

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Efecto de la época del año y del ciclo lunar sobre variables reproductivas en bovinos

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


Autoras:

Adriana Michelle Pulla Merchán

Katherine Paola Quito Ucho

Directora:

María Silvana Méndez Álvarez

ORCID:  0000-0001-5139-7173

Cuenca, Ecuador

2023-08-01

Resumen

En este estudio se evaluó el efecto de la época del año y del ciclo lunar sobre el sexo de la cría, la duración de la gestación, y la frecuencia de partos y de preñeces. Se analizaron 125.499 registros reproductivos entre 1992 y 2014, de 36 fincas localizadas en la cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela. De acuerdo a la proporción de luminosidad de la luna el ciclo lunar se dividió en 30 periodos de 0,984 días cada uno, y en cuatro periodos (2 días alrededor de luna nueva; 2 días alrededor de luna llena; 13 días en la fase creciente; y 13 días en la fase menguante). La época del año se dividió en seca (diciembre-marzo), intermedia (abril-agosto) y lluviosa (septiembre-diciembre). Los datos se analizaron mediante regresión logística del programa estadístico SAS (sexo de la cría), y análisis de varianza aplicando el modelo lineal general (duración de la gestación y la frecuencia de partos y preñeces). Con relación a la proporción de sexos no hubo efecto de la época ni del ciclo lunar. Sobre la proporción de preñeces y partos no hubo efecto de la época del año, pero sí del ciclo lunar. Mayor proporción de preñeces y partos ocurrieron alrededor de luna nueva y luna llena. La época del año y el ciclo lunar afectaron la duración de la gestación.

Palabras clave: ciclo lunar, reproducción dirigida, gestación, partos

Abstract

In this study, the effect of season and lunar cycle on calf sex, gestation length, and calving and pregnancy frequency was evaluated. Were analyzed 125,499 reproductive records between 1992 and 2014, from 36 farms located in the Maracaibo Lake basin, Venezuela. According to the proportion of moonlight the lunar cycle was divided into 30 periods of 0.984 days each, and into four periods (2 days around new moon; 2 days around full moon; 13 days in the waxing phase; and 13 days in the waning phase). Three seasons were established: dry (December-March), intermediate (April-August) and rainy (September-December). Data were analyzed by logistic regression of the SAS statistical program (sex of the calf), and analysis of variance using the general linear model (duration of gestation and frequency of births and pregnancies). There was no effect of season or lunar cycle on sex ratio. On the proportion of pregnancies and parturitions there was no effect of season, but there was of the lunar cycle. The highest proportion of pregnancies and parturitions occurred around the new moon and full moon. The time of year and the lunar cycle affected the length of gestation.

Key words: lunar cycle, directed reproduction, gestation, births

Índice de contenido

Introducción	11
2. Objetivos.....	13
2.1.1. Objetivo general	13
2.1.2 Objetivos específicos.....	13
3. Marco Teórico.....	14
3.1 Fisiología reproductiva.....	14
3.1.1 Pubertad	14
3.1.2 Ciclo estral	15
3.1.3 Control Neuroendocrino de la reproducción	17
3.1.4 Gestación y parto.....	18
3.2 Factores que afectan la reproducción.....	21
3.2.1 Factores del animal.....	21
3.2.2 Factores del manejo.....	22
3.2.3 Época del año	24
3.2.3.1 Evidencias o bases fisiológicas de estos cambios.....	25
3.2.4 Ciclo lunar	26
3.2.4.1 Evidencias o bases fisiológicas de estos cambios.....	27
4. Metodología	29
4.1 Localización de la investigación.....	29
4.2 Condiciones ambientales.....	29
4.3 Manejo de los rebaños	29
4.4 Información sobre el ciclo de la luna.....	30
4.5 Variables de estudio	30
4.6 Análisis estadístico	31
5. Resultados.....	32
5.1 Influencia de la época del año	32
5.1.1 Sobre el sexo de la cría.....	32
5.1.2 Sobre la frecuencia de preñeces.....	32

5.1.3 Sobre la frecuencia de partos.....	33
5.1.4 Sobre la duración de gestación.....	34
5.2 Influencia del ciclo lunar	34
5.2.1 Sobre el sexo de la cría.....	34
5.2.2 Sobre la frecuencia de preñeces.....	35
5.2.3 Sobre la frecuencia de partos.....	35
5.2.4 Sobre la duración de gestación.....	36
6. Discusión	38
6.1 Influencia de la época del año	38
6.2 Influencia del ciclo lunar	38
Conclusiones	42
Referencias.....	43

Índice de figuras

Figura 1. División del ciclo lunar en 30 periodos de 0,984 días cada uno. División del ciclo lunar en cuatro períodos: 1) ~2 días alrededor de luna nueva (LN); 2) ~2 días alrededor de luna llena (LL); 3) ~13 días en la fase creciente (PC); 4) ~13 días en la fase menguante (PM).	31
Figura 2. Influencia de la época del año en la que ocurrió la preñez sobre el sexo de la cría en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por época: 1) n: 43845; 2) n: 49188; 3) n: 28243.....	32
Figura 3. Influencia de la época del año sobre la frecuencia de preñeces en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por época: 1) n: 43845; 2) n: 49188; 3) n: 28243. ...	33
Figura 4. Influencia de la época del año en la que ocurrió la preñez sobre la frecuencia de partos en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por época: 1) n: 38909; 2) n: 51202; 3) n: 31165.....	33
Figura 5. Influencia de la época del año en la que ocurrió la preñez sobre la duración de la gestación en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por época: 1) n: 43845; 2) n: 49188; 3) n: 28243.	34
Figura 6. Influencia de los días del ciclo lunar en el momento en que ocurrió la preñez sobre el sexo de la cría en vacas mestizas tropicales. n: 121276.	35
Figura 7. Influencia del ciclo lunar el día de la concepción sobre la frecuencia de preñeces en vacas mestizas tropicales. ^{a-b} P < 0,0001. LL: luna llena; LN: luna nueva; EC: Etapa creciente; EM: etapa menguante. Número de observaciones por fase: 1) n: 19329; 2) n: 19602; 3) n: 40880; 4) n: 41465.....	35
Figura 8. Influencia del ciclo lunar al momento del parto sobre la frecuencia de partos en vacas mestizas tropicales. ^{a-b} P < 0,0001. LL: luna llena; LN: luna nueva; EC: Etapa creciente; EM: etapa menguante. Número de observaciones por fase: 1) n: 19329; 2) n: 19602; 3) n: 40880; 4) n: 41465.....	36
Figura 9. Influencia de la fase lunar al momento de ocurrir la preñez sobre la duración de la gestación en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por fase: 1) n: 19329; 2) n: 19602; 3) n: 40880; 4) n: 41465.	37
Figura 10. Influencia de la fase lunar al momento del parto sobre la duración de la gestación en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por fase: 1) n: 24528; 2) n: 24960; 3) n: 35671; 4) n: 35475. ^{a-b} P < 0,05.	37

Índice de tablas

Tabla 1. Datos climáticos representativos de las tres áreas agroecológicas en las que se encuentra localizadas las fincas del estudio.....	29
--	----

Agradecimientos

Gracias a Dios por habernos guiado y darnos fuerza para cumplir nuestro objetivo, a nuestras familias y amigos por sus consejos y apoyo incondicional en todo momento.

Le agradecemos muy profundamente a nuestra directora de tesis Dra. Silvana Méndez, por su dedicación y apoyo, sin su guía no habiéramos podido alcanzar este objetivo. Así como al Dr. Fernando Perea, quien nos brindó la información necesaria para este proyecto, además por su paciencia y consejos, lo llevaremos grabado siempre en la memoria en nuestro futuro profesional.

A nuestros compañeros y colegas, quienes se han convertido en nuestros amigos, gracias por las horas compartidas, trabajos e historias vividas.

Por último, a la facultad y sus docentes que han sido parte de nuestro camino universitario, por transmitirnos los conocimientos necesarios con vocación para hoy poder estar aquí.

Michelle & Paola

Dedicatoria

A mi padre Miguel y a Ceci que ha sido como una madre para mí por estar conmigo en cada paso del camino, por sus consejos y apoyo para convertirme en una mejor persona y profesional. A mis hermanos Gabriela y Joseph por su amor y apoyo durante los momentos difíciles.

A mi madre Laura (Q.E.P.D.), quien desde el cielo es la luz que me da fuerzas para seguir adelante en cada momento de mi vida.

A mi querida amiga y compañera de tesis Katysita, por su amistad incondicional, su apoyo y dedicación para culminar este trabajo.

A mis compañeros fieles, mis mascotas Pelusa y Rayito, que me acompañaron durante todas las noches de desvelo, fueron mis primeros pacientes y su sola presencia me llenaba de motivación para seguir estudiando.

Finalmente, a mis amigas, Stephanie, Anggie y Karen por estar siempre ahí cuando más las necesito, por sus consejos, por alentarme a siempre seguir adelante y por todo su cariño de verdad mil gracias hermanitas, están siempre en mi corazón.

Adriana Michelle Pulla Merchán.

Dedicatoria

A mis padres, a quienes amo y admiro mucho Teresa y Ángel, por su sacrificio y esfuerzo de cada día para que saliera adelante, sin ustedes no lo habría logrado. Por sus consejos y ser el pilar fundamental en mi vida gracias por apoyarme en el camino que elegí. En especial a mi querida madre por ser mi cómplice, mi confidente y mi amiga, por ayudarme a crecer por amarme, pero sobre todo gracias por nunca cortarme las alas.

A mis hermanos Mónica, Fernando y Adrián por sus locuras, amistad y complicidad en todo momento, por hacer mis días mejores.

A mi amiga Kathy por sus consejos, apoyo moral y nunca dejarme sola, por hacerme reaccionar cuando pensaba que no podía continuar y por demostrarme que la verdadera amistad si existe.

A mi compañera de tesis y amiga Michelle, por su esfuerzo, dedicación y sobre todo por ser incondicional en las buenas y malas.

Finalmente, a mis amigas por su apoyo constante y por llenar mi vida con sus valiosos consejos.

Katherine Paola Quito Ucho

Introducción

A través del tiempo la influencia de la luna en ciertos eventos biológicos de los animales ha causado curiosidad, superstición e interés científico (Wake et al., 2010). Como se sabe, existe una comprobada influencia de la luna sobre aspectos biológicos de algunos animales (Zimecki, 2006). También se ha demostrado que la época del año influye en la reproducción animal (Gwazdauskas, 1985). Sin embargo, en bovinos la información disponible es escasa, particularmente en cuanto al efecto del ciclo lunar sobre la proporción de sexos de la descendencia, la duración de la gestación y la frecuencia de partos y preñeces.

Numerosos estudios han demostrado que la luna influye sobre los animales. Por ejemplo, los niveles de melatonina en el plasma del pez conejo dorado cambian con la intensidad de la luz de la luna durante la noche (Zimecki, 2006). La luz percibida por la retina se transforma en una señal endocrina en la glándula pineal que conduce al aumento nocturno de la liberación de melatonina (Szpręgiel & Wronska, 2020).

En mamíferos, una investigación en yeguas reveló que la probabilidad de concepción era mayor dos días después de luna llena (Kollerstrom & Power, 2000). Popescu et al. (2017) mencionan que en luna llena se obtuvo mayor proporción de gestaciones que en luna nueva en bovinos. También se expone que la IA es más efectiva en la fase oscura del período lunar (Yonezawa et al., 2016). Otro estudio afirma que las cuatro fases lunares en conjunto no tuvieron influencia sobre el sexo de las crías bovinas, pero en luna nueva y cuarto menguante nacieron proporcionalmente más hembras que machos (55.7 versus 44,2% y 56.6 versus 43,3% respectivamente) (Navarrete, 2017).

Al igual Roche et al (2006) indican que es más probable que un ternero sea macho si nace después de períodos de alta temperatura del aire y/o alta evaporación. Se ha informado que los cambios en la presión atmosférica y la temperatura afectan el momento del parto en bovinos (Troxel & Gadberry, 2012). En vacas lecheras se demostró que la frecuencia de partos aumentó desde la fase de luna nueva hasta luna llena y disminuyó hasta el cuarto creciente, estos cambios fueron evidentes en múltiparas no así en nulíparas (Yonezawa et al., 2016). En cuanto a la duración de la gestación, en un trabajo sobre novillas, se demostró que la gestación es más prolongada durante la fase de cuarto menguante y más corta cuando está próxima a Luna Llena, de igual manera es más prolongada en invierno y más corta en verano y otoño (Caballero, 2008).

Con los antecedentes expuestos, se vio la importancia de valorar el efecto de la época del año y del ciclo lunar sobre las variables reproductivas antes mencionadas en bovinos. Por

ello este trabajo propuso evaluar una base de datos recolectada a lo largo de 25 años para comprobar dicho efecto.

2. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la época del año y del ciclo lunar sobre variables reproductivas en bovinos

2.1.2 Objetivos específicos

- Analizar el efecto de la época del año sobre el sexo de la cría, duración de la gestación, frecuencia de partos y de preñeces.
- Analizar el efecto del ciclo lunar sobre el sexo de la cría, duración de la gestación, frecuencia de partos y de preñeces.

3. Marco Teórico

3.1 Fisiología reproductiva

3.1.1 Pubertad

La pubertad es el proceso en el cual los animales adquieren la capacidad de liberar gametos viables, aparecen las primeras características sexuales secundarias, los órganos reproductivos adquieren un gran crecimiento y desarrollo; y por ende, la capacidad de reproducirse es un proceso activo, continuo y progresivo (Galina & Valencia, 2009). El inicio de esta etapa depende de la capacidad de las neuronas hipotalámicas específicas de producir cantidades suficientes de GnRH (hormona liberadora de gonadotropina) para así promover y apoyar la gametogénesis (Senger Phillip, 2003).

Los niveles de gonadotropina hipofisaria prepuberal son elevados, pero sus valores circulantes son bajos, considerando que el retraso de la pubertad se debe a la hiposecreción de éstas por parte de la hipófisis. Por ello, aunque se mencione que la capacidad de respuesta de la hipófisis y de las gónadas en animales prepúberes es similar a la de animales maduros, la diferencia entre estos es que el mecanismo de la secreción de pulsos de GnRH y por lo tanto de LH (hormona luteinizante) está inhibido en animales inmaduros. Y a medida que se acerca el animal a la pubertad, aumenta la capacidad de respuesta de sus gónadas a las gonadotropinas y se activa este mecanismo (Galina & Valencia, 2009).

Una vez que se ha desarrollado la capacidad de respuesta del centro cíclico y la concentración de E2 periférico es suficiente, se desencadena la liberación de una gran cantidad de GnRH que provoca el pico preovulatorio de LH y la primera ovulación espontánea con la presencia de un cuerpo lúteo activo, marcando el inicio de la pubertad en la hembra. En el macho la pubertad inicia cuando produce por primera vez los espermatozoides suficientes para poder preñar a una hembra (Zarazaga, 2020). Se da por la retroalimentación negativa hacia la secreción tónica de GnRH regulada por la testosterona producida en el testículo. Al igual que en la hembra la sensibilidad del hipotálamo a la GnRh se va perdiendo conforme el individuo se acerca a la pubertad permitiendo que se establezca la espermatogénesis (Galina & Valencia, 2009).

Existen factores intrínsecos y extrínsecos del animal que pueden afectar el inicio de la pubertad. Se menciona que los animales deben alcanzar un peso determinado (requieren un 40-65 % del peso adulto) antes de iniciarse los ciclos reproductivos, ya que la nutrición está relacionada al desarrollo general del animal y de sus órganos reproductivos (Zarazaga, 2020). Además, se ha demostrado que las señales metabólicas influyen en la producción de GnRH, ya que la leptina (péptido hormonal producido por los adipocitos) la cual esta correlacionada directamente con el nivel de grasa corporal, al llegar al nivel ideal “notifica” a las neuronas

de GnRH que el animal tiene el estado nutricional adecuado para entrar a la pubertad (Senger Phillip, 2003).

En cuanto a la genética, dentro de cada especie existen diferencias de edad para el inicio de la pubertad entre razas. La raza Holstein alcanza la pubertad a temprana edad (hembras 8 meses y machos 9 meses), Brown Swiss (hembras 12 meses y machos 9 meses), Angus (hembras 12 meses y machos 10 meses), Hereford (hembras 13 meses y machos 11 meses), Brahman (hembras 19 meses y machos 17 meses), y los animales mestizos a la edad media de sus razas progenitoras (Senger Phillip, 2003). También la temperatura y el fotoperiodo afectan el inicio de la pubertad, cuando la luz del día dura más, se adelanta la pubertad, mientras que en presencia de temperaturas altas existe un retardo de la misma; y en cuanto a los factores sociales se menciona que la introducción de un macho adelanta la pubertad en las hembras (Zarazaga, 2020).

3.1.2 Ciclo estral

Se conoce como ciclo estral al tiempo entre dos períodos de celo. En la especie bovina que son animales poliéstricos no estacionales este se repite continuamente todo el año en un animal no preñado y los ciclos estrales que tienen una duración entre 17 y 24 días, 21 en promedio se consideran normales. Si bien se esperan diferencias individuales entre los miembros de una especie, los períodos variables en un mismo individuo pueden indicar irregularidades (Bearden & Fuquay, 1980).

El ciclo estral se da gracias a la actividad conjunta del hipotálamo, glándula pituitaria, ovarios y útero, estos se comunican en gran parte mediante hormonas. Siendo las principales: la GnRH, que es secretada por el hipotálamo; LH y FSH (hormona foliculoestimulante), que son secretadas por la hipófisis; E2 (estradiol), inhibina y P4 (progesterona), que son de origen ovárico; y PGF2 (prostaglandina F2 alfa), que es secretada por el útero. Otras hormonas, como la prolactina o los andrógenos, también están involucradas, pero en menor medida (Ungerfeld, 2020).

El ciclo estral de las vacas se divide en dos fases: fase lútea y fase folicular dependiendo de la presencia o ausencia de un cuerpo lúteo activo. En primera hay una dominancia ovárica de un cuerpo lúteo maduro o inmaduro, que produce P4 y comprende 2 etapas: el metaestro y diestro; en la segunda hay una dominancia de estructuras foliculares en el ovario que producen grandes cantidades de estrógenos y comprende las etapas del proestro y el estro (Bearden & Fuquay, 1980) (Ungerfeld, 2020).

El inicio del proestro es cuando la P4 se reduce a causa de la luteólisis (destrucción del cuerpo lúteo) y finaliza cuando empieza el celo, tiene una duración de 2 a 3 días en las vacas; las

hormonas FSH y LH son las responsables de este cambio. Durante esta etapa los folículos son reclutados para la ovulación y el organismo se prepara para la aparición del celo y apareamiento (Senger Phillip, 2003).

El estro es la etapa en la cual la hembra bovina tiene receptividad al macho, siendo el E2 la hormona que predomina en esta etapa, tiene una duración media de 18 horas (rango de 8 a 24 horas) (Thomas & Ellis, 2021). También es la más fácil de identificar ya que la vaca presenta conductas notorias que sugieren que la receptividad sexual se acerca; entre las conductas que se observan están: la vaca comienza a caminar mucho, se muestra inquieta y nerviosa, vocalizará e intentará montar a otras vacas; sin embargo, durante estos primeros signos no acepta al macho, conforme el estro avanza, también lo hace su receptividad para el apareamiento, durante este tiempo presenta abundante descarga de moco por la vulva y tiene reflejo de quietud (se queda quieta cuando otra vaca intenta montarla) (Senger Phillip, 2003).

La etapa del metaestro comienza al finalizar el estro y termina cuando hay un cuerpo lúteo presente, aquí puede ocurrir un evento conocido como sangrado del metaestro. Este periodo tiene una duración de 2-4 días, se produce la ovulación (28-30 h después del celo) que da como resultado un cuerpo hemorrágico, transformación celular y estructural (luteinización) produciendo la formación del cuerpo lúteo. Aquí los niveles de P4 son significativos y los de E2 disminuyen (Bearden & Fuquay, 1980) (Senger Phillip, 2003).

El diestro es el periodo del ciclo donde existe un cuerpo lúteo totalmente funcional, en la vaca comienza el día 5 del ciclo y existe una gran cantidad de P4 en la sangre, este periodo finaliza con la involución del cuerpo lúteo el día 16-17 (Bearden & Fuquay, 1980). Aquí las hembras no muestran receptividad sexual y rechazan al macho (Ungerfeld, 2020).

Aunque la fase folicular representa solo el 20% del ciclo estral, el proceso de crecimiento folicular, conocido como dinámica folicular, continúa durante todo el ciclo. Se desarrollan folículos antrales de varios tamaños por los niveles tónicos de FSH y LH. La dinámica folicular consiste en: reclutamiento, selección, dominancia y atresia (degeneración de folículos). El reclutamiento es el inicio del desarrollo folicular precedido de un pico de FSH, en la que una cohorte de folículos pequeños (<4 mm) empiezan a crecer y producir E2, en esta etapa algunos pueden sufrir atresia. Luego viene la fase de selección donde el grupo de folículos que no sufrieron atresia crecen (5-6 mm), son seleccionados y pueden convertirse en el folículo dominante o sufrir atresia. Por último, en las vacas un único folículo llega a ser el dominante, adquiere receptores para LH, con un diámetro promedio de 10mm, se conoce como la fase de dominancia (Senger Phillip, 2003).

3.1.3 Control Neuroendocrino de la reproducción

La reproducción está regulada por una notable interacción entre el sistema nervioso y el sistema endocrino mediante hormonas que forman parte del eje hipotálamo hipófisis gonadal. La hipófisis anterior produce dos hormonas primarias que son conocidas como gonadotrópicas ya que estimulan a las gónadas y son secretadas de forma pulsátil, estas hormonas son: FSH que promueve el crecimiento folicular y la producción de estrógenos por los ovarios y LH que provoca la maduración y ruptura del folículo, liberación del óvulo (ovulación), estimula la formación del cuerpo lúteo y producción de progesterona (Bearden & Fuquay, 1980).

El hipotálamo secreta un decapeptido que es la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) la cual mediante el sistema porta hipotálamo-hipofisiario regula la liberación de hormonas gonadotrópicas FSH y LH. La kisspeptina producida en el hipotálamo también estimula la liberación de GnRH (Ungerfeld, 2020).

Las principales hormonas esteroideas producidas por las gónadas en el caso de las hembras son los estrógenos producidos por las células de Graaf que son luteolíticos, el de mayor importancia es el estradiol y sus principales funciones son: la manifestación del comportamiento de cópula, cambios cíclicos, desarrollo de conductos de la glándula mamaria, desarrollo de características sexuales secundarias, regulación de la llegada a la pubertad, duración del periodo anestro-postparto, y los progestágenos producidos por el cuerpo lúteo siendo el más representativo la progesterona, sus funciones son inhibir el comportamiento sexual, prepara el útero para recibir el ovulo fecundado, mantenimiento de la preñez, promover el desarrollo alveolar de la glándula mamaria (Thomas & Ellis, 2021). En los machos las células de Leydig producen andrógenos el principal la testosterona cuyas funciones son: desarrollo de las características sexuales secundarias, expresión de la libido, espermiogénesis y función de las glándulas accesorias (Bearden & Fuquay, 1980; Senger, 2003).

La producción de hormonas ováricas está directamente influenciada por las gonadotropinas producidas por la hipófisis anterior. La FSH y la LH son secretadas por la hipófisis y viajan por la sangre hasta el ovario, la liberación de FSH y LH está mediada por la GnRH del hipotálamo. La FSH estimula la captación, el crecimiento y el desarrollo de oleadas foliculares, mientras que la LH favorece el desarrollo continuado de un folículo dominante. Además, un aumento de la liberación de LH en torno al inicio del celo hace que el folículo inicie el proceso ovulatorio y se convierta en cuerpo lúteo (Thomas & Ellis, 2021).

El sistema porta hipofisiario es el encargado de conectar el hipotálamo y la hipófisis anterior, que fluye a través de la vena porta hipofisaria hacia los capilares de las células de la

adenohipófisis, donde estimulan o inhiben la secreción de las distintas hormonas adenohipofisarias (Ungerfeld, 2020). Este sistema portal permite que se depositen cantidades extremadamente pequeñas (picogramos) de hormonas liberadoras en el plexo capilar del tallo pituitario. Luego las hormonas liberadoras se transfieren de forma inmediata y directa a un segundo plexo capilar en el lóbulo anterior de la neurohipófisis, donde la hormona liberadora hace que las células de los capilares hipofisarios liberen otras hormonas (Senger, 2003).

Las gonadotropinas y las hormonas esteroideas trabajan en conjunto para mantener el equilibrio hormonal en la reproducción, mediante el feedback negativo en el que los niveles altos de progesterona inhiben la liberación de FSH y LH de la hipófisis anterior, secretando así niveles basales de GnRH que no son suficientes para estimular un patrón de secreción adecuado de LH que promueva el desarrollo folicular y la producción de altos niveles de estradiol necesarios para la ovulación. Al contrario, cuando bajan los niveles de progesterona luego de la luteólisis, las altas concentraciones de estrógenos, a través de un mecanismo de feedback positivo, estimulan la liberación de GnRH y como consecuencia de grandes cantidades de LH y prolactina (Bearden & Fuquay, 1980; Senger, 2003).

3.1.4 Gestación y parto

El diagnóstico de gestación es necesario para determinar la eficiencia de los programas reproductivos e identificar problemas reproductivos tempranos. El no retorno al estro a las 3 semanas de la monta o inseminación artificial es un indicador de que la vaca esta gestante (Rodríguez, 2005). El diagnóstico mediante palpación rectal nos da una respuesta inmediata de preñez y se determina por la asimetría de los cuernos uterinos, disminución de tono y fluctuación del cuerno gestante, un cuerpo lúteo palpable y detectar una vesícula amniótica. En etapas tardías (3 meses) el útero esta flácido y los placentomas a veces son palpables, la arteria uterina esta agrandada y con frémito. El medir la progesterona en sangre o plasma 24 días después de la monta o inseminación artificial es un indicador temprano de la gestación, esta prueba puede dar falsos positivos debido a piómetra, cuerpo lúteo persistente, quistes ováricos e intervalos cortos entre celos. El método más confiable y para un diagnóstico temprano al día 26 es la ultrasonografía (Ptaszynska, 2007).

La unión del ovocito y el espermatozoide en el oviducto dan inicio a la gestación, que se extiende por 283 días aproximadamente. La gestación se puede dividir en un periodo embrionario que dura 45 días desde la fertilización y un periodo fetal desde los 46 días hasta el momento del parto. El desarrollo embrionario previo a la implantación es la clave del éxito de la gestación de los mamíferos. La mayor parte de las pérdidas de gestaciones ocurren durante los primeros días, antes de que el embrión esté listo para la implantación (Bartolome,

2009). La fecundación se produce en el ampolla del oviducto, el ovocito es recogido por el oviducto y es transportado hacia el útero por una combinación de movimiento ciliar y contracciones musculares que está bajo el control de las hormonas esteroides ováricas. La progesterona aumenta la velocidad de paso del óvulo a través de los oviductos entrando así en el útero de 4 a 5 días después de la ovulación (Ball & Peters, 2004).

Por otro lado, los espermatozoides adquieren motilidad y parte de su capacidad para fertilizar el óvulo, durante su paso por el epidídimo, sin embargo, tienen que completar su capacitación y la reacción acrosomal que requiere unas 6 horas en el tracto femenino, es por esto que es preferible inseminar vacas varias horas antes de la ovulación. En el caso del servicio por monta natural, el semen se deposita en la parte anterior de la vagina mientras que en la inseminación artificial es habitual colocarlo en el cuerpo del útero o en la parte anterior del cuello uterino. Los espermatozoides ascienden por el tracto femenino tanto por procesos activos como pasivos. La penetración del espermatozoide fertilizador estimula la reanudación de la segunda división meiótica del ovocito y la extrusión del segundo cuerpo polar. La fecundación se completa con la fusión de los pronúcleos masculino y femenino haploides proceso conocido como singamia (Bearden & Fuquay, 1980).

El óvulo de 0 a 13 días se divide mitóticamente por escisión hasta formar un grupo sólido de células conocido como mórula al día 5 o 6. Luego se convierte en blastocisto que tiene una masa celular interna destinada a formar el embrión, en el día 8 se fragmenta la zona pelúcida a la que le sigue la elongación del blastocisto. Alrededor del día 14 comienza la fase embrionaria, de la masa celular interna nacen las tres capas germinales: ectodermo que da lugar a el pelo, piel, pezuñas, glándula mamaria y sistema nervioso; mesodermo encargado de la formación del corazón, músculo y huesos; y, del endodermo se derivan los órganos internos. Al día 16 el embrión está lo suficientemente desarrollado para señalar su presencia al sistema materno y prevenir la luteólisis, para el día 45 la formación de los órganos primitivos está completa y se considera que ha comenzado la fase fetal (Zarazaga, 2020).

Para el reconocimiento materno de la preñez, el embrión produce interferón (IFN), con características inmunosupresoras, antivirales y anti proliferativas, así también evita que se dé la luteólisis. Al día 12 a partir de su trofoectodermo se producen cantidades suficientes de la proteína interferón tau (IFN) para evitar el aumento de los receptores de oxitocina, también aumenta las concentraciones de PGE en la vena uterina y la arteria ovárica (Zarazaga, 2020).

El embrión durante un tiempo absorbe nutrientes de los fluidos uterinos y de sus propios tejidos además mediante sus membranas se une al endometrio transfiriendo así metabolitos y nutrientes de la madre al feto y viceversa. El saco vitelino lleva nutrientes desde el útero al embrión que sus vasos sanguíneos absorben fácilmente. El amnios formado por una capa de

mesodermo y ectodermo que crecen sobre el embrión y eventualmente se fusionan para encerrarlo en un saco completo lleno de líquido al día 18 para brindar apoyo y protección (Ball & Peters, 2004).

Antes del parto se da la formación de la placenta y la adquisición de la función endocrina de la misma. La placenta ayuda en el intercambio metabólico entre la madre y el feto, es un órgano endocrino de transición que produce progesterona responsable del mantenimiento de la gestación, estimulación de la glándula mamaria, ayudar en el parto y crecimiento fetal. La unidad funcional de la placenta es la vellosidad coriónica que son pequeñas proyecciones en forma de dedos, estas vellosidades sobresalen del corion hacia el endometrio uterino. La glucosa es la principal fuente de energía para el feto y su consumo aumenta cerca del final de la gestación (Senger, 2003)

Durante la gestación existen diversos cambios hormonales como las bajas concentraciones de LH plasmática que debe ser suficiente para mantener la producción de progesterona durante las primeras etapas de la preñez (Ball & Peters, 2004). Las concentraciones altas de progesterona permiten mantener la gestación, esta es producida por el cuerpo lúteo hasta el día 120. La placenta produce cantidades suficientes de progesterona entre el día 150-240, de aquí hasta el parto nuevamente será responsable el cuerpo lúteo del mantenimiento de la preñez. Los estrógenos al final de la gestación aumentan la capacidad contráctil del útero, el principal estrógeno es la estrona, el sulfato de estrona aumenta en la circulación al día 70-100 y predomina en la sangre materna, y el sulfato de estradiol en el plasma fetal (Zarazaga, 2020).

Con la eliminación del "bloqueo de progesterona" (progesterona alta) y la producción de corticoides fetales se inicia el parto, que consta de tres etapas: primero las contracciones del miometrio, segundo la expulsión del feto y tercero expulsión de las membranas fetales. El eje hipotálamo-pituitario-suprarrenal fetal es responsable del inicio del parto. Al final de la gestación el feto se estresa por las limitaciones de espacio en el útero, esto hace que la hipófisis anterior del feto libere corticotropina suprarrenal (ACTH), lo que estimula la corteza suprarrenal fetal para producir corticoides. La elevación de los corticoides fetales inicia una cascada de eventos que provocan cambios dramáticos en la condición endocrina de la madre (Senger, 2003).

Los cambios provocan dos eventos principales: eliminación del "bloqueo de progesterona" miometrial, lo que permite que comiencen las contracciones miometriales y aumento de las secreciones del tracto reproductivo, en particular del cuello uterino. La eliminación del "bloqueo de progesterona" se da mediante la producción de cortisol fetal que promueve la síntesis de enzimas para transformar la progesterona en 17-hidroxiprogesterona por la

enzima que produce la 17-hidroxilasa para luego convertirla en estradiol, también se sintetiza PGF por la placenta. Las contracciones visibles se dan a medida que aumenta el estradiol y la PGF haciendo que el miometrio se vuelva más activo, la regresión del cuerpo lúteo por la PGF ayuda con la disminución de progesterona. El feto inicia la primera etapa del parto por el aumento de la presión en el útero y se coloca con las patas delanteras y la cabeza en la parte posterior de la madre, y si esto no se logra podría ocurrir distocia. El aumento de estradiol y PGF hacen que el útero se contraiga y empuje al feto hacia el cuello uterino, la presión sobre el mismo activa las neuronas sensibles a la presión que hacen sinapsis en la médula espinal y eventualmente hacen sinapsis con las neuronas productoras de oxitocina en el hipotálamo, que una vez liberada a la circulación facilita la contractilidad miometrial. Cuando la contracción del músculo liso miometrial alcanza su punto máximo, el feto ingresa al canal cervical y se inicia la etapa dos del parto. Para la expulsión del feto se necesita contracciones fuertes de los músculos miometriales y abdominales. La relaxina es una hormona estimulada por la PGF que ayuda al feto a pasar con facilidad por el canal de parto provocando la relajación del tejido conjuntivo en el cuello uterino y promoviendo la elasticidad de los ligamentos pélvicos. El aumento de estradiol inicia la actividad secretora del cuello uterino y la vagina lubricando así el canal cervical con el objetivo de reducir la fricción. Cuando el feto ejerce presión con las patas y la cabeza sobre las membranas fetales, éstas se rompen y se pierde el líquido amniótico y alantoideo que también sirven para lubricar el canal de parto cuando el feto ingresa aquí, se vuelve hipóxico promoviendo así una mayor contracción miometrial, es decir, el feto controla su salida del útero. En la última etapa las membranas fetales son expulsadas inmediatamente después de la salida del feto, con el desprendimiento de las vellosidades coriónicas de las criptas del lado materno de la placenta (Senger, 2003).

3.2 Factores que afectan la reproducción

3.2.1 Factores del animal

Existen muchas causas propias del animal que pueden llevar al fracaso reproductivo, como fallas anatómicas y hereditarias, entre ellas podemos mencionar: el freemartin (la hembra de gemelos heterosexuales es estéril), sistema reproductor infantil (sistema reproductor no desarrollado, es muy poco común), estructuras incompletas (muy común si se realiza cruce consanguíneo), hermafroditismo (poseen estructuras anatómicas de los dos sexos), criptorquidia (los testículos no descienden al escroto); y alguna lesión que puede ser provocada bien al momento del parto, en la cópula o por mala manipulación del hombre (Bearden & Fuquay, 1980).

Existen otros factores fisiológicos como la presencia de ovarios quísticos, siendo estos una de las principales causas de fallas reproductivas (comunes en las vacas lecheras durante el

período posparto), estos son estructuras foliculares que alcanzan un tamaño mayor al de ovulación, pero no logran ovular. Evitando de esta manera que ocurra un ciclo estral normal, prolongando el tiempo de servicio posparto, los intervalos parto-celo, parto-concepción y parto-parto, y como resultado teniendo varios días improductivos (Chamba et al., 2017).

Se ha visto que la edad también interviene en la capacidad productora y reproductora de las vacas, por ejemplo, las vaquillas (1 1/2-2 años) se reproducen de manera menos eficiente que las vacas (Bearden & Fuquay, 1980). Las vacas lecheras de 2 a 6 años tienen una mayor capacidad reproductiva, después la tasa de concepción comienza a disminuir entre los 7 a 11 años; la eficiencia más alta en el ganado de carne ocurre entre los 4 y 9 años (Shorten et al., 2015). También se menciona que las hembras hijas de vacas de edad media y viejas tienen mayor probabilidad de entrar antes a la pubertad en comparación con las hembras hijas de vacas jóvenes, y que la producción de leche incrementa conforme aumenta la edad de las vacas, entre los 6 y 10 años de edad (Beard et al., 2019).

Por otra parte, existen enfermedades que afectan de gran manera la reproducción, provocando abortos, afectando a la cría durante la gestación y a la fertilidad. Entre estas se encuentra: la causada por el parásito protozoario *Neospora caninum*, que provoca abortos, es de difusión mundial y no es zoonótica (Llano et al., 2018). Entre las virales: diarrea viral bovina (DVB), causada por un virus ARN (citopático y no citopático), esta puede ser subclínica, clínica e incluso producir la enfermedad de las mucosas o causar muerte fetal (Rondón, 2006). Rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) causada por el herpes virus bovino tipo 1, ésta causa problemas respiratorios y reproductivos, puede estar aparentemente inactivo por largos períodos y activarse por inmunosupresión (Parreño et al., 2010). También tenemos enfermedades bacterianas y zoonóticas como la Brucelosis (*Brucella abortus*) y la Leptospirosis (*Leptospira* spp). La primera es una enfermedad crónica que causa epididimitis y vesiculitis en los machos; en hembras nacimiento de terneros débiles, disminución de la producción de leche e infertilidad (D'Pool & Diaz, 2005). Y la segunda causa aborto, mortinato, infertilidad y disminución en la producción lechera (Betancur et al., 2013). Otra enfermedad bacteriana es la campilobacteriosis genital bovina (CGB) (*Campylobacter fetus fetus* y *Campylobacter fetus venerealis*), provoca mortalidad embrionaria y abortos esporádicos (Córdova, et al., 2017).

3.2.2 Factores del manejo

El manejo de un hato lechero o de carne busca maximizar la eficiencia reproductiva, a través de estrategias que conducen a corregir los problemas antes de que tengan un impacto serio. Sin embargo, un mal manejo puede causar un decremento drástico de la eficiencia reproductiva (Chaigneau, 2017).

La nutrición en un hato es un factor importante que modula el inicio de la función reproductiva o pubertad de manera que los animales con mayor condición corporal tienen mejores resultados reproductivos, por lo tanto, una mala nutrición resulta en bajas reservas corporales que disminuyen la tasa de ovulación, la prolificidad, la tasa de preñez, aumenta la mortalidad embrionaria y puede desencadenar un anestro estacional más largo (Ungerfeld, 2020). El déficit energético afecta de forma negativa la liberación de GnRH y LH. Una mala nutrición durante el parto puede incrementar los trastornos metabólicos, la pérdida de condición corporal y un balance energético negativo más grave. Por el contrario, un elevado consumo de materia seca aumenta la tasa de depuración metabólica de las hormonas esteroides lo que conlleva a periodos de anestro y disminuyendo la eficiencia de detección del estro (Walsh et al., 2011). La deficiencia de minerales y vitaminas en la dieta incide directamente sobre la fertilidad además la falta de elementos como el selenio y vitamina E incrementan la probabilidad de retención placentaria. El consumo de agua es indispensable para diversos procesos, un bovino adulto consume entre un 8-10% de su peso en agua, estos requerimientos aumentan en hembras gestantes y vacas lecheras para mantener la producción, cuando el consumo de materia seca disminuye en situaciones de estrés la ingestión de agua también se reduce y por ende la producción de leche (Vásquez, 2017).

El estrés en los bovinos también afecta en la reproducción, mediante mecanismos nerviosos, endocrinos y comportamentales, el animal intenta restablecer el equilibrio, como respuesta al estrés se afecta la secreción de GnRH y esto disminuye la secreción de gonadotropinas inhibiendo así la ovulación, comportamiento sexual, fertilidad y eficiencia reproductiva. Los animales pueden considerar estresante diversos factores como: el cambio de ambiente, alimentación, transporte, la integración a otro grupo social o el clima. Si el estrés es crónico el estado reproductivo se verá afectado intensamente y por más tiempo pudiendo llegar incluso a la infertilidad (Ungerfeld, 2020). Las vacas lecheras que son sometidas a maltrato secretan cortisol, como consecuencia se debilita el sistema inmune haciéndolas susceptibles a enfermedades y disminuyendo la producción de leche, así también aumentan las pérdidas embrionarias. La intimidación y la competencia durante la alimentación ocurre en espacios pequeños y sin especificaciones, esto aumenta el estrés y las peleas por dominancia que ocurre entre vacas adultas y vaquillas lo que afecta el consumo de alimento de las mismas provocando la disminución del consumo de materia seca. Cuando las vacas no están cómodas en situaciones de dolor y estrés, en suelos húmedos, encharcados y lodosos disminuye la rumia y el tiempo de descanso pudiendo permanecer de pie durante horas lo que afectará el periodo de sueño y esto altera el sistema endocrino, aumenta el gasto energético y afecta el sistema inmune (Vásquez, 2017).

La detección del estro es importante para que la inseminación se pueda llevar a cabo en el momento adecuado y al ser realizado por el hombre existen errores. Se ha demostrado que solo se puede detectar de un 60-80% de los mismos, lo que ocasiona que se duplique el periodo parto-concepción y esto disminuya el aprovechamiento productivo de los partos. Es necesario el uso de registros completos del hato, cuando no existen, el manejo reproductivo se ve afectado ya que no se podrán detectar con rapidez los problemas y así ser corregidos lo que provocará mayores pérdidas en reproducción y dinero (Bearden & Fuquay, 1980).

3.2.3 Época del año

La época del año influye de gran manera en la producción y reproducción bovina (Arias et al., 2008). Los elementos del clima que los afectan son: la radiación solar, la humedad y temperatura, la lluvia y el viento. El funcionamiento adecuado de los procesos fisiológicos de un animal depende del clima que lo rodea. Los bovinos son homeotermos (temperatura corporal constante), por ello existe una disminución en la producción y peso cuando cambia la temperatura ambiental, ya que el animal debe gastar energía para mantener la temperatura corporal dentro del rango normal (Córdova et al., 2009).

Se han realizado algunos estudios sobre cómo afecta la época del año a la eficiencia reproductiva en bovinos, demostrando que esta es mayor en primavera, ya que hay más disponibilidad de alimento y luz; otros estudios han demostrado que la eficiencia reproductiva disminuye en verano (existe estrés causado por las altas temperaturas), mientras que en otoño e invierno se mantiene. De igual manera, en los machos la calidad de la producción de semen es menor cuando termina la primavera y en los meses de verano (Bearden & Fuquay, 1980).

El estrés calórico que causan las altas temperaturas afecta de gran manera la reproducción; como se sabe el ciclo estral es muy propenso a alterarse cuando el animal sufre estrés, primordialmente causado por altas temperaturas ambientales. Lo que va a ocasionar una disminución en la intensidad y duración del celo, afectará por lo tanto a la fertilidad, el comportamiento sexual, la folículoogénesis, ovulación, función luteal e implantación. Dando como resultado una tasa de natalidad baja y un mayor intervalo entre partos (Sheen & Riesco, 2002).

En cuanto a la duración de la gestación, existen investigaciones que indican que las vacas de carne que han sido expuestas a temperatura ambientales elevadas tienen gestaciones más cortas (Wright et al., 2014). También se afirma que la gestación es más prolongada en invierno, y es más corta en las épocas de verano y otoño (Caballero, 2008).

Algunas investigaciones sugieren que el clima interviene en el sexo de las crías, ya que después de periodos de alta temperatura y/o alta evaporación es más probable que el ternero sea macho, de igual manera si la temperatura sube 1°C a la temperatura promedio máxima, aumenta 1% la probabilidad; y, si disminuye 1°C a la temperatura mínima promedio, aumenta un 0,5% la probabilidad de que sea macho. Igualmente aumenta 2,9% la probabilidad de un macho si sube un milímetro de evaporación por día (Roche et al., 2006).

Los intervalos entre partos de igual manera se ven afectados por la época del año. Se ha informado que es menor el intervalo entre partos en los meses de octubre (época de lluvia) a diciembre y más largos de enero a marzo (época de sequía); También hay resultados que indican que los terneros que nacen en época de lluvia tienen un peso más elevado al momento de su nacimiento y lo contrario con los nacidos en épocas de sequía (Hernández et al., 2009).

3.2.3.1 Evidencias o bases fisiológicas de estos cambios

Cuando los animales están expuestos a condiciones ambientales adversas, llegan a generar estrés y a desarrollar un balance energético negativo (BEN), que es el consumo acelerado de la energía del animal (glucosa), que producirá una hipoglucemia, por consiguiente, aumentará la concentración de hormona liberadora de corticotropina (CRH), lo que estimula la liberación de ACTH y β -endorfina a nivel del hipotálamo-hipofisis, que suprime la actividad de la GnRH, afectando de manera negativa los pulsos de LH, y por lo tanto el ciclo estral (Echevarría et al., 2002).

Además, en situaciones de estrés por alta temperatura y humedad ambiental, también se ha demostrado que disminuye la concentración de T3 y T4 (hormonas tiroideas), lo que sugiere una reducción de la glándula tiroidea, y de tejidos como la glándula mamaria y la placenta, porque la acción de la T3 y T4 está relacionada de manera directa con el desarrollo de estos tejidos y con la síntesis y secreción de la leche, lo que por ende afectaría al crecimiento del feto en la última etapa de la preñez y la función de la glándula mamaria después del parto (Avendaño et al., 2016).

Lo que podría explicar que las gestaciones se prolonguen en invierno es la suplementación alimenticia (comida extra) que se les proporciona a los animales en esta época; y que sean más cortas en verano y otoño la falta de nutrientes extras y las altas temperaturas que provocan, como antes mencionamos, estrés y mayor agotamiento en las vacas preñadas y, por tanto, una disminución del tiempo de gestación (Caballero, 2008).

La influencia de la temperatura y el sexo de las crías en el caso de los peces y reptiles se puede explicar por la expresión de genes FoxL2, Rspo1, aromatasa (cataliza la

transformación de andrógenos a estrógenos) para el caso de las crías hembras a temperaturas adecuadas. Y los genes Sox9 y Dmrt1 en las temperaturas ideales para dar crías machos. Cuando se activa una de los caminos, se incrementa la hormona respectiva según el sexo por la temperatura (estrógenos o testosterona) y empieza la diferenciación (Gómez, 2014). En el caso de las vacas no está muy clara la fisiología que sustente la influencia del clima en el sexo de la cría. Como ya se mencionó anteriormente algunos aspectos fisiológicos y endocrinos pueden afectarse por factores ambientales. Se puede argumentar de igual manera, por la disponibilidad de alimento (forraje), ya que existe una hipótesis de Trivers-Willard que indica que una madre que pare en buenas condiciones (disponibilidad de alimento), los machos tendrán una ventaja sobre las hembras. Explicando posiblemente la influencia del clima sobre el sexo de la cría (Roche et al., 2006).

Los intervalos entre partos son menores en épocas de lluvia, ya que los animales tienen disponibilidad de alimento y por lo tanto mantienen un equilibrio fisiológico ideal que ayuda a su correcta reproducción; y se hacen más extensos en épocas de sequía, ya que la disponibilidad de alimento es menor, teniendo las vacas más problemas para reiniciar su actividad reproductiva lo que puede explicar que se alarguen los intervalos entre partos (Vergara et al., 2009).

3.2.4 Ciclo lunar

La luna se puede dividir en cuatro fases: luna nueva o “tierna”, cuarto creciente, luna llena y cuarto menguante; se ha comprobado que la reproducción y el comportamiento de animales se ven influenciados por las fases del ciclo lunar (Abecia et al. 2017; Popescu et al., 2017; El-Daraway et al., 2021; Takemura et al., 2004). En bovinos se ha estudiado la influencia de la luna sobre el sexo de la cría. Según Hernández (2014) demostró que existe una relación entre el momento de la fecundación y el calendario lunar ya que en la fase de cuarto menguante a luna nueva los partos son más fáciles, con crías de menor tamaño y en su mayoría hembras; y, a su vez en la fase de cuarto creciente a luna llena las crías en su mayoría son machos, con partos complicados y la cría de mayor tamaño. Navarrete (2017) afirma que en general en las cuatro fases lunares no hay influencia sobre el sexo de las crías bovinas, pero al analizar de manera específica en la fase de luna nueva las crías hembras predominan con un 55.74% al igual que en la fase de cuarto menguante con un 56.68% sobre las crías macho, al contrario, en luna llena las crías machos representan el 54.24% y en cuarto creciente el 52.72%. También Serrano & Villa (2019) demostraron que en la fase de luna creciente el porcentaje de hembras nacidas es de 47% mientras que el de los machos es de 53%, y en las otras fases no se observan diferencias.

Los peces conejo (*Siganus guttatus*), se reproducen alrededor de la fase lunar estos desovan alrededor de cuarto creciente, se considera que perciben y utilizan señales de la luna para sincronizar el desarrollo gonadal y el desove con el ciclo lunar (Takemura et al., 2004). En cuanto al momento del parto en seres humanos se encontró que la mayoría de partos se daban al momento de la luna llena (Ghiandoni et al., 1998). Según Yonezawa et al., (2016) también observó un aumento significativo de partos en luna llena en múltiparas mientras que las nulíparas tenían una tendencia similar, pero las distocias o complicaciones en los partos espontáneos entre las vacas primíparas pueden ocultar la influencia de la fase lunar. En la fase de luna llena se ha demostrado que hay una relación significativa con los partos espontáneos principalmente en las vacas lecheras múltiparas (Yonezawa et al., 2016). En un estudio realizado en novillas de lidia la fase de cuarto menguante tuvo influencia sobre el aumento de la duración de la gestación, en la fase de luna llena la gestación es más corta, además aumenta el volumen uterino de la hembra al final de la gestación. El efecto lunar aumenta las variaciones hormonales que provocan síntomas nerviosos, lo que desencadena el parto de manera prematura y afecta el eje hipotálamo suprarrenal del feto (Caballero, 2008).

La frecuencia de partos y preñeces según Aguirre et al., (2019) determinaron que los partos se presentan con más frecuencia en el periodo de luna nueva a cuarto creciente con un 27.5% y la frecuencia más baja de luna llena a cuarto menguante. Además, las hembras inseminadas en cuarto menguante a luna nueva paren en el primero y segundo período con una incidencia del 87% (Navarrete, 2017). En los novillos el primer celo se asocia a la fase de luna llena siendo esta la más favorable para una alta concepción y en el caso de la luna nueva tiene una tasa más baja (Popescu et al., 2017). Por el contrario, Serrano & Villa (2019) han informado que los patrones de duración de la oscuridad también pueden influir en el celo, lo que probablemente puede ser una razón para la respuesta al celo relacionada con la luna nueva. El porcentaje de nacimientos en la fase de luna creciente es mayor que en las otras fases. Mateos & Rodríguez (2018) también concluyeron que la concentración de partos se da en la fase de cuarto creciente y luna llena, en la fase de luna llena se encuentra la distribución de los partos en vacas múltiparas. Aguirre et al., (2019) determinaron que la ocurrencia de partos en la fase de luna menguante fue la más baja y aumenta en la fase de cuarto creciente y luna llena así concluyen que las hembras van a parir dos fases lunares después de la fase en la que ocurrió la preñez y la reproducción programada debería hacerse en las fases de luna nueva y cuarto creciente para obtener mejores resultados.

3.2.4.1 Evidencias o bases fisiológicas de estos cambios

Es difícil dar una explicación clara de cómo la luna o sus fases pueden influir en las variables reproductivas en bovinos. En una hipótesis de Yonezawa et al., (2016) se indica que en la

fase de luna llena, al aumentar las fuerzas gravitacionales podrían desencadenar la liberación de oxitocina y el posterior parto, ya que las contracciones uterinas que se dan por la liberación de oxitocina considerada como una hormona cardiovascular puede verse influenciada por la gravedad lunar, al aumentar la presión arterial aumentan los niveles plasmáticos de oxitocina dado que la presión sanguínea está positivamente correlacionada con la gravedad lunar (Widjaja et al., 2015). A pesar de ello el peso de los animales es insignificante comparado con el del planeta en el que las fuerzas gravitacionales son suficientes para producir cambios en las mareas.

La secreción de melatonina se ve influenciada por la variación de la intensidad de la luz lunar que muestra una disminución en la fase de luna llena (Cajochen et al., 2013). Al final de la gestación aumenta la secreción de melatonina, en las ratas el parto puede verse alterado ya que la baja gravedad altera los niveles de melatonina (Nakamura et al., 2001). En ratas de laboratorio se demostró que las concentraciones de melatonina aumentan en la fase de luna llena (Martínez et al., 2002). En peces la concentración de melatonina muestra bajos niveles durante el día y un aumento en la noche, lo que indica la aplicación del fotoperiodo. Durante la luna nueva la concentración de melatonina en plasma es mayor, los peces perciben la intensidad de la luz de la luna y la melatonina en sangre varía dependiendo de la 'luminosidad' en un punto de la noche (Takemura et al., 2004). En piqueros de Nazca (*Sula granti*) el ciclo lunar afecta directamente los niveles hormonales asociado a la intensidad de la luz que aumenta los niveles de melatonina en la fase de luna llena (Tarlow et al., 2003).

El efecto gravitacional de la luna sobre las mareas está bien descrito, para Myers (1995) este efecto también puede influir en la actividad biológica ya que la masa de agua del cuerpo humano también puede verse afectada. El flujo del agua puede cambiar entre los compartimientos líquidos del cuerpo intracelular, extracelular, intravascular e intraluminal, así como cambios en el agua corporal total, denominados "marea biológica". La luna provoca diferentes cambios fisiológicos, psicológicos o de comportamiento y reproductivos, dichos cambios pueden darse por la alteración del campo electromagnético de la tierra durante las diferentes fases del mes lunar (Chakraborty, 2014).

4. Metodología

4.1 Localización de la investigación

Se trata de un estudio retrospectivo en el que se analizaron 125.499 registros reproductivos de 36 fincas localizadas en el margen occidental del Lago de Maracaibo, Venezuela. Los datos se tomaron del sistema informático GANSOFT de la empresa del mismo nombre y corresponden a eventos reproductivos de vacas mestizas de doble propósito con proporciones raciales no determinados (*Bos indicus* y *Bos taurus*), ocurridos entre los años 1992 y 2014.

4.2 Condiciones ambientales y épocas del año

Las fincas están ubicadas en áreas agroecológicas entre el bosque muy seco y el subhúmedo tropical. Aunque no se tiene datos específicos de cada finca, en la Tabla 1 se indican las características climáticas representativas de las tres áreas agroecológicas en las que se encuentran localizadas las fincas del estudio.

Tabla 1. Datos climáticos representativos de las tres áreas agroecológicas en las que se encuentra localizadas las fincas del estudio

Variables climáticas	Tipo de bosque tropical		
	Muy seco	Seco	Subhúmedo
Temperatura media (°C)	27,7	27,9	28,1
Pluviosidad (mm/año)	999,6	1302,6	1829,6
Humedad (%)	62	68	73
Velocidad del viento	6,6	6,5	5,0

De acuerdo al nivel de pluviosidad mensual se establecieron tres épocas: 1) seca, entre diciembre y marzo, 2) intermedia, entre abril y agosto y 3) lluviosa, entre septiembre y noviembre.

4.3 Manejo de los rebaños

La alimentación de los rebaños se basó en el pastoreo en potreros de diversas especies de pastos entre las cuales se encontraban las siguientes: guinea (*Panicum maximun*), *Brachiaria brizantha*, *Brachairia humidicola*, pasto alemán (*Echinochloa polystachya*), pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y otros. En general, las vacas fueron suplementadas en los periodos de escasez o de sequía con alimento concentrado, heno o silaje de diferentes forrajes, o raciones elaboradas con heno o silaje combinado con cama de pollo, harina de maíz, melaza y urea.

El manejo reproductivo se basaba en el uso de la inseminación artificial y la evaluación ginecológica postparto frecuente con el fin de monitorear el estatus reproductivo. Luego del parto, cuando las vacas estaban ginecológicamente aptas y tenían buena condición corporal, se inseminaban a partir de los 30 a 60 días, con el método AM-PM. La detección de celos se efectuaba por observación visual, una hora en la mañana (entre las 4:00 a 7:00 horas) y una hora en la tarde (entre las 15:00 y 17:00 horas), en muchos casos con la ayuda de toros receladores. El estatus nutricional de las vacas se determinaba valorando la condición corporal (escala del 1 al 5; 1: emaciada – 5: obsesa) en cada revisión ginecológica. La preñez se determinaba mediante palpación rectal entre los 40 y 60 días luego de la inseminación artificial, en las vacas que no retornaban en celo.

El programa sanitario consistía en la vacunación contra las enfermedades más comunes en la región (brucelosis, leptospirosis, neosporosis, rinotraqueítis infecciosa bovina, diarrea viral bovina, campilobacteriosis y enfermedades clostridiales), y en la realización de pruebas de diagnóstico y desparasitación periódica de los rebaños.

4.4 Información sobre el ciclo de la luna

La información sobre el ciclo lunar para esta región se obtuvo del Observatorio Naval US (US Naval Observatory; <https://aa.usno.navy.mil/data/MoonFraction>). Este sitio web provee información del porcentaje de luminosidad de la luna de acuerdo al ciclo lunar, cuya duración es de 29,53 días. Para efectos de esta investigación la proporción de luminosidad de la luna, de acuerdo el ciclo lunar, se dividió de la forma siguiente: 1) 30 periodos de 0,984 días cada uno. Un análisis preliminar mostró que la frecuencia de preñeces y parto seguía un patrón igual al reportado por Aguirre et al. (2021), con incrementos considerables de estos eventos reproductivos alrededor de luna nueva y luna llena. Entonces, para comparar la frecuencia de partos entre estos dos momentos y los días restantes del ciclo lunar, éste se dividió en cuatro periodos: 1) ~2 días (1,97 días) alrededor de luna nueva; 2) ~2 días (1,97 días) alrededor de luna llena; 3) ~13 días (12,8 días) en la fase creciente y, 4) ~13 días (12,8 días) en la fase menguante (Figura 1).

4.5 Variables de estudio

Se consideraron como variables dependientes: no paramétrica: el sexo de la cría, paramétricas: la duración de la gestación y la frecuencia de partos y preñeces. Como variables independientes se consideraron: la época de parto (seca, intermedia y lluviosa), el ciclo lunar, la finca y el número de partos.

4.6 Análisis estadístico

El efecto de la época del año (seca, intermedia y lluviosa) y del ciclo lunar sobre el sexo de la cría se analizó mediante la regresión logística del programa estadístico SAS (SAS; Versión 9.3; SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). El efecto de la época del año (seca, intermedia y lluviosa) y del ciclo lunar sobre la duración de la gestación y la frecuencia de partos y preñeces se analizó mediante el análisis de varianza aplicando el modelo lineal general (GLM). Las medias se compararon con la prueba de los mínimos cuadrados del SAS. Se consideraron significativas las diferencia con valores $P < 0,05$, y tendencia los valores de P comprendidos entre 0,051 y 0,10.

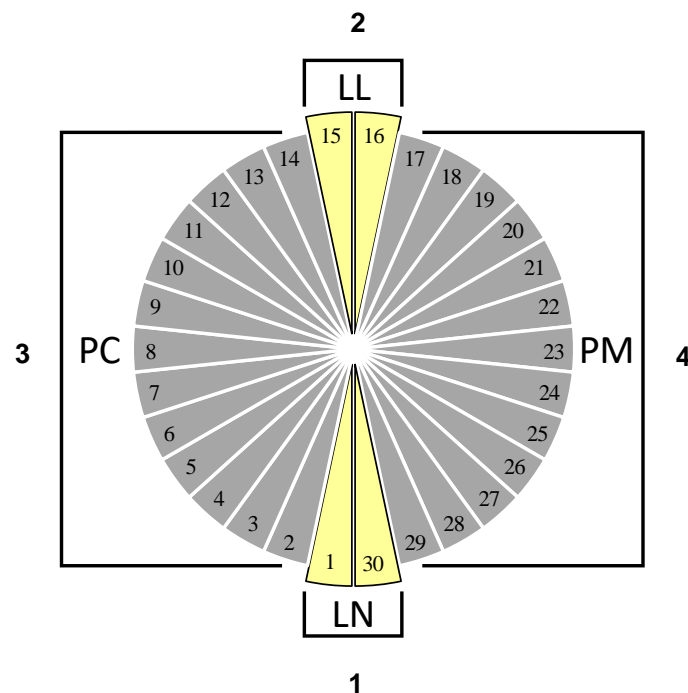


Figura 1. División del ciclo lunar en 30 periodos de 0,984 días cada uno. División del ciclo lunar en cuatro períodos: 1) ~2 días alrededor de luna nueva (LN); 2) ~2 días alrededor de luna llena (LL); 3) ~13 días en la fase creciente (PC); 4) ~13 días en la fase menguante (PM).

5. Resultados

5.1 Influencia de la época del año

5.1.1 Sobre el sexo de la cría

No hubo Influencia de la época del año en la que ocurrió la preñez sobre el sexo de la cría ($P = 0,7962$). De los 121276 nacimientos registrados hubo una proporción ligeramente mayor de machos (51,3 %) que de hembras (48,7%); la proporción de machos varió entre 51,1% y 51,4%, mientras que la proporción de hembras varió entre 48,6% y 48,9% (Figura 2).

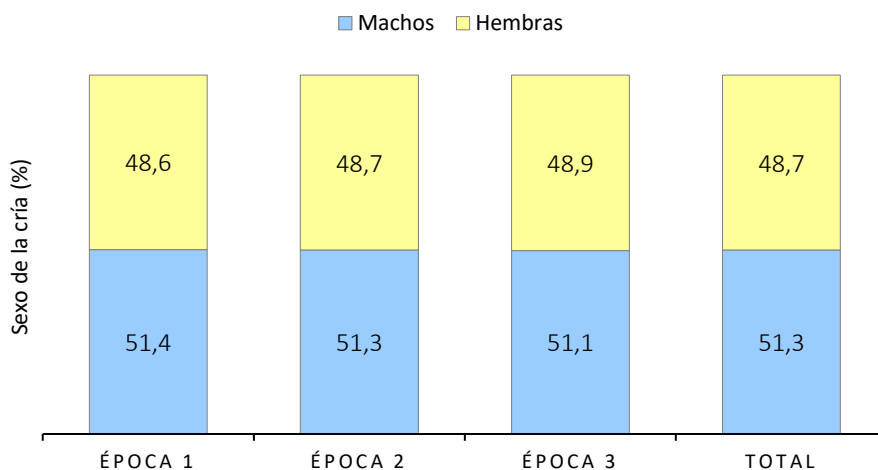


Figura 2. Influencia de la época del año en la que ocurrió la preñez sobre el sexo de la cría en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por época: **1)** n: 43845; **2)** n: 49188; **3)** n: 28243.

5.1.2 Sobre la frecuencia de preñeces

En la frecuencia de preñeces no hubo influencia significativa de la época del año ($P = 0,7962$). La Figura 3 muestra como mayor proporción de vacas concibieron en la época 2 (época intermedia; abril-agosto) con un 40,6%, seguida de la época 1 (época seca; diciembre-marzo) con un 36,2%; presentándose una menor proporción en la época 3 (época lluviosa, septiembre-noviembre) con un 23,3%.

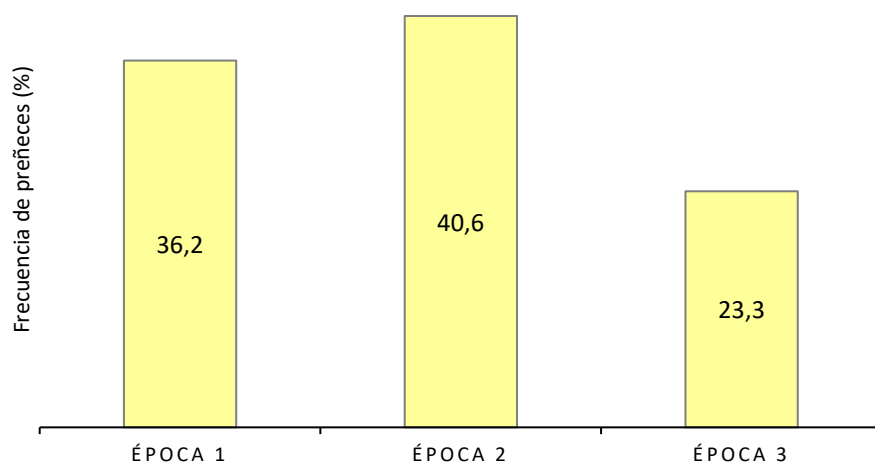


Figura 3. Influencia de la época del año sobre la frecuencia de preñeces en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por época: **1)** n: 43845; **2)** n: 49188; **3)** n: 28243.

5.1.3 Sobre la frecuencia de partos

Las frecuencias observadas de partos para cada época del año en la que ocurrió este evento reproductivo fueron no significativas ($P = 0.1823$). Hubo mayor proporción de partos en la época 2 (42,2%), seguida de la época 1 (32,1%) y una menor proporción en la época 3 (25,7%) (Figura 4).

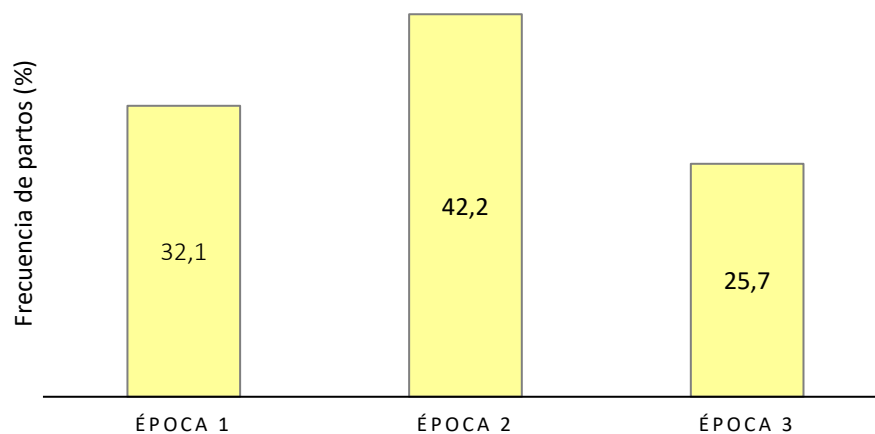


Figura 4. Influencia de la época del año en la que ocurrió la preñez sobre la frecuencia de partos en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por época: **1)** n: 38909; **2)** n: 51202; **3)** n: 31165.

5.1.4 Sobre la duración de gestación

La época del año en la que ocurrió la preñez influyó significativamente sobre la duración de la gestación ($P < 0,0001$). El promedio de la gestación fue de 286,2 días, siendo la época 1 la que presentó la gestación más larga (287,2 días), seguida por la época 3 (286,1 días), y la época 2 (285,3 días) (Figura 5).

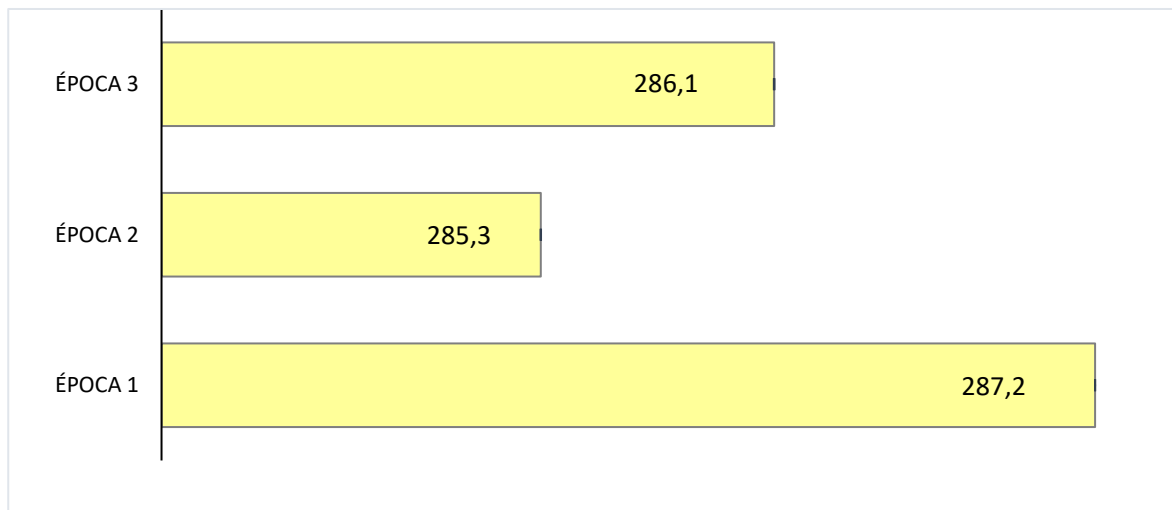


Figura 5. Influencia de la época del año en la que ocurrió la preñez sobre la duración de la gestación en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por época: 1) n: 43845; 2) n: 49188; 3) n: 28243.

5.2. Influencia del ciclo lunar

5.2.1 Sobre el sexo de la cría

No hubo influencia del ciclo lunar (divido en 30 periodos de 0,984 días cada uno) en el que ocurrió la preñez sobre el sexo de la cría ($P = 0,7962$). De los 121276 nacimientos registrados hubo una proporción ligeramente mayor de machos (51,3%) que de hembras (48,7%). La proporción de machos varió entre 50,03% y 52,69% y la de las hembras varió entre 47.31% y 49,97%. Como se observa, el porcentaje de machos fue levemente superior al 50% en cada día del ciclo lunar (figura 6).

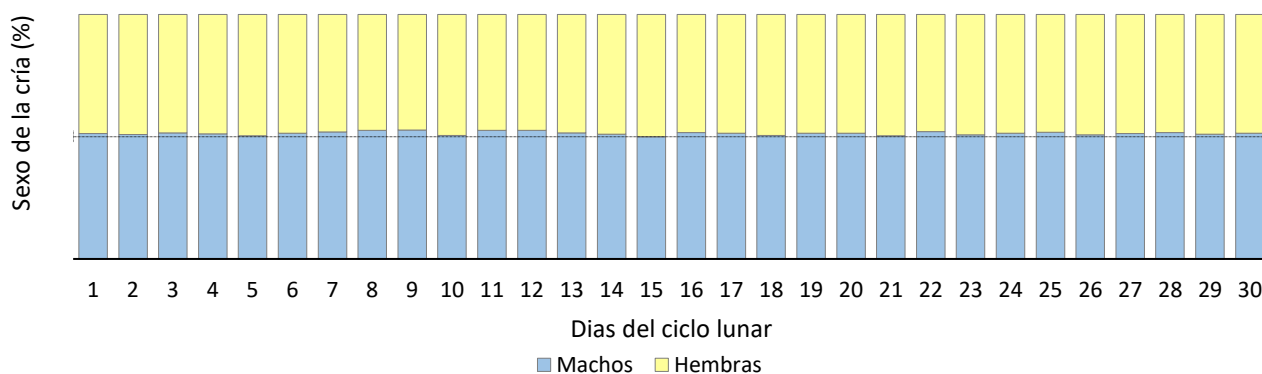


Figura 6. Influencia de los días del ciclo lunar en el momento en que ocurrió la preñez sobre el sexo de la cría en vacas mestizas tropicales. n: 121276.

5.2.2 Sobre la frecuencia de preñeces

Se observó influencia significativa del período de ciclo lunar sobre la frecuencia de preñeces ($P < 0.0001$). La Figura 7 muestra la distribución porcentual de las preñeces en las cuatro fases del ciclo lunar.

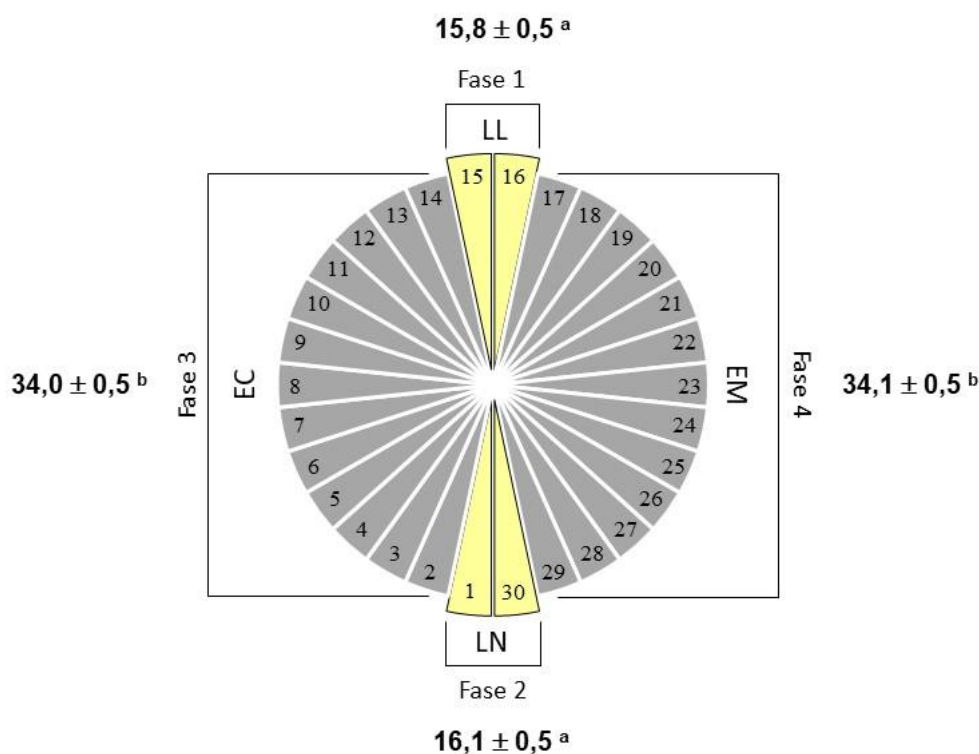


Figura 7. Influencia del ciclo lunar el día de la concepción sobre la frecuencia de preñeces en vacas mestizas tropicales. ^{a-b} $P < 0,0001$. **LL**: luna llena; **LN**: luna nueva; **EC**: Etapa creciente; **EM**: etapa menguante. Número de observaciones por fase: 1) n: 19329; 2) n: 19602; 3) n: 40880; 4) n: 41465.

5.2.3 Sobre la frecuencia de partos

En las frecuencias observadas de partos hubo influencia significativa del período del ciclo lunar ($P < 0.0001$). Mayor proporción de partos ocurrió en las fases 3 y 4 con respecto a las fases 1 y 2 (Figura 8).

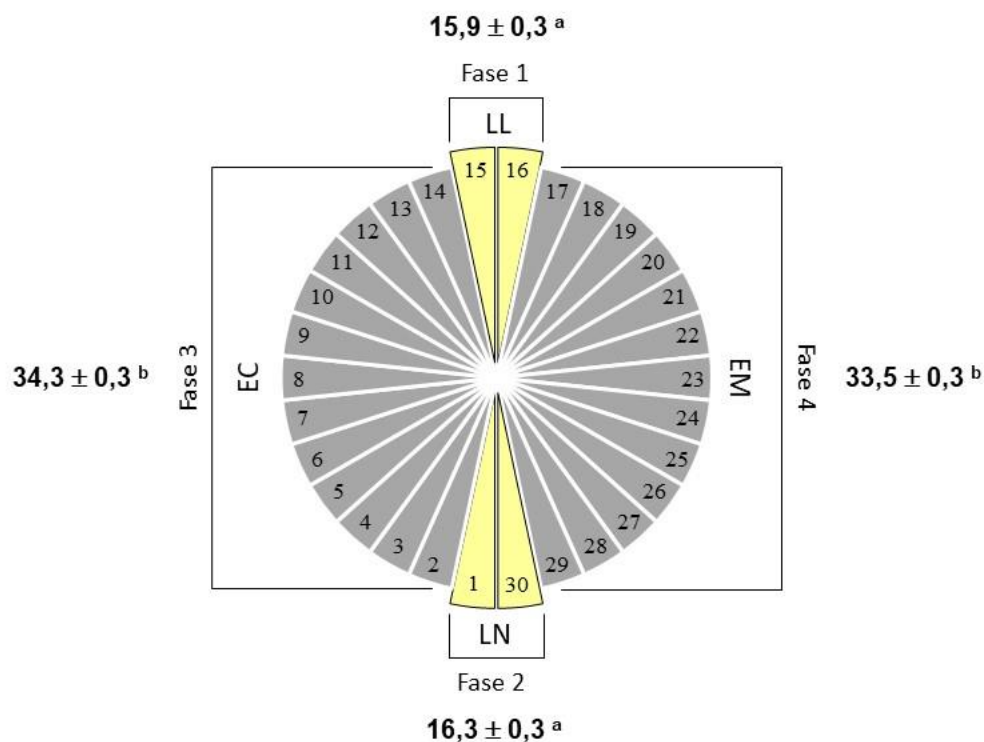


Figura 8. Influencia del ciclo lunar al momento del parto sobre la frecuencia de partos en vacas mestizas tropicales. ^{a-b} P < 0,0001. **LL**: luna llena; **LN**: luna nueva; **EC**: Etapa creciente; **EM**: etapa menguante. Número de observaciones por fase: **1)** n: 19329; **2)** n: 19602; **3)** n: 40880; **4)** n: 41465.

5.2.4 Sobre la duración de gestación

Al analizar el efecto del ciclo lunar en la duración de la gestación según el momento de ocurrir la preñez hubo significancia estadística (P<0.0001). La figura 9 muestra que en promedio la gestación fue de 286 días, en la fase 3 se observó una duración más larga (286,4 días) y en la fase 1 y 4 una duración más corta (286,1 días).

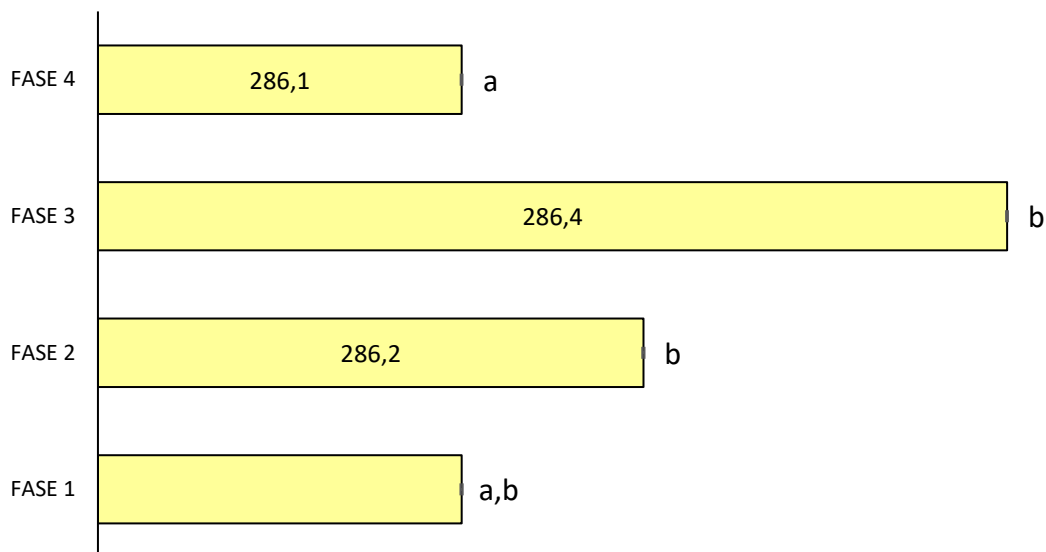


Figura 9. Influencia de la fase lunar al momento de ocurrir la preñez sobre la duración de la gestación en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por fase: **1)** n: 19329; **2)** n: 19602; **3)** n: 40880; **4)** n: 41465.

El efecto del ciclo lunar sobre la duración de la gestación según el momento en que ocurrió el parto fue significativo ($P < 0.0494$). La figura 12 muestra que en la fase 4 la duración de la gestación fue mayor (285,6 días) y fue más corta en la fase 2 y 3 (285,4 días) (Figura 10).

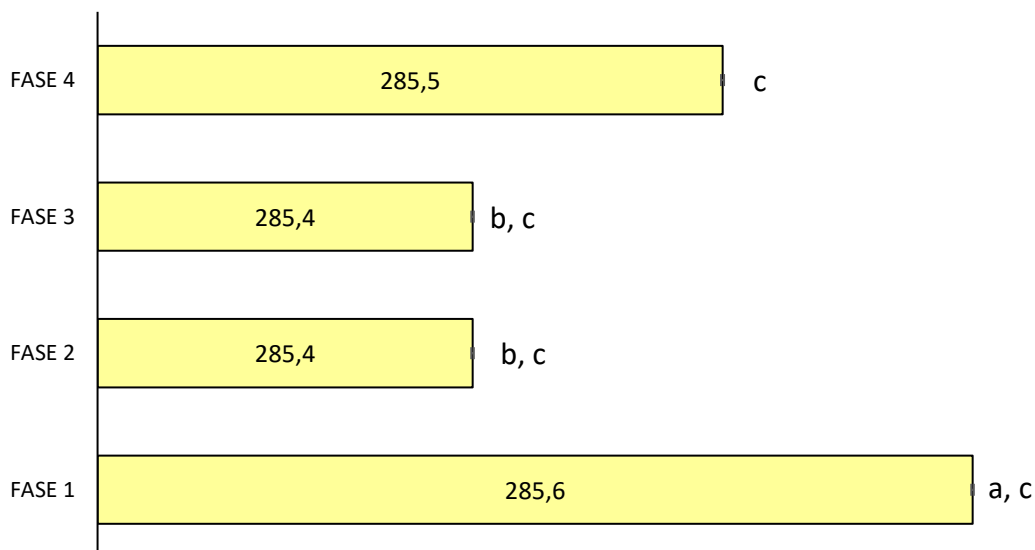


Figura 10. Influencia de la fase lunar al momento del parto sobre la duración de la gestación en vacas mestizas tropicales. Número de observaciones por fase: **1)** n: 24528; **2)** n: 24960; **3)** n: 35671; **4)** n: 35475. ^{a-b} $P < 0,05$.

6. Discusión

6.1 Influencia de la época del año

La influencia de la época del año en que ocurre la preñez sobre la proporción de sexos de las crías ha sido reportada en algunos estudios (Roche et al., 2006; Delesa et al., 2014). Se dice que en cuanto a probabilidad la proporción de sexos de las crías debería ser 50:50 en condiciones de equilibrio evolutivo. Concuerdan con los resultados del presente estudio Foote (1977) y Tomar et al., (1976) quienes tampoco encontraron influencia significativa sobre la proporción del sexo de la cría. Por otro lado, Skjervold & James (1978) mostraron influencia significativa pero únicamente en las vacas de primer parto. Asimismo, Roche et al., (2006) y Delesa et al., (2014) también reportaron influencia significativa del clima sobre la proporción de sexos de la progenie. Este efecto podría estar sustentado en la hipótesis de Trivers-Willard que indica que una madre que pare en buenas condiciones, los machos tienen una ventaja sobre las hembras, esto aplica tanto a especies multíparas como uníparas (Veller et al., 2016).

Lo observado con referencia al efecto de la época sobre frecuencia de partos en este estudio, concuerda con lo reportado por Sasaki et al. (2019), quienes de igual manera encontraron que la influencia de las condiciones climáticas sobre la frecuencia de partos fueron no significativas. Únicamente la época influyó en la presencia de partos prematuros, como también lo mencionan Troxel & Gadberry (2012) y Ammann et al. (2016). Estos autores indicaron que cambios en la presión barométrica hacen que se desencadene el parto en las vacas que están cercanas al parto al influir en la secreción suprarrenal de glucocorticoides.

En relación a la influencia de la época del año sobre la duración de la gestación, nuestros resultados coinciden con los hallazgos de Wright et al., (2014) quienes encontraron que hubo una influencia significativa de la época del año en la duración de la gestación, mostrando que las vacas al ser expuestas a épocas con temperaturas elevadas tuvieron gestaciones más cortas. Menale et al. (2011) también encontraron que la estación del parto tuvo una influencia significativa en la duración de la gestación, pero en este estudio las vacas que parieron en la estación lluviosa tuvieron gestaciones más largas que las que parieron en las estaciones secas o de baja precipitación, lo cual coincide con los hallazgos de Haile & Mekonnen (1996).

6.2 Influencia del ciclo lunar

En el presente estudio no se observó una influencia del ciclo lunar sobre el sexo de la cría, siendo la proporción de sexos muy cercana al 50:50 (51,3% machos; 48,7% hembras). La proporción de machos fue numéricamente mayor que el de las hembras en todos los periodos del ciclo lunar. Estos hallazgos concuerdan con los de Abecia et al. (2017) que realizaron un estudio en una población con un tamaño de 25546 vacas, en el que la influencia de la luna no fue significativa. A diferencia de nuestros hallazgos, estos autores observaron una menor

(no significativa) proporción de machos (48%) que de hembras (52%). Asimismo, Hernández (2014) y Navarrete (2017) concluyeron que las fases lunares no influyen en el sexo de las crías. Aguilar et al. (2015) realizaron un estudio similar en caballos en el que la proporción de hembras fue numéricamente mayor (50,96% hembras y 49,04% machos).

Los resultados obtenidos con relación a la frecuencia de concepciones, muestran que una mayor proporción de preñeces ocurrieron alrededor de luna nueva y de luna llena que en el resto del ciclo lunar, lo cual coincide con hallazgos previos en vacas mestiza Brahman (Aguirre et al., 2021). En ese estudio, en el que el ciclo lunar se dividió en 30 periodos de 0,98 días, se observó, al igual que en nuestra investigación, que proporcionalmente mayor número de concepciones ocurrieron en luna nueva y luna llena

En lo que refiere a la frecuencia de partos en nuestro estudio, el efecto del ciclo lunar fue significativo, y al igual que la frecuencia de preñeces, una mayor proporción de estos eventos tuvieron lugar en luna nueva y luna llena. Estas dos fases representan aproximadamente 4 días del ciclo lunar, y en cada uno de ellos ocurrieron alrededor de 8% de los partos, mientras que en cada uno de los 26 días restantes del ciclo lunar sucedieron el 2,6% de los partos, es decir, ~3 veces menos que los ocurridos en luna nueva y luna llena. Yonezawa et al., (2016) con una data de 428 animales informaron un aumento significativo del número de partos en torno a la fase de luna llena en vacas multíparas, pero que no fue significativo en las vacas primíparas. Aguirre et al. (2021), analizaron 5869 registros reproductivos de vacas mestizas Brahman y encontraron la misma tendencia observada en este estudio, es decir, un incremento significativo de la proporción de partos alrededor de luna nueva y luna llena. Estos autores encontraron una alta correlación entre la frecuencia de gestaciones y de partos (0.91; $P < 0.0001$; Aguirre et al., 2021), lo cual es similar a nuestro estudio. En humanos, Ghiandoni et al. (1998) también observaron un aumento de partos en torno a la luna llena.

Aunque las diferencias en la duración de la gestación por efecto del ciclo lunar son muy pequeñas, son consistentes con los hallazgos de la variación de la distribución de partos a lo largo del ciclo lunar. Por algún mecanismo no conocido hasta el momento, un número proporcionalmente mayor de vacas parieron espontáneamente durante luna nueva y luna llena. Evidentemente, esto significa que, en una gestación a término, cuando las condiciones fisiológicas están dadas para que ocurra el parto, este mecanismo lo desencadena en forma anticipada o atrasada, aparentemente en un plazo muy corto de tiempo en relación a la ocurrencia de partos en otros momentos del ciclo lunar.

No se conoce con exactitud el mecanismo que desencadena mayor proporción de partos alrededor de luna nueva y luna llena. Según evidencias en roedores (Martínez et al., 2002;

Gerasimov et al., 2014) y humanos (Cajochen et al., 2013) la secreción de melatonina cambia según la fase del ciclo lunar. La glándula pineal de ratas y ratones experimentaron cambios estructurales y funcionales relacionados con la actividad secretora de esta glándula que indican mayor capacidad de secreción de melatonina en luna llena que en luna nueva (Martínez-Soriano et al., 2002a; Martínez-Soriano et al., 2002a Gerasimov et al., 2014). Incluso, el ciclo lunar causó cambios estructurales en las glándulas salivares submaxilares, en las que se han identificado receptores de melatonina, en los mismos animales (ratones) donde se detectaron cambios estructurales de la glándula pineal (Gerasimov et al., 2014). Este hecho indica que los cambios observados en un tejido periférico debido al ciclo lunar podrían estar modulados por la melatonina.

No obstante, en este punto surge una pregunta ¿a través de que mecanismo la glándula pineal detecta los cambios ejercidos por el ciclo lunar que luego trasmite a los tejidos periféricos vía melatonina? Las fases de la luna son determinadas por su posición con respecto a la tierra y el sol, y están relacionadas con la proporción de luz solar reflejada por la luna. Sin embargo, la influencia de la luna sobre las funciones biológicas de los animales parece no explicarse únicamente por la proporción de luz reflejada durante el ciclo lunar, sino más bien por los cambios en el campo geomagnético, la atracción gravitatoria y la amplitud de las mareas generados por el movimiento de la luna alrededor del planeta (Bevington, 2015). Estos factores, en forma individual o conjunta, podrían ejercer amplia influencia sobre diversos aspectos biológicos de los seres vivos.

La glándula pineal, que es capaz de traducir los cambios en las horas luz/oscuridad a lo largo del año y de regular la actividad reproductiva en animales con reproducción estacional, a través de la melatonina (Goodman & Inskeep), también es capaz de detectar los cambios en el campo geomagnético de la tierra (Reuss et al., 1983). Desde hace algunas décadas se sabe que los pinealocitos de varias especies de animales, tienen la habilidad de detectar cambios en el campo electromagnético del planeta y responder a ellos modificando su actividad funcional (Seem et al., 1980; Reuss et al., 1983; Welker et al., 1983). De esta manera la glándula pineal podría convertir los estímulos geomagnéticos y gravitacionales en señales endocrinas que podría modular la actividad de los tejidos periféricos que contienen receptores de melatonina. Curiosamente, los receptores de melatonina han sido identificados en el miometrio de la mujer (Schlabritz-Loutsevitch et al., 2003), de la rata (Steffens et al., 2003) y de la vaca (Dirandeh et al., 2022). La melatonina fue asociada con el momento del parto en ratas gestantes (Takayama, 2003) y con el incremento en la en la contractibilidad de miometrio, sinergizando la acción de la oxitocina durante el trabajo de parto en humanos (Sharkey et al., 2009). Todas estas evidencias sugieren que la melatonina modulada por la

fase del ciclo lunar, podría estar involucrada en el mecanismo que desencadena una mayor proporción de partos durante luna nueva y luna llena.

Conclusiones

- Al analizar el efecto de la época del año sobre el sexo de la cría se observó que, en todas las épocas, la proporción de machos fue levemente mayor que el de las hembras, aunque la diferencia no fue significativa.
- En cuanto a la frecuencia de partos y preñeces tampoco se vio una influencia significativa de la época del año. Hubo mayor proporción de partos y preñeces en la época 2, sin embargo, esto podría deberse a que esta época abarcó un período más extenso (5 meses) que las otras dos épocas.
- Respecto a la duración de la gestación, se observó que la gestación fue más corta en la época 2, seguida por la época 3, y la gestación fue más larga ocurrió en la época 1, observándose un efecto significativo sobre esta variable.
- Al analizar el efecto del ciclo lunar sobre el sexo de la cría se observó que la proporción de machos fue levemente mayor que las hembras y no difirió entre los días del ciclo lunar.
- La frecuencia de partos y preñeces se vio influenciadas por las fases lunares, siendo la luna nueva y luna llena las fases en las que ocurrió mayor proporción de concepciones y partos.
- Hubo un efecto significativo de ciclo lunar tanto al momento de la concepción como al momento del parto sobre la duración de la gestación, aunque las diferencias fueron muy pequeñas entre los períodos del ciclo lunar.

Referencias

- Abecia, J. A., Arrébola, F., & Palacios, C. (2017). Offspring sex ratio in sheep, cattle, goats and pigs: influence of season and lunar phase at conception. *Biological Rhythm Research*, 48(3), 417–424. <https://doi.org/10.1080/09291016.2016.1268325>
- Aguilar, J. J., Cuervo-Arango, J., & Santa Juliana, L. (2015). Lunar cycles at mating do not influence sex ratio at birth in horses. *Chronobiology International*, 32(1), 43–47. <https://doi.org/10.3109/07420528.2014.950738>
- Aguirre, E., Uchuari, M., Ureña, J., & Rosillo, C. (2019). Influencia de las fases lunares como una herramienta de medición de acontecimientos reproductivos. Primera aproximación. *Selva Andina Animal Science*, 6(2), 85–92.
- Aguirre, A. A., Palomares, R. A., De Ondiz, A. D., Soto, E. R., Perea, M. S., Hernández-Fonseca, H. J., & Perea, F. P. (2021). Lunar Cycle Influences Reproductive Performance of Crossbred Brahman Cows Under Tropical Conditions. *Journal of Biological Rhythms*, 36(2), 160–168. <https://doi.org/10.1177/0748730420983638>
- Ammann, T., Hässig, M., Rüegg, S., & Bleul, U. (2016). Effects of meteorological factors and the lunar cycle on onset of parturition in cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 126, 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.01.018>
- 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. <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2008000100002>
- Avendaño, L., Álvarez, F., Correa, A., Saucedo, S., Rivera, F., Verdugo, F., Aréchiga, C., & Robinson, P. (2016). Evaluación de un sistema de enfriamiento aplicado en el periodo seco de ganado lechero durante el verano. *Revista Técnica Pecuaria En México*, 45(2), 209–225.
- Ball, P., & Peters, A. B. (2004). *Reproduction in Cattle* (3rd ed.). Blackwell Publishing.
- Bartolomé, J. (2009). Endocrinología y fisiología de la gestación y el parto en el bovino. *Manejo Reproductivo En Bovinos Lecheros*, 20–28.
- Bearden, J., & Fuquay, J. (1980). *Applied animal reproduction* (6th ed.). Reston publishing company.
- Betancur, C., Orrego, A., & González, M. (2013). Seroepidemiología de la leptospirosis en bovinos con trastornos reproductivos en el municipio de Montería, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*, 26, 47–55.
- Bevington, M. (2015). Lunar biological effects and the magnetosphere. *Pathophysiology*, 22(4), 211–222. <https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2015.08.005>
- Cajochen, C., Altanay-Ekici, S., Münch, M., Frey, S., Knoblauch, V., & Wirz-Justice, A. (2013). Evidence that the lunar cycle influences human sleep. *Current Biology*, 23(15), 1485–1488. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.06.029>
- Caballero, J. (2008). Influencia estacional de las fases lunares sobre la duración de la gestación en novillas de raza de lidia. *EUIT*.
- Chakraborty, U. (2014). Effects of different phases of the lunar month on humans. *Biological Rhythm Research*, 45(3), 383–396. <https://doi.org/10.1080/09291016.2013.830508>

- Chamba, H., Benítez, E., & Pesántez, M. (2017). Factores predisponentes para la enfermedad quística ovárica bovina y su efecto en la eficiencia reproductiva. *Revista de Medicina Veterinaria*, 35, 17–28. <https://doi.org/10.19052/MV.4384>
- Chaigneau, Y. (2017). Evaluación de los diferentes factores que afectan la reproducción bovina con relación a bienestar animal. Universidad nacional de Córdoba.
- Córdova, A., Iglesias, A., Guerra, J., Mancera, A., Olivares, J., Juárez, M. L., & Sánchez, P. (2017). Campilobacteriosis genital bovina: enfermedad reproductiva de gran importancia. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1–7. www.produccion-animal.com.ar
- Córdova, A., Murillo, A., & Castillo, H. (2009). Efecto de factores climáticos sobre la conducta reproductiva bovina en los trópicos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(1).
- D'Pool, G., & Diaz, D. (2005). *Brucelosis* (pp. 295–299). Universidad del Zulia.
- Delesa, E., Yohannes, A., Alemayehu, M., Samuel, T., & Yehualaeshet, T. (2014). Calves' sex ratio in naturally and artificially bred cattle in central Ethiopia. *Theriogenology*, 82(3), 433–439. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.04.027>
- Echevarria, L., Huanca, W., & Delgado, A. (2002). Identificación de las limitantes del comportamiento reproductivo y la eficiencia de la inseminación artificial en ganado lechero de la zona de Lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 13(2), 18–27.
- El-Darawany, A. H. A., El-Tarabany, M. S., Al-Marakby, K. M., & Atta, M. A. (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>
- Foot, R. H. (1977). Sex ratios in dairy cattle under various conditions. *Theriogenology*, 8(6), 349–356. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(77\)90186-8](https://doi.org/10.1016/0093-691X(77)90186-8)
- Galina, C., & Valencia, J. (2009). *Reproducción de animales domésticos* (3rd ed.). Limusa. <https://es.scribd.com/document/324723947/Galina-Valencia-Reproduccion-de-Animales-Domesticos>.
- Ghiandoni, G., Seclì, R., Rocchi, M. B. L., & Gilberto, U. (1998). Does lunar position influence the time of delivery? A statistical analysis. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*, 77(1), 47–50. [https://doi.org/10.1016/S0301-2115\(97\)00226-1](https://doi.org/10.1016/S0301-2115(97)00226-1)
- Gwazdauskas, F. C. (1985). Effects of climate on reproduction in cattle. *Journal of Dairy Science*, 68(6), 1568–1578.
- Haile, M., & Mekonnen, G. (1996). Reproductive performance of Zebu, Friesian and Friesian-Zebu crosses. *Tropical Agriculture*, 72(3), 142–147.
- 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 [Universidad de el Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7146/1/13101568.pdf>
- Hernández, E., Segura, V., José, S., & Osorio, M. (2009). Intervalo entre partos, duración de la lactancia y producción de leche en un hato de doble propósito en Yucatán, México. *Agrociencia*, 34(6), 699–705.

- 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>
- Llano, H., Guimarães, M., Soares, R., Polo, G., & da Silva, A. (2018). Seroprevalence and risk factors for *Neospora caninum* infection in cattle from the eastern Antioquia, Colombia. *Veterinary and Animal Science*, 6, 69–74. <https://doi.org/10.1016/J.VAS.2018.03.001>
- Mateos, A., & Rodríguez, A. (2018). Lunar cycle influence on the frequency of calf births in Dehesa rangelands. *Archivos de Zoot* 67, 87–92. <https://doi.org/10.21071/az.v67i257.3391>
- Martínez, F., Ruiz, A., Armañanzas, E., & Valverde, A. A. (2002). Influence of light/dark, seasonal and lunar cycles on serum melatonin levels and synaptic bodies number of the pineal gland of the rat. *Histology and Histopathology*, 17(1), 213–222. <https://doi.org/10.14670/HH-17.213>
- Menale, M., Mekuriaw, Z., Mekuriaw, G., & Taye, M. (2011). Pre-weaning growth performances of Fogera calves at Metekel cattle improvement and multiplication ranch, North West Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, 23(9), 99–106.
- Myers, D. E. (1995). Gravitational effects of the period of high tides and the new moon on lunacy. *The Journal of Emergency Medicine*, 13(4), 529–532. [https://doi.org/10.1016/0736-4679\(95\)80013-1](https://doi.org/10.1016/0736-4679(95)80013-1)
- Nakamura, Y., Tamura, H., Kashida, S., Takayama, H., Yamagata, Y., Karube, A., Sugino, N., & Kato, H. (2001). Changes of serum melatonin level and its relationship to feto-placental unit during pregnancy. *Journal of Pineal Research*, 30(1), 29–33. <https://doi.org/10.1034/J.1600-079X.2001.300104.X>
- Navarrete, M. (2017). Determinación de la influencia de las fases lunares en el sexo de crías bovinas en hatos lecheros. Universidad Central del Ecuador.
- Parreño, V., López, M., Rodríguez, D., Vena, M., Izuel, M., Filippi, J., Romera, A., Faverin, C., Bellinzoni, R., Fernandez, F., & Marangunich, L. (2010). Development and statistical validation of a guinea pig model for vaccine potency testing against Infectious Bovine Rhinotracheitis (IBR) virus. *Vaccine*, 28(13), 2539–2549. <https://doi.org/10.1016/J.VACCINE.2010.01.035>
- Popescu, A., Corin, N., & Dobrică, G. (2017). The impact of the lunar phases on bovine conception rate. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, LX, 171–173. www.news.nationalgeographic.com/
- Ptaszynska, M. (2007). Compendio de reproducción animal (9th ed.). Intervet. https://www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/64-compendio_reproduccion.pdf
- Roche, J., Lee, J., & Berry, D. (2006). Climatic factors and secondary sex ratio in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(8), 3221–3227. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72597-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72597-8)
- Rodríguez, J. (2005). Diagnóstico precoz de gestación. In C. Gonzales & E. Soto (Eds.), *Manual de ganadería doble proposito* (1st ed., Vol. 3, pp. 430–435). Ediciones Astro Data S.A.
- Rondón, L. (2006). Diarrea viral bovina: patogénesis e inmunopatología. *Revista MVZ Córdoba*, 11(1), 694–704. <https://doi.org/10.21897/RMVZ.454>
- Sasaki, Y., Kitai, N., Uematsu, M., Kitahara, G., & Osawa, T. (2019). Daily calving frequency

and preterm calving is not associated with lunar cycle but preterm calving is associated with weather conditions in Japanese Black cows. *PLoS ONE*, 14(7), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220255>

Senger, P. (2003). Pathways to Pregnancy and Parturition. In *Cadmus professional communications* (2nd ed.). Current Conceptions Inc.

Serrano, G., & Villa, 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://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/view/3774>

Sheen, S., & Riesco, A. (2002). Factores que afectan la producción de leche en vacas de doble propósito húmedo. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 13(1), 25–31.

Shorten, P., Morris, C., & Cullen, N. (2015). The effects of age, weight, and sire on pregnancy rate in cattle. *Journal of Animal Science*, 93(4), 1535–1545. <https://doi.org/10.2527/JAS.2014-8490>

Skjervold, H., & James, J. (1978). Causes of variation in the sex ratio in dairy cattle. Department of Animal Genetics and Breeding, Agricultural University of Norway, 95(1–4), 293–305. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1978.tb01483.x>

Szpręgiel, I., & Wronska, D. (2020). The role of photoperiod and melatonin in the control of seasonal reproduction in mammals. *Animal Science and Genetics*, 16(4), 39–47. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.6071>

Takemura, A., Susilo, E. S., Rahman, M. D. S., & Morita, M. (2004). Perception and possible utilization of moonlight intensity for reproductive activities in a lunar-synchronized spawner, the golden rabbitfish. *Journal of Experimental Zoology. Part A, Comparative Experimental Biology*, 301(10), 844–851. <https://doi.org/10.1002/JEZ.A.105>

Tarlow, E. M., Hau, M., Anderson, D. J., & Wikelski, M. (2003). Diel changes in plasma melatonin and corticosterone concentrations in tropical Nazca boobies (*Sula granti*) in relation to moon phase and age. *General and Comparative Endocrinology*, 133(3), 297–304. [https://doi.org/10.1016/S0016-6480\(03\)00192-8](https://doi.org/10.1016/S0016-6480(03)00192-8)

Thomas, J., & Ellis, A. (2021). *Reproductive Anatomy and Physiology of the Cow*.

Tomar, S., Singh, H., & Malik, P. (1976). Secondary sex ratio in Sahiwal cattle. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 46(2), 55–58.

Troxel, T., & Gadberry, M. (2012). Relationships of barometric pressure and environmental temperature with incidence of parturition in beef cows. *Journal of Animal Science*, 90(5), 1583–1588. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4088>

Ungerfeld, R. (2020). Fisiología del ciclo estral y la ovulación. In R. Ungerfeld (Ed.), *Reproducción de los animales domésticos* (pp. 21–25). Asis Biomedica SL.

Ungerfeld, R. (2020). Principales hormonas vinculadas a la reproducción. In R. Ungerfeld (Ed.), *Reproducción de los animales domésticos* (pp. 3–10). Grupo Asis Biomedica SL.

Vasquez, Y. (2017). Evaluación de los diferentes factores que afectan la reproducción bovina con relación a bienestar animal. Universidad Nacional de Córdoba.

- Veller, C., Haig, D., & Nowak, M. (2016). The trivers–willard hypothesis: Sex ratio or investment? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1830). <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0126>
- Vergara, O., Botero, L., & Martínez, C. (2009). Factores ambientales que afectan la edad al primer parto y primer intervalo de partos en vacas del sistema doble propósito. *Revista MVZ Córdoba*, 14(1).
- Wake, R., Misugi, T., Shimada, K., & Yoshiyama, M. (2010). The Effect of the Gravitation of the Moon on Frequency of Births. *Environmental Health Insights*, 4, 65. <https://doi.org/10.4137/EHI.S5525>
- Walsh, S. W., Williams, E. J., & Evans, A. C. O. (2011). A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 123(3–4), 127–138. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2010.12.001>
- Widjaja, D., Vandeput, S., Van Huffel, S., & Aubert, A. E. (2015). Cardiovascular autonomic adaptation in lunar and martian gravity during parabolic flight. *European Journal of Applied Physiology*, 115(6), 1205–1218. <https://doi.org/10.1007/S00421-015-3118-8/TABLES/8>
- Wright, E., Boehmer, B., Cooper, M., Bailey, C., & Wettemann, R. (2014). Effect of elevated ambient temperature at parturition on duration of gestation, ruminal temperature, and endocrine function of fall-calving beef cows. *Journal of Animal Science*, 92(10), 4449–4456. <https://doi.org/10.2527/JAS.2014-8055>
- Yonezawa, T., Uchida, M., Tomioka, M., & Matsuki, N. (2016). Lunar cycle influences spontaneous delivery in cows. *PLoS ONE*, 11(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161735>
- Zarazaga, L. A. (2020). Pubertad y gestación. In R. Ungerfeld (Ed.), *Reproducción de los animales domésticos* (pp. 131–137). Asis Biomedica SL.
- Zimecki, M. (2006). The lunar cycle: effects on human and animal behavior and physiology. *Cykl księżycowy: wpływ na zachowanie ludzi i zwierząt i ich fizjologię*. http://www.phmd.pl/pub/phmd/vol_60/8121.pdf