

Incidencia del cuerpo lúteo y folículo sobre la eficiencia reproductiva, mediante la implementación de un protocolo de IATF en bovinos tratados en el municipio de Cajamarca Tolima

Carlos Andrés Guzmán Leyva

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela de Ciencias Agropecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA
Ibagué- Tolima

2019

Incidencia del cuerpo lúteo y folículo sobre la eficiencia reproductiva, mediante la implementación de un protocolo de IATF en bovinos tratados en el municipio de Cajamarca Tolima

Carlos Andrés Guzmán Leyva

Trabajo de grado presentado para optar al título de Zootecnista

Director del Proyecto de Grado

Mgter. Danilo Bonilla Trujillo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agropecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Ibagué- Tolima

2019

Nota de aceptación

Firma del Presidente del jurado

Firma del Jurado

Dedicatoria

Primero a Dios que es el que me guía, a mi familia por su apoyo, a mi esposa por su incondicionalidad para que yo trascienda en el campo académico, y a todas las personas que de una u otra forma estuviesen ahí.

Índice General

1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema	2
3. Justificación.....	5
4. Objetivos	6
4.1. Objetivo general.....	6
4.2. Objetivos específicos de la investigación.	6
5. Marco teórico	7
5.1. Genética	7
5.2. Hormonas.....	7
5.3. Semen.....	8
5.4. Fisiología reproductiva de la vaca	8
5.5. Registros e indicadores en reproducción	11
5.6. Factores que afectan la eficiencia reproductiva	13
5.7. Biotecnologías para aumentar la tasa reproductiva	16
5.7.1. Inseminación artificial.....	16
5.7.2. Inseminación artificial a tiempo fijo.	16
5.7.3. Transferencia de embriones.	17
5.8. Protocolos en IATF.....	18
5.9. Ventajas y desventajas de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).....	21
5.9.1. Ventajas.....	21
6. Metodología	23
6.1. Población	23
6.2. Diseño muestral.	24
6.3. Procedimientos.....	25
6.4. Instrumentos de recolección de datos	28
6.5. Análisis de datos	29
7. Resultados	30

7.1. Distribución según razas	30
7.2. Prevalencia de estructuras ováricas	31
7.3. Eficiencia reproductiva	33
7.4. Eficiencia reproductiva en estructuras ováricas.....	34
7.5. Análisis de independencia.....	38
7.6. Prueba U Mann-Whitney	39
8. Discusión.....	40
9. Conclusiones	43
10. Referencias	44

Índice de figuras

Figura 1. Causas de ineficiencia reproductiva. Elaboración del autor	15
Figura 2. Biotecnologías reproductivas en bovinos. Elaboración del autor	16
Figura 3. Protocolo OVSYNCH. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos	19
Figura 4. Protocolo COSYNCH. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos	19
Figura 5. Protocolo PROGESTERONA-PROSTAGLANDINA-BENZOATO DE ESTRADIOL. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos	19
Figura 6. Protocolo IATF con DIB. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos	19
Figura 7. Protocolo SELECT-SYNCH. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos	20
Figura 8. Protocolo REPASO CON TORO. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos.....	20
Figura 9. Protocolo RESINCRONIZACION DE CELOS CON DIB P4. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos	20
Figura 10. Protocolo RESINCRONIZACION DE CELOS CON DIB P4 + BE. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos	21
Figura 11. Screenshot del software Openepi para tamaño de muestra	25
Figura 12. Razas menos frecuentes	30
Figura 13. Distribución de las razas analizadas.	30
Figura 14. Pictograma de Eficiencia reproductiva.....	33
Figura 15. Eficiencia reproductiva ovario derecho.....	35
Figura 16. Eficiencia reproductiva ovario izquierdo.....	35
Figura 17. Eficiencia reproductiva (ER) según combinación de estructuras ováricas.....	36
Figura 18. Eficiencia reproductiva (ER) Total según combinación de estructuras ováricas.....	38

Índice de Tablas

Tabla 1.....	23
Tabla 2.....	31
Tabla 3.....	32
Tabla 4.....	33
Tabla 5.....	37
Tabla 6.....	38
Tabla 7.....	39
Tabla 8.....	40

1. Introducción

La reproductividad es un tema de interés entre la comunidad ganadera, en este sentido reviste de importancia el análisis de los diferentes factores que bien pueden incidir al respecto de las tasas de fertilidad bovina. Algunos autores han encontrado que factores como el estrés calórico y el mérito genético, entre otros, inciden en la posibilidad de fecundación (Gongora & Hernandez, 2010). En el caso particular del municipio de Cajamarca Tolima la productividad de las fincas ganaderas es baja. Problemática que es posible abordar desde la implementación de biotecnologías, mejorando la productividad y rentabilidad en el sector.

Pero la puesta en marcha de programas de mejoramiento genético no es suficiente, la articulación de la academia desde la investigación y la comunidad ganadera es necesaria, potencializando aún más los esfuerzos que se hacen para el desarrollo económico y social de la región.

Ahora bien, entendiendo que el paradigma biotecnológico en el sector de la ganadería, abarca una amplia gama de procesos, desde la inseminación artificial, hasta llegar a la fertilización in vitro, lo cual es la mezcla de diferentes razas para generar más productividad, el presente trabajo tiene como objeto determinar la relación entre la eficiencia reproductiva bovina y el estado reproductivo, a partir de estructuras como folículos y cuerpos lúteos, bajo un protocolo de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en fincas ganaderas del municipio de Cajamarca Tolima.

La estructura del trabajo inicia con un recorrido conceptual desde la morfofisiología reproductiva; algunos factores que afectan la reproducción como: estrés calórico y factores relacionados con el bienestar animal, entre otros; y de la técnica de inseminación a tiempo fijo. Luego, se presenta la ruta metodológica que abarca desde la descripción del protocolo implementado, hasta la descripción de los métodos estadísticos para el análisis de la información recolectada a partir del diagnóstico reproductivo. Finalmente se presentan los resultados y discusión de los que se destaca la no asociación entre las estructuras ováricas y la eficiencia reproductiva

2. Planteamiento del problema

Durante las primeras décadas del siglo XX se consideraba que la economía colombiana era agrícola, con el apoyo financiero de los recursos parafiscales canalizados por el Fondo Nacional de Ganado (FNG) se incrementó la productividad y la población bovina en Colombia. Pese a la obtención de logros significativos en el aspecto sanitario, transferencia tecnológica y modernización de los procesos de sacrificio, el ritmo de transformación del sector no es suficiente frente al escenario actual de globalización, siendo necesario agilizar dicho proceso de modernización de la ganadería colombiana. Si bien, en 1925 dicho sector llegó a representar el 60% del PIB, este sector ha disminuido paulatinamente su participación en las últimas décadas. En la actualidad el sector de la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca representa el 6.11% del PIB colombiano. (Cuenca Jiménez, Chavarro Miranda, & Diaz Gantiva, 2008)

Son múltiples los factores que han incidido en esta dramática disminución de la participación del sector agropecuario. Entre otros, se puede considerar el cambio climático, como lo es el efecto invernadero que afecta directamente la producción agrícola; no sólo para el consumo humano como lo representan los cultivos, también la producción alimentaria para el consumo animal. Esto ha llevado a una disminución de la producción de animales obteniendo como resultado la baja calidad de los productos como por ejemplo carne y leche. (Gonzalez S. F., 2018)

Otro factor es la indiferencia del gobierno ante las problemáticas de las comunidades que viven del sector pecuario y en mayor medida de las comunidades ganaderas. Situaciones como la falta de proyectos financieros para el desarrollo del sector, son evidentes. Y aunque la biotecnología es una herramienta que potencializa la productividad y reproductividad en todo el sector, y que ha logrado grandes avances en el subsector de la ganadería, el gobierno no ha fortalecido ni gestado políticas o propuestas en lo pequeños productores, solo se han podido sostener los que tienen buen músculo financiero. (Garzón Castañeda, 2014)

Pese a la relevancia de las biotecnologías, su aplicación es muy limitada en el país, ya que los costos para la implementación de las mismas, no los pueden cubrir la mayoría de los ganaderos. La reproducción ha sido uno de los objetivos de las biotecnologías en el sector ganadero, puesto que un problema claro que se tiene es la baja tasa de fertilidad en bovinos y que tiene mayor incidencia en la región tropical alta de Colombia (Gongora & Hernandez, 2010).

El desempeño y desarrollo productivo del bovino se implementa en grandes extensiones de tierra, transgrediendo el sentido de productividad, sin embargo, al aplicar la tecnología solo se utilizan espacios de tierra necesarios, optimizando su sustentabilidad. (Chará, Murgueitio, & Calle, 2011)

La ciclicidad de los animales, es un factor importante en la reproducción bovina ya que es la parte fisiológica primordial, la evolución tecnológica permite medir y describir los procesos morfo fisiológicos del sistema reproductivo para darle un mayor desempeño a este. (Hafes & Hafes, 2002). Ahora bien, los procesos biotecnológicos ayudan significativamente la producción, pero se encuentran vacíos respecto a las prácticas que pueden mejorar aún más los resultados. Y pese a que se han realizado diferentes estudios alrededor de los protocolos para inseminación artificial a tiempo fijo, no se ha morfometrizado las estructuras ováricas que pudieran incidir positivamente en la eficiencia reproductiva.

Pregunta problema.

¿El cuerpo lúteo y folículo incide sobre la eficiencia reproductiva de vacas, al usar un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en el municipio de Cajamarca Tolima?

3. Justificación

La aplicación de biotecnologías para el desarrollo es inherente al cambio de concepción y productividad de la región, al darle paso a las transformaciones que conllevan a elevar la calidad de vida. La implementación de la inseminación artificial a tiempo fijo, trae una mejora genética a las ganaderías de la región, que se refleja en aumento de la adquisición tanto económica, como de progreso social en la región.

Si la base de la economía ganadera es precisamente la producción animal, es necesario mantener las poblaciones, por lo cual los trabajos que analicen los factores intrínsecos y extrínsecos que influyen en la fertilidad, tienen vital importancia en el desarrollo del sector. Estudios han demostrado que el problema de infertilidad está asociado al clima, lo que se conoce como estrés calórico bovino; las altas temperaturas que calientan los suelos hacen que no haya suficiente ración alimentaria, lo que conlleva a una baja condición corporal que a su vez produce pérdida de ciclicidad y estacionalidad ovárica. (Córdova, Sánchez, Leal, Muñoz, & Murillo, 2010)

Las propuestas para la mejora reproductiva están relacionadas con el tipo de factor de afectación. Por un lado, para el estrés calórico como ejemplo de factor extrínseco, se ha establecido mejoras a través del sistema silvopastoril. Por otro, en el diagnóstico reproductivo como factor intrínseco se podría determinar cuáles son las estructuras ováricas más pertinentes para iniciar un protocolo, potencializando los resultados positivos en reproducción, con índices de productividad elevada y reproductividad constante en las

ganaderías intervenidas, pudiéndose transferir esta investigación a otras regiones que lo requieran.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Determinar la Incidencia del cuerpo lúteo y folículo sobre la eficiencia reproductiva, mediante la implementación de un protocolo de IATF en bovinos tratados en el municipio de Cajamarca Tolima.

4.2. Objetivos específicos de la investigación.

Caracterizar las estructuras ováricas de las hembras según dimensiones foliculares y de cuerpo lúteo.

Evaluar la eficiencia del protocolo a utilizar en la población de vacas estudiadas en el municipio de Cajamarca Tolima.

Establecer a través de diversas técnicas de investigación la relación entre las estructuras ováricas y la eficiencia reproductiva de la población de vacas estudiadas en el municipio de Cajamarca Tolima.

5. Marco teórico

5.1. Genética

El padre de la herencia genética Gregor Johann Mendel cuyo trabajo en 1865 lo desarrollo con guisantes o alverjas, dejó una base de estudios de investigación, las leyes Mendelianas. No obstante, en la evolución del hombre a través del tiempo, han encontrado espacios de orden científico y de investigación ingenieril, para la comprensión, ordenamiento, desarrollo y manipulación del genoma. Así, por ejemplo, la modificación de núcleos genéticos, eliminarían enfermedades terminales, y con cadenas cromosomales nuevas, daría como resultado, longevidad y desarrollo óptimo sin deterioro somático. En este orden, la genética es la transferencia de características externas e internas heredables, en el campo de la microbiología que busca comprender la descendencia cromosomal que se transmite, y a su vez mejorarlo, para formar genéticas con campos cromosómicos libres de enfermedades y más avanzados en estructuras somáticas (Tirados, 2001)

5.2. Hormonas

Son sustancias secretadas por células especializadas, localizadas en glándulas de secreción interna o glándulas endocrinas, o también por células epiteliales e intersticiales cuyo fin es la de afectar la función de otras células. (Perez, 2018)

Gonadotrofina. Gonadotropinas o gonadotrofinas son una serie de hormonas secretadas por la hipófisis, gracias a la hormona liberadora de gonadotropinas, y están implicadas en la regulación de la reproducción. (Perez, 2018)

Prostaglandina. Son un conjunto de sustancias de carácter lipídico derivadas de los ácidos grasos, que sirven para lizar cuerpos lúteos en el ovario, contienen un anillo ciclo pentano y constituyen una familia de mediadores celulares, con efectos diversos, a menudo contrapuestos. (Abira, 2017)

5.3. Semen.

Es el conjunto de espermatozoides y sustancias fluidas que se producen en el aparato genital masculino de todos los animales, líquido viscoso y blanquecino que es expulsado a través de la uretra durante la eyaculación. Está compuesto por espermatozoides (de los testículos) y plasma seminal que se forma por el aporte de los testículos, el epidídimo, las vesículas seminales, la próstata, las glándulas de Cowper, las glándulas de Littre y los vasos deferentes.

5.4. Fisiología reproductiva de la vaca

Ciclo estral. En las vacas el ciclo estral es el lapso comprendido entre dos periodos de estro o calor consecutivos y es el conjunto de acontecimientos fisiológicos que se producen en el ovario de la vaca, como consecuencia de las variaciones en los niveles hormonales y que regula la receptividad de la hembra (Gonzalez K. , 2018). El ciclo estral de las vacas se repite cada 21 días, el celo dura de 6 a 30 horas y la parte más fértil del celo es la segunda mitad del celo. (Gélvez, 2018)

El ciclo estral se puede dividir en tres fases:

- ⊕ Fase Folicular o de regresión del cuerpo lúteo (Proestro)
- ⊕ Fase Periovulatoria (Estro y Metaestro)
- ⊕ Fase Luteal (Diestro)

El día 0 del ciclo estral es el día del celo o calor aparente con signos manifiestos y se considera el día del comienzo del nuevo ciclo; sin embargo, y para efectos de mejor entendimiento, la descripción se realizará a partir de la destrucción del cuerpo lúteo del ciclo estral anterior y finalizará con el día de celo del siguiente ciclo.

- ⌚ **Proestro.** Tiene una duración de 3 a 4 días. Aquí se inicia la regresión del cuerpo lúteo y empieza la secreción de limo.
- ⌚ **Estro o celo:** Abunda el limo claro y viscoso, la hembra se deja montar del macho y se presentan los signos característicos del celo.
- ⌚ **Metaestro:** Se inicia la formación del cuerpo lúteo, la hembra rechaza al macho y disminuye el flujo de limo.
- ⌚ **Diestro:** El cuerpo lúteo completa su desarrollo y el útero se prepara para recibir al embrión, en caso de no presentar preñez se repite el ciclo.
- ⌚ **Celo:** Estado en el cual la hembra tiene un pico de producción de estrógenos y se encuentra en manifestación receptiva para la copula, un conjunto de signos que determinan las hembras si están listas para aceptar el macho, es un proceso fisiológico

periódico, que se caracteriza por la exaltación de los instintos y modificaciones psicosomáticas. (Hafes & Hafes, 2002)

Folículo de Graaf. Por vía sanguínea la (FSH) llega al ovario, en donde hace que el folículo más superficial y apto aumente de tamaño rápidamente, con proliferación de las células de la teca y aumento de la secreción de estrógenos en la hembra bovina, en estado de pubertad, el hipotálamo, produce el factor de liberación de las hormonas (FSH y LH), ésta va a la hipófisis permitiendo que se libere la hormona estimulante (FSH). El crecimiento del folículo se efectúa en dos a tres días anteriores al celo, simultáneamente los niveles altos de estrógeno inhiben al hipotálamo e hipófisis en la producción de FSH. Al inhibirse la producción de FSH por la acción estrogénica, el hipotálamo produce el factor de liberación de la hormona luteinizante (LH) la que termina la maduración folicular a folículos mayores a 8.0 mm que produce dehiscencia del folículo hacia el infundíbulo de las trompas de Falopio. Cuando sale el óvulo, disminuyen los estrógenos secretados por la teca (Rodríguez Rodríguez, 2017)

Cuerpo Lúteo. Hacia el quinto día del ciclo se ha formado el cuerpo hemorrágico que en el día séptimo ya es un cuerpo lúteo con plena producción de progesterona. Luego de la formación del cuerpo hemorrágico las células epiteliales que tapizan la cavidad folicular comienzan a multiplicarse bajo el fluido de la LH (hormona luteinizante) del lóbulo anterior de la hipófisis. Con esta multiplicación se forma el cuerpo lúteo (cuerpo amarillo), el cual, en muchas especies se proyecta en la superficie del ovario. El cuerpo lúteo se forma con células luteales grandes (anteriormente células de la granulosa) y células luteales pequeñas

(teca). El cuerpo lúteo permanece hasta el día 17, al no producirse preñez. El nivel de progesterona sanguínea inhibe al hipotálamo e hipófisis en la producción de LH, si hay preñez, el cuerpo lúteo y la producción de progesterona persisten durante dicho estado (Hafez, 1989). El cuerpo lúteo funciona a manera de una glándula endocrina transitoria, altamente irrigada, cuya principal acción es la producción de la hormona progesterona, la que favorece la formación de un adecuado medio ambiente uterino, permitiendo que ocurran las primeras etapas del desarrollo embrionario y después desencadenar el reconocimiento materno de la gestación; al no producirse ésta interacción entre la madre y el embrión, se da paso a un nuevo ciclo estral debido a la activación de los mecanismos luteolíticos, que generan la involución tanto estructural como funcional del cuerpo lúteo, permitiendo una nueva etapa de dominancia folicular así como la siguiente ovulación (Rodríguez Rodríguez, 2017).

5.5. Registros e indicadores en reproducción

Los registros sistemáticos de los hatos son una fuente de información valiosa para los ganaderos, a partir de la cual se pueden construir indicadores que no solo miden los logros alcanzados, si no que permiten establecer objetivos para el éxito del negocio. En el caso reproductivo, dentro de los indicadores más recomendables de la literatura se encuentran entre otros:

Eficiencia reproductiva. Corresponde al número de animales (hembras > de 2 años) preñadas en un periodo de 21 días (duración promedio de un ciclo estral) expresado como un

porcentaje del total de animales ofrecidos al comienzo del periodo. (Cavestany, 1993). La buena eficiencia, se traduce en tener hembras que están con estado reproductivo óptimo en su mayoría preñadas, obteniendo como resultados índices reproductivos superiores al 60% en sus ganaderías. (Arroyo & Carmona, 2006).

$$ER = \frac{\text{No. animales (hembras > de 2 años) preñadas en un periodo de 21 días}}{\text{total de animales ofrecidos al comienzo del periodo}} \times 100 \quad (1)$$

Tasa de preñez acumulada (TPA). Proporción de vacas que se preñaron antes de los 100 días de lactancia; el indicador considera los eventos ocurridos en forma acumulada hasta ese momento (Piccardi, 2014). La TPA a los 100 días de lactancia es la proporción acumulada de preñeces que se lograron en 3 ciclos, considerando 40 días de período de espera voluntaria (PEV) y 60 días de servicio (Capitaine Funes, 2005).

Periodo de espera voluntaria (PEV). “Tiempo transcurrido desde el parto hasta el momento en que una vaca es considerada elegible para inseminación” Aunque una fórmula teórica para calcular el PEV ideal no sería exactamente lineal, se ha creado una fórmula simplificada (Souza, 2014), basada en la asociación positiva del PEV con la tasa de preñez de 21 días del primer ciclo, con el concepto de 40 días mínimos para la involución uterina y con resultados que varían entre 40 y 100.

La fórmula es:

$$PEV = 40 + \left\{ \frac{TS \times TC}{100} \right\} \quad (2)$$

TS: Tasa de servicio en el primer ciclo de 21 días tras el fin del PEV

TC: Tasa de concepción a la primera IA dentro de los 21d tras el fin del PEV

Días de vaca vacía (intervalo entre parto-concepción) (DV). (Fetrow, y otros, 1990) “Es otro indicador reproductivo de interés, también llamado intervalo parto – concepción (IPC). Este indica el tiempo en días que transcurren desde el parto a la concepción”

$$DV = \text{Dia del parto} - \text{Dia de concepción}$$

Numero de servicios por preñez (NS/P). (Fetrow, y otros, 1990) “Número de servicios de la vaca para obtener una preñez confirmada y los días al primer servicio (D1S) que corresponden a los días que transcurren desde el parto hasta su primer servicio por monta natural o por IA”. Es la razón entre el número de servicios necesarios para obtener una preñez

Servicios por concepción (SC). (Cavestany, 1993) Número total de servicios dados a un grupo de animales en un periodo definido dividido por el número de servicios que resultaron en preñeces

$$SC = \left\{ \frac{\text{Número total de servicios dados a un grupo de animales en un periodo definido}}{\text{Número de servicios que resultaron en preñeces}} \right\}$$

5.6. Factores que afectan la eficiencia reproductiva

Los factores ambientales como el clima y la temperatura (Verdoljak, y otros, 2018); son determinantes en el desarrollo productivo y reproductivo de la ganadería. El estrés calórico, por ejemplo, conlleva a pérdidas en el hato; se argumenta que la aclimatación de

los animales en temperaturas mayores a 25°C, se debe realizar con programas silvopastoriles para proporcionarles confort y bienestar a los animales (Cedeño, 2011)

Los inherentes al animal como la condición corporal y raza, edad y peso, han mostrado su efecto sobre los parámetros reproductivos. Y pese a que ha sido demostrado que la suplementación alimentaria mejora la eficiencia reproductiva, es importante considerar el efecto del genotipo (Grajales, Hernández, & Prieto, 2006).

Algunas investigaciones señalan que sobre las hembras recae el peso de la infertilidad, ya que de ellas depende prácticamente la producción (Córdoba, Sánchez, Leal, Muñoz, & Murillo, 2002). Para los autores, estos animales pueden tener algún problema genético, como anormalidades cromosómicas, ya que se ha asociado a este tipo de patologías con diversos desórdenes reproductivos, el freemartinismo en el ganado bovino es otra de las causas de infertilidad más frecuentes, ya que se ha reportado que más del 90% de las hembras, 2 son freemartin y cérvix torcido, con ello se hace un poco difícil la aplicación de la biotecnología.

Otros factores determinantes son los asociados al bienestar animal (instalaciones y terrenos, entre otros); de lo cual ha quedado demostrado que hay más pérdida embrionaria cuando hay un mal manejo en el brete y maltrato del parte del personal a las receptoras o vacas que tienen preñeces chicas, ya que el estrés afecta significativamente. De igual manera, una inadecuada manipulación del tracto reproductivo pre-servicio, afecta el indicador acá analizado. (Vazquez, 2017). El manejo se debe realizar en condiciones de salubridad y

asepsia en instalaciones adecuadas según la explotación, al brindarles bienestar en el manejo el hato se vuelve productivo y sustentable.

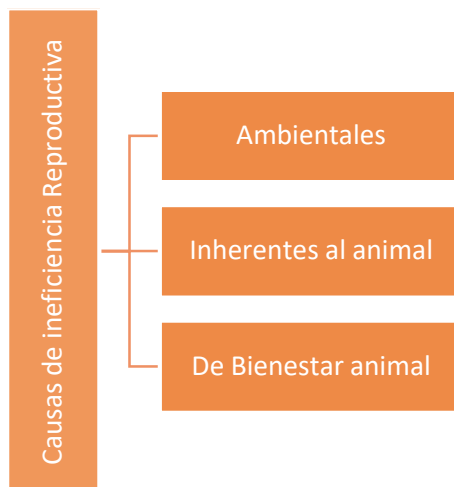


Figura 1. Causas de ineficiencia reproductiva. Elaboración del autor

De otra forma, mejorar la eficiencia reproductiva, se puede lograr a través de la intervención técnica como la inseminación artificial, la cual genera una mejora genética, mayor productividad y reproductividad, ya que el beneficio que se presenta en el desarrollo de esta es de impacto económico y sustentable, adquiriendo genéticas internacionales, controlando problemas reproductivos, reduciendo periodos abiertos, regulando ciclicidades, finalizando, con resultados de un parto por año.

5.7. Biotecnologías para aumentar la tasa reproductiva

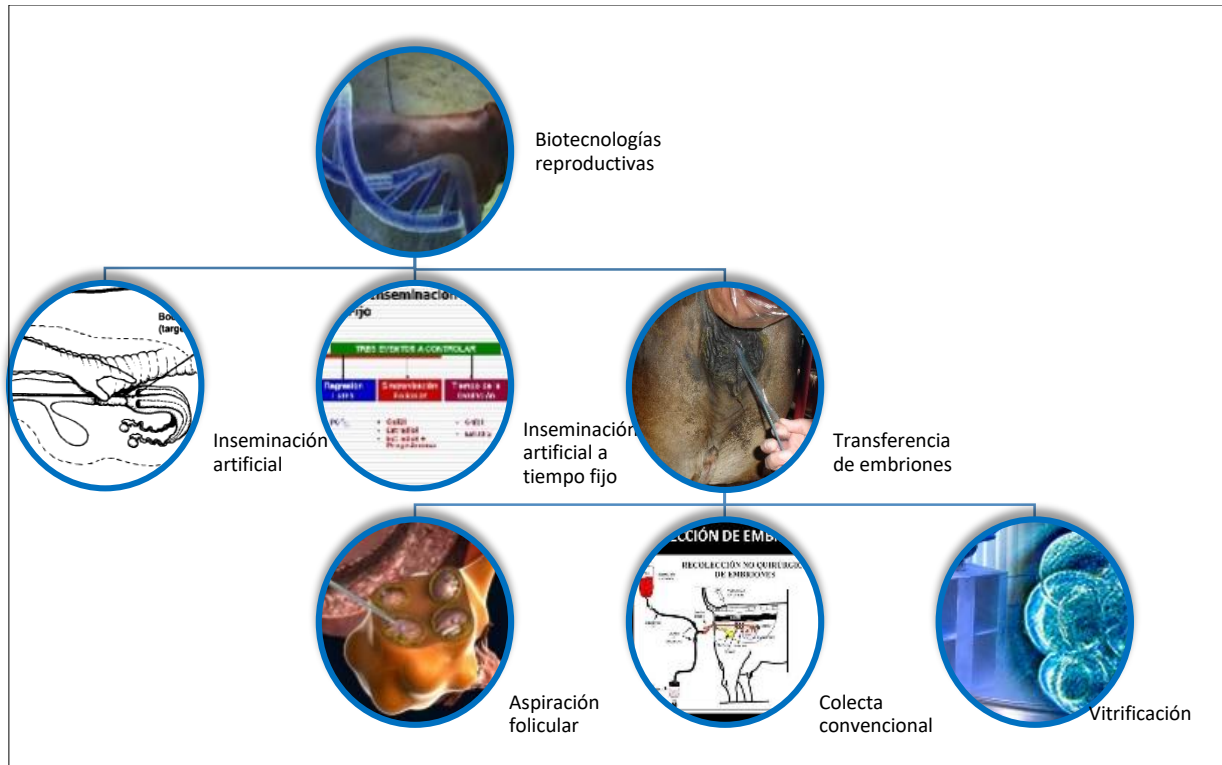


Figura 2. Biotecnologías reproductivas en bovinos. Elaboración del autor

5.7.1. Inseminación artificial.

Mediante una técnica se colecta el semen del macho, posterior a ello, viene la aplicación del semen, en el tracto genital de la hembra con instrumentales especiales en el momento preciso para la fecundación. (Salisbury, Lodge, & Vandemark, 1978)

5.7.2. Inseminación artificial a tiempo fijo.

Biotecnología utilizada para generar mayor eficiencia reproductiva y productiva, utilizando medicamentos hormonales a horas precisas para inducir el ciclo ovulatorio,

introduciendo nuevas genéticas, con la ventaja de no padecer enfermedades de tipo reproductivo (Raso & Esquel, 2012)

5.7.3. Transferencia de embriones.

Esta técnica consiste en implantar en el útero de unas hembras receptoras, un blastocisto o una mórula para que este se anide y lleve a cabo todo su desarrollo fetal, el cual el animal que esta gestante no le transmite genéticamente nada, siendo este un neonato con caracterización pura en su raza. (Colazo & Mapletoft, 2007)

5.7.3.1. Aspiración folicular.

Técnica utilizada para la mejora genética en las ganaderías, la punción ovárica folicular, Ovum pick up (OPU), es la realización de un procedimiento que consta de una punción con aguja dirigida a los folículos extrayendo ovocitos, mediante la absorción del equipo especializado para ello, estos se trasladan a un laboratorio para ser fecundados in vitro. (Vilchis Ramos, 2011)

5.7.3.2. Colecta convencional.

Técnica por el cual, mediante una aplicación de medicamentos hormonales, se inducen los ovarios a desarrollar varios folículos y por ende la multi-ovulación de estos, se procede a fertilizarlos y después se extraen los embriones ya fecundados de una donante, para así transferirlos en fresco a las receptoras. (Palma, 2001)

5.7.3.3. Vitrificación.

El método por el cual se preservan los blastocitos por medio de criopreservación, al congelar los embriones para darle mayor tiempo de conservación, se almacenan en tanque con nitrógeno líquido, resguardando la genética por mucho tiempo. (Celestinos & Gatica, 2002)

5.8. Protocolos en IATF

La implementación de protocolos para la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo, ayuda a mejorar significativamente la reproducción de las vacas, ya que no solamente se regula su ciclicidad, sino que potencializa sus estructuras ováricas. Logrando una fisiología dinámica para obtener respuestas de preñez y dar paso a la receptividad, así como al acortamiento de periodos abiertos tan prolongados, generando una notable eficiencia y eficacia reproductiva. (Raso & Esquel, 2012)

Los protocolos de IATF aconsejan inducir la emergencia de una nueva onda de crecimiento folicular sincronizada, controlar la duración del crecimiento folicular hasta la fase pre-ovulatoria, sincronizar el retiro de la fuente de progesterona exógeno (dispositivo) y endógena (prostaglandina F₂α) e inducir la ovulación sincronizada en todos los animales simultáneamente. Hay cierto tipo de protocolos, como lo son:

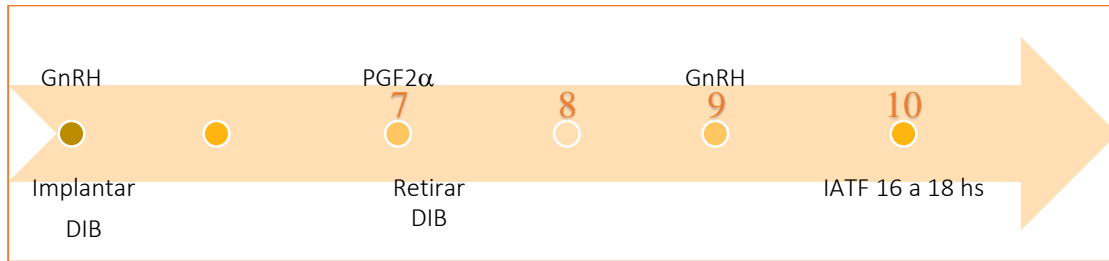


Figura 3. Protocolo OVSYNCH. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos

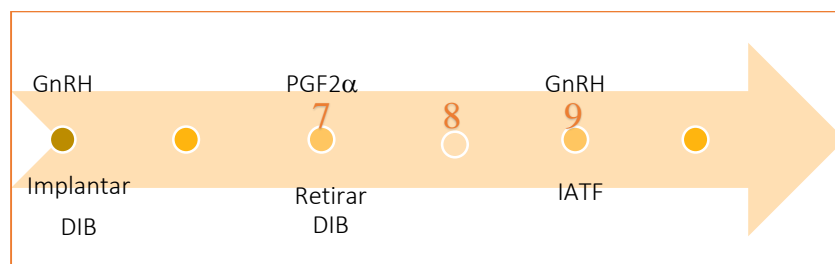


Figura 4. Protocolo COSYNCH. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos

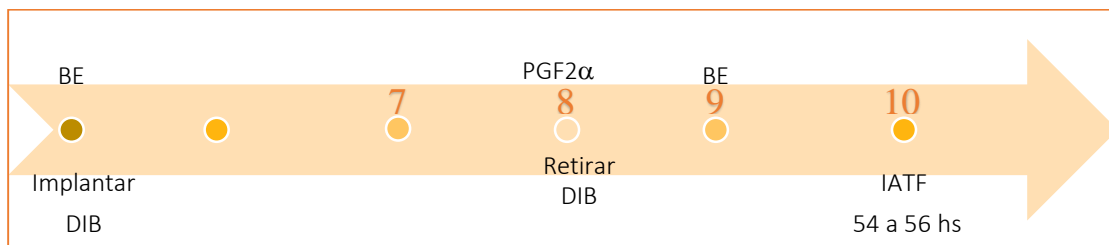


Figura 5. Protocolo PROGESTERONA-PROSTAGLANDINA-BENZOATO DE ESTRADIOL. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos

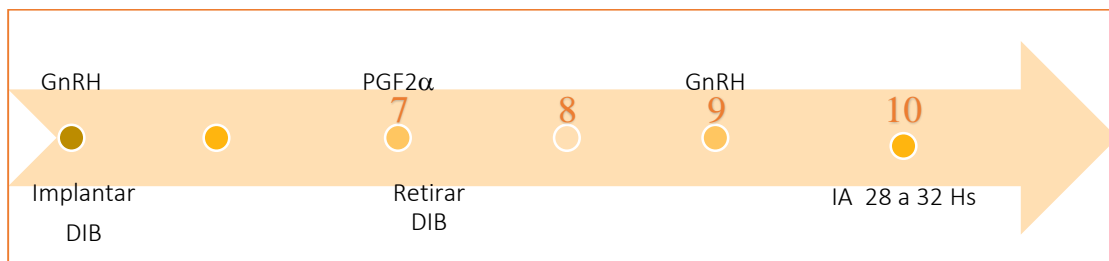


Figura 6. Protocolo IATF con DIB. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos

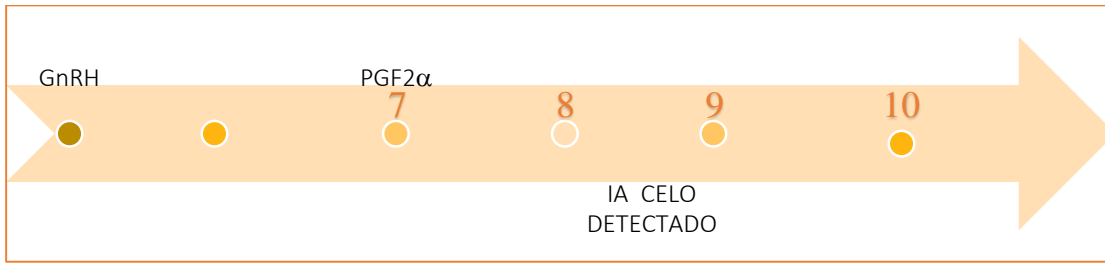


Figura 7. Protocolo SELECT-SYNCH. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos

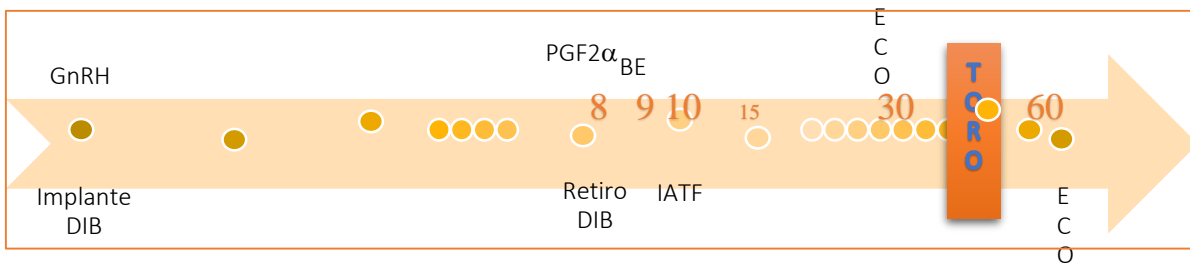


Figura 8. Protocolo REPASO CON TORO. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos

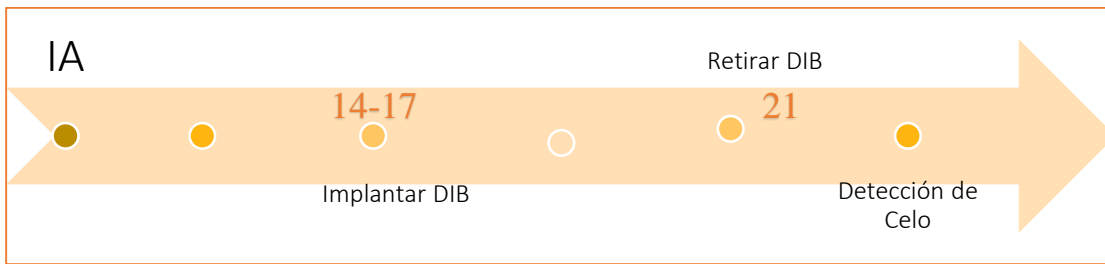


Figura 9. Protocolo RESINCRONIZACION DE CELOS CON DIB P4. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos

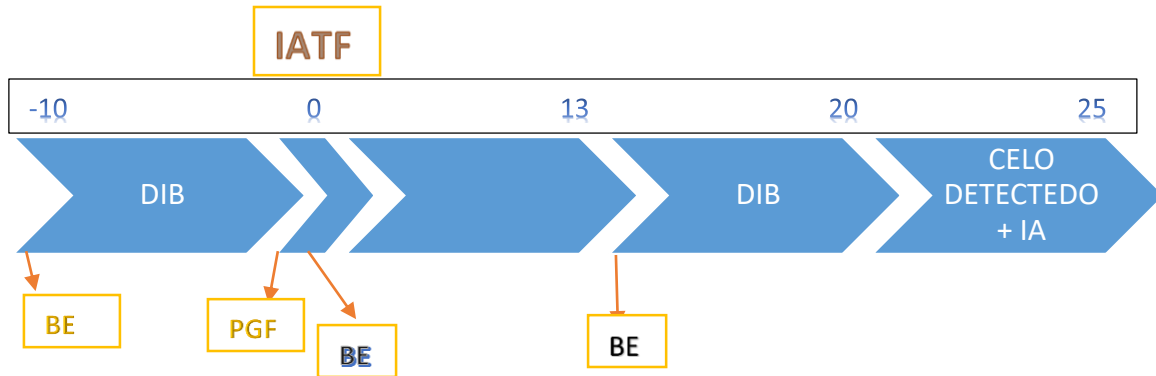


Figura 10. Protocolo RESINCRONIZACION DE CELOS CON DIB P4 + BE. Adaptado de Manual de Técnicas Reproducción Asistida en Bovinos

5.9. Ventajas y desventajas de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)

5.9.1. Ventajas

- 👉 El uso de sementales sobresalientes ofrece la oportunidad de mejorar genéticamente los animales del predio.
- 👉 Potencial reproductivo de un semental se incrementa, es decir, si un toro por monta natural puede cubrir entre 49 y 70 vacas por año, a través de la IA y con el uso de semen congelado se pueden servir miles de vacas por año.
- 👉 Disminución de días abiertos
- 👉 Se reducen los riesgos de transmitir enfermedades: la transmisión de enfermedades vía reproductiva con monta directa y no procesando el semen de animales enfermos
- 👉 Se puede mejorar el control de registros, cubrimientos y nacimientos. Así mismo se mejora el manejo, ya que para garantizar el éxito de la IA es necesario llevar un buen

sistema de registro lo que permite mejorar la selección de los animales que van a participar en la IA ya que no deben entrar animales mal nutridos ni enfermos.

- ☞ A través de la IATF se puede cubrir un gran número de vacas (15-20 o más) en un mismo día, en condiciones naturales para un solo toro no lo realizaría.
- ☞ La inseminación artificial permite la prueba de toros en forma más confiable y segura.

5.9.2. Desventajas

- ☞ Se necesita personal capacitado para el manejo del semen, el proceso de inseminación y además para una adecuada detección de los animales en celo.
- ☞ Al iniciar un programa de IA en una explotación la inversión es elevada (compra de equipo, materiales insumos, etc.).
- ☞ Se debe tener el equipo adecuado para iniciar el programa de I.A con los costos a los que conlleva.
- ☞ Si no se tiene un buen manejo del termo criogénico y el nivel térmico o nivel de nitrógeno de las pajillas de semen (congelación) se puede reducir el porcentaje de preñez.

6. Metodología

Para dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿El cuerpo lúteo y folículo incide sobre la eficiencia reproductiva de las vacas, al usar un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en el municipio de Cajamarca Tolima?, se sigue la ruta metodológica descrita a continuación.

6.1. Población

Población. El estudio se centra en la localidad de Cajamarca, municipio del departamento del Tolima (Colombia), esta región se encuentra a 1814 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 18° C, y cuya extensión es de 520 Km², y se ubica en la cordillera central. El potencial de predios a estudiar en el Municipio de Cajamarca Tolima es de 528. En los cuales se tienen alrededor de 10.600 hembras, según datos de Fedegan obtenidos del primer ciclo de vacunación de aftosa del año 2016, distribuidos como se indica en la Tabla 1

Tabla 1

Descripción de población analizada

Predios	528
Animales	
Hembras menores de 3 meses	424
Hembras de 3 a 8 meses	645
Hembras de 8 a 12 meses	220
Hembras de 1 a 2 años	2094
Hembras de 2 a 3 años	1660
Hembras mayores de 3 años	5029
Total animales	10.600

Fuente. Fedegan 2016. (sinigan) Municipio Cajamarca -Tol

En primera instancia se aplicó un criterio de inclusión para los predios, convocando a todos los ganaderos de la región, y vinculando a quienes estaban interesados en participar en el proyecto de mejoramiento genético; incorporando así, 157 predios al estudio. En cuanto a la selección de animales, se estableció dos fases de exclusión: (a) diagnóstico visual y (b) diagnóstico por palpación rectal. En la primera etapa se excluyeron a los animales que evidenciaron baja condición corporal (en producción lechera calificación menor a 3, y en producción de carne, menor a 5), y animales con 40 días o menos de haber parido. En la segunda fase, no se integraron al estudio aquellos animales que al diagnóstico de palpación presentaron: vulvovaginitis, cérvix torcido, metritis, piometra endometrial, retención placentaria, quistes ováricos, atresias ováricas, entre otras anomalías de nivel reproductivo.

Población Objetivo. Al aplicar tanto los criterios de inclusión, como los de exclusión, se tiene como población diana: 157 predios, y 980 hembras de razas Holstein, normando, simental, gyr, y mestizas, con contextura fenotípica, edad, peso y estructuras ováricas y descripciones reproductivas óptimas para la preñez.

6.2. Diseño muestral.

Tamaño de la muestra. A partir de los datos poblacionales se calculó el tamaño de muestra adecuado para estimar una proporción poblacional, que para el caso es la preñez. Para ello, se establece como tamaño de población 980 animales, una proporción de éxito de 0,5 o frecuencia porcentual anticipada del 50%, precisión absoluta del 5% y un efecto de diseño para muestras aleatorias de 1.0. El cálculo del tamaño de muestra, se realiza con OpenEpi, un software gratuito y de código abierto para estadísticas sobre epidemiología. El

resultado del tamaño de la muestra fue de 277 animales, bajo una confianza del 95% como se muestra en la Figura 11.

The screenshot displays two main panels from the OpenEpi software. The left panel, titled 'TAMAÑO DE MUESTRA', shows a table for determining sample size based on confidence intervals. The right panel, titled 'SELECCION DE LA MUESTRA CON M.A.S', shows the 'Generador de números aleatorios' (Random Number Generator) interface with input fields for range and quantity, and a resulting list of 980 random numbers.

Intervalo Confianza (%)	Tamaño de la muestra
95%	277
80%	151
90%	213
97%	319
99%	396
99.99%	515
99.99%	596

Rango	Valor más bajo	Valor más alto
	1	980
¿Cuántos números quiere?	980	
¿Cuántas columnas en la tabla?	1	
¿Se omite el texto de la salida?	<input type="checkbox"/>	

980 Números aleatorios desde 1 hasta 980

Generados por el programa OpenEpi

www.openepi.com

640
84
876
298
485
150
169
142
337
785
267
478
723
5
-37

Figura 11. Screenshot del software Openepi para tamaño de muestra

Tipo de muestreo. Calculado el tamaño de muestra se procede a seleccionar las unidades a estudiar. El tipo de muestreo utilizado para la selección de la muestra, fue el muestreo aleatorio simple (M.A.S). A través del menú de números aleatorios de OpenEpi, se generaron 980 números con distribución uniforme para cada una de las unidades en la población, y fueron seleccionados los 277 números más pequeños.

6.3. Procedimientos

Protocolo de sincronización para inseminación artificial a tiempo fijo. Se aplicó un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo, con implante intravaginal y eCG a vacas

de raza Holstein, normando, simental, gyr, mestizas, con condición corporal óptima para el proyecto. El protocolo se resume a continuación:

DIA	ACTIVIDAD
0	Implante DIB 0,5 mg + Benzoato de Estradiol 2 ml + Fosforilcolina 15 ml
8	Retiro Implante + Prostaglandina 2 ml + eCG 2 ml + Cipionato de Estradiol 2 ml
10	Inseminación Artificial

En este protocolo como se puede evidenciar, requiere de aplicaciones hormonales para inducir celos artificiales, tiene un porcentaje de preñez que oscila entre un 50-70%, pero tiene la gran ventaja que se pueden sincronizar muchas vacas al mismo tiempo, es una herramienta muy útil para elevar rápidamente los índices de reproducción en el hato.

Elementos necesarios (Materiales) SE IMPLEMENTO el protocolo. Para el desarrollo del protocolo se requirió:

- Agujas de 14 x 1.5”
- Jeringas de 20, 10, 5 y 2 ml
- Termo de Nitrógeno para la conservación de las pajillas
- Nitrógeno para la conservación de las pajillas
- Pajillas
- Termo para descongelar las pajillas
- Pistola de inseminar
- Funda desechable
- Camisas Sanitarias

- Guantes de palpar
- Corta pajillas
- Tollas de papel
- Termómetro
- benzoato de estradiol
- Prostaglandina
- Cipionato estradiol
- eCG (Folligon® o Novormon®)
- Dispositivos intravaginales
- GnRH (Gestar® o su equivalente)

Desarrollo del protocolo. El protocolo inicia con la selección del animal; el plan sanitario, nutricional, condición corporal y reproductivo del mismo. A la vez, se recomendó retirar el toro del hato.

Las vacas o novillas seleccionadas se sometieron inicialmente a palpación en donde se confirma el estado reproductivo en el que se encontraron. Identificadas las de estado reproductivo óptimo, se les realiza el protocolo de inseminación con una duración de 10 días distribuido de la siguiente manera:

Día 0: Se aplicó a las 7:00 am una inyección intramuscular de 2 ml de benzoato de estradiol y se les implanto en el tracto vaginal un Dispositivo Intravaginal de 0,5 g que contiene hormonas sintéticas de progesterona.

Día 8: a la misma hora del día 0, se le retira el dispositivo intravaginal. Luego, se aplicó intramuscular 2ml de Prostaglandina (D-cloprostenol), 2ml eCG (Folligon® o su equivalente) y 2 ml de Cipionato De Estradiol.

Día 10: 56 - 58 horas después de la aplicación del Estradiol, se inseminó el animal.

Recomendaciones y sugerencias usadas para el protocolo IATF

- ✓ Se usaron agujas y jeringas desechables para la aplicación de cada medicamento
- ✓ Durante el transcurso de este protocolo NO se realizaron: Vacunaciones, desparasitaciones, baños insecticidas, etc. En caso de alguna enfermedad se consultó antes de tratar
- ✓ Si alguna vaca no mostro el cable del dispositivo, se palpo vía rectal para verificar si permanece. Se limpió la vulva y se procedió manualmente
- ✓ Se completó el registro de cada uno de los eventos
- ✓ Después de la Inseminación a los 21 días promedio se detectaron celos mediante la observación

6.4. Instrumentos de recolección de datos

Se construyó una planilla para el registro del diagnóstico reproductivo de cada animal, denominada “Registro de Palpación”. Mediante bitácoras se recopiló las actividades realizadas en cada predio; allí mismo, se consolidó la descripción del procedimiento realizado para cada animal. Finalmente, se realizó el diagnóstico de preñez mediante ultrasonografía,

usando un transductor lineal, con un equipo Mindray® Pet20vet. Toda la anterior información se consolidó en archivos de extensión .xls.

6.5. Análisis de datos

Se realiza un estudio transversal, de alcance correlacional. El proceso metodológico estadístico, parte del estudio descriptivo de los animales, donde se caracteriza la muestra según las variables. En los casos en que se requirió la comparación de dos grupos, se utilizó la prueba U (Mann-Whitney) para muestras independientes. Para comparar más de dos grupos, como las diferentes combinaciones de estructuras ováricas. Se propone analizar los resultados con ANOVAS de 1, 2 o 3 factores según la necesidad; no obstante, ya que no se cumplen los requisitos de distribución normal de datos y dispersiones homogéneas, se compararon los grupos con la alternativa no paramétrica del ANOVA.

7. Resultados

7.1. Distribución según razas

Dada la baja frecuencia (uno o dos animales por raza), de los siguientes genotipos, se trabajó un 17% conformado por más de 20 razas, distribuidas así:

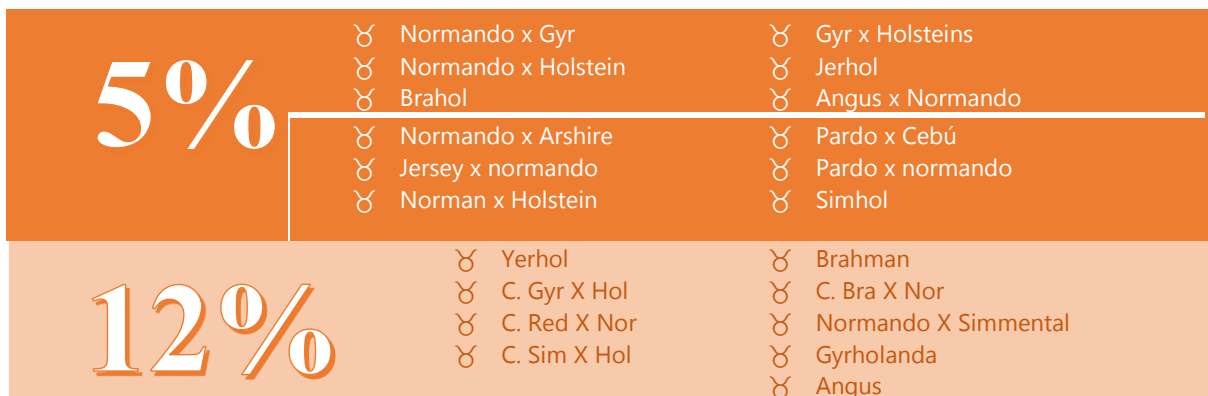


Figura 12. Razas menos frecuentes

El 83% restante, incluye la raza Normando con el 64% del total de unidades de estudio; el 19% que le complementa, son animales de las razas presentadas en la Figura 13

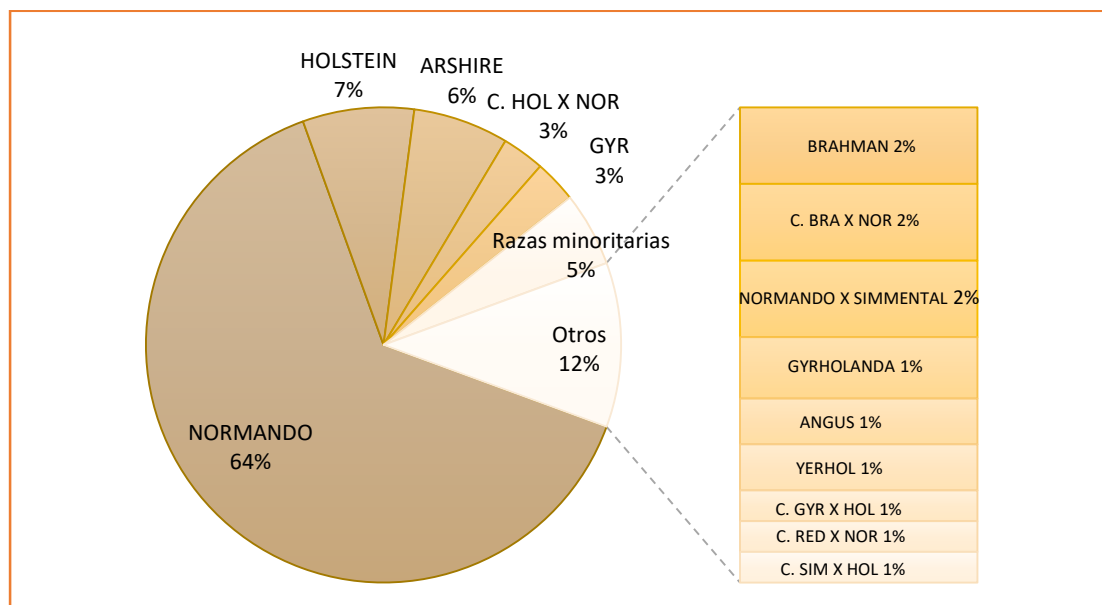


Figura 13. Distribución de las razas analizadas.

7.2. Prevalencia de estructuras ováricas

Al describir de manera individual cada ovario, se observa en la Tabla 2 y Tabla 3, que la estructura más frecuente en el ovario derecho (OD) es OD-CL1; es decir, con cuerpo lúteo en estadio 1, que corresponde al 23% (64 animales) del total de unidades analizadas. Le sigue la estructura OD-F15 presente en el 20% (56 animales), los cuales son ovarios con folículos de 15mm. De las mismas tablas, se deduce que, en el ovario izquierdo (OI) la estructura más frecuente es la OI-F10 presente en 24% de las hembras (67 animales), mientras que un 18% (49 animales) clasificados con OD-CL1.

Tabla 2

Frecuencia absoluta de animales según estructuras ováricas presentadas en la muestra

DERECHO	-CL1	-CL2	-CL3	-F10	-F15	-F20	-F25	-F5	-LISO	-MF	-OP	Total
IZQUIERDO												
OI-CL1	4	9	1	12	13	5	0	2	2	1	0	49
OI-CL2	3	0	0	3	3	5	1	2	1	0	0	18
OI-CL3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
OI-F10	24	11	1	7	17	6	0	1	0	0	0	67
OI-F15	12	2	0	10	5	17	0	0	0	0	0	46
OI-F20	2	3	0	1	14	3	0	0	0	0	0	23
OI-F25	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
OI-F5	8	0	0	6	2	0	0	3	1	0	0	20
OI-LISO	2	0	0	1	1	1	0	5	7	0	0	17
OI-MF	9	9	0	1	0	1	0	0	0	4	0	24
OI-OP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	11
Total	64	34	2	41	56	39	1	13	11	6	10	277

Luego, al analizar de manera conjunta el ovario izquierdo (OI) y el derecho (OD), las combinaciones de estructuras ováricas presentes en las 277 unidades analizadas, permiten resaltar las 10 estructuras ováricas con las frecuencias y porcentajes más altos,

respectivamente. El primer lugar corresponde a la combinación ovario izquierdo con folículo de 10mm. (OI-F10) y ovario derecho con cuerpo lúteo estadio 1 (OD-CL1), observados en el 8.66% del total de animales estudiados. En segundo lugar, con igual presencia 6.14% del total, la combinación de estructura ovárica OI-F10 y OD-F15, y la combinación OI-F15 y OD-F20. En tercer lugar, presente en un 5.05% de los animales, el par OI-F15 y OD-F20. La combinación OI-F15 y OD-F20 se encontró en el 4.69% de las hembras. El 4.33% presentó la dupla OI-CL1 y OD-F10, y en el mismo porcentaje la estructura OI-F15 y OD-CL1.

Es de anotar acá, que una de las combinaciones de estructuras ováricas menos frecuentes es, ovario derecho e izquierdo pequeños: OI-OP y OD-OP; sin embargo, vale la pena analizar más adelante la eficiencia reproductiva en esta combinación.

Tabla 3

Porcentaje de animales del total, según las estructuras ováricas presentadas en la muestra

Izquierdo / Derecho	OD-CL1	OD-CL2	OD-CL3	OD-F10	OD-F15	OD-F20	OD-F25	OD-F5	OD- LISO	OD-MF	OD- OP	% Total
OI-CL1	1,44	3,25	0,36	4,33	4,69	1,81	-	0,72	0,72	0,36	-	18
OI-CL2	1,08	-	-	1,08	1,08	1,81	0,36	0,72	0,36	-	-	6
OI-CL3	-	-	-	-	0,36	-	-	-	-	-	-	0
OI-F10	8,66	3,97	0,36	2,53	6,14	2,17	-	0,36	-	-	-	24
OI-F15	4,33	0,72	-	3,61	1,81	6,14	-	-	-	-	-	17
OI-F20	0,72	1,08	-	0,36	5,05	1,08	-	-	-	-	-	8
OI-F25	-	-	-	-	-	0,36	-	-	-	-	-	0
OI-F5	2,89	-	-	2,17	0,72	-	-	1,08	0,36	-	-	7
OI-LISO	0,72	-	-	0,36	0,36	0,36	-	1,81	2,53	-	-	6
OI-MF	3,25	3,25	-	0,36	-	0,36	-	-	-	1,44	-	9
OI-OP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	3,61	4
% Total	23	12	1	15	20	14	0	5	4	2	4	100

7.3. Eficiencia reproductiva

Como se puede apreciar en la

Tabla 4 y en la Figura 14, la eficiencia reproductiva (ER) en los animales estudiados fue de 68%.

Tabla 4

Eficiencia reproductiva (ER) total

Variable: DIAGNOSTICO 45 DIAS POS IATF	PREÑADA	VACIA	Total
Frecuencia absoluta (Número de animales)	187	90	277
%	68	32	100,0

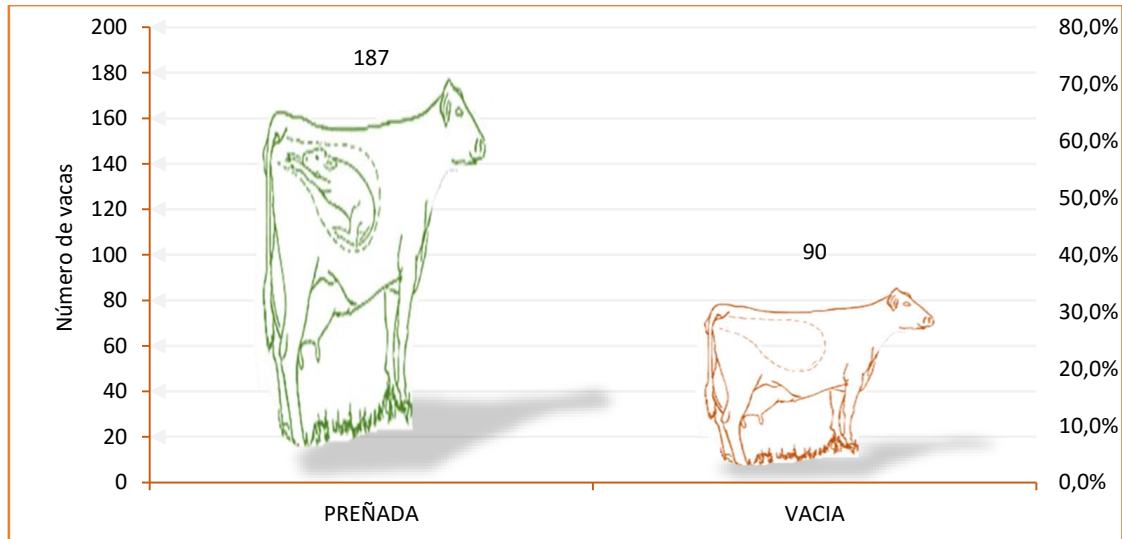


Figura 14. Pictograma de Eficiencia reproductiva

7.4. Eficiencia reproductiva en estructuras ováricas

Análisis por ovarios. Al analizar de manera independiente los ovarios, en lo que corresponde a frecuencia absoluta de animales preñados, se observó que en el OD la estructura ovárica OD-CL1 es la presente en la mayoría de animales preñados. Sin embargo, se debe recordar que en la sección anterior en la que se presentó las estructuras ováricas más comunes en los animales analizados, fue precisamente ésta quien reporta los valores más altos. En consecuencia, es lógico encontrar que las frecuencias absolutas más altas de animales preñados se encuentra en esa estructura, tal cual como se puede apreciar en la Figura 15, seguida de la OD-F15 y la OD-F20, con 41, 38 y 30 animales preñados respectivamente. Pero, al analizar la eficiencia reproductiva según cada estructura, se tiene por ejemplo que la estructura OD-OP presenta un 80% de ER; esta estructura se presentó poco, pero de 10 animales que la tenían, 8 quedaron preñados, lo cual es un resultado importante para analizar. En esa misma línea, las hembras con ovarios OD-F20 registran 77% de ER, seguidas de aquellas que al diagnóstico presentaron ovarios OD-CL2 con una ER de 74%, luego se encuentran las OD-F10 con 71%. No obstante ser la estructura más común, la OD-CL1 sólo registra una ER de 64%.

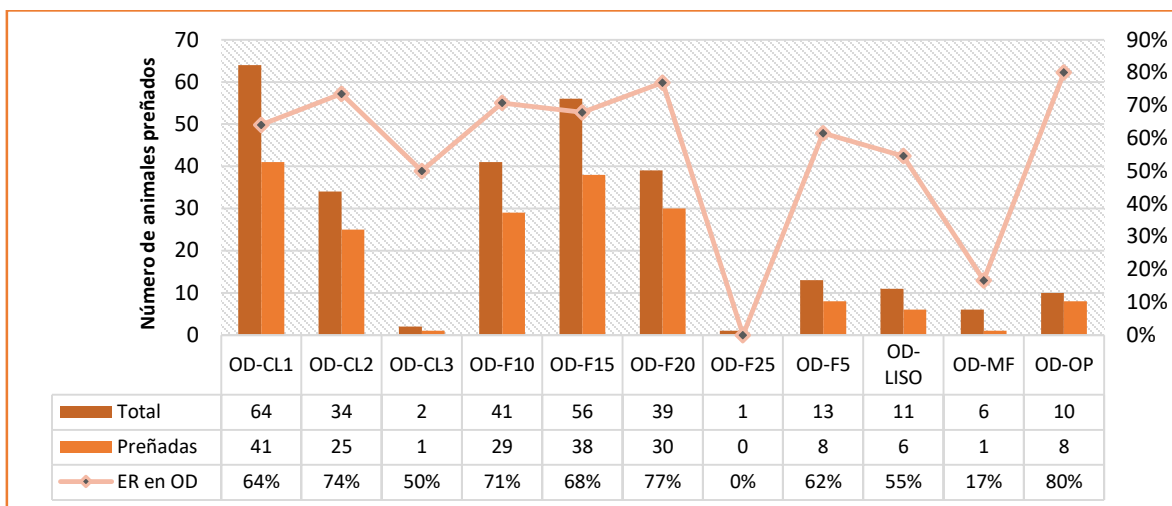


Figura 15. Eficiencia reproductiva ovario derecho

Por otro lado, en el OI la estructura ovárica OI-CL1 es la más presentes en las vacas, y además es la tercera con ER más alta, siendo de 76%. Aunque poco frecuente en los animales tratados es la OI-OP, cuenta con una ER de 82%, pudiéndose considerar la más alta si no se toma para el análisis las estructuras OI-CL3 y OI-F25 que sólo estaban presentes en un (1) animal y que al quedar preñado generan una eficiencia del 100%. Otras estructuras ováricas como la OI-F15 y la OI-F10 presentan 74% y 72% de ER.

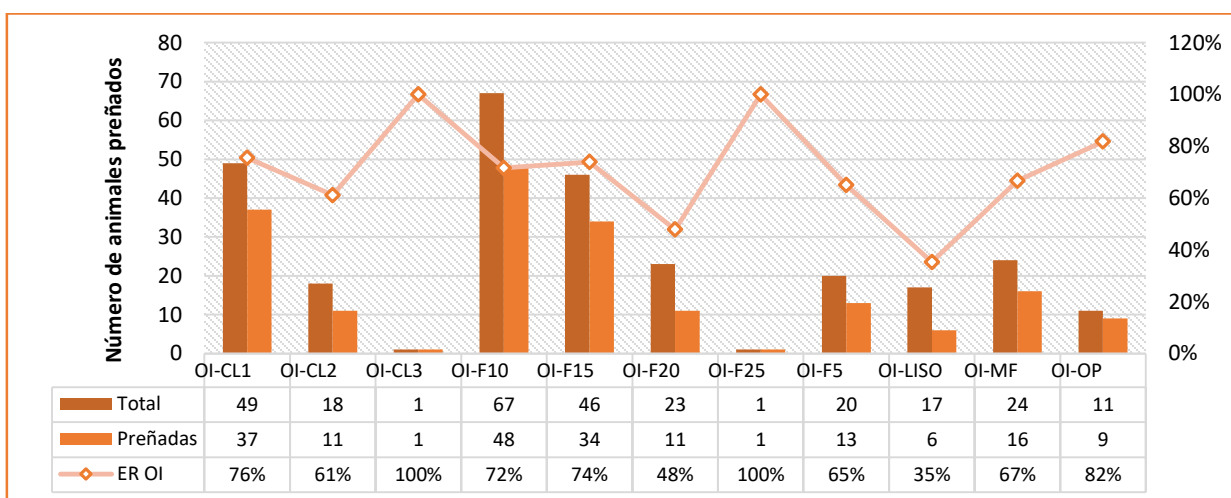


Figura 16. Eficiencia reproductiva ovario izquierdo

Análisis según combinación de estructura ováricas. Como se presenta en la sección de la Tabla 2, la combinación de las estructuras ováricas OD-CL1 y OI-F10, era la más frecuente, y por ende al revisar las frecuencias absolutas de animales preñados, también reporta en esta la más alta, como se puede apreciar en la Figura 17. Sin embargo, el análisis debe enfocarse en la ER dentro cada una de las estructuras ováricas, es decir, con relación a la cantidad de animales presentes en cada una de las 11 categorías, lo cual se evidencia en la Tabla 5.

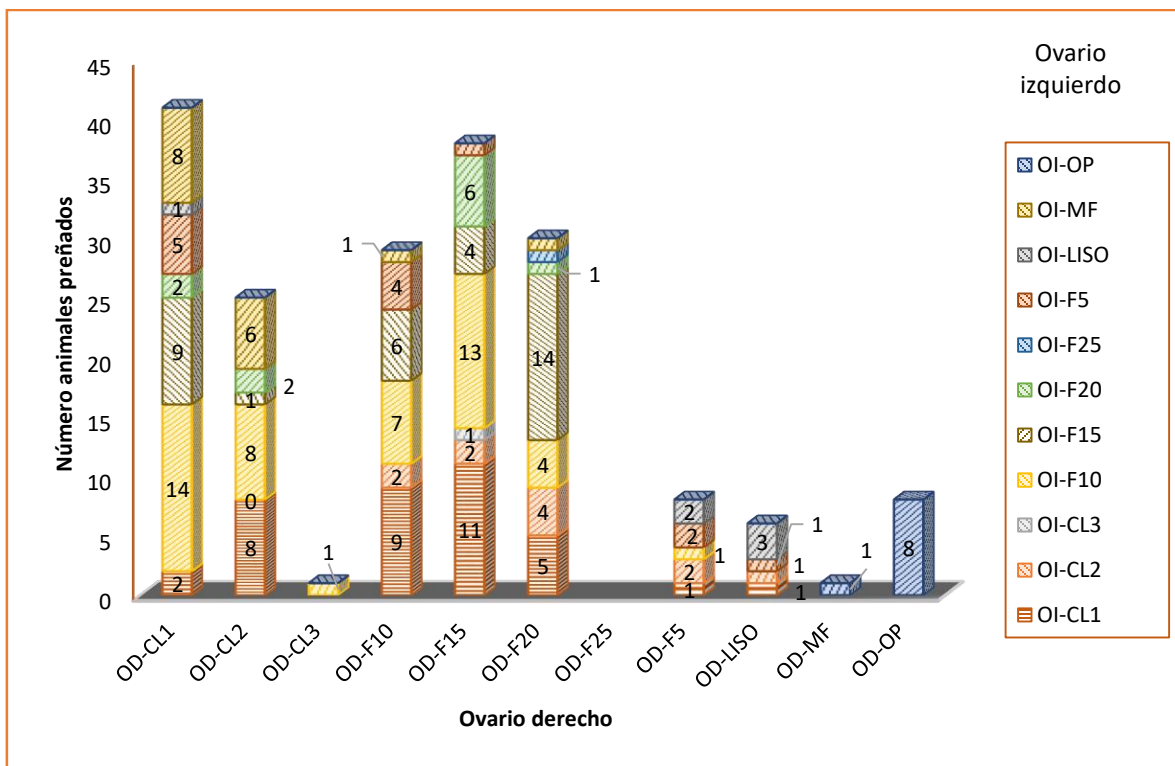


Figura 17. Eficiencia reproductiva (ER) según combinación de estructuras ováricas

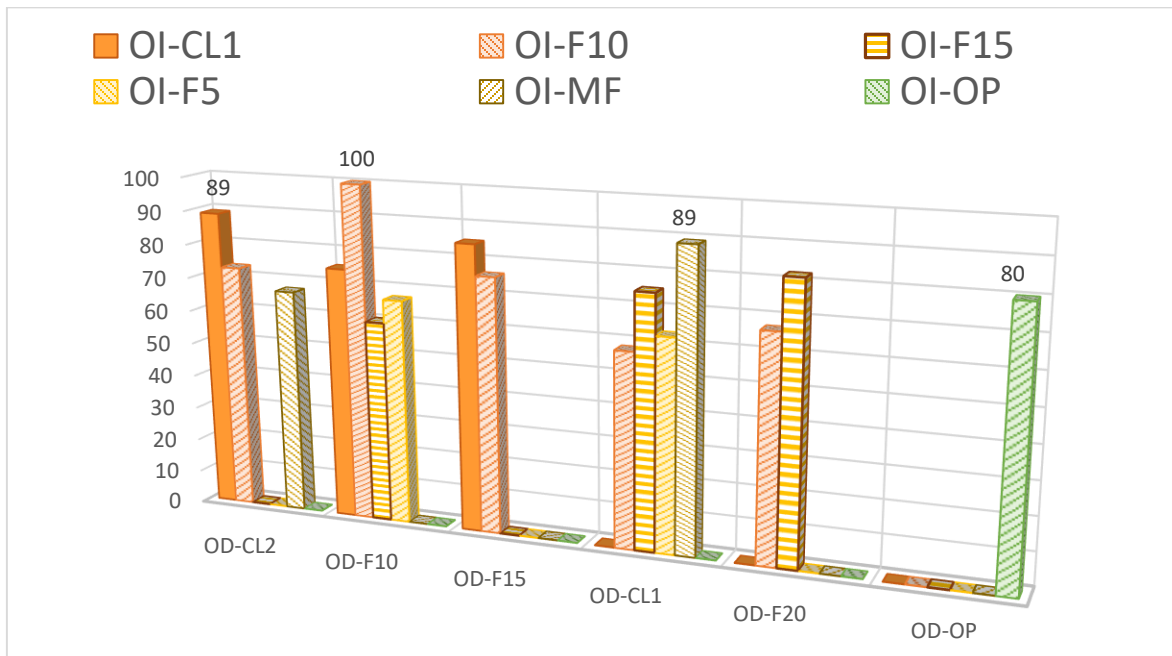


Figura 18. Eficiencia reproductiva (ER) Total según combinación de estructuras ováricas

7.5. Análisis de independencia

Tabla 6

Independencia estructuras ováricas Vs Preñez

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	19,52	25	0,772
Chi Cuadrado MV-G2	20,02	25	0,746
Coef.Conting.Cramer	0,22		
Coef.Conting.Pearson	0,3		

De la tabla anterior, se puede ver que la hipótesis de independencia entre las variables estructuras ováricas y preñez no se puede rechazar, ya que el p-value es menor que el nivel de significancia fijado. Esto sugiere que no se detectan estructuras ováricas que pudieran generar más altos niveles de eficiencia reproductiva.

Prueba de normalidad

- Ho: Morfometría Ovárica se distribuye normalmente
- H1: Morfometría Ovárica no se distribuye normalmente

Tabla 7

Variable	Ajuste	Media	Varianza	N	Estadístico	p-value
Morfometría Ovárica	Normal	11,25	28,20	255	1	<0,0001

La variable morfometria ovárica no se distribuye normalmente ya que al realizar la prueba de bondad de ajuste (Kolmogorov) el p-value < 0,05. Por lo tanto se procede a usar la alternativa no paramétrica de una prueba de medias para comparar el tamaño promedio de las dos muestras de animales (preñadas y vacías).

7.6. Prueba U Mann-Whitney

- Ho: $Me_{G1} = Me_{G2}$
- H1: $Me_{G1} \neq Me_{G2}$

G1: vacas preñadas

G2: vacas vacías

Tabla 8

Test No paramétrico U Mann-Whitney

Diferencia de medias	Preñadas	Vacías
Tamaño de muestra	175	80
Media	11,06	11,66
DE	5,20	5,55

Estadístico W	10602,50
p-value	0,4917

Ya que el p-value $> 0,05$ se concluye que no se puede rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, no hay diferencia en la morfometría mediana de los dos grupos (vacías y preñadas)

8. Discusión

Al revisar las frecuencias absolutas de animales preñados, el estudio presenta prevalencia de las morfometrías OD-CL1 y OI-F10. En cuanto a la incidencia del cuerpo lúteo sobre la eficiencia reproductiva, los resultados no presentan diferencias significativas, lo que no permite deducir que haya estructuras con morfometrías que potencien los resultados de preñez. Y en consecuencia, el aporte de éste trabajo a la literatura se suma a aquellos estudios como los de (Lynch, Kenny, Childs, & Diskin, 2010) y (Pfeifer, y otros, 2009), que concluyen que no existe asociación del tamaño del cuerpo lúteo o folículo con la eficiencia

reproductiva. Por lo tanto, los resultados de este estudio, difieren con los de (Vasconcelos, Silcox, Rosa, Pursley, & Wiltbank, 1999) que señala que el tamaño de la estructura ovárica dominante tiene relación con la probabilidad de concepción. Algunos autores indican que existe un rango óptimo de tamaño folicular en el que se puede llegar a altas tasas de gestación (Filho, Crespilho, Santos, Perry, & Baruselli, 2010); (Lopes, Butler, Gilbert, & Butler, 2007); (Machado, Bonilla, Schneider, Schmitt, & Corrêa, 2012) y (Perry, Smith, Roberts, MacNeil, & Geary, 2007)

No obstante, al comparar los dos grupos: preñadas y vacías, a través de una prueba no paramétrica U Mnn-Whitney arroja un p-value de 0,49; con lo que la hipótesis nula de medianas morfométricas iguales no se puede rechazar. Por tanto, no hay diferencias significativas entre los dos grupos analizados, con relación a los cuerpos lúteos y folículos en diferentes morfometrias de las estructuras ováricas y su incidencia en la eficiencia reproductiva. Sin embargo, algunos estudios han concluido relación en el tamaño y dominancia el cuerpo lúteo en estadios 2 y 3, los cuales al parecer generan más prostaglandina para el sostenimiento gestacional de la vaca (Monroy, 2017)

La literatura da cuenta de avances significativos en cuanto a la descripción exacta de las estructuras ováricas (Rodríguez Rodríguez, 2017). De modo que la medición y visualización por medio de ultrasonografía de las estructuras ováricas, muestra que hay probabilidades de dinamismo y dominancia, de las que se pueden desarrollar en cuerpos lúteos favorables para la gestación (Duica, Tovío, & Grajales, 2007).

En contraparte, este trabajo en la caracterización de las estructuras ováricas desde sus morfometrias, da a conocer que con los animales tratados no hay significancia en la relación de las estructuras en ambos ovarios, para obtener resultados de gestaciones con implementación de biotecnologías como lo es la inseminación artificial a tiempo fijo.

Se podrían evaluar simultáneamente otros factores a la morfometria de las estructuras ováricas, como puede ser la raza, ya que en el trabajo presentado por (Monroy, 2017) se estudiaron exclusivamente animales de raza Holstein; mientras que la muestras tomadas acá corresponden a razas Normando, Holstein, Gyr, Brahaman, Symental y mestizas, pudiendo ser ésta una variable que al cruzarse con el tamaño del folículo y cuerpo lúteo detonen la probabilidad de preñez.

Una propuesta de estudio puede centrarse en protocolos en los que solo se insemine animales que tengan estructuras ováricas con morfometrias de combinación OD-CL1 y OI-F10, siendo la más frecuente en el diagnóstico presentado.

9. Conclusiones

En la fase de diagnóstico descriptivo ovárico mediante palpación rectal por medio de ultrasonografía de las muestras analizadas, se encontró que las estructuras más frecuentes fueron: [OI-CL1 y OD-CL2] con el 89% de ER; de 9 animales con dicha combinación; [OI-CL1 y OD-F15] con 85% de 13 animales; [OI-F10 y OD-F10] el 100% de 7 animales; [OI-F15 y OD-F20] con el 82% de 17 animales; [OI-MF y OD-CL1] 89% de 9 animales y [OI-OP y OI-OP] con el 80% de 10 animales.

La evaluación del protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo en la población de vacas estudiadas en el municipio, muestra resultados de preñez en más del 60% de la población estudiada. Indicador que al ser comparado con las tasas a nivel nacional $0,5\pm 0,10$ es favorable.

Si bien, por un lado, la caracterización de las morfometrías ováricas evidencia prevalencia en las combinaciones estructurales OD-CL1-OI-F10 y OD-CL1-OI-F15; y por otro, no se encontró evidencia de diferencia significativa en los dos grupos: preñadas y vacías se puede respecto a la variable morfometría ovárica, implementar los protocolos de inseminación en animales en cualquiera de los niveles del diagnóstico descriptivo ovárico mediante la palpación rectal por medio de ultrasonografía. Inclusive en animales diagnosticados OP (ovarios pequeños) la probabilidad de preñez no es despreciable, ya que, de las 22 unidades observadas con esta estructura, el 50% quedó preñada.

10. Referencias

- Abira, L. (8 de Febrero de 2017). *HORMONAS QUE PARTICIPAN EN LA REPRODUCCIÓN Y PROCESOS HORMONALES DE MACHOS Y HEMBRAS*. Obtenido de slideshare.net: <https://es.slideshare.net/amyhitam/hormonas-71889027>
- Afanador, G. T. (1996). Plan Estratégico de Modernización Tecnológica de la Ganadería Colombiana. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 1(1), 52-55. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449953017009.pdf>
- Arroyo, G., & Carmona, G. (05 de Octubre de 2006). *Como medir la Eficiencia Reproductiva dce su Hato lechero*. Obtenido de La Lechería: www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/como-medir-eficiencia-reproductiva-t26622.htm
- Cantor, J. C. (2016). *Gameto, Ovogenesis*. El Salvador: Instituto nacional de la Colonia Santa Lucia. Obtenido de https://bvinsl.files.wordpress.com/2016/02/gameto_cd.pdf
- Capitaine Funes, A. (2005). Factores que afectan la tasa de preñez en rodeos lecheros en Argentina. *IV Simposio Internacional de Reproduccion Animal* (págs. 179-196). Cordoba: Instituto de Reproducción Animal de Córdoba. Recuperado el 24 de Enero de 2019
- Cavestany, D. (1993). *Eficiencia reproductiva en vacas lecheras. I. Parámetros reproductivos*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo: Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Recuperado el 26 de Enero de 2019, de www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2735/1/111219240807155252.pdf

- Cedeño, A. J. (2011). EFECTO DEL ESTRÉS CALÓRICO EN EL BIENESTAR ANIMAL, UNA REVISIÓN. *ESPAMCIENCIA*, 2(1), 1-11. Obtenido de <http://investigacion.espam.edu.ec/index.php/Revista/article/view/147>
- Celestinos, M., & Gatica, R. (2002). Vitrificación como técnica de crioconservación de embriones bovinos. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 34(2), 157-165. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0301-732X2002000200002&script=sci_arttext&tlng=en
- Chará, J., Murgueitio, E., & Calle, Z. (2011). *Ganadería Colombiana Sostenible*. Bogotá: Fundación Cipav. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Julian_Chara/publication/264854963_GANADERIA_COLOMBIANA_SOSTENIBLE/links/5405d6cb0cf23d9765a76356/GANADERIA-COLOMBIANA-SOSTENIBLE.pdf
- Colazo, M. G., & Mapletoft, R. J. (2007). Estado actual y aplicaciones de la transferencia de embriones en. *Ciencia Veterinaria*, 9(1), 20-36. Recuperado el 31 de Enero de 2019, de <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/view/1887/1849>
- Córdoba, A., Sánchez, Y., Leal, A., Muñoz, C., & Murillo, A. (2002). Causas de infertilidad en ganado bovino. *Researchgate*, 1-12. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/255619604_Causas_de_infertilidad_en_ganado_bovino
- Córdova, A., Sánchez, Y., Leal, A., Muñoz, C., & Murillo, A. (2010). Causas de infertilidad en el ganado bovino. *AGROMEAT*, 1-5. Obtenido de <http://www.agromeat.com/31016/causas-de-infertilidad-en-ganado-bovino>
- Cuenca Jiménez, N. J., Chavarro Miranda, F., & Díaz Gantiva, O. H. (2008). EL SECTOR DE GANADERÍA BOVINA EN COLOMBIA. APLICACIÓN DE MODELOS DE SERIES DE TIEMPO AL INVENTARIO GANADERO. *Facultad de Ciencias*

- Económicas: Investigación y Reflexión*, 16(1), 165-177. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4237641>
- Duica , A. A., Tovío, L. N., & Grajales, L. H. (2007). Factores que afectan la eficiencia reproductiva de la hembra receptora en un programa de transplante de embriones bovinos. *Revista de Medicina Veterinaria*(14), 107-124. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4943764>
- Fetrow, J., McClary, D., Harman, R., Butcher, K., Weaver, L., Studer, E., . . . Williamson, N. (1990). Calculating Selected Reproductive Indices: Recommendations of the American Association of Bovine Practitioners. *Journal of Dairy Science*, 73(1), 78-90. Obtenido de [www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(90\)78649-3/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(90)78649-3/abstract)
- Filho, S., Crespilho, A. M., Santos, J. E., Perry, G. A., & Baruselli, P. S. (2010). Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. *Animal Reproduction Science*, 120(1-4), 23-30. doi:<http://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.03.007>
- Garzón Castañeda, L. J. (11 de 12 de 2014). *Universidad Militar Nueva Granada*. Obtenido de Enfoque financiero del sector ganadero en Colombia: <http://hdl.handle.net/10654/13307>
- Gélvez, L. (2018). Ciclo Estral y Celo de las Vacas. *Mundo Pecuario*, 1-30. Obtenido de https://mundo-pecuario.com/tema252/reproduccion_bovinos/ciclo_estral_bovinos-1497.html
- Gongora, A., & Hernandez, A. (2010). La reproducción de la vaca se afecta por las altas temperaturas ambientales. *Revista UDCA Actualidad & Divulgacion Cientifica*, 13(2), 141-151. Obtenido de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/742/794>

- Gonzalez, K. (24 de Octubre de 2018). *Zoootenia y Veterinaria es mi pasión*. Obtenido de <https://zoovetespasion.com/ganaderia/reproduccion-bovina/el-ciclo-estral-de-la-vaca/>
- Gonzalez, S. F. (2018). Modelo de Gestión Social Para Mitigar el Cambio Climatico. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 26-35. Recuperado el 28 de Febrero de 2019, de file:///C:/Users/OSCAR/AppData/Local/Temp/Rar\$Dla0.853/cambio-climatico-mexico.pdf
- Grajales, H., Hernández, A., & Prieto, E. (2006). Edad y peso a la pubertad y su relación con la eficiencia reproductiva de grupos raciales bovinos en el trópico colombiano. *Livestock Research for Rural Developmen*, 18(10), 1-25. Obtenido de <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd18/10/graj18139.htm>
- Hafes, E., & Hafes, B. (2002). *REPRODUCCION E INSEMINACION ARTIFICIAL EN ANIMALES*. Mexico: MacGraw-Hill INTERAMERICANA EDITORES, SA. Obtenido de file:///E:/Datos_Usuario/Documentos/UNAD/PROYECTO%20DE%20GRADO/150197543-HAFEZ-REPRODUCCION-E-INSEMINACION-ARTIFICIAL-pdf.pdf
- Lopes, A., Butler, S., Gilbert, R., & Butler, W. (2007). Relationship of preovulatory follicle size, estradiol concentrations and season to pregnancy outcome in dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 34-43. doi:<http://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.04.056>
- Lynch, C. O., Kenny, D. A., Childs, S., & Diskin, M. (2010). The relationship between periovulatory endocrine and follicular activity on corpus luteum size, function, and subsequent embryo survival. *Theriogenology*, 73(2), 190-198. doi:<http://doi.org/10.101>
- Machado, L., Bonilla, S., Schneider, A., Schmitt, E., & Corrêa, M. (2012). Effect of the ovulatory follicle diameter and progesterone concentration on the pregnancy rate of

- fixed-time inseminated lactating beef cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(4), 1004-1008. doi:<http://doi.org/10.1590/S1516-35982012000400024>
- Mayela , P., Gallegos , d., & Minjares Flores, E. A. (2018). Causas de infertilidad en bovinos lecheros y enfermedades metabólicas. *GANADERIA SOS*, 1-15. Obtenido de <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2018/07/CAUSAS-DE-INFERTILIDAD-EN-BOVINOS-LECHEROS-Y-ENFERMEDADES-METAB%93LICAS-.pdf>
- Monroy, Y. (2017). *Tamaño del folículo ovulatorio, volumen del cuerpo lúteo y niveles séricos de progesterona, durante el ciclo estral y gestación temprana en ciclo estral y gestación temprana en ciclo estral y gestación temprana*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/59829/1/Tesis_Yulieth_Monroy_G.pdf
- Palma, G. (2001). Recolección de embriones. *Bioteconología de la Reproducción*, 109-124. Obtenido de http://reprobiotec.com.ar/libro_rojo/capitulo_06.pdf
- Perez, G. (10 de Enero de 2018). *Glándulas endocrinas - Secrecion .com - Secreción*. Obtenido de Secrecion.com: https://www.secrecion.com/glandulas_endocrinas
- Perry, G. A., Smith, M. F., Roberts, A. J., MacNeil, M. D., & Geary, T. W. (2007). Relationship between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers.9. *Journal of Animal Science*, 85(3), 684–68. doi:<http://doi.org/10.2527/jas.2006-519>
- Pfeifer, L. F., Kastelic, J. P., Small, J. A., Adams, G. P., Dionello, N. J., & Singh, J. (2009). Effects of low versus physiologic plasma progesterone concentrations on ovarian follicular development and fertility in beef cattle. *Theriogenology*, 72(9), 1237-1250. doi:<http://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.07.019>

- Piccardi, M. (2014). *Indicadores de eficiencia productiva y reproductiva en rodeos lecheros*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/1517>
- Raso, M., & Esquel, T. (2012). Inseminación artificial a tiempo fijo. *Ganadería. Carpeta Técnica EEA*, 203-205. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia46_inseminacion_ovina.pdf
- Raso, M., & Esquel, T. I. (2012). Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF). *Ganadería Carpeta Técnica*, 203-205. Recuperado el 31 de Enero de 2019, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia46_inseminacion_ovina.pdf
- Rodríguez Rodríguez, S. J. (2017). *TESIS: Influencia del tamaño del cuerpo lúteo, sobre la tasa de preñez, en vacas de la raza Brahman, sincronizadas a tiempo fijo, para transferencia de embriones producidos in vitro*. México: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/94382/TESIS-SRR-0517.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salisbury, G. W., Lodge, J. R., & Vandemark, N. L. (1978). *Fisiología de la reproducción e inseminación artificial de los bóvidos*. Zaragoza: Acribia. Obtenido de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UCC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mf=028022>
- Tirados, F. S. (2001). La mejora genética animal en la segunda mitad del siglo XX. *Archivos de Zootecnia*, 50(192), 6. Obtenido de file:///E:/Datos_usuario/Documentos/UNAD/PROYECTO%20DE%20GRADO/Dialnet-LaMejoraGeneticaAnimalEnLaSegundaMitadDelSigloXX-279911.pdf

- Vasconcelos, J. L., Silcox, R. W., Rosa, G. J., Pursley, J. R., & Wiltbank, M. C. (1999). Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrous cycle in lactating dairy cows. *52*(99), 1067-1078. doi:[http://doi.org/10.1016/S0093-691X\(99\)00195-8](http://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00195-8)
- Vazquez, Y. (2017). *Evaluación de los diferentes factores que afectan la reproducción bovina con relación a bienestar animal*. Córdoba: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA - FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS- ESCUELA PARA GRADUADOS. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11086/4859>
- Verdoljak, J. J., Pereira, M. M., Gandara, L., Acosta, F. A., Fernandez Lopez, C., & Martinez Gonzalez, J. C. (Abril de 2018). Reproducción y Mortalidad de Razas Bovinas en Clima Subtropical de Argentina. *Abanico veterinario*, *8*(1), 28-35. doi:<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.81.2>
- Vilchis Ramos, J. L. (2011). *Manual de Aspiracion Folicular en Bovinos*. Torreon Coahuila Mexico: Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Recuperado el 31 de Enero de 2019, de http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3172/2929_JUAN%20LUIS%20VILCHIS%20RAMOS.pdf?sequence=1