

2.1. Anatomía y fisiología del aparato genital de la hembra bovina

2.1.1. Vulva.

Consta de dos labios carnosos en posición vertical por debajo del ano que miden aproximadamente 12cm. La vulva siempre debe estar cerrada y proteger así al aparato reproductor del ambiente exterior. En la comisura inferior, entre los labios, encontramos el clítoris. En el piso de la vulva, delante del clítoris, desemboca la uretra, este tubo es el que conduce la orina desde la vejiga. En la desembocadura de la uretra se encuentra un pequeño saco, el cual hay que evitar al inseminar, para no introducir la pipeta en la vejiga, lo cual es doloroso y puede ser causa de infecciones (DPA, 2003).

Los labios de la vulva tienden a verse secos y arrugados en estado normal, pero cuando la vaca entra en celo, la vulva se ensancha y adquiere una apariencia rojiza y húmeda, inmediatamente después se encuentra el vestíbulo vaginal, que conecta con la vagina y está marcado por el orificio uretral. Este representa el primer obstáculo en la inseminación artificial, IA, pues la pipeta podría ser introducida por este orificio (Fonseca, 2017).

Tiene 3 funciones principales:

- Permitir el paso de orina
- Abrirse en el momento de la cópula
- Servir de canal del parto (Fonseca, 2017)

2.1.2. Útero.

El útero es una membrana muscular que cumple la función de recibir al óvulo fecundado, nutrir y proteger al feto y participar activamente en la expulsión de la cría al momento del parto. Está formado por tres capas: (FundacionChile, 2008).

Capa mucosa o llamada también como endometrio (capa más interna)

Capa muscular o miometrio

Capa externa o perimetrio Se encuentra formando de tres partes:

- Cérvix o cuello.
- El cuerpo
- Los cuernos

2.1.3. Cérvix.

El cérvix o llamado también cuello uterino es un tubo de paredes gruesas, de apariencia cartilaginosa, la forma y tamaño varía por el número de partos y la raza de la vaca. En ganado europeo mide de 5 a 10 cm., en ganado cruzado con cebú mide de 10 a 15 cm, este conducto llamado canal cervical, facilita el transporte de espermatozoides hacia la luz del útero, actúa como reservorio de las células y se relaja durante el celo para hacer posible la apertura del canal cervical (Antillon, 2019).

El canal cervical se encuentra cerrado y se abre durante el celo, tiempo que expide un moco lubricante semejante a la clara del huevo. En la gestación, el conducto cervical queda sellado por un moco viscoso que evita el transporte de espermatozoides o la invasión de bacterias. Posee 3 a 5 anillos circulares, que tienen como función cerrar el canal, estos anillos pueden dificultar el paso normal de la pistola al momento de efectuar la I.A (DPA, 2003e).

A la palpación rectal su conformación más rígida, permite distinguirla fácilmente como punto de referencia. Durante la inseminación artificial es clave poder traspasar con la pipeta el cérvix, para depositar el semen en el inicio del cuerpo del útero (Fonseca, 2017).

2.1.4. Cuerpo del útero.

Es la porción del útero donde desemboca el canal cervical. Tiene unos 5 cm, de largo, pared delgada y consistencia flácida.

La mucosa interna del cuerpo uterino es muy delicada por eso no se debe pasar con la pistola el cuerpo uterino, para no producir lesiones que impedirían luego la nidación

del óvulo fecundado. El cuerpo uterino hacia delante se divide en dos, los cuernos, de la misma consistencia que el cuerpo.

Cada cuerno tiene unos 30 cm. El grosor y la longitud de los cuernos dependen de la edad y del número de partos. Cuando la Inseminación Artificial ha sido un éxito, la pared mucosa del útero segrega una sustancia denominada leche uterina, que sirve como nutriente para el lóbulo fecundado (DPA, 2003).

2.1.5. Oviducto.

Estos conectan con los cuernos uterinos y su función es transportar los óvulos. También se conocen como trompas de Falopio, miden alrededor de 25 cm de largo con un grosor de 1,3 a 3,0 mm y se encuentran divididos en 3 segmentos:

La porción más baja, cercana al útero, se llama Istmo y funciona como reservorio de las células reproductoras masculinas, que se adhieren a las paredes.

La porción más alta, cercana al ovario, se conoce como Ámpula o ampolla. Su diámetro es mayor que el del primer segmento y es aquí donde ocurre la fecundación (Unión de las células sexuales masculina y femenina para dar origen a un nuevo ser), por una señal química que libera a los espermatozoides adheridos al Istmo. La última parte se conoce como Infundíbulo, que es una estructura en forma de embudo. Este es el encargado de recibir al óvulo cuando es expulsado del ovario (Fonseca, 2017).

2.1.6. Oviducto.

Los ovarios en la vaca son pares, casi simétricos, poseen una forma ovoide o almendrado, envueltos por el peritoneo, detrás del riñón normalmente, situados próximos al nivel de la tuberosidad iliaca. Son los órganos más importantes del aparato reproductor de la hembra, ya que en ellos se producen los óvulos (función exocrina) y las hormonas; están cubiertos por un tejido fibroso llamado túnica albugínea. El ovario mide aproximadamente de 2 – 4 cm de largo por 1 – 2 cm de ancho. El peso de los ovarios es de 10 a 20 gramos, situados en una bolsa ovárica ancha y abierta en donde el número de folículos que maduran son 1 – 2 (González, 2017).

En los ovarios es posible evidenciar dos tipos de estructuras:

Los folículos: son estructuras llenas de fluidos, que contienen los óvulos en desarrollo. El folículo maduro produce estrógeno, responsables de la conducta sexual durante el estro. Cuerpo lúteo: es una cavidad llena de fluidos, con pared más gruesa, por lo tanto, tendrá una textura más tosca al tacto, se forma a partir del folículo liberador de óvulo y produce progesterona para mantener la preñez (Fonseca, 2017).

Cuando la vaca se encuentra en calor, el ovario produce un óvulo el cual se encuentra en el folículo. Al final del celo, el ovario desprende el óvulo, el cual cae en el infundíbulo para ser transportado hacia el útero. Durante su camino hacia el útero, es fecundado por el espermatozoide que viene desde el útero. Durante el celo el folículo que contiene el óvulo, no debe ser tocado por palpación rectal, porque puede reventar y el óvulo caería a la cavidad abdominal.

Los órganos reproductores de la vaca se pueden palpar con la mano a través del recto. El útero tiene consistencia flácida a excepto del cérvix que es dura. Durante el celo, el útero se congestiona y aumenta de turgencia (DPA, 2003).

2.2. Fisiología del ciclo estral del ganado bovino.

2.2.1 Control endócrino.

Los cambios en los ovarios, en los genitales y en el comportamiento que se producen durante los ciclos de reproducción, se controlan por varias hormonas del sistema endocrino y son el producto de una compleja interacción entre el hipotálamo, la hipófisis, los ovarios y el útero (Figura 1) (Medrano, 2018).

La kisspeptina es un péptido hipotalámico, conocido como regulador central porque las neuronas que lo producen reciben información ambiental del propio cuerpo, indicando el momento óptimo para reproducción. Algunas de sus funciones son modular la liberación de las hormonas liberadoras gonadotropinas (GnRH) durante el ciclo estral, también controla el inicio de la pubertad, el anestro estacional y lactacional (Medrano, 2018).

Las neuronas que sintetizan kisspeptina contienen receptores para estradiol, el cual actúa como regulador para ajustar la liberación tanto tónica como cíclica de GnRH, un neuropéptido originado en el hipotálamo que impulsa la producción y emisión de la hormona luteinizante (LH) y la hormona estimulante folículo (FSH) (Jiménez, 2016).

En un sentido estricto, la liberación de FSH por parte de los gonadotropos de la hipófisis no depende de la GnRH, la cual, desempeña un papel en la estimulación de su síntesis; se clasifica a la FSH como una hormona que se secreta de manera consecutiva, a menos que se presente un estímulo inhibitorio por la acción de estrógenos o inhibina (Medrano, 2018).

La progesterona es una hormona esteroide que se sintetiza en el cuerpo lúteo, cuya función es inhibir la secreción de LH (Medrano y Porta, 2018). En el quinto día del ciclo estral, los niveles séricos de esta hormona superan 1 ng/ml en el suero sanguíneo, lo que sugiere que el cuerpo lúteo (CL) ha alcanzado su máxima actividad funcional. La progesterona ejerce su efecto principalmente sobre los órganos genitales femeninos, siendo fundamental en la preparación del útero para la implantación y mantenimiento de la gestación (Hernández-Cerón, 2017).

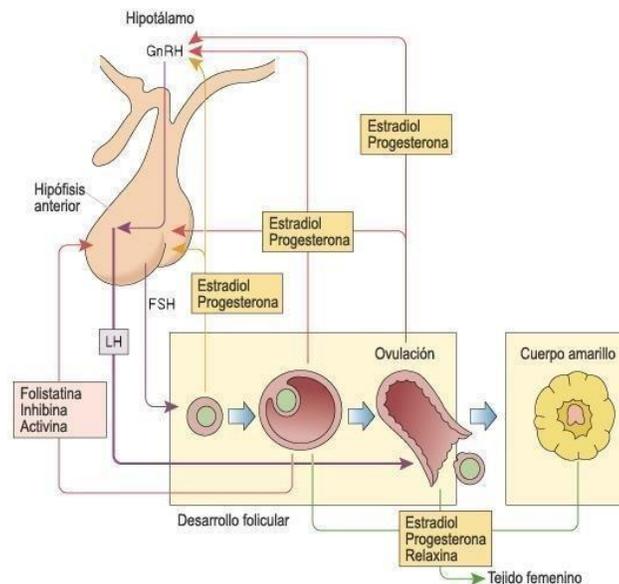


Figura 1. Representación esquemática; Interacción hormonal del eje hipotálamo-hipofisiario-gonadal (Levin, 2005)

2.2.2 Etapas del ciclo estral.

Debido a la estructura fundamental del ovario, el ciclo estral se segmenta en dos etapas: la fase folicular (proestro y estro) y la fase lútea (metaestro y diestro). En la fase folicular, los folículos ováricos se desarrollan y maduran con el objetivo de ser ovulados. En las especies poliéstricas, esta etapa se inicia con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior. La fase lútea se refiere a las fases del ciclo en las que se forma y alcanza su máxima funcionalidad el cuerpo lúteo (Medrano y Porta, 2018).

La vaca se clasifica como hembra poliéstricas continua, es decir, tiene un estro durante todo el año y tiene su primera ovulación a los 12 meses de edad (pubertad), pero esto puede depender del peso vivo, las condiciones de alojamiento, genética y la alimentación. Porque aún no se ha determinado la influencia de la temporada en su comportamiento cíclico. Sus ciclos estrales se presentan a intervalos regulares. Una vez que alcanza la pubertad, se pueden ver interrumpidos durante la gestación y cuando las condiciones nutricionales sean extremadamente deficientes (Jiménez, 2019).

El ciclo estral en la hembra bovina tiene una duración aproximada de 21 ± 3 días, aunque puede variar comúnmente entre 17 y 24 días. En términos generales, las novillas tienden a presentar un ciclo que es de 1 a 2 días más corto en comparación con el de las vacas. Tradicionalmente, el ciclo estral en esta especie se divide en cuatro etapas:

1. Estro: día 0
2. Metaestro: Desde el día 1 al día 5 días
3. Diestro o fase luteal: Desde el día 6 al día 17
4. Proestro o fase folicular: Desde el día 18 hasta el inicio del siguiente estro (Carvajal, 2020).

Bibliografía

1. Alzate, D. (2019). *Hormonas Reproductivas de la Vaca Medvetsite*. Medvet.
<https://Medvetsite.Com/Hormonas-Reproductivas-De-La-Vaca/>
2. Avendaño. L., y Quezada. A. (2013). *Dinamica Ovarica e Inseminacion Artificial en Ganado*. México: Trillas.
3. Berriel, C., Gonzales, D., Por, Berriel, C., y González, D. (2014). Universidad de la República Facultad de Veterinaria Efecto de la Suplementación de Selenio Sobre las Características Productivas y Reproductivas de Vaquillonas.
https://Www.Colibri.Udelar.Edu.Uy/Jspui/Bitstream/20.500.12008/10308/1/F_v-30886.Pdf
4. Carvajal y Martínez. (2020). El Ciclo Estral en la Hembra Bovina y su Importancia Productiva. *Inia- Informativo N° 246*, Pág. 1-4.
5. Cerón, J., y León, Á. (2009). *Manual de Inseminación Artificial en Bovinos*.
https://Fmvz.Unam.Mx/Fmvz/Licenciatura/Coepa/Archivos/Manuales/50_Inseminacion_Artificial.Pdf
6. Cerón, J. (2017). *Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos Lecheros*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Departamento de Reproducción.
7. Cutaia, L. (2006). Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF): Una Herramienta Para el Mejoramiento Genético: Inseminación Artificial.
https://Www.Produccion-Animal.Com.Ar/Informacion_Tecnica/Inseminacion_Artificial/60la_A_Tiempo_Fijo.Pdf
8. Delgado, A., Motta, Ramos Cuéllar, N., Mery González Sánchez, C., Cristina, E., y Rojas, C. (2011). Dinámica Folicular en la Vida Reproductiva de la

- Hembra Bovina Follicular Dynamics in the Reproductive Life of Female Livestock. <http://Vetzootec.Ucaldas.Edu.Co/Downloads/V5n2a08.Pdf>
9. Diskin, M. G., and Morris, D. G. (2008). Embryonic and early foetal losses in cattle and other ruminants. *Reproduction in Domestic Animals*, 43(s2), 260–267.
 10. García, D. B. (2013). *General Aspects of Fixed Time Artificial Insemination (Ftai) in Bovine*. Colombia: Ucc.Villavicencio.
 11. Garmendia, J., Facultad De, C., y Veterinarias. (2007). Los Minerales en la Reproducción Bovina: http://Www.Produccion-Animal.Com.Ar/Suplementacion_Mineral/34Minerales_En_Reproduccion.Pdf.
 12. González T., M., Oviedo S, T., y Vergara G, O. (2017). Correlación Entre la Estimación de la Edad de Gestación por Palpación Rectal y la Edad de Gestación Real en la Vaca. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - Recia*, 9(1), 89–93. <https://doi.org/10.24188/Recia.V9.N1.2017.503>.
 13. González, E. (2018). Libro Técnico Estado del Arte Sobre Investigación e Innovación Tecnológica en Ganadería Bovina Tropical. <https://redgatro.fmvz.unam.mx/assets/rn9.pdf>
 14. Guaquéta. (2009). Ciclo Estral: Fisiología Básica y Estratégicas para mejorar la Detección de Celos. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 163-183.
 15. Hafez y Hafez (2002). *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales*. Kiawah Island, South Carolina: Mc Graw Hill.
 16. Jiménez, A. (2019). El Ciclo Estral Bovino - Bm Editores. Bmeditores. Mx.

<https://Bmeditores.Mx/Ganaderia/El-Ciclo-Estral-Bovino-2163/>

17. Martínez. (1998). *Relación Entre la Condición Corporal y la Respuesta Reproductiva de Hembras Bovinas de doble Propósito*. Obtenido de [Http://Www.Avpa.Ula.Ve/Libros_Online/Gdoblep/Pdfs/Capitulo20.Pdf](http://Www.Avpa.Ula.Ve/Libros_Online/Gdoblep/Pdfs/Capitulo20.Pdf)
18. Medina, A. (2012). *Efectos de la Oxitocina Sobre Reproducción y Producción de Leche en Vacas de Doble Propósito en el Trópico*. Ganaderia.Com. <https://Www.Ganaderia.Com/Destacado/Efectos-De-La-Oxitocina-Sobre-Reproducci%C3%B3n-Y-Producci%C3%B3n-De-Leche-En-VacasDeDoble-Prop%C3%B3sito-En-El-Tr%C3%B3pico>
19. Medrano y Porta. (2018). *Fisiología Reproductiva de los Animales Domésticos*. México: UNAM.
20. Palma, D. E. (2021). Las Prostaglandinas en Bovinos - Bm Editores. Bmeditores.Mx. <https://Bmeditores.Mx/Ganaderia/Las-ProstaglandinasEnBovinos/>
21. Santivañez, R. (2017). Efecto del uso de la Oxitocina en la Reproducción del Ganado Lechero. Engormix. https://Www.Engormix.Com/Lecheria/Hormonas-ProduccionLechera/Efecto-Uso-Oxitocina-Reproduccion_F41684/
22. Torres, A. (2023). Métodos de Reducción de los días Abiertos en Bovinos. Unmsm.Edu.Pe. https://Sisbib.Unmsm.Edu.Pe/Bvrevistas/Veterinaria/V12_N2/M%C3%A9todos.Htm
23. Tórtora Pérez, y Abd Elghany Hefnawy. (2024). "Selenio y Salud Animal" Importancia, Deficiencia, Suplementación y Toxicidad. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia Da Unipar*, 11(2).

<https://Revistas.Unipar.Br/Index.Php/Veterinaria/Article/View/2571>

24. Virbac. (2015). *Virbac.Com*. Obtenido de Virvbc México:

<https://Mx.Virbac.Com/Home/Politica-De-Privacidad.Html>

25. Yen y Jaffe. (2010). *Endocrinología de la Reproducción: Fisiología, Fisiopatología y Manejo Clínico*. La Jolla California: Universidad A Distancia.

