero suelen presentarse tres semanas antes y tres semanas después del parto (Wisnieski *et al.*, 2019). La aparición del balance energético negativo está relacionada con la inmunidad deprimida derivada de la transferencia de anticuerpos al tejido parenquimal mamario como consecuencia de la lactogénesis avanzada en el parto y estas condiciones pueden afectar la calidad de los ovocitos y el desarrollo embrionario, factores indispensables en la reproducción (Serbetci *et al.*, 2024).

El mal estado nutricional influye negativamente en la reproducción de las vacas lecheras, ya que el balance energético- proteico en su dieta puede comprometer la secreción de hormonas claves para el crecimiento de folículos ováricos, la ovulación, formación del cuerpo lúteo y la competencia de ovocitos (Bisinotto *et al.*, 2018).

2.4.3. Genética

Existe una disputa entre la fertilidad de las vacas y la producción de leche, ya que la selección genética intensiva con la búsqueda para aumentar los índices productivos en el mercado ha traído como consecuencia problemas reproductivos (Sammad *et al.*, 2020). Se ha reportado que durante las últimas décadas la producción de leche delimita las funciones reproductivas en las vacas, disminuyendo la presencia de celos (Crowe & Williams, 2012).

De acuerdo con Bach (2019), la fertilidad se ha visto afectada por innumerables genes, cada uno con efectos individuales, por lo que es incierto que el deterioro de las funciones reproductivas sea una causa directa de la selección genética para la producción de leche. A pesar de eso, la genética es un elemento importante de la eficiencia reproductiva; y la implementación de datos genómicos ha posibilitado reconocer anomalías genéticas, además de utilizar los polimorfismos de un solo nucleótido relacionados directamente con la reproducción para aplicarlos en los programas de selección para rasgos productivos y reproductivos.

Según Crowe *et al.* (2018), se espera que los avances genéticos relacionados con la fertilidad en la población de vacas lecheras mejoren considerablemente en los próximos años. La contribución de la tecnología en conjunto con la genética tomando en cuenta factores reproductivos que mejorarán significativamente a las vacas lecheras del futuro, con sensores automáticos, marcadores genómicos específicos entre otros avances relacionados con la fertilidad.

2.4.4. Sanidad

Es común que durante el periodo posterior al parto las vacas lecheras presenten cambios fisiológicos y metabólicos, los cuales pueden desencadenar múltiples problemas en la salud, atacando el sistema inmunitario y los procesos inflamatorios, aumentando el riesgo de enfermedades y trastornos reproductivos (Bruinje & LeBlanc, 2025). Las infecciones uterinas en vacas de alta producción de leche se pueden presentar hasta en un 73 %, en comparación con las vacas de baja producción de leche de un 45 % (Crowe & Williams, 2012).

Las enfermedades más comunes de las vacas recién paridas, pueden ser la retención de placenta, la metritis, desviación del abomaso y la cetosis, asociadas como causas de descartes en el hato (De Vries & Marcondes, 2020). Las vacas en el postparto usualmente en el temprano pueden ser propensas a presentar hipocalcemia, aumento en las concentraciones de ácidos grasos no esterificados (NEFA) y β -hidroxibutirato (BHB) en sangre debido a la movilización

adiposa, estos pueden aumentar el riesgo de metritis, endometritis o flujo vaginal purulento (Bogado-Pascottini & LeBlanc, 2020).

En los hatos lecheros se debe contar con monitores sanitarios constantes para detectar con anticipación problemas reproductivos. Cabe destacar que también existen enfermedades asociadas con patógenos infecciosos como *Leptospira hardjo*, diarrea viral bovina o virus del herpes que reducen las tasas de concepción, como también infecciones con *Neospora caninum* y patógenos virales emergentes como el virus de la lengua azul pueden causar pérdidas fetales y abortos (Crowe *et al.*, 2018).

2.5. Manejo reproductivo del hato bovino: Monta natural (MN) e Inseminación artificial (IA)

El manejo de la reproducción bovina es primordial en las fincas de producción láctea. El monitoreo estratégico de los animales depende de las características de cada hato, los datos de campo no solo deben recopilarse, sino también analizarse y reportarse. El monitoreo debe incluir un chequeo vaginal mediante la palpación transrectal para detectar enfermedades uterinas, quistes y otros problemas causantes de los descartes en las vacas lecheras (Sheldon *et al.*, 2006).

Según Thatcher & Santos (2022), los métodos actuales de manejo reproductivo han potenciado de gran manera en el control del desarrollo folicular de los ovarios y la función del cuerpo lúteo para permitir una inseminación artificial programada con éxito en novillas lecheras y vacas en lactancia fértiles. Los protocolos fueron diseñados basándose en la fisiología y endocrinología bovina, utilizando hormonas que ellas mismas producen. El uso de tecnologías de reproducción asistida ha ayudado a mejorar la producción de leche, economía y la calidad genética del hato.

La monta natural (MN) es una práctica tradicional que predomina en el sistema ganadero extensivo, principalmente en zonas rurales que no cuentan con las instalaciones de inseminación artificial (Altaye *et al.*, 2014). En el hato lechero es importante contemplar con toros para monta natural en caso de que algunas vacas

no logren preñarse mediante la inseminación artificial o para las vacas de bajo mérito genético donde se necesitan sementales para cruzamientos (Parkinson, 2004).

Durante la monta natural, el toro deposita el semen en la vagina de la vaca y esto permite el paso de los espermatozoides hacia el canal cervical, aumentando las posibilidades de fecundación (Lenis *et al.*, 2021).

En cambio, la inseminación artificial (IA) es una biotecnología reproductiva realizada en bovinos para lograr avances genéticos, impulsado principalmente por protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (Bó & Baruselli, 2014). El desarrollo de la inseminación artificial ha permitido mejorar los factores que afectan la eficiencia reproductiva del ganado (Sequeira, 2015).

Según Lenis *et al.* (2021), el momento óptimo para realizar la inseminación artificial es cuando se presenta la ovulación, la cual se presenta a finales del estro y principios del metaestro. Bó *et al.* (2009), asegura que una de las estrategias más efectivas para aumentar el número de vacas inseminadas es la implementación de protocolos que sincronizan la ovulación y facilitan la inseminación artificial sin la necesidad de detectar el celo, generalmente conocidos como inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

De acuerdo con Cardoso *et al.* (2021), los protocolos de IATF se dividen en dos tipos principales: los que utilizan la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y los que combinan estradiol (E₂) con progesterona (P₄), aunque varían el tratamiento hormonal, los objetivos fisiológicos son similares.

La ovulación sincronizada del folículo dominante al final de los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo puede ser provocada por esteres de estradiol, como el benzoato de estradiol o el cipionato de estradiol (Melo *et al.*, 2016) o mediante GnRH, como en el protocolo Ovsynch (Cardoso *et al.*, 2021).

De acuerdo con Evans *et al.* (2022), la utilización de GnRH, P₄ y PGF₂ α son fundamentales para los protocolos de sincronización estral como Ovsynch y Cosynch de 7 días + CIDR; estos protocolos aumentan la tasa de servicios por concepción del ganado y optimizan el rendimiento reproductivo.

Por otro lado, el sexado de semen bovino es un logro importante en la ganadería lechera, ya que permite un número más elevado de animales destinados a la producción de leche (90 %), a diferencia a la incertidumbre asociada al uso de semen convencional (50 %), lo que permite mayores ganancias para los productores (Cerchiaro *et al.*, 2007).

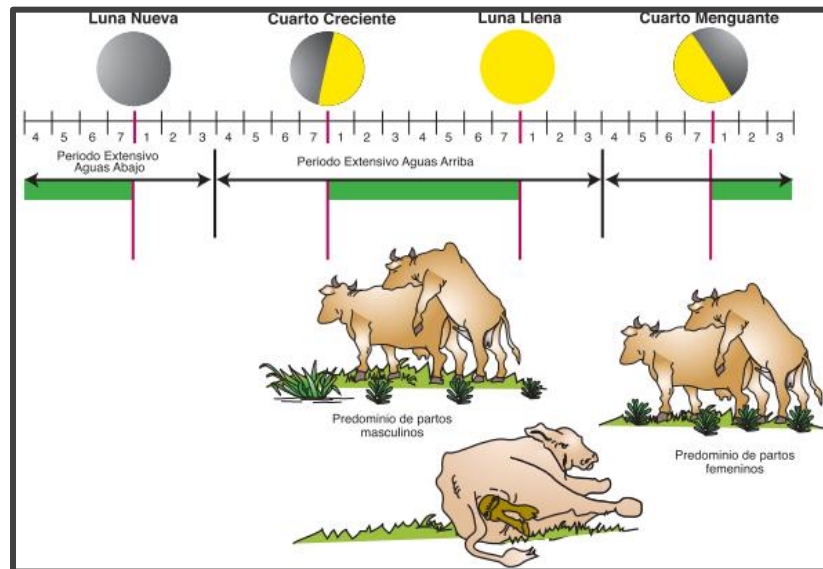
La citometría de flujo del ADN que es la principal tecnología utilizada para el sexado bovino suele ser patentada, lenta y costosa (Umar *et al.*, 2025). El uso de la citometría de flujo ha mostrado buenos resultados para la separación de espermatozoides en base a su contenido de ADN (Álvarez-Gallardo *et al.*, 2024). Lo anterior es viable mediante el análisis del contenido de ADN de cada cromosoma Y (machos) y X (hembras), con un mayor contenido de ADN por parte de los espermatozoides portadores del cromosoma X (Salinas, 2018).

Durante el procedimiento de citometría de flujo para sexado de espermatozoides en el ganado bovino, los espermatozoides se tiñen de un colorante fluorescente que es unido con el ADN proporcional a su contenido, y por siguiente se pasan a un citómetro de flujo donde un rayo láser ilumina el colorante y los espermatozoides se separan por poblaciones portadoras de cromosomas Y o X (Morrell *et al.*, 1988).

2.6. Influencia lunar en la reproducción bovina

Diversos estudios han descrito que el ciclo lunar podría influir en la reproducción bovina. La figura 3, ilustra de forma general algunos aspectos reproductivos comúnmente determinados, con el objetivo de evidenciar la influencia lunar en la reproducción de las vacas, tales como celo, el sexo de las crías y el parto.

FIGURA 3. Relación entre las fases lunares, el apareamiento y el sexo de las crías en bovinos.



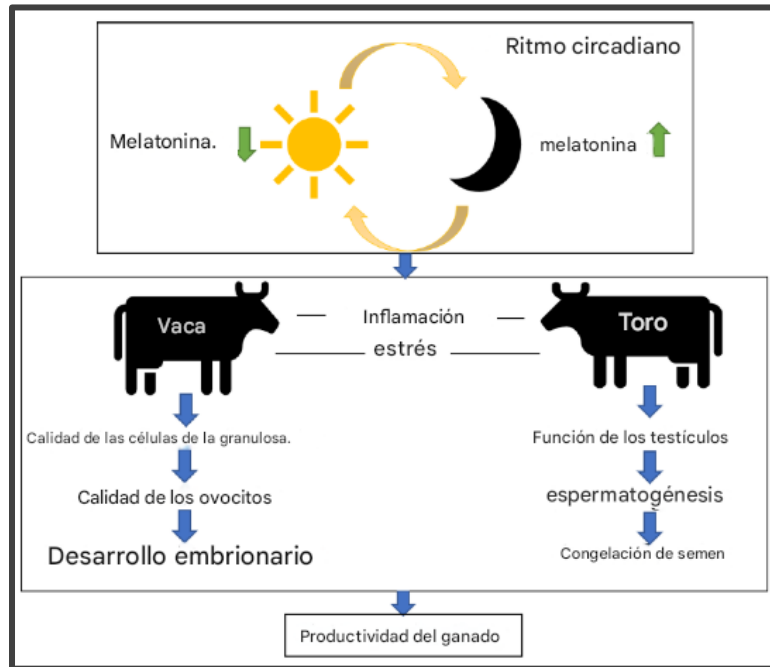
Fuente: Restrepo-Rivera, (2005).

Li *et al.* (2023), señalan que el comportamiento reproductivo del ganado está influenciado por la hormona melatonina, una hormona primordial para la reproducción, dado que la misma regula los ritmos biológicos y se relaciona con fenómenos como el manejo de estrés, la inmunidad y adaptación ambiental.

Schatte & Keller (2024), asociaron esta hormona con las fases lunares en la reproducción bovina, ya que los animales, incluido el ganado depende de los ritmos circadianos. Dicha hormona es secretada y sintetizada en forma natural por la glándula pineal y la producción está regulada por los ciclos de sueño-vigilia del cuerpo al interactuar con el núcleo supraquiasmático del hipotálamo y la retina (Savage, 2025).

La figura 4, muestra como la melatonina está estrechamente relacionada con los ritmos circadianos, los cuales afectan el comportamiento de los bovinos, es importante reconocer que esta hormona se produce naturalmente en respuesta a la oscuridad.

FIGURA 4. Efectos de la melatonina sobre el estado fisiológico del ganado.



Fuente: Li *et al.* (2023).

Con respecto a este fenómeno, Li *et al.* (2023) indica que la melatonina en las vacas puede causar un efecto reproductivo regulando la inflamación y el estrés, los cuales afectan la fertilidad de la hembra; puede mejorar la calidad de las células de la granulosa, que son importantes para el desarrollo de ovocitos en las vacas; y de igual manera la calidad de los ovocitos. En el caso de los toros, influye en la calidad del semen y su supervivencia al proceso de criopreservación, lo cual es esencial para los programas de inseminación artificial.

2.6.1. Influencia lunar en el celo y concepción de la hembra bovina

Al iniciar el estro o celo se pueden observar diversos indicadores un moco producido por estradiol (Roelofs *et al.*, 2010), que junto con el cortisol genera una intensidad del celo en el ganado lechero, elevando los niveles de estradiol de $7.76 + 2.39$ pg/ml en sangre (Lyimo *et al.*, 2000).

Existe una puntuación para evaluar el comportamiento del celo y la ovulación, por medio de la ultrasonografía transrectal de los ovarios, la cual consiste en establecer

puntos a cada uno de los signos en el comportamiento, cada signo se registra según la serie de puntos (Galina & Orihuela, 2007). Muchos trabajos han relacionado la influencia lunar con rasgos reproductivos.

Restrepo-Rivera (2005), menciona las fases lunares más favorables para monta de animales durante el apareamiento. Hernández (2014), reportó la influencia de las fases lunares en la concepción en vacas Holstein en El Salvador. Aguirre-Riofrio *et al.* (2019), estimaron la frecuencia en la presencia de celos en las diferentes fases lunares de ganaderías del Sur de Ecuador. Aguirre *et al.* (2021), observaron una diferencia entre las fases lunares y la presencia de celos en vacas Brahman en Maracaibo, Venezuela. Muñoz-García *et al.* (2023), estimaron la relación que existe entre las fases lunares y la fertilidad bovina en la manifestación de estro en vacas mestizas del trópico seco de México.

2.6.2. Influencia lunar en la determinación del sexo de las crías.

De acuerdo con Furman *et al.* (2020), los cromosomas sexuales se originan a partir de un par de autosomas homólogos que adquieren un gen responsable de la asignación del sexo, por lo que el análisis genético de cada sexo contiene una serie de genes que determinan su sexualidad. Por otra parte, los autores destacan que las técnicas moleculares han aportado para una mejor comprensión de la evolución cromosómica, pero a pesar de los grandes avances aún existen incógnitas al respecto.

La determinación del sexo en los mamíferos está condicionado al espermatozoide X o Y, que se une con el ovocito al momento de la fecundación. Si el espermatozoide X se fecunda, la descendencia será hembra; si el espermatozoide Y se une al ovocito, la descendencia será macho. Determinar el sexo aporta a un progreso significativo en la producción ganadera, aumentando el valor de cría y la proporción de hembras para una mejor eficiencia (He *et al.*, 2022).

La selección previa del sexo en el ganado bovino ha evolucionado a lo largo de los años, con diversas biotecnologías para separar los espermatozoides con

cromosomas X o Y (Álvarez-Gallardo *et al.*, 2024). Estas técnicas se fundamentan a partir de principios como diferencias de masa y motilidad, cinética espermática, alteraciones en la superficie del espermatozoide y diferencias de volumen. Aunque se han desarrollado diversos métodos, no todos lograron cumplir con una separación eficaz de población sexual de espermatozoides fértiles (Seidel & Garner, 2002).

La influencia de las fases lunares en el sexo de las crías bovinas ha sido discutida en la literatura científica por diversos autores, tales como: Hernández (2014), quienes reportaron la influencia de las fases lunares según la fase en que fue la concepción en el sexo de las crías en vacas Holstein en El Salvador; Villafuerte (2020), la influencia de las fases lunares sobre el sexo de las crías bovinas al servicio; Muñoz-García (2023), la influencia de las fases lunares en la determinación del sexo de las crías de bovinos en el trópico seco mexicano; Pulla-Merchán & Quito-Ucho (2023), la influencia lunar sobre el sexo de la cría evaluando 125,499 registros reproductivos de vacas mestizas en Maracaibo, Venezuela.

2.6.3. Influencia lunar durante el periodo gestacional y el parto.

Según Bartolomé (2009), la preñez o gestación comienza con la unión del ovocito y el espermatozoide en la ampolla del oviducto de la hembra. La gestación comúnmente se divide en un periodo embrionario, que va desde la fertilización hasta los 45 días; y el período fetal, que va desde el día 46 hasta el parto. La duración de la gestación tiene un promedio de 283 días (243-316 días) y está influenciada por factores maternos, fetales, genéticos y ambientales. El mismo autor señala que las novillas pueden tener una gestación más corta que las vacas adultas, y el tiempo de gestacional de fetos gemelares y de hembras duran menos que los de fetos de machos. Por otro lado, las razas de género *Bos indicus* registran gestaciones unos días más largas que las razas *Bos taurus*.

El parto es el evento resultante dando a luz a un ternero después de aproximadamente nueve meses que la vaca se encuentra gestante (Lidfors, 2022). Es el momento que las vacas inician la lactancia y aseguran el reemplazo

generacional del hato (Titler *et al.*, 2015). El rango de parto aproximado debería ser de 268 a 296 días después de una inseminación exitosa (Inchaisri *et al.*, 2010). Sin embargo, predecir el momento exacto del nacimiento del ternero es difícil, ya que esto puede estar relacionado con la duración variable de la gestación de las vacas, el impacto ambiental, entre otros que hacen que sea importante conocer los signos de parto dentro de una explotación ganadera (Bleul *et al.*, 2006).

El parto y la duración de la gestación ha sido objeto de estudio por diversos autores, quienes consideraron la influencia de las fases lunares en la duración de la gestación en novillas de Lidia (Caballero de la Calle, 2008), partos espontáneos (Yonezawa *et al.*, 2016), y duración de la gestación en vacas mestizas tropicales (Serrano-Díaz & Villa-Mesa, 2019; Pulla-Merchán & Quito-Ucho, 2023).

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Objetivo e hipótesis

3.1.1. Objetivo general

Evaluar los factores que influyen en la eficiencia productiva y reproductiva en vacas lecheras Holstein.

3.1.2. Objetivos específicos

- Analizar la influencia de los factores ambientales (finca, año, mes, época, lactancia y categorías de edad al primer parto) sobre la eficiencia productiva y reproductiva en vacas lecheras Holstein.
- Evaluar el efecto de las fases lunares sobre los parámetros reproductivos en vacas lecheras Holstein.
- Determinar la relación entre las variables productivas y reproductivas en los hatos lecheros evaluados.

3.1.3. Hipótesis

Ha: Los factores analizados influyen en variables productivas y reproductivas en vacas lecheras Holstein.

Ho: Los factores analizados no influyen en variables productivas y reproductivas en vacas lecheras Holstein.

3.2 Condiciones generales de las fincas

El presente estudio se desarrolló en dos fincas lecheras categorizadas como grado A de la Provincia de Chiriquí, Distrito de Tierras Altas. Ubicadas en la región conocida como Cuenca Lechera (Figura 5), que integra los Distritos de

Renacimiento, Tierras Altas, Bugaba y Boquerón. Es importante señalar que en esta región se encuentran la mayor parte de los rebaños que utilizan la raza Holstein en Panamá debido a sus condiciones agroclimáticas, propicias para el uso de genotipos *Bos taurus taurus* relacionados a producción de leche, tal como indicó IDIAP (2022), a diferencia de las condiciones que se presentan en el resto del país.

FIGURA 5. Ubicación geográfica de la cuenca lechera en la provincia de Chiriquí.



Dicha región (Figura 6 y 7), presenta un clima definido como tropical muy húmedo. Existen dos épocas claramente definidas, la época lluviosa (mayo a diciembre), y la seca (enero a abril). Se reporta una temperatura que oscila de los 22 °C hasta los 34 °C (NOAA, 2021) y precipitación de 3904 mm (IMHPA, 2021).

FIGURA 6. Temperatura máxima y mínima promedio de Chiriquí.

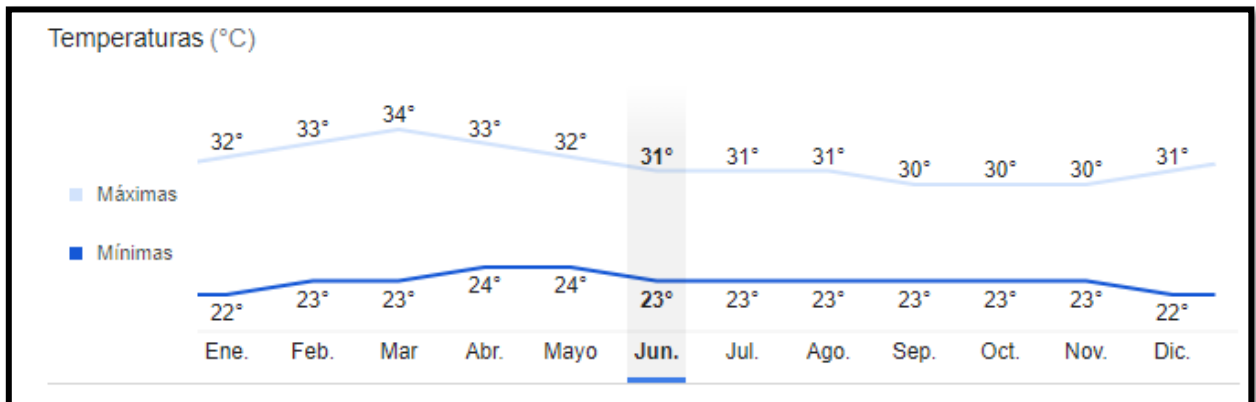
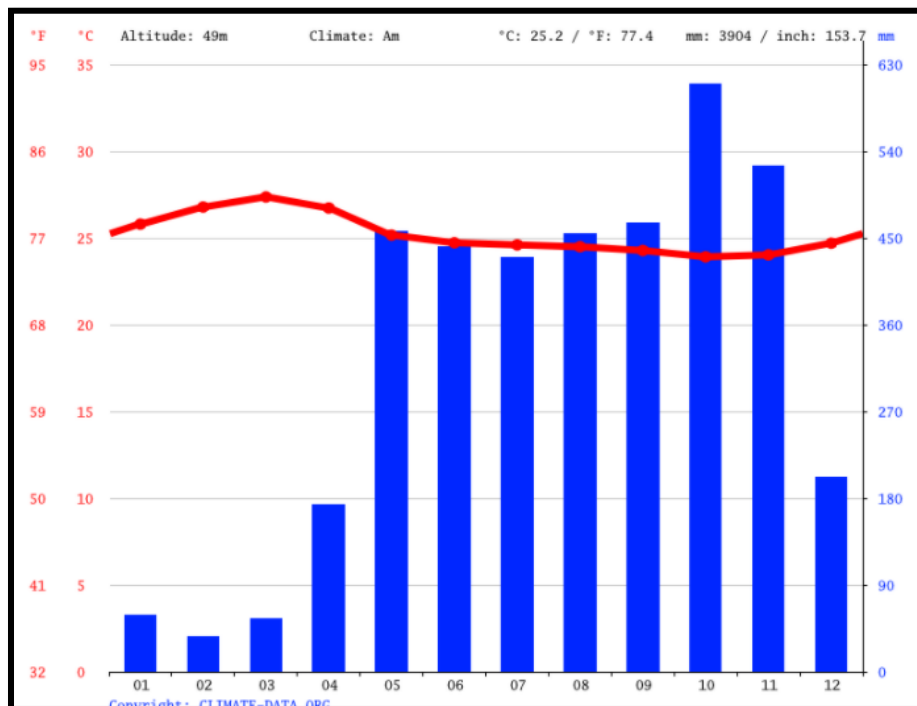


FIGURA 7. Precipitación mensual de la provincia de Chiriquí.



El manejo general de los animales en las fincas analizadas consistió en pastoreo, estas realizadas en mangas generalmente de pasto Tanner (*Urochloa arrecta*), pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), pasto Kikuyo (*Kikuyocloa clandestina*), diferentes cultivares de *Urochloa* ssp. y *Cenchrus* ssp., con periodos de un día de ocupación por 28 días de descanso; donde la carga animal se ajusta con relación a la disponibilidad de pasto después de retirar los animales.

Durante la estancia en la sala de espera para el ordeño, generalmente se ofrece ensilaje de pasto de corte o maíz (*Zea mays*), así como henolaje de pasto swazi (*Digitaria swazilandensis*). Adicionalmente, a las vacas en producción se le ofrece un pienso concentrado a razón de aproximadamente 0.5 kg por cada kg de leche producida.

El manejo se lleva mediante grupos de ordeño en donde los animales se clasifican de acuerdo con su producción de leche, los días en producción y el estado gestacional, según recomendaciones del nutricionista animal encargado de los rebaños. La cantidad de alimento ofrecido a cada grupo se calcula cada 15 días con relación al pesaje de leche y la información bromatológica del pienso, ensilaje y pastos, y la disponibilidad de este.

3.3. Características y descripción de los datos

Toda la información productiva en las fincas se registró a partir de anotaciones de campo y de los programas VAMMP LECHERO V. 3.0 desarrollado por el CRIPAS (Centro Regional de Investigación para la Producción Animal Sostenible) de la Universidad Nacional de Costa Rica de acuerdo con la metodología descrita por Noordhuizen y Buurman (1984), y Dairy-Live New Richmond, Wisconsin. Inicialmente se unió la base de datos productiva y la reproductiva, considerando la siguiente información: finca, vaca, raza, lactancia, fecha de parto, edad al parto, sexo de las crías, días de gestación, periodo abierto, días de lactancia, producción total y producción ajustada a 305 de leche, obteniendo 14,964 observaciones entre los años 1991 a 2024.

Se depuraron los datos, trabajando solo con los animales de raza Holstein puros, se eliminaron los animales que no contaban con información de su primer parto, aquellos con primer parto debajo de 22 meses o arriba de 42 meses, solo se consideraron los partos hasta el sexto y se eliminaron animales cuya duración de la gestación era menor de 270 días; además se eliminaron aquellos animales con lactancias con duración menor a los 90 días o mayores a los 700 días. Dando como resultado una base de datos depurada que contenía 6,135 lactancias.

Se evaluó el efecto fincas (1 y 2), época de parto (seca y lluviosa), año de parto (1991-2024), número de parto (1-6) y categorías de edad al primer parto en meses (22.0-26.0, 26.1-30.0, 30.1-34.0, 34.1-38.0, 38.1-42.0), considerados factores ambientales; sobre las siguientes variables productivas: duración de la lactancia (DLac), producción de leche total (PLT) y producción de leche ajustada a los 305 días (PL305d); y el periodo abierto (PAd) como variable reproductiva.

En segunda instancia, se evaluaron las variables reproductivas como la duración de la gestación (DGd), el periodo abierto (PAd) y el sexo de la cría (SEXOC) con relación a las fases lunares. Para este fin, se obtuvo la fecha de la fase lunar correspondiente a cada evento reproductivo de la base de datos del Observatorio Naval de los Estados Unidos (US Navy, 2025) y calendarios en línea como el de Starwalk (Starwalk, 2025).

Se consideraron tres enfoques de fases lunares, todas ellas tomando en cuenta la fecha de inicio de cada una de ellas siguiendo las metodologías sugeridas por Yonezawa *et al.* (2016) y Aguirre *et al.* (2021):

- a. Ciclo lunar dividido en dos fases (duración de cada fase 14.76 días):
 - Fase creciente (de luna nueva a luna llena)
 - Fase menguante (de luna llena a luna nueva).
- b. Ciclo lunar dividido en cuatro fases principales (duración de cada fase 7.38 días):
 - Primer cuarto: de luna nueva a cuarto creciente.
 - Segundo cuarto: de cuarto creciente a luna llena.
 - Tercer cuarto: de la luna llena a cuarto menguante.
 - Cuarto cuarto: de cuarto menguante a luna nueva.
- c. Ciclo lunar dividido en ocho fases a saber (duración de cada fase 3.69 días):
 - Primera (Nueva a creciente).
 - Segunda (creciente a cuarto creciente).

- Tercera (cuarto creciente a gibosa creciente).
- Cuarta (gibosa creciente a llena).
- Quinta (llena a gibosa menguante).
- Sexta (gibosa menguante a cuarto menguante).
- Séptima (cuarto menguante a menguante).
- Octava (menguante a nueva).

Esta base de datos con los diferentes ciclos lunares se denominó FASES. Finalmente se unió ambas bases de datos mediante la fecha de ocurrencia de cada evento para generar la base consolidada denominada FINAL.

3.4. Análisis estadístico

Para estos análisis se utilizó la base de datos FINAL, donde primeramente se evaluaron los supuestos estadísticos de normalidad y varianza constante mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene respectivamente; y, en dependencia del comportamiento observado de cada variable, se aplicó la prueba estadística correspondiente a la distribución.

Un primer estudio evaluó los factores ambientales (efectos fijos) sobre las variables productivas y el periodo abierto, que fueron analizadas de manera independiente, considerando los efectos fijos en cada modelo. El análisis responde al siguiente modelo:

$$Y_{hijklm} = \mu + F_h + AN_i + ME_j + EP_k + LA_l + CA_m + \epsilon_{hijklm}$$

Donde:

Y_{hijklm} = DLac, PLT, PL305D Y PAd.

μ = media general; F_h = el h-ésimo efecto fijo de la finca ($h = 1$ y 2); AN_i = es el i-ésimo efecto fijo de año de parto ($i = 1991-2024$); ME_j = es el j-ésimo efecto fijo de del mes ($j = \text{enero, febrero, ... diciembre}$); EP_k = es el k-ésimo efecto fijo de la época del año ($k = \text{seca y lluviosa}$); LA_l = es el l-ésimo efecto fijo del número de parto ($l =$

1, 2, ... 6); CA_m = es el m-ésimo efecto fijo de la categoría de edades al primer parto (22-26, 26-30, 30-34, 34-38, 38-42) y ϵ_{hijklm} = error aleatorio.

En el caso de la influencia lunar se utiliza el mismo modelo agregando el efecto de las fases lunares en tres enfoques como se explicó anteriormente. Y se consideró como variable de respuesta DGd, PAd y SEXOC.

Para analizar estos modelos, se aplicaron las pruebas de Kruskal–Wallis y U de Mann–Whitney; y cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba post hoc correspondiente. Para la influencia del efecto lunar en la duración de la gestación y el periodo abierto se aplicaron las mismas pruebas estadísticas. En el caso del efecto lunar en el sexo de la cría se utilizó la regresión logística binomial, mediante el PROC GLIMMIX del SAS.

Finalmente se realizó un análisis de correlación mediante el PROC CORR de SAS para analizar la relación entre las variables reproductivas (PAd, DGd) con las productivas (DLac, PLT, PL305D).

Para estos análisis se utilizó el Statistical Analysis System Versión 9.3 (SAS, 2013). Se consideró significancia estadística cuando $p < 0.05$, y valores de $p < 0.10$ se interpretaron como tendencia. Los resultados se presentaron como medias $\pm$ error estándar.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medias generales de las variables productivas mostraron que la duración de la lactación (DLac) fue de 336.60 ± 94.65 días. La producción total de leche (PLT) presentó una media de $7,146.22 \pm 2,761.74$ kg, mientras que la producción de leche ajustada a 305 días (PL305d) registró $6,319.08 \pm 2,249.13$ kg. La producción diaria de leche (PLd) fue de 20.72 kg/día.

En el aspecto reproductivo el periodo abierto (PAd) de los animales indicó una media general de 151.65 ± 106.14 días. La duración de la gestación (DGd) fue de 278.64 ± 5.20 días. En cuanto al sexo de la cría (SEXOC) se encontraron 51.05 % hembras y 48.95 % machos como promedio general.

4.1. Análisis de factores ambientales en variables productivas y reproductivas

En la tabla 1, se observan los valores medios en función del efecto finca y todas las variables analizadas mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). En la finca 2 se registraron valores superiores en todas las variables en comparación con la finca 1.

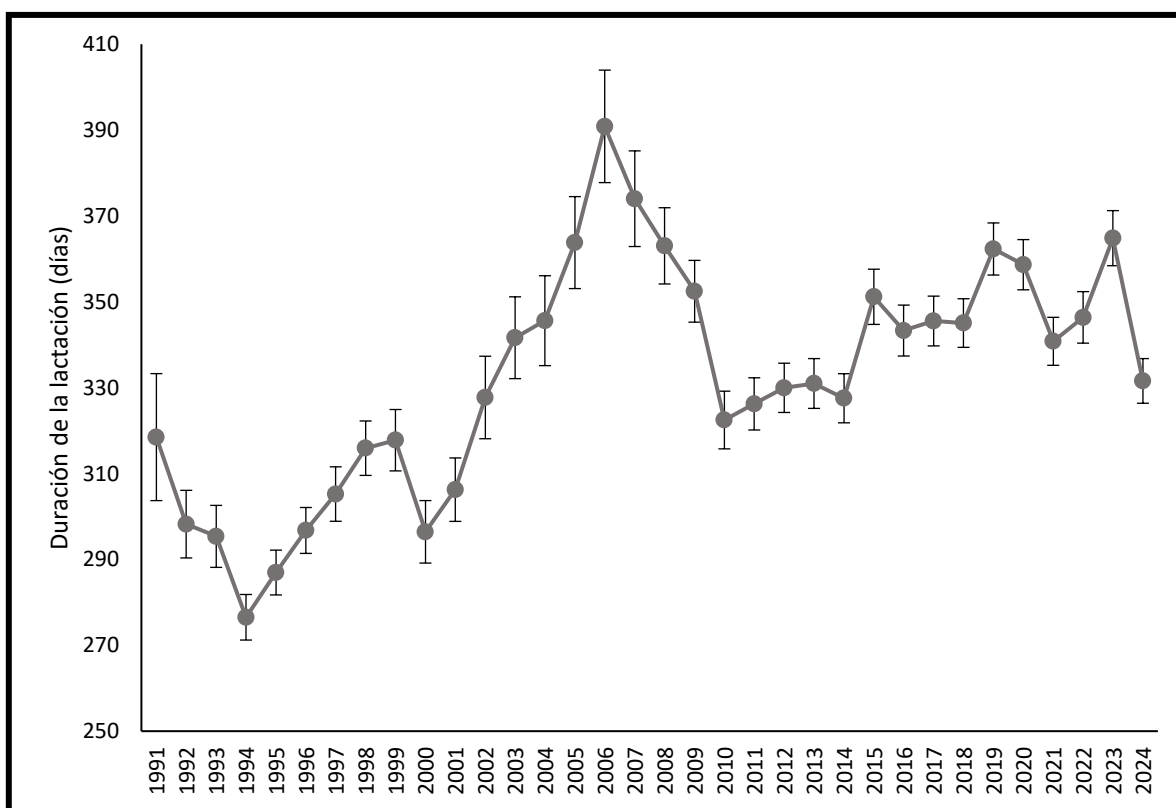
TABLA 1. Efecto de las fincas sobre el desempeño lechero y reproductivo de las vacas.

Variable	Finca 1	Finca 2	Pr > F
DLac, días	320.77 ± 1.39	357.98 ± 2.27	< 0.0001
PLT, kg	6399.00 ± 36.11	8781.14 ± 66.29	< 0.0001
PL305d, kg	5664.98 ± 33.31	7768.44 ± 39.65	< 0.0001
PAd, días	145.35 ± 1.62	166.16 ± 2.43	< 0.0001

La figura 8 muestra la duración de la lactación entre los años 1991 y 2024. Durante los primeros años se observó una disminución en el número de días de lactación, alcanzando un mínimo de 276 días en 1994. Posteriormente, se observó un

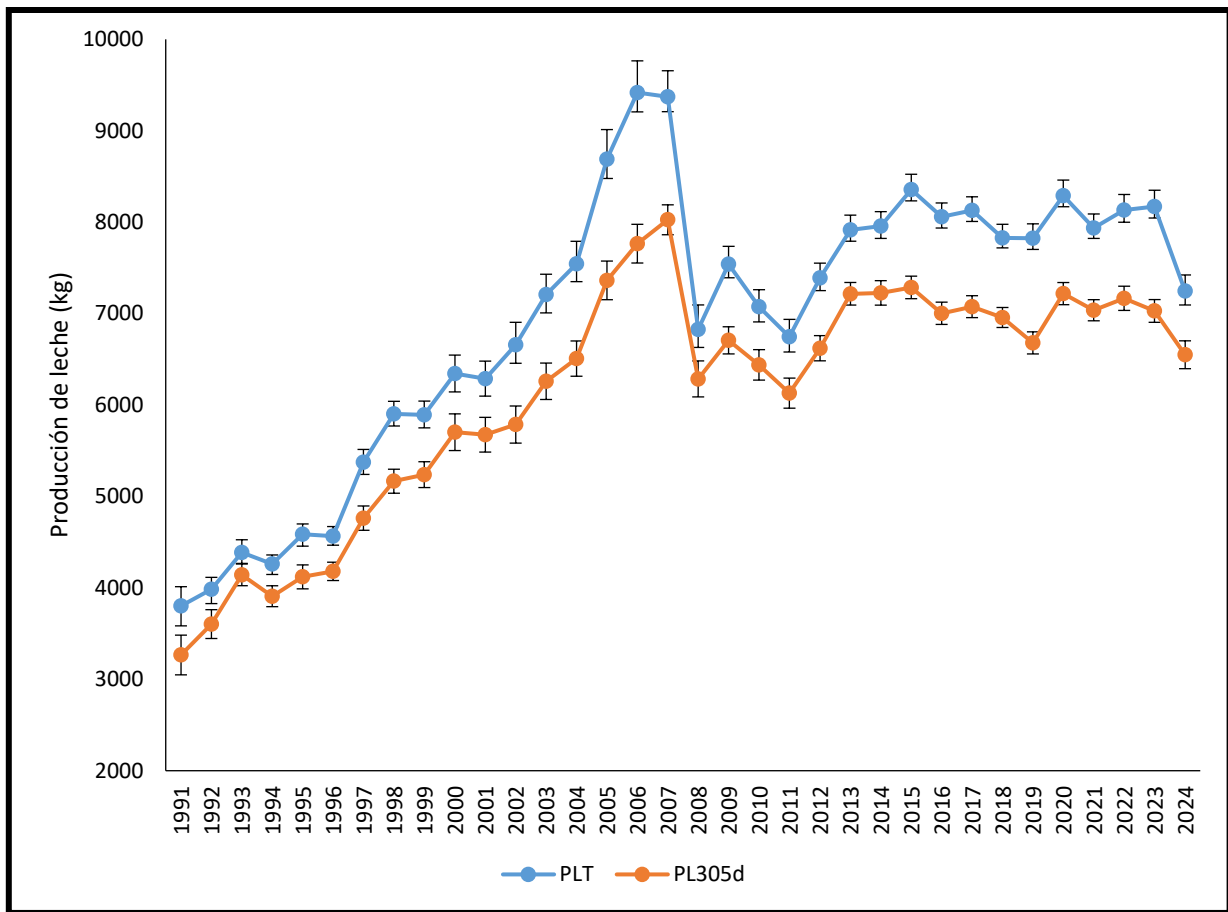
aumento hasta alcanzar un promedio de 360 días entre los años 2005 y 2007, con un máximo en 2006. A partir de entonces, los días de lactación disminuyeron y se mantuvieron con variaciones moderadas hasta 2024, año en que se alcanzó un valor aproximado de 330 días.

FIGURA 8. Comportamiento de duración de la lactación (1991-2024).



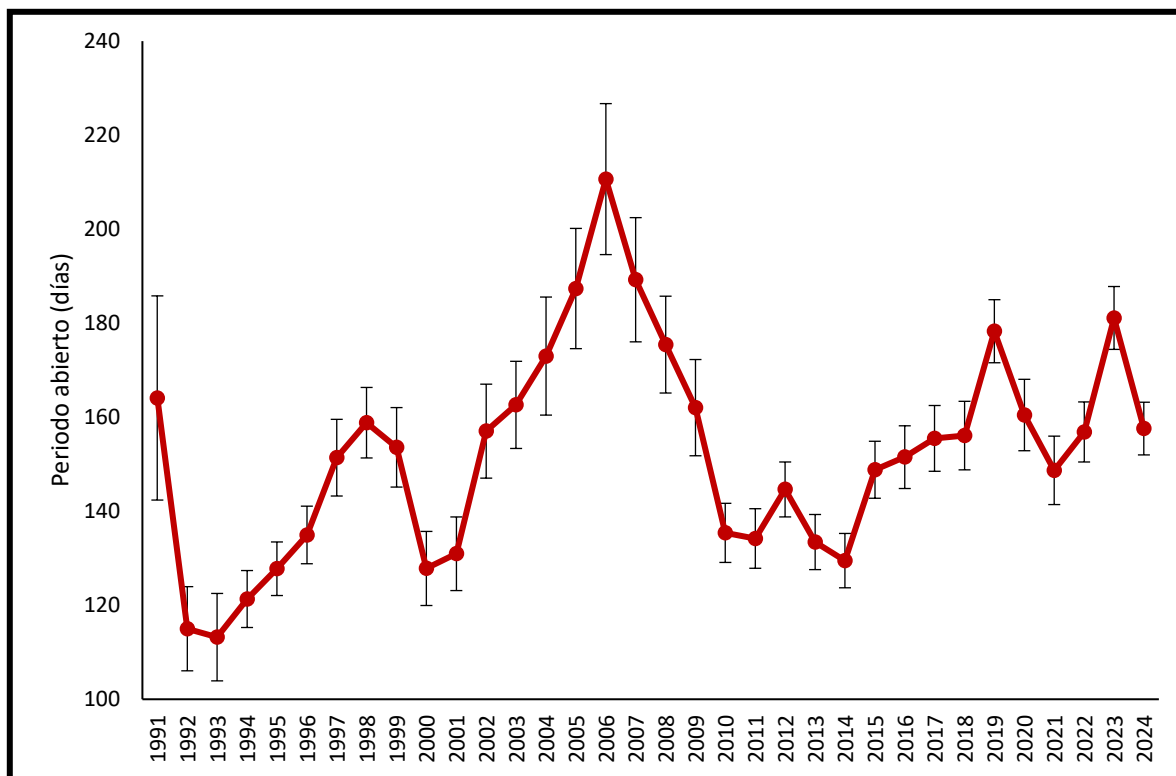
La figura 9 muestra la media de la producción de PLT y PL305d a lo largo de 33 años de registro. Se observa un incremento progresivo de la producción desde 1991 hasta alcanzar un máximo en el periodo 2006-2007, momento en que disminuye hasta alcanzar su punto mínimo en 2008. A partir de ese año, la tendencia anual no varió significativamente hasta 2024.

FIGURA 9. Comportamiento de producción de leche total y producción de leche ajustada a los 305 días (1991-2024).



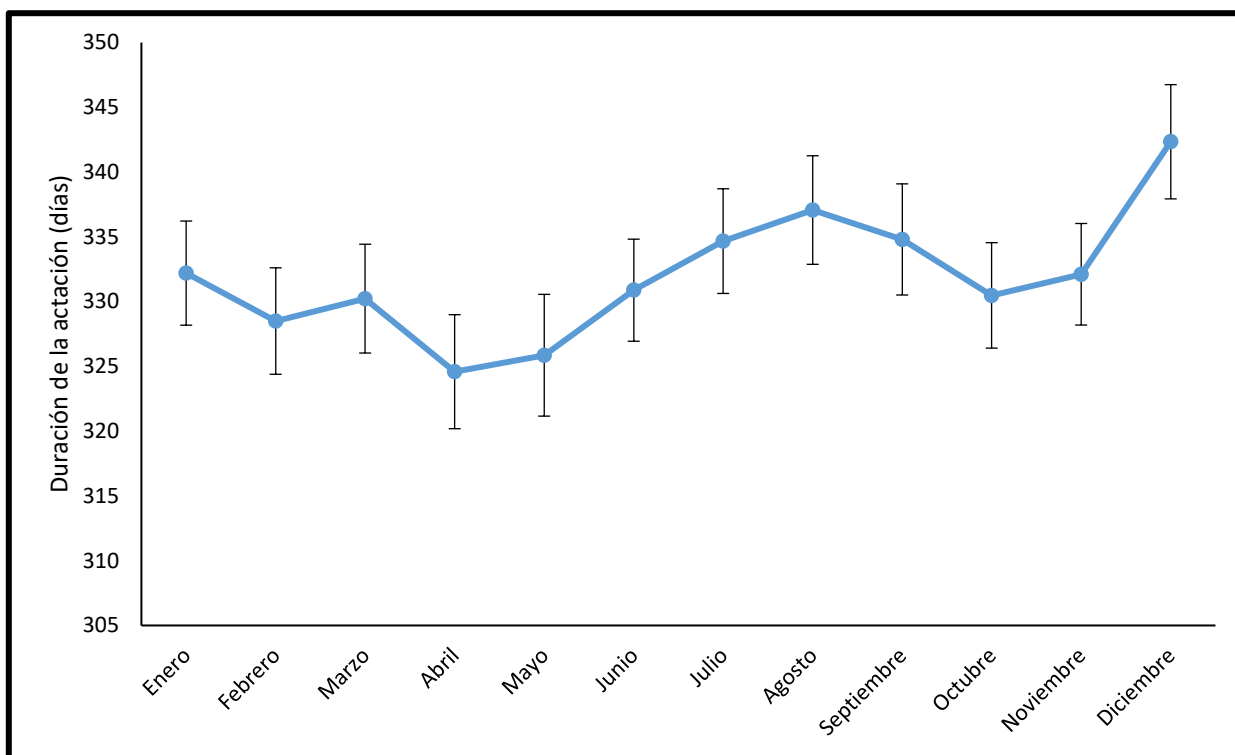
La figura 10 muestra la evolución del periodo de días abiertos (PAd) entre 1991 y 2024. A partir de los primeros años (1991-1992), se observa un descenso notable en el periodo de días abiertos, que pasó de 164 a 115 días en solo un año. Entre 1992 y 1998, el número de días aumentó hasta alcanzar los 158.83. Sin embargo, el incremento más notable se produjo en los años 2000 y 2006, con 210.65 días. En los tres años siguientes disminuyó y comenzó a estabilizarse, con variaciones moderadas, manteniéndose entre 140 y 180 días hasta 2024.

FIGURA 10. Comportamiento del periodo abierto (1991-2024).



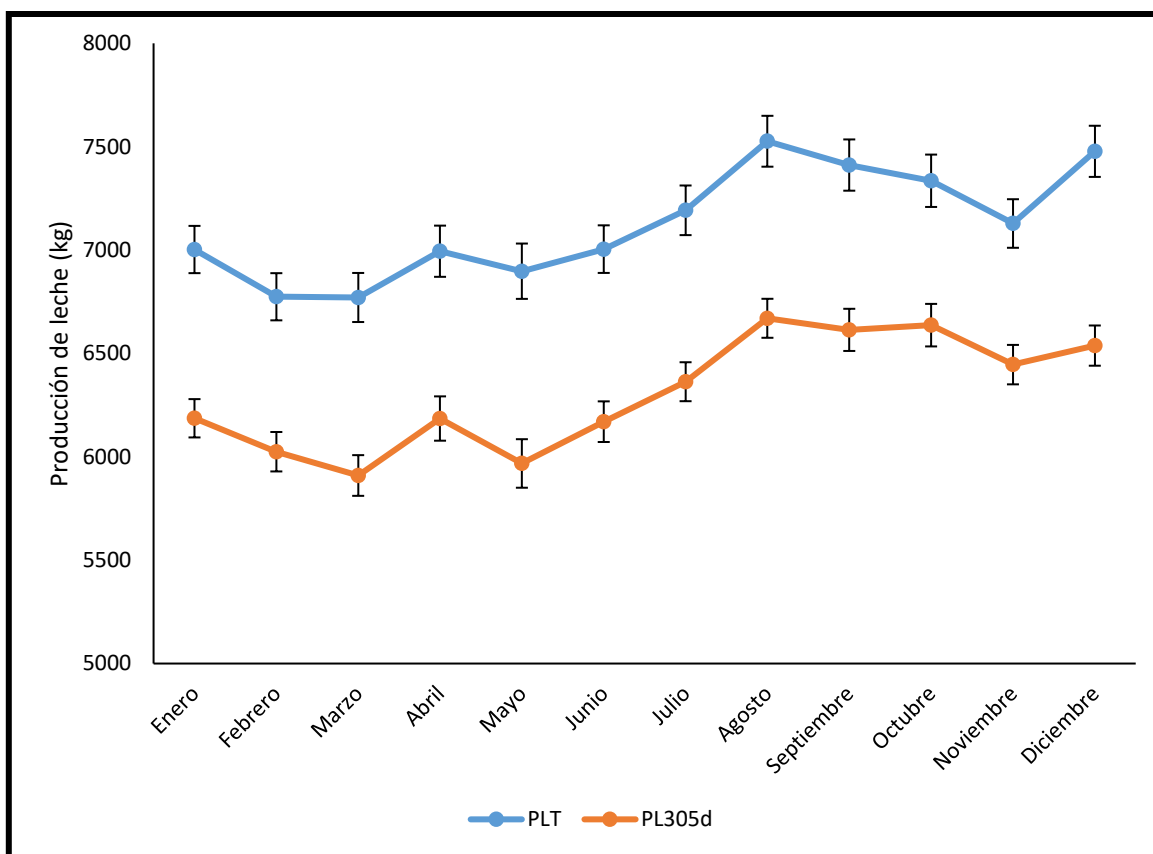
En la figura 11 se muestran los días promedios de la duración de la lactación (DLac) de las vacas durante los meses del año. La duración más corta de la lactación se observó durante los primeros meses del año. A partir de abril, esta duración aumentó gradualmente hasta agosto, después disminuyó y finalmente alcanzó su valor más alto en diciembre, con 342.34 días.

FIGURA 11. Valores promedio de duración de la lactación según los meses del año.



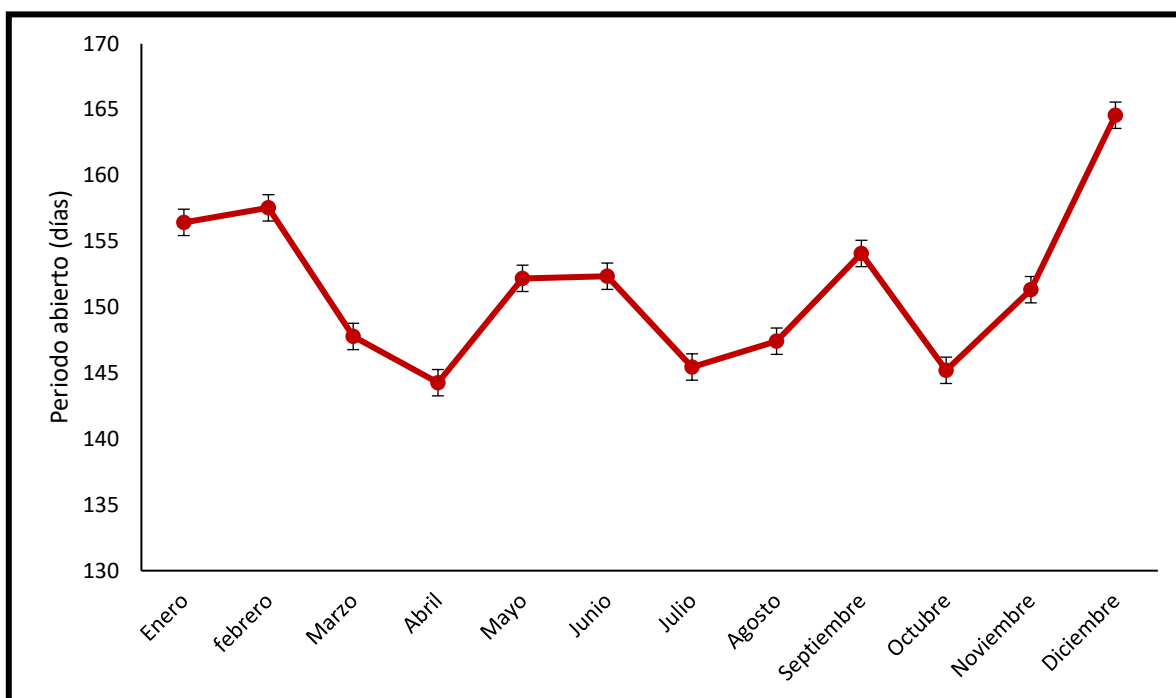
La siguiente figura muestra las medias productivas de PLT y PL305d distribuidas por meses (figura 12). Las curvas de producción fueron similares para ambos productos, lo que demuestra que fueron relativamente estables durante los primeros meses, con valores bajos en febrero y marzo, y que registraron los valores más altos (7526.37 kg para PLT y 6669.99 kg para PL305d) en agosto.

FIGURA 12. Las variables de producción de leche y la producción de leche ajustada a los 305 días durante los meses del año.



En la figura 13 muestra el comportamiento reproductivo de las vacas, en función del periodo de días abiertos, según el efecto mes. Durante los dos primeros meses, los días abiertos se mantuvieron estables y comenzaron a disminuir hasta alcanzar su mínimo en abril (144.27 días). A partir de ese momento, no varió mucho hasta que se produjo un aumento notable entre octubre y diciembre, alcanzando un máximo en diciembre (164.57 días). Sin embargo, solo hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre julio y diciembre.

FIGURA 13. Valores promedio de días abiertos según el mes del año.



Se evaluaron las variables de producción y reproducción en función de la época, expresadas en medias $\pm$ error estándar (tabla 2). Se observaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en todas las variables productivas, pero no en el periodo abierto. Las medias de todas las variables productivas fueron mayores en la época lluviosa; en la época seca, las vacas registraron 4.62 días menos de lactación y produjeron menos cantidad de leche (361.55 kg menos para PLT y 347.25 kg menos para PL305d).

TABLA 2. Efecto época sobre las variables evaluadas en vacas Holstein.

Variable	Seca	Lluviosa	Pr > F
DLac, días.	329.03±2.09	333.65±1.49	0.0453
PLT, kg	6885.10±58.81	7246.65±43.56	< 0.0001
PL305d, kg	6075.87±49.10	6423.12±35.56	< 0.0001
PAd, días	151.74±2.29	151.61±1.68	0.7915

La tabla 3 muestra el comportamiento productivo y reproductivo en función del número de lactación. Todas las variables analizadas mostraron diferencias significativas entre las lactaciones ($p < 0.05$). En la DLac, se observa que la duración disminuye gradualmente a medida que avanzan las lactaciones, siendo superior en la primera. En cuanto a la PLT, la tercera lactación mostró una tendencia a diferir de la sexta. En el caso de la variable productiva PL305d, la primera lactación tuvo una producción menor que la tercera y la quinta. En el caso de la variable reproductiva PAd, la primera lactación mostró un valor menor, difiriendo de la tercera, cuarta y sexta.

TABLA 3. Medias y error estándar para la duración lactacional (DLac), Producción de leche total (PLT), Producción de leche ajustada a 305 días (PL305d) y Periodo Abierto (PAd) en las primeras seis lactaciones.

Variable	Lactaciones			Pr > F
	1	2	3	
DLac, días	349.17±1.91 ^a	326.35±2.67 ^b	316.84±2.80 ^{bc}	<0.0001
	4	5	6	
	310.70±3.38 ^c	314.86±4.26 ^b	300.19±5.15 ^c	
	1	2	3	
PLT, kg	7210.47±54.37	7050.10±77.49	7171.01±89.22	0.0425
	4	5	6	
	6935.19±104.13	7146.10±132.23	6677.98±149.36	
	1	2	3	<0.0001

PL305d, kg	6214.47±38.65 ^a	6321.63±67.45 ^{ab}	6484.59±83.96 ^b
	4	5	6
	6355.60±99.79 ^{ab}	6527.73±121.67 ^b	6064.33±157.75 ^{ab}
PAd, días	1	2	3
	161.09±2.07 ^a	150.75±3.28 ^{ab}	137.36±2.97 ^b
	4	5	6
	141.75±4.09 ^b	146.42±5.58 ^{ab}	133.93±5.37 ^b

<0.0001

^{a,b,c} Letras diferentes en una misma columna evidencian diferencias estadísticas $p < 0.05$.

La tabla 4 muestra las variables evaluadas en relación con las categorías de EPP. Se observaron diferencias estadísticas en todas las medias analizadas. Todas las variables demostraron que, cuanto mayor era el tiempo esperado para el primer parto de las vacas, menor era la duración de la lactación, la producción y los días abiertos. La DLac de las dos primeras categorías fue similar a la del resto. Hubo diferencias estadísticas en todas las categorías para PLT y PL305d. En cuanto al periodo de días abiertos, se observó una tendencia a diferir entre la segunda y la cuarta categoría.

TABLA 4. Efecto de categorías de edad al primer parto sobre las variables evaluadas.

Variable	Categorías			Pr > F
	22.0–26.0	26.1–30.0	30.1–34.0	
DLac, días	341.57± 3.09 ^a	340.17± 1.80 ^a	325.05± 2.35 ^b	<0.0001
	34.1–38.0	38.1–42.0		

	309.25± 3.83 ^c	302.18± 5.77 ^c	
	22.0–26.0	26.1–30.0	30.1–34.0
PLT, kg	7712.55±83.99 ^a	7527.58±50.90 ^b	6685.66±67.32 ^c
	34.1–38.0	38.1–42.0	
	6072.92±120.86 ^d	5499.15±152.32 ^e	
	22.0–26.0	26.1–30.0	30.1–34.0
PL305d, kg	6896.35±67.31 ^a	6631.78±40.65 ^b	5921.54±56.26 ^c
	34.1–38.0	38.1–42.0	
	5381.72±104.04 ^d	4885.84±139.82 ^e	
	22.0–26.0	26.1–30.0	30.1–34.0
PAd, días	156.82±3.72	153.67±1.98	148.10±2.61
	34.1–38.0	38.1–42.0	
	144.84±4.42	147.40±6.47	

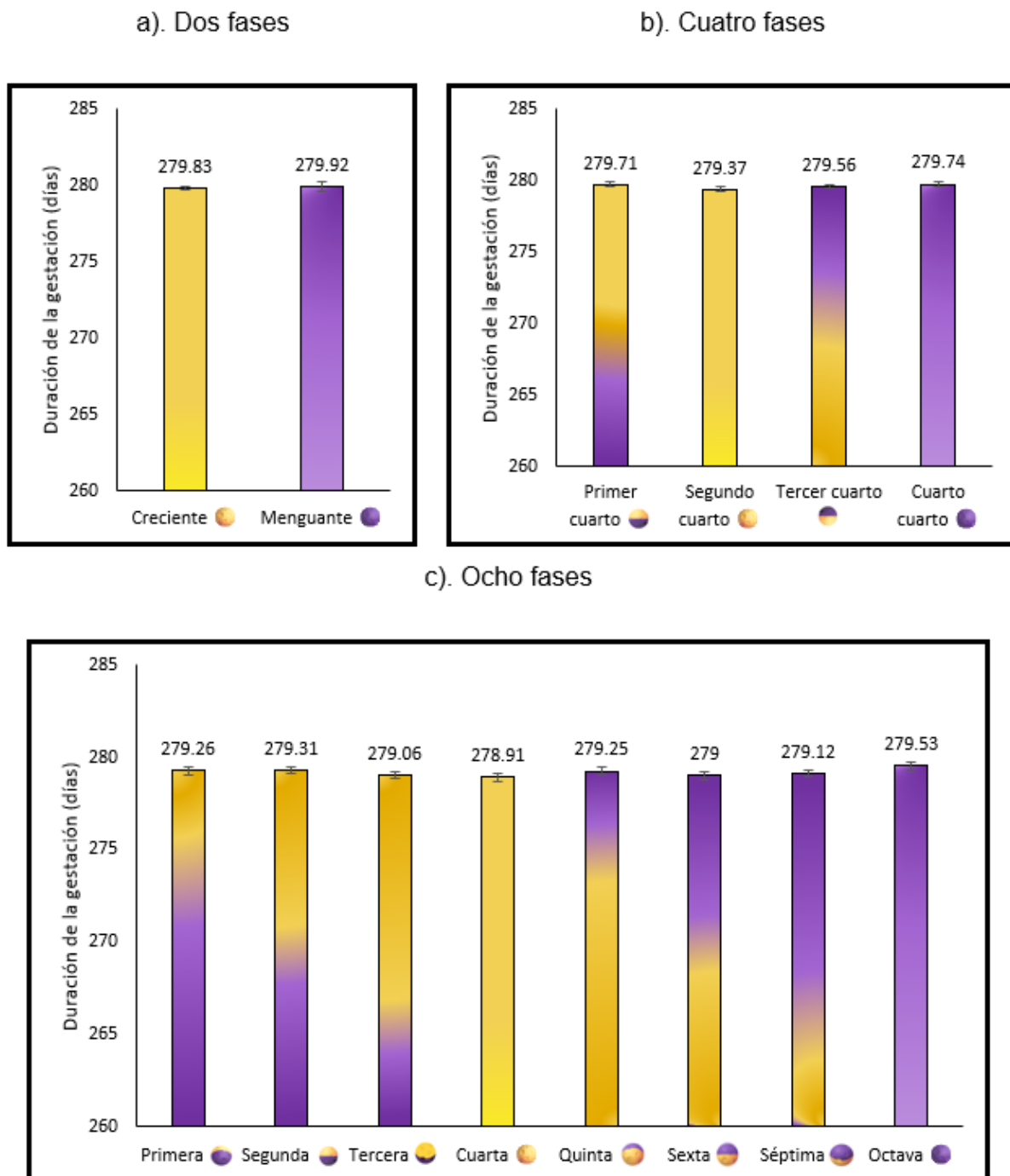
Letras diferentes en una misma columna evidencian diferencias estadísticas $p < 0.05$.

4.2. Evaluación de las variables reproductivas con las fases lunares

Al evaluar diferentes enfoques de fases lunares en las variables estudiadas, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$).

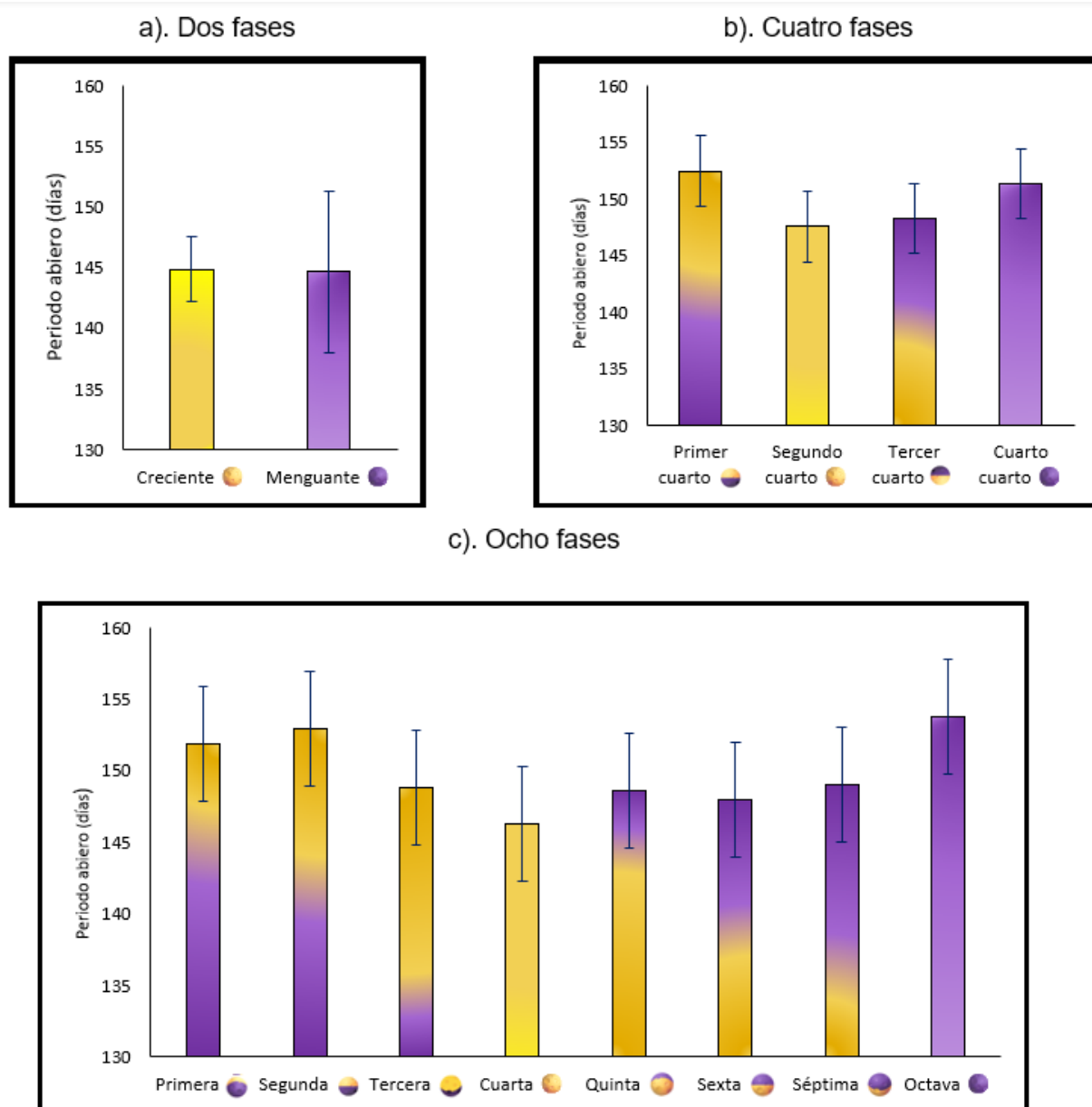
La figura 14, presenta los promedios de DGd de las vacas según las distintas fases lunares analizadas donde los promedios rondaron los 279 días, siendo un comportamiento sin mucha variación entre fases.

FIGURA 14. Influencia lunar sobre la duración de la gestación en vacas Holstein.



La figura 15 presenta el periodo abierto (PAD) de las vacas conforme a cada ciclo lunar. En cuanto el periodo abierto las medias analizadas para todos los ciclos lunares estuvieron en un rango entre 144-154 días.

FIGURA 15. Periodo de días abiertos correspondiente según las fases lunares.



En la tabla 5, se observa la proporción del sexo de la cría en relación con los tres ciclos lunares diferentes desde el momento en que ocurrió la preñez. Los porcentajes de crías hembras y machos fueron similares en todos los ciclos lunares analizados. De los 6,135 nacimientos registrados el promedio de hembras fueron las que predominaron en la mayoría de las fases, aunque no difirieron estadísticamente.

TABLA 5. Influencia de las fases lunares sobre el sexo de la cría en las vacas Holstein.

Ciclo lunar	Sexo de la cría (%)	
a). Dos fases		
	M	H
Creciente 🌑	48.67	51.33
Menguante 🌒	49.24	50.76
b). Cuatro fases		
	M	H
Primer cuarto 🌓	49.97	50.03
Segundo cuarto 🌔	47.38	52.62
Tercer cuarto 🌕	48.74	51.26
Cuarto cuarto 🌖	49.76	50.24
c). Ocho fases		
	M	H
Primera 🌗	50.83	49.17
Segunda 🌘	49.10	50.90
Tercera 🌙	48.55	51.45
Cuarta 🌚	46.18	53.82
Quinta 🌛	49.10	50.90
Sexta 🌜	48.31	51.69
Séptima 🌝	48.62	51.38
Octava 🌞	51.00	49.00

Finalmente, los resultados del análisis de correlación se pueden evidenciar en la tabla 6.

TABLA 6. Análisis de correlación entre variables productivas y reproductivas.

	Dlac	PLT	PL305d	Pr > F
PAd	0.75	0.49	0.19	<0.0001
DGd	-0.07	-0.08	-0.07	<0.0001

Como se puede observar, hubo significancia para todas las comparaciones, destacándose una correlación alta y positiva entre PAd Y Dlac, y media y positiva entre PAd y PLT. Sin embargo, no se encontró evidencia de correlación entre las demás comparaciones realizadas.

4.3. Discusión general

Las medias productivas presentaron comportamientos similares a los resultados publicados para la raza Holstein en Colombia (Duque *et al.*, 2018) y en Costa Rica (Salazar *et al.*, 2014; Castillo-Badilla *et al.*, 2019). No obstante, estos promedios no alcanzan los rendimientos productivos en otras regiones templadas como los Estados Unidos (Holstein Association USA, 2017). Las lecherías panameñas se caracterizan por utilizar sistemas combinados con el pastoreo rotacional y suplementación sin estabulación (Araúz & Samudio, 2015), pero en los Estados Unidos tienden a ser lecherías más especializadas y tecnificadas, lo que permite mayor eficiencia y producción por vaca (Gillespie *et al.*, 2024).

Las condiciones ambientales de Panamá se caracterizan por un clima tropical (calor, alta humedad relativa, alta radiación solar) que genera variaciones en el ambiente y la calidad del forraje, también provoca estrés térmico en el ganado lechero afectando el consumo de alimento y la producción de leche (Araúz & Samudio, 2015). Asimismo, Batista (2011) señala que, además del efecto climático, el desempeño productivo de los hatos lecheros también está influenciado por factores de manejo como el sistema de alimentación a base de pastoreo, el uso de suplementos concentrados, el control sanitario y el manejo reproductivo del hato.

En cambio, en las zonas templadas de Estados Unidos las vacas se encuentran menos aclimatadas al calor (Becker *et al.*, 2020), los pastos tienen mayor digestibilidad y contenido nutritivo (Lee, 2018). El hecho de que los animales no reaccionen igual puede deberse a la interacción genotipo ambiente (Guerra *et al.*, 2025), ya que no se puede esperar que tengan los mismos niveles productivos cuando las condiciones son muy distintas.

La duración lactacional fue mayor a la recomendada por la literatura, la cual se basa en un estándar de 305 días (Schaeffer, 2002). Este estudio encontró resultados similares a lo reportado por Guerra Montenegro *et al.* (2019) en Panamá y Vargas-Leiton *et al.* (2024) en Costa Rica. La lactación prolongada se ha relacionado con problemas reproductivos, como intervalos entre partos más largos o preñeces tardías (Sehested *et al.*, 2019). De acuerdo con Batista (2011), en los sistemas lecheros tropicales como los de Panamá es relativamente frecuente observar lactaciones prolongadas debido a factores relacionados con el manejo reproductivo, la nutrición y las condiciones ambientales, que influyen en la persistencia de la producción de leche a lo largo de la lactación, lo que podría explicar lo observado en los datos, ya que el promedio de días abiertos fue de 151 días.

Los días abiertos prolongados reflejan problemas de manejo reproductivo (Overton *et al.*, 2025), el cual suele asociarse también con fertilidad o enfermedades (Rasmussen *et al.*, 2025). En el contexto panameño, Batista (2011) reportó periodos abiertos de 169 días en vacas Holstein, lo que evidencia un indicador negativo en la eficiencia reproductiva, porque según Simões & Medeiros (2025), el periodo abierto óptimo de una lechería se encuentra entre 80-90 días. Pero también cabe destacar que actualmente es considerada una estrategia de manejo con el objetivo de aumentar la producción de leche total y reducir las frecuencias de partos que provocan transiciones fisiológicas durante la vida del animal (González-Recio *et al.*, 2006; Sehested *et al.*, 2019; van Kneegsel *et al.*, 2022). En este sentido, estudios de Dematawewa *et al.* (2007) y Temesgen *et al.* (2022), indicaron que las vacas con lactaciones más prolongadas también son las altas productoras a lo largo de su vida.

Uno de los factores que más influyó en esto fueron las vacas con EPP más jóvenes, presentando mejor rendimiento productivo y mayor tiempo de días abiertos. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Valchev *et al.* (2020) y Schultz *et al.* (2023) en vacas Holstein.

Es conocido que la hembra biológicamente a edades de 20-30 meses aún se encuentra en crecimiento, lo que puede ocasionar un periodo abierto más amplio debido a la exigencia nutricional y fisiológica para su recuperación (Borman *et al.*, 2004). La EPP temprana beneficia a la vaca a una mayor producción (PLT y PL305D) a lo largo de toda vida. Según Froidmont *et al.* (2013), las vacas con EPP temprano tienen más lactaciones y por ende mayor producción, que aquellas que presentan su primer parto más tarde, tal como se encontró en nuestro estudio.

Es importante destacar que una duración de la lactación prolongada conlleva por resultado lógico, mayores niveles de producción total de leche, lo cual pudiese confundir la interpretación de lo observado. Por esto, se evaluó también la producción ajustada a 305 días, siendo la tercera y la quinta lactación las que presentaron los mayores valores, contrario a la PLT donde fue la primera. Diversos estudios (Mellado *et al.*, 2011; Cañas *et al.*, 2012 y Walsh *et al.*, 2024) han demostrado que la PL305d suele aumentar hasta niveles máximos en las lactaciones intermedias.

Esto puede estar relacionado con el hecho de que las vacas han alcanzado su madurez fisiológica (Eşki *et al.*, 2021) y por ende tienen mayor desarrollo de la ubre e incremento de células secretoras (Sorensen *et al.*, 2006). Asimismo, las vacas en lactaciones intermedias adquieren un mejor control de movilización de tejidos y un entorno endocrino más favorable que las vacas primíparas (Wathes *et al.*, 2007), Además tienen mayor tamaño corporal que contribuye a una mayor capacidad productiva (Vijayakumar *et al.*, 2017).

Todas las variables se vieron afectadas significativamente ($p < 0.0001$) por los efectos año, mes, época y finca, lo cual es común por las variaciones climáticas constantes, que alteran fisiológicamente a los animales y a su vez la producción (Arias *et al.*, 2008; Carabaño *et al.*, 2016). Asimismo, Crowe *et al.* (2018) y Medeiros

et al. (2022) señalan que el progreso de las lecherías está asociado a mejoras continuas en el manejo nutricional, reproductivo, sanitario y genético; los cuales en Panamá han evolucionado constantemente a través de los años, más aún en los hatos lecheros especializados de la cuenca lechera (Araúz & Samudio, 2015).

Cuando se evaluó el efecto de fases lunares con la duración de la gestación, periodo abierto y el sexo de cría, no se encontró diferencia para ninguna de ellas. En el caso de la duración de la gestación, el comportamiento observado coincide con lo reportado por Serrano-Díaz & Villa-Mesa (2019), en contraste con los reportes de Caballero de la Calle (2008) y Pulla-Merchán & Quito-Ucho (2023) quienes encontraron diferencias significativas para DGd, particularmente por la época del año en que ocurre el parto, este comportamiento podría estar asociado con el fotoperiodo.

En nuestra búsqueda de información, no se pudo encontrar publicaciones que relacionen el periodo abierto de las vacas con las fases lunares. Según Temesgen *et al.* (2022), el periodo abierto está determinado principalmente por diversos factores relacionados propiamente con la vaca, como su estado nutricional y sanitario, así como por otros factores relacionados con la lactación, como el balance energético negativo y el nivel de producción de leche. En la mayoría de los casos, las mayores extensiones de este periodo abierto se deben al manejo reproductivo posterior al parto.

La proporción del sexo de las crías con relación a las fases lunares mostró una tendencia similar a lo reportado por Abecia *et al.* (2017), Serrano-Díaz & Villa-Mesa (2019), Muñoz-García *et al.* (2023), Pulla-Merchán & Quito-Ucho (2023) quienes no encontraron variaciones; sin embargo, discrepa de los resultados de Hernández (2014), quien menciona una probabilidad mayor de hembras durante la fase de cuarto menguante y de machos en la fase de cuarto creciente, pero no se sustentó una explicación científica sólida para discutir este fenómeno.

Abecia *et al.* (2017), quienes realizaron un estudio con 25,546 vacas, mencionaron que las vacas son mayormente influenciadas por condiciones de temperatura,

humedad, manejo y disponibilidad de alimento en las que se encuentren que por factores como la influencia lunar.

Cabe destacar que la mayoría de los estudios relacionan estos factores lunares con la eficiencia de inseminación (Villafuerte, 2020; Aguirre *et al.*, 2021), lo cual no se pudo comprobar en este trabajo debido a la falta de información en las fincas pero que puede derivar en datos interesantes para nuestras condiciones.

La correlación positiva entre el período de días abiertos (PAd) y las variables productivas (PLT y Dlac) observada en el presente estudio, muestra similitud ha lo reportado en la literatura (VanRaden *et al.*, 2004; López *et al.*, 2009). En este sentido, la prolongación lactacional influye sobre la eficiencia reproductiva (van Knegsel *et al.*, 2024). Por tanto, aunque una mayor duración de la producción incrementa la leche total, esto se asocia con una menor eficiencia reproductiva, lo que debe ser considerado en el manejo del hato, en el control reproductivo y el secado (Overton & Eicker, 2025), además puede afectar la longevidad productiva y la eficiencia del sistema (Hu *et al.*, 2021).

5. CONCLUSIONES.

- Los factores ambientales que más influyeron en las variables analizadas fueron las categorías de EPP, lactación, año, mes, época y la finca.
- A pesar de dividir el ciclo lunar de diferentes enfoques, no se observó diferencia significativa sobre las variables reproductivas evaluadas.
- Se evidenció que una alta producción de leche y una lactancia prolongada conlleva a menor eficiencia reproductiva, por lo que es importante mantener un balance entre ambos tipos de rasgos a la hora de tomar decisiones.

6. RECOMENDACIONES.

- ✓ Realizar prácticas de manejo que tomen en cuenta tanto la producción, como las necesidades reproductivas del hato, sin priorizar una en detrimento de la otra, lo cual puede conllevar resultados poco favorables.
- ✓ Es importante un mayor control en la toma de datos en las fincas; y de este modo poder analizar de manera más precisa tanto factores ambientales como la influencia lunar en las variables productivas y reproductivas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Aguirre, A., Palomares, R., De Ondiz, A., Soto, E., Perea, M., Hernández-Fonseca, H., & Perea, F. (2021). Lunar cycle influences reproductive performance of crossbred Brahman cows under tropical conditions. *Journal of Biological Rhythms*, 36(2), 160-168.

Aguirre-Riofrio, E., Uchuari-Pauta, M., Ureña-Ureña, J., & Rosillo-Cueva, C. (2019). Influencia de las fases lunares como una herramienta de medición de acontecimientos reproductivos. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 6(2), 85-92. <https://doi.org/10.36610/J.JSAAS.2019.060200085>

Altaye, S., Kassa, B., Agza, B., Alemu, F., & Muleta, G. (2014). Smallholder cattle production systems in Metekel zone, northwest Ethiopia. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, 3(2), 151–157. <http://www.apexjournal.org>

Álvarez-Gallardo, H., Urbán-Duarte, D., Velázquez-Roque, A., & De La Torre-Sánchez, J. (2024). Uso y evolución del sexado espermático en bovinos. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 15(3), 641–668. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i3.6372>

Araúz, E., & Samudio, A. (2015). *Principales factores limitantes de la producción bovina de leche en Panamá*. En *Factores que afectan la producción bovina en Panamá* (pp. 433-447). Departamento de Zootecnia, Universidad de Panamá, recuperado de <https://books.alpa.uy/assets/files/433-e2750f837a5cea4ee5234e9027b9b0c8.pdf>

Arbel, R., Bigun, Y., Ezra, E., Sturman, H., & Hojman, D. (2001). The effect of extended calving intervals in high lactating cows on milk production and profitability. *Journal of Dairy Science*, 84(3), 600–608. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74513-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74513-4)

Arias, R., Mader, T., & Escobar, P. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40(1), 7-22.

Ávila-Carrazco, J., Villalobos-De Alba, Á., Olvera-Olvera, C., De La Rosa-Vargas, J., Gutiérrez-Bañuelos, H., Solís-Sánchez, L., Villagrana-Barraza, S., López-Martínez, M., Ortiz-Esquivel, D., & Díaz-Flórez, G. (2024). Correlación entre fases lunares y patrones de lluvia en México. *Atmósfera*, 15 (7), 746. <https://doi.org/10.3390/atmos15070746>

Bach, À. (2019). Effects of nutrition and genetics on fertility in dairy cows. *Reproduction, Fertility and Development*, 31(1), 40. <https://doi.org/10.1071/RD18364>

Bartolomé, J. (2009). Endocrinología y fisiología de la gestación y el parto en el bovino. *Taurus*, 11(42), 20–28. <https://www.sidalc.net/search/Record/oai:fvet.uba.ar:biblioteca:35501/Description#details>

Batista, J. (2011). *Caracterización lactacional y reproductiva de las razas Holstein y Pardo Suizo en hatos lecheros grado A* [Tesis doctoral, Universidad de Panamá]. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado.

Baumgard, L., Odens, L., Kay, J., Rhoads, R., VanBaale, M., & Collier, R. (2006, February). Does negative energy balance (NEBAL) limit milk synthesis in early lactation? In 21st Annual Southwest Nutrition & Management Conference Proceedings, Tempe, Arizona (pp. 181-187). https://www.researchgate.net/publication/303243810_Does_negative_energy_balance_NEBAL_limit_milk_synthesis_in_early_lactation

Becker, C., Collier, R., & Stone, A. (2020). Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103(8), 6751-6770.

Belhadj Slimen, I., Najar, T., Ghram, A., & Abdrrabba, M. (2016). Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *Journal of*

Animal Physiology and Animal Nutrition, 100(3), 401–412.
<https://doi.org/10.1111/jpn.12379>

Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L., Rhoads, R., Ronchi, B., & Nardone, A. (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 4(7), 1167–1183. <https://doi.org/10.1017/S175173111000090X>

Bleul, U., Spirig, S., Hässig, M., & Kähn, W. (2006). Electrolytes in bovine prepartum mammary secretions and their usefulness for predicting parturition. *Journal of Dairy Science*, 89(8), 3059–3065. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72580-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72580-2)

Bó, G., & Baruselli, P. (2014). Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*, 8(1), 144–150. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000822>

Bó, G., Cutaia, L., Souza, A., & Baruselli, E. (2009). Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche utilizando dispositivos con progesterona. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 11(41), 20–34.

Bogado-Pascottini, O., & LeBlanc, S. (2020). Metabolic markers for purulent vaginal discharge and subclinical endometritis in dairy cows. *Theriogenology*, 155, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.06.005>

Boni, R. (2019). Heat stress, a serious threat to reproductive function in animals and humans. *Molecular Reproduction and Development*, 86(10), 1307–1323. <https://doi.org/10.1002/mrd.23123>

Borman, J., Macmillan, K., & Fahey, J. (2004). The potential for extended lactations in Victorian dairying: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(6), 507-519.

Bruinje, T., & LeBlanc, S. (2025). Revisión por invitación: La inflamación y la salud en el período de transición influyen en la función reproductiva de las vacas lecheras. *Animals*, 15(5), 633. <https://doi.org/10.3390/ani15050633>

Caballero de la Calle, J. (2008, November 6). Influencia estacional y de las fases lunares sobre la duración de la gestación en novillas de raza de lidia. En VI Congreso Mundial Taurino de Veterinaria, Murcia, España. 5 pp. http://www.centrotorolidia.es/opencms_wf/opencms/investigacion/3_ponencias/todos/ponencia_133.html

Cabrera, J. (2023). *Efectos de las fases lunares en la castración quirúrgica de cerdos mestizos Landrace en la Parroquia Alshi / 9 de octubre del cantón Morona*. [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. 65 pp. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19593>

Cañas, J., Cerón-Muñoz, M., & Corrales A. (2012). Modelación y parámetros genéticos de curvas de lactación en bovinos Holstein en Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 17(2), 2998-3003. <https://doi.org/10.21897/rmvz.234>

Carabaño, M., Logar, B., Bormann, J., Minet, J., Vanrobays, M., Diaz, C., Tychon, B., & Hammami, H. (2016). Modeling heat stress under different environmental conditions. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3798-3814.

Cardoso, C., Wiltbank, M., & Sartori, R. (2021). Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs. *Animals*, 11(2), 301. <https://doi.org/10.3390/ani11020301>

Castillo-Badilla, G., Vargas-Leitón, B., Hueckmann-Voss, F., & Romero-Zúñiga, J. J. (2019). Factores que afectan la producción en primera lactación de vacas lecheras de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 209-227. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.33430>

Cerchiaro, I., Cassandro, M., Dal Zotto, R., Carnier, P., & Gallo, L. (2007). A Field Study on Fertility and Purity of Sex-Sorted Cattle Sperm. *Journal of dairy science*, 90(5), 2538–2542. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-694>

Chakraborty, U. (2018). Effects of different phases of the lunar month on living organisms. *Biological Rhythm Research*, 51(2), 254–282. <https://doi.org/10.1080/09291016.2018.1526502>

Chebel, R., Santos, J., Reynolds, J., Cerri, R., Juchem, S., & Overton, M. (2004). Factores que afectan la tasa de concepción tras inseminación artificial y pérdidas de gestación en vacas lecheras en lactación. *Animal Reproduction Science*, 84(3-4), 239–255. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.12.012>

Chinchilla, J., Kerns, K., & Rothschild, M. (2018). Lunar and climatic effects on boar ejaculate traits. *Animal Reproduction Science*, 193, 117–125. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2018.04.006>

Crowe, M., & Williams, E. (2012). Triennial lactation symposium: Effects of stress on postpartum reproduction in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 90(5), 1722–1727. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4674>

Crowe, M., Hostens, M., & Opsomer, G. (2018). Reproductive management in dairy cows - the future. *Irish Veterinary Journal*, 71(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s13620-017-0112-y>

Dabale, S., Kerorsa, G., & Ahmed, W. (2020). Prevalence of major reproductive disorders of dairy cows in Hawassa City, Ethiopia. *Journal of Reproduction and Infertility*, 11(1), 8–13. <https://doi.org/10.5829/idosi.jri.2020.08.13>

Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J., Imtiwati, & Kumar, R. (2016). Impacto del estrés térmico en la salud y el rendimiento de animales lecheros: una revisión. *Veterinary World*, 9, 260–268. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.260-268>

Dawod, A., & Elbaz, H. (2020). Effect of sexed semen, puberty and breeding ages on fertility of Holstein dairy heifers treated with double ovsynch protocol. *Tropical Animal Health and Production*, 52(6), 2925–2930. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02306-6>

De Vries, A., & Marcondes, M. (2020). Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. *Animal*, 14(S1), S155–S164. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003264>

Dematawewa, C., Pearson, R., & VanRaden, P. (2007). Modeling extended lactations of Holsteins. *Journal of dairy science*, 90(8), 3924-3936. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-790>

Díaz, E., Delgado, J., González, A., León, J., Arando, A., & Navas F. (2024). Effects of meteorology and lunar cycle on the post-thawing quality of avian sperm. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1394004. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1394004>

Duque, N., Casellas, J., Quijano, J., Casals, R., & Such, X. (2018). Fitting lactation curves in a Colombian Holstein herd using nonlinear models. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 71(2), 8459-8468.

Edwards-Callaway, L., Cramer, M., Cadaret, C., Bigler, E., Engle, T., Wagner, J., & Clark, D. (2021). Impacts of shade on cattle well-being in the beef supply chain. *Journal of Animal Science*, 99(2), skaa375. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa375>

El-Darawany, A., El-Tarabany, M., Al-Marakby, K., & Atta, M. (2021). Effect of lunar cycle on some reproductive aspects of female goats. *Biological Rhythm Research*, 52(3), 355–366. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1600264>

Erickson, P., & Kalscheur, K. (2020). Nutrition and feeding of dairy cattle. In F. Bazer, G. Lamb, y G. Wu. *Animal agriculture*, pp.157–180. Editorial Agrícola. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4>

Eşki, F., & Kurt, S. (2021). Effect of lactation number on milk yield in Holstein dairy cows. *Turkish Journal of Veterinary Research*, 5(1), 1-4.

Evans, H., Briggs, E., Burnett, R., Contreras-Correa, Z., Duvic, M., Dysart, L., Gilmore, A., Messman, R., Reid, D., Rasit Ugur, M., Kaya, A., & Memili, E. (2022). Harnessing the value of reproductive hormones in cattle production with considerations to animal welfare and human health. *Journal of Animal Science*, 100(7), skac177. <https://doi.org/10.1093/jas/skac177>

Froidmont, E., Mayeres, P., Picron, P., Turlot, A., Planchon, V., & Stilmant, D. (2013). Association between age at first calving, year and season of first calving and milk production in Holstein cows. *Animal*, 7(4), 665-672.

Furman, B., Metzger, D., Darolti, I., Wright, A., Sandkam, B., Almeida, P., Shu, J., & Mank, J. (2020). Sex chromosome evolution: so many exceptions to the rules. *Genome Biology and Evolution*, 12(6), 750–763. <https://doi.org/10.1093/gbe/evaa081>

Galadí-Enríquez, D., Marco-Soler, E., Martínez, V., & Miralles, J. (2005). *Astronomía fundamental*. España, Publicaciones de la Universitat de Valencia, 1^a ed. 326 pp.

Galina, C. (2008). *Reproducción de los animales domésticos*. México, Limusa, 3^a ed. 584 pp.

Galina, C., & Orihuela, A. (2007). The detection of estrus in cattle raised under tropical conditions: What we know and what we need to know. *Hormones and Behavior*, 52(1), 32-38.

Gilad, E., Meidan, R., Berman, A., Graber, Y., & Wolfenson, D. (1993). Effect of heat stress on tonic and GnRH-induced gonadotrophin secretion in relation to concentration of oestradiol in plasma of cyclic cows. *Reproduction*, 99(2), 315–321. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0990315>

Gillespie, J., Njuki, E., & Terán, A. (2024). *Structure, costs, and technology used on U.S. dairy farms* (Report No. ERR-334). U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. <https://doi.org/10.32747/2024.8534118.ers>

González-Recio, O., Alenda, R., Chang, Y., Weigel, K., & Gianola, D. (2006). Selection for female fertility using censored fertility traits and investigation of the relationship with milk production. *Journal of Dairy Science*, 89(11), 4438-4444.

Grelet, C., Vanden Dries, V., Leblois, J., Wavreille, J., Mirabito, L., Soyeurt, H., Franceschini, S., Gengler, N., Brostaux, Y., HappyMoo Consortium, & Dehareng, F. (2022). Identification of chronic stress biomarkers in dairy cows. *Animal: an*

International Journal of Animal Bioscience, 16(5), 100502.
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100502>

Guáqueta, H. (2009). Ciclo Estral: Fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 56(3), 163-183.

Guerra Montenegro, R., Menéndez Buxadera, A., & Hernández Rodríguez, A. (2019). Influencia de factores ambientales en la producción de leche de dos rebaños Holstein en la cuenca lechera de Chiriquí. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 2(1), 18–33. Recuperado a partir de https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/1063

Guerra, R., Hernández, A., & Menéndez, A. (2018). Componentes de (co)varianza para producción de leche de vacas Holstein en panamá mediante modelos de repetibilidad y de regresión aleatoria. *Livestock Research for Rural Development*, 30(9), 18.

Guerra, R., Pitty, C., Moreno, A., Vargas, R., & Buxadera, A. (2025). Variabilidad genética en rasgos de interés económico en sementales Holstein en Panamá y Estados Unidos. *Archivos de Zootecnia*, 74(285), 56-66.

He, Q., Huang, M., Cao, X., Zhang, K., Liu, J., & Quan, F. (2022). Advancements in mammalian X and Y sperm differences and sex control technology. *Zygote*, 30(4), 423–430. <https://doi.org/10.1017/S0967199421000939>

Hernández, D. (2014). Fases lunares y su influencia en la concepción, parto y sexo de las crías en vacas lecheras en la hacienda El Milagro, municipio de Caluco, departamento de Sonsonate, El Salvador. [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador]. 60 pp. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/2324>

Hiller-Sturmhöfel, S., & Bartke, A. (1998). The Endocrine System An Overview. *Alcohol Health and Research World*, 22(3), 153.

Holstein Association USA. (2018). Holstein breed history, retrieved on December 20, 2025, from https://www.holsteinusa.com/pdf/fact_sheet_cattle.pdf?utm_source=

Hu, H., Mu, T., Ma, Y., Wang, X., & Ma, Y. (2021). Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: A Review. *Frontiers in Genetics*, 12, 695543. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.695543>

Ibrahim, N., & Seid, A. (2017). Review on Reproductive Performance of Crossbred Dairy Cattle in Ethiopia. *Journal of Reproduction and Infertility*, 8(3), 88–94. <https://doi.org/10.5829/idosi.jri.2017.88.94>

IDIAP. (2022). *Los sistemas lecheros de Chiriquí buscan ser competitivos y sostenibles*. Instituto de Innovación Agropecuaria, recuperado 12 de julio del 2025, de <https://proyectos.idiap.gob.pa/webstories/produccion-de-leche-idiap>

IMPHA. (2021). Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá, recuperado 1 de abril de 2025, de <https://www.imhpa.gob.pa/es/>

Inchaisri, C., Hogeveen, H., Vos, P., van der Weijden, G., & Jorritsma, R. (2010). Effect of milk yield characteristics, breed, and parity on success of the first insemination in Dutch dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(11), 5179–5187. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3234>

Kollerstrom, N., & Power, C. (2000). The influence of the lunar cycle on fertility on two Thoroughbred studfarms. *Equine Veterinary Journal*, 32(1), 75–77. <https://doi.org/10.2746/042516400777612107>

Lee M. (2018). A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. *Journal of Plant Research*, 131(4), 641–654. <https://doi.org/10.1007/s10265-018-1024-y>

Lenis Y., Carrillo, D., Barrios, D., & Rincón, J. (2021). *Inseminación artificial y liderazgo rural en el agronegocio bovino* (1ª ed). Universidad Nacional de Colombia.

Lesta, A., Marín-García, P. J., & Llobat, L. (2023). How does nutrition affect the epigenetic changes in dairy cows? *Animals*, 13(11), 1883. <https://doi.org/10.3390/ani13111883>

Li, Z., Zhang, K., Zhou, Y., Zhao, J., Wang, J., & Lu, W. (2023). Role of melatonin in bovine reproductive biotechnology. *Molecules*, 28(13), 4940. <https://doi.org/10.3390/molecules28134940>

Lidfors, L. (2022). Parental Behavior in Bovines. *Advances in neurobiology*, 27, 177-212. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97762-7_6

López, R., Castillo, H., y Montaldo, H. (2009). Covarianzas genéticas y fenotípicas para los días abiertos y las características de la curva de lactancia en vacas Holstein del norte de México. *Veterinaria México*, 40 (4), 343-356.

Lucy, M. (2001). Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *Journal of Dairy Science*, 84(6), 1277–1293. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(01\)70158-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(01)70158-0)

Lyimo, Z., Nielen, M., Ouweltjes, W., Kruip, T., & Van Eerdenburg, F. (2000). Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology*, 53(9), 1783-1795.

Medeiros, I., Fernandez-Novoa, A., Astiz, S. & Simões, J. (2022). Evolución histórica de la gestión ganadera y la sanidad del rebaño en explotaciones lecheras de países de la OCDE. *Ciencias Veterinarias*, 9(3), 125. <https://doi.org/10.3390/vetsci9030125>

Mellado, M., Antonio-Chirino, E., Meza-Herrera, C., Veliz, F., Arevalo, J., Mellado, J., & de Santiago, A. (2011). Effect of lactation number, year, and season of initiation of lactation on milk yield of cows hormonally induced into lactation and treated with recombinant bovine somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 94(9), 4524-4530. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4152>

Melo, L., Monteiro, P., Surjus, R., Drum, J., Wiltbank, M., & Sartori, R. (2016). Progesterone based fixed-time artificial insemination protocols for dairy cows:

Gonadotropin-releasing hormone versus estradiol benzoate at initiation and estradiol cypionate versus estradiol benzoate at the end. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 9227–9237. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11220>

Morales, F., Salamanca, B., Marín, S., Escribano, C., & Caserío, S. (2020). External influences on birth deliveries: Lunar gravitational and meteorological effects. *Anales de Pediatría*, 93(6), 367–373. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.02.007>

Morrell, J., Keeler, K., Noakes, D., Mackenzie, N., & Dresser, D. (1988). Sexing of sperm by flow cytometry. *Veterinary Record*, 122(14), 322–324. <https://doi.org/10.1136/vr.122.14.322>

Muñoz-García, C., Cuicas-Huerta, R., Vargas-Díaz, J., González-Maldonado, J., Estrada-Paqui, E., Jauregui-Plata, I., & Gómez-Vargas, J. (2023). Las fases lunares y su influencia en variables reproductivas de los bovinos en el trópico seco. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31(Suplemento), 35–38. <https://doi.org/10.53588/alpa.310507>

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, (2021). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (8th rev. ed.). National Academies Press, Washington, DC.

National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th rev. ed.). National Academies Press.

Nix, J., Schettini, G., & Biase, F. (2023). Sexing of cattle embryos using RNA-sequencing data or polymerase chain reaction based on a complete sequence of cattle chromosome Y. *Frontiers in Genetics*, 14, 1038291. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1038291>

NOAA. (2021). *Centros Nacionales de Información Ambiental de la NOAA, Climate at a Glance: Global Time Series*, publicado en junio de 2021, recuperado 2 de abril de 2025 de <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/>

Noordhuizen, J., & Buurman, J. (1984). Veterinary quarterly VAMPP: a veterinary automated management and production control programmed for dairy farms (the application of mumps for data processing). *Veterinary Quarterly*, 6(2), 66–72. <https://doi.org/10.1080/01652176.1984.9693914>

Overton, M., & Eicker, S. (2025). Associations between days open and dry period length versus milk production, replacement, and fertility in the subsequent lactation in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 108(4), 3764-3779. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26055>

Parkinson, T. (2004). Evaluation of fertility and infertility in natural service bulls. *The Veterinary Journal*, 168(3), 215–229. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2003.10.017>

Pascottini, O., Leroy, J., & Opsomer, G. (2020). Metabolic stress in the transition period of dairy cows: focusing on the prepartum period. *Animals*, 10(8), 1419. <https://doi.org/10.3390/ani10081419>

Perea, M., Perdomo, D., Corredor, Z., González, M., Hernandez-Fonseca, H., & Perea, F. (2022). Lunar cycle influences production of tilapia (*Oreochromis* spp) eggs in an intensive outdoor production system in the tropics. *Journal of Biological Rhythms*, 37(2), 177–184. <https://doi.org/10.1177/07487304211069453>

Pinedo, P., Santos, J., Chebel, R., Galvão, K., Schuenemann, G., Bicalho, R., Gilbert, R., Rodriguez, S., Seabury, C., Rosa, G., & Thatcher, W. (2020). Associations of reproductive indices with fertility outcomes, milk yield, and survival in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 103(7), 6647–6660. <https://doi.org/10.3168/JDS.2019-17867>

Polsky, L., & Von Keyserlingk, M. A. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 8645-8657.

Postiglioni, A., Larocca, C., Carbo, A., Fernández, A., Llambí, S., Kelly, L., & Rodríguez, J. (1994). Determinación del sexo por amplificación del ADN en embriones bovinos pre-transferencia. *Veterinaria*, 29(124), 4–9. <https://revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/603>

Pulla-Merchán, A., & Quito-Ucho, K. (2023). *Efecto de la época del año y del ciclo lunar sobre variables reproductivas en bovinos*. [Tesis de licenciatura, Universidad de la Cuenca]. 47 pp. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/42567>

Rasmussen, A., Strandberg, E., Kronqvist, C., Holtenius, K., & Båge, R. (2025). Associations between days open and dry period length versus milk production, replacement, and fertility in the subsequent lactation in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 108(12), 12872–12874. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26970>

Rattanasuk, S., Parnpai, R., & Ketudat, M. (2011). Multiplex polymerase chain reaction used for bovine embryo sex determination. *Journal of Reproduction and Development*, 57(4), 539–542. <https://doi.org/10.1262/jrd.10-126M>

Restrepo-Rivera, J. (2005). *La luna: el sol nocturno en los trópicos y su influencia en la agricultura*. (3ª ed). Tegucigalpa, Honduras, Fundación Junquira Candirú, 222 pp.

Roelofs, J., Lopez-Gatius, F., Hunter, R., Van Eerdenburg, F., & Hanzen, C. (2010). When is a cow in estrus? clinical and practical aspects. *Theriogenology*, 74(3), 327-344.

Salazar, M., Castillo-Badilla, G., Murillo, J., Hueckmann, F. & Romero, J. (2014). Effect of age at first calving on first lactation milk yield in Holstein cows from Costa Rican specialized dairy herds. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 4, 197-203. <http://dx.doi.org/10.4236/ojvm.2014.49023>

Salinas, P. (2018). Flow cytometry and sperm sexing in animals. *International Journal of Medical and Surgical Sciences*, 3(3), 893–902. <https://doi.org/10.32457/ijmss.2016.022>

Sammad, A., Umer, S., Shi, R., Zhu, H., Zhao, X., & Wang, Y. (2020). Dairy cow reproduction under the influence of heat stress. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(4), 978–986. <https://doi.org/10.1111/jpn.13257>

Savage, R., Zafar, N., Yohannan, S., & Miller, J. (2025). *Melatonin*. In StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534823/>

Schaeffer, L. (2002). Dairy Cattle Test Day History: A Case Study. In M. Rothschild & S. Newman (Eds.), *Animal Breeding and Genetics* (pp. 233–246). Ontario, Canadá: CABI International. Retrieved from https://books.google.com.cu/books?hl=es&lr=&id=l6x0d7D1tKAC&oi=fnd&pg=PA233&dq=lawrence+schaeffer+test+day&ots=qoXQxB9pD&sig=PF9Nw_aXoIXRkkLRH3fmyLz2Zy4&redir_esc=y#v=onepage&q=lawrenceschaeffer+test+day&f=false

Schatte, M., & Keller, K. (2024). *The association of lunar phases with pregnancy at first artificial insemination of dairy cows*. [Master's thesis, Colorado State University].

Schultz, M., Capellari, A., & Sánchez, S. (2023). Análisis de la edad al primer parto en el desempeño productivo y reproductivo en la primera lactación de vacas Holstein en un sistema intensivo de Argentina. *Revista Veterinaria*, 34(2), 48-54.

Sehested, J., Gaillard, C., Lehmann, J., Maciel, G., Vestergaard, M., Weisbjerg, M., Mogensen, L., Larsen, L., & Kristensen, T. (2019). Extended lactation in dairy cattle. *Animal*, 13(S1), s65-s74. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000806>

Sequeira, L. (2015). *Andrología e inseminación artificial* (1ª ed). Universidad Nacional Agraria, Departamento de Medicina Veterinaria. Managua, Nicaragua.

Serrano-Díaz, G., & Villa-Mesa, O. (2019). Efecto de algunos factores del modelo productivo y las fases lunares sobre la duración de la gestación y sexo de la cría bovina. *Spei Domus*. 15(30-31), 1-20. <https://doi.org/10.16925/2382-4247.2019.01.02>

Sheldon, I., Wathes, D., & Dobson, H. (2006). The management of bovine reproduction in elite herds. *The Veterinary Journal*, 171(1), 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.06.008>

Simões, J., Medeiros, I. (2025). Intervalo entre partos en vacas lecheras. En: Simões, J. (eds.) *Enciclopedia de Medicina Ganadera para la Producción de Animales Grandes y Avícolas*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52133-1_375-1

Sorensen, M., Nørgaard, J., Theil, P., Vestergaard, M., & Sejrsen, K. (2006). Cell turnover and activity in mammary tissue during lactation and the dry period in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4632-4639. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72513-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72513-9)

Starwalk (2025) *Calculadora de fase lunar*, recuperado 1 de abril de 2025, de <https://starwalk.space/es/moon-calendar>

Statistical Analysis System, SAS. (2013). SAS User's guide: Statistics. Cary, N.C, USA: SAS Institute.

Subramaniam, A., Devarajan, K., Velayutham, N., & Mohanan, M. (1991). Effect of lunar phases on variability of inseminations in cattle. *Australian Veterinary Journal*, 68(2), 71–72. <https://doi.org/10.1111/J.1751-0813.1991.TB03141.X>

Tao, S., Orellana, R., Marins, T., Chen, Y., Gao, J., & Bernard, J. (2020). Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. *Theriogenology*, 150, 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048>

Temesgen, M., Assen, A., Gizaw, T., Minalu, B., & Mersha, A. (2022). Factors affecting calving to conception interval (days open) in dairy cows located at Dessie and Kombolcha towns, Ethiopia. *PloS one*, 17(2), e0264029.

Thatcher, W., & Santos, J. (2022). Reproduction, Events and management: pregnancy: control of estrous cycles: synchronization of ovulation and insemination. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (pp. 1010–1020). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00059-3>

Titler, M., Maquivar, M., Bas, S., Rajala-Schultz, P., Gordon, E., McCullough, K., Federico, P., & Schuenemann, G. M. (2015). Prediction of parturition in Holstein

dairy cattle using electronic data loggers. *Journal of Dairy Science*, 98(8), 5304–5312. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9223>

Torres, A. (2012). *Determinar la influencia de la luna en la agricultura*. [Monografía para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional de la Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3078>

US Navy (2025) *Dates of the main phases of the moon*, retrieved April 1, 2025, from <https://aa.usno.navy.mil/data/MoonPhases>

Valchev, V., Marinov, I., & Angelova, T. (2020). Relationship Between Age at First Calving and Longevity and Productive Life in Holstein Cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 68(5), 867-874.

van Knegsel, A., Burgers, E., Ma, J., Goselink, R., & Kok, A. (2022). Extending lactation length: consequences for cow, calf, and farmer. *Journal of Animal Science*, 100(10), skac220. <https://doi.org/10.1093/jas/skac220>

VanRaden, P., Sanders, A., Tooker, M., Miller, R., Norman, H., Kuhn, M., & Wiggans, G. (2004). Development of a national genetic evaluation for cow fertility. *Journal of Dairy Science*, 87(7), 2285-2292.

Vargas-Leitón, B., Romero-Zúñiga, J., Rojas, J., Galina, C., & Martínez, J. (2024). Lifetime milk production of Holstein cattle in the humid tropics compared to Holstein-Gyr and Holstein-Brahman crosses. *Reproduction in Domestic Animals*, 59(5), e14582.

Vijayakumar, M., Park, J., Ki, K., Lim, D., Kim, S., Park, S., & Kim, T. (2017). The effect of lactation number, stage, length, and milking frequency on milk yield in Korean Holstein dairy cows using automatic milking system. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(8), 1093–1098. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0882>

Villafuerte, J. (2020). *Identificar la influencia de las fases lunares sobre el sexo de las crías bovinas al servicio con registros de la asociación Holstein del*

Ecuador 2015 – 2018. [Tesis de Pregrado, Universidad de las Américas]. 40 pp. Repositorio Digital UDLA. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/11917>

Vogel, T. (2023). Moon phases. NASA Science, published on June 5, 2023, retrieved on July 15, 2025, from <https://science.nasa.gov/moon/moon-phases/>

Walsh, S., Delaby, L., Kennedy, M., Galvin, N., McKay, Z., & Egan, M. (2024). Intake profile, milk production, and energy balance of early-lactation spring-calving Holstein Friesian and Jersey× Holstein Friesian dairy cows in high-utilization pasture-based systems. *Journal of Dairy Science*, 107(10), 8058-8071.

Wathes, D., Cheng, Z., Bourne, N., Taylor, V., Coffey, M., & Brotherstone, S. (2007). Differences between primiparous and multiparous dairy cows in the inter-relationships between metabolic traits, milk yield and body condition score in the periparturient period. *Domestic Animal Endocrinology*, 33(2), 203-225. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2006.05.004>

Wise, M., Armstrong, D., Huber, J., Hunter, R., & Wiersma, F. (1988). Hormonal alterations in the lactating dairy cow in response to thermal stress. *Journal of Dairy Science*, 71(9), 2480–2485. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79834-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79834-3)

Wisnieski, L., Norby, B., Pierce, S., Becker, T., Gandy, J., & Sordillo, L. (2019). Predictive models for early lactation diseases in transition dairy cattle at dry-off. *Preventive Veterinary Medicine*, 163, 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.12.014>

Wrzecińska, M., Czerniawska-Piątkowska, E., & Kowalczyk, A. (2021). The impact of stress and selected environmental factors on cows' reproduction. *Journal of Applied Animal Research*, 49(1), 318–323. <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1960842>

Xiao, L., & Head, J. (2020). Geological characteristics of the moon. *Oxford Research Encyclopedia of Planetary Science*, retrieved on July 20, 2025, from <https://oxfordre.com/planetaryscience/view/10.1093/acrefore/9780190647926.001.0001/acrefore-9780190647926-e-90>

Yonezawa, T., Uchida, M., Tomioka, M., & Matsuki, N. (2016). Lunar cycle influences spontaneous delivery in cows. *PloS one*, 11(8), e0161735. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161735>