

**SECRETARIA DE EDUCACIÓN**

**SUBSECRETARIA DE EDUCACIÓN ESTATAL**

**DIRECCION DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

**UNIVERSIDAD DEL SURESTE**

 **Clave:07PSU0075W**

**TESIS PREOFESIONAL**

**EVALUACION DE LA TASA DE CONCEPCION EN VACAS INDUCIDAS A LA OVULACION MEDIANTE UN PROTOCOLO HORMONAL EN EL TROPICO**

**PARA OBETENER EL TÍTULO DE:**

**LINCECIADO EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**PRESENTAN:**

**ALVAREZ VELASCO FRANCISCO DE JESUS**

**CALVO VÁZQUEZ ALFREDO**

**CORDERO GORDILLO JOSE EDUARDO**

**PEÑALOZA MARTINEZ ERICK**

**ASESOR DE TESIS:**

**COMITAN DE DOMINGUEZ, CHIAPAS; JUNIO- 2025.**

**ÍNDICE**

[Capitulo I. 2](#_Toc200225582)

[1.1. Introducción. 2](#_Toc200225583)

[1.2. Antecedentes. 8](#_Toc200225584)

[1.2.1. Orígenes históricos de la inseminación artificial 8](#_Toc200225585)

[1.2.2. Desarrollo científico y técnico durante el siglo XX 8](#_Toc200225586)

[1.2.3. Expansión y adaptación en América Latina 9](#_Toc200225587)

[1.2.4. Impacto de la IA en la mejora genética 10](#_Toc200225588)

[1.2.5. Evolución de la técnica: de la IA tradicional a la inseminación a tiempo fijo (IATF) 11](#_Toc200225589)

[1.2.6. Inseminación artificial y salud animal 11](#_Toc200225590)

[1.2.7. Formación de recursos humanos y profesionalización de la IA 12](#_Toc200225591)

[1.2.8. Rol de la IA en el desarrollo sostenible 12](#_Toc200225592)

[1.3. Planteamiento del problema. 14](#_Toc200225593)

[1.4. Objetivos. 19](#_Toc200225594)

[1.4.1. Objetivos específicos: 19](#_Toc200225595)

[1.5. Hipótesis General. 21](#_Toc200225596)

[1.5.1. Hipótesis especifica. 21](#_Toc200225597)

[1.6. Justificación. 22](#_Toc200225598)

[Capitulo II. Revisión Bibliográfica. 24](#_Toc200225599)

[2.1. Anatomía y fisiología del aparato genital de la hembra bovina 24](#_Toc200225600)

[2.1.1. Vulva. 24](#_Toc200225601)

[2.1.2. Útero. 24](#_Toc200225602)

[2.1.3. Cérvix. 25](#_Toc200225603)

[2.1.4. Cuerpo del útero. 25](#_Toc200225604)

[2.1.5. Oviducto. 26](#_Toc200225605)

[2.1.6. Oviducto. 26](#_Toc200225606)

[2.2. Fisiología del ciclo estral del ganado bovino. 27](#_Toc200225607)

[2.2.1 Control endócrino. 27](#_Toc200225608)

[2.2.2 Etapas del ciclo estral. 29](#_Toc200225609)

[2.2.2.1. Estro 29](#_Toc200225610)

[2.2.2.2. Ovulación. 30](#_Toc200225611)

[2.2.2.3. Metaestro. 31](#_Toc200225612)

[2.2.2.4. Diestro. 31](#_Toc200225613)

[2.2.2.5. Proestro. 32](#_Toc200225614)

[2.3. Factores que afectan la reproducción. 32](#_Toc200225615)

[2.3.1 Anestro posparto. 32](#_Toc200225616)

[2.3.2 Amamantamiento y período posparto. 33](#_Toc200225617)

[2.3.3 Amamantamiento y crecimiento folicular. 33](#_Toc200225618)

[2.4. Factores que influyen en el éxito de un programa reproductivo en hembras bovinas. 34](#_Toc200225619)

[2.4.1 Condición corporal. 34](#_Toc200225620)

[2.4.2 Minerales. 35](#_Toc200225621)

[2.4.3 Vitamina E y Selenio. 35](#_Toc200225622)

[2.5. Sincronización de estros y ovulación. 36](#_Toc200225623)

[2.6. Hormonas usadas en la sincronización de estros e inducción a la ovulación. 37](#_Toc200225624)

[2.6.1 Progesterona. 39](#_Toc200225625)

[2.6.1.1 Dispositivo intravaginal bovino (progesterona). 40](#_Toc200225626)

[2.6.2 Gonadotropina Coriónica Equina (eCG). 41](#_Toc200225627)

[2.6.3 Benzoato de estradiol. 41](#_Toc200225628)

[2.6.4 Hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH). 41](#_Toc200225629)

[2.6.5 Prostaglandina F2 alfa. 42](#_Toc200225630)

[2.6.6 Cipionato de estradiol. 43](#_Toc200225631)

[2.7. Inseminación artificial en bovinos. 43](#_Toc200225632)

[2.7.1 Inseminación artificial a tiempo Fijo (IATF). 44](#_Toc200225633)

[2.7.2 Factores que afectan los resultados de IATF. 44](#_Toc200225634)

[Capitulo III. Material Y Método 46](#_Toc200225635)

[3.1. ÁREA DE ESTUDIO 46](#_Toc200225636)

[3.2 Población-objetivo. 46](#_Toc200225637)

[3.2.1 Animales. 46](#_Toc200225638)

[3.2.2 Manejo del Hato bovino. 46](#_Toc200225639)

[3.2.3 Selección, manejo y preparación de los animales. 46](#_Toc200225640)

[Capitulo IV. Resultados 49](#_Toc200225641)

[Capitulo V. Discusión 51](#_Toc200225642)

[Capítulo VI. Conclusión 52](#_Toc200225643)

[Capitulo VII. Bibliografía 53](#_Toc200225644)

**ÍNDICE DE CUADROS**

[Cuadro 1 Comparación de protocolo de sincronización e inducción a la ovulación en vacas. 37](#_Toc200225681)

[Cuadro 2 Resultados de preñez por tratamiento. 49](#_Toc200225682)

[Cuadro 3. Diferencias de fertilidad entre en ambos tratamientos de acuerdo al estatus reproductivo de las vacas. 49](#_Toc200225683)

[Cuadro 4. Costo de mantenimiento por vacas en condiciones del trópico. 50](#_Toc200225684)

**LISTA DE FIGURAS**

[Figura 1. Representación esquemática; Interacción hormonal del eje hipotálamo-hipofisiario-gonadal (Levin, 2005) 28](#_Toc200226382)

[Figura 2. Área de estudios 46](#_Toc200226383)

[Figura 3. Protocolo de sincronización e inducción a la ovulación en vacas en IATF (Cruz, 2025) 49](#_Toc200226384)

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**RESUMEN**

La presente tesis tuvo como objetivo general un manual técnico que incluyera las principales técnicas y métodos reproductivos realizando revisiones y documentar los avances productivos en el ámbito de la ganadería, con la ayuda de documentos de carácter técnico y científico como lo son revistas de rigor científico, libros, bases de datos, entre otros; esto con la finalidad de obtener información pertinente, adecuada y amplia, debido a que se han observado fallas reproductivas las cuales generan una gran cantidad de pérdidas económicas al productor a causa de la baja producción láctea.

Actualmente el empleo de técnicas reproductivas en el área de ganado bovino lechero ha demostrado ser de gran ayuda para los diversos sistemas de producción bovina, de esta manera se puedo concluir que existen diversos protocolos de producción que mejoran la taza de preñez, siendo el protocolo OVSYNCH uno de los mas empleados debido a su mejor respuesta, ya que puede lograr desde un 80% hasta un 95% de taza de preñez.

# Capitulo I.

## 1.1. Introducción.

La ganadería bovina lechera representa una de las actividades agropecuarias más relevantes a nivel mundial, tanto por su papel como generadora de alimentos de alto valor biológico como la leche y sus derivados— como por su incidencia económica y social en regiones rurales. La leche es un alimento estratégico para la nutrición humana, y su demanda ha venido incrementándose debido al crecimiento poblacional, el aumento de los ingresos en países en desarrollo y la diversificación de productos lácteos en la industria alimentaria. En este contexto, mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de producción bovina lechera es una prioridad global.

Uno de los pilares fundamentales para el desarrollo y modernización de la ganadería lechera es la **gestión reproductiva eficiente** del hato. La capacidad de reproducir animales sanos, genéticamente superiores y con buen rendimiento productivo es esencial para la rentabilidad de cualquier explotación ganadera. Es en este marco donde la **inseminación artificial (IA)** se convierte en una herramienta clave, ya que permite una reproducción dirigida, higiénica, técnica y económicamente viable, que supera muchas de las limitaciones que presenta la reproducción natural.

La inseminación artificial no es una técnica nueva; sus fundamentos datan de hace más de dos siglos. Fue el científico italiano Lazzaro Spallanzani quien, en 1780, realizó los primeros experimentos con perros, demostrando que el esperma podía introducirse artificialmente para provocar fecundación. Sin embargo, no fue hasta el siglo XX cuando la IA comenzó a desarrollarse como práctica rutinaria, especialmente en Rusia, Europa del Este y posteriormente en Estados Unidos. La aplicación masiva de esta técnica en ganado bovino coincidió con la aparición de la refrigeración y posterior congelación del semen, lo cual permitió su almacenamiento y transporte a gran escala.

El desarrollo de técnicas como la criopreservación del semen, el uso de pajillas, la introducción de diluyentes específicos, así como el diseño de aplicadores adecuados y métodos de sincronización hormonal, han permitido convertir a la IA en una herramienta reproductiva moderna, efectiva y adaptable a distintos tipos de sistemas productivos. Hoy en día, países con industrias lecheras avanzadas, como Holanda, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Dinamarca, logran tasas de aplicación de la IA superiores al 80% de las vacas, con resultados muy positivos en mejora genética y eficiencia productiva.

La inseminación artificial tiene un impacto profundo y multidimensional sobre los sistemas lecheros. En primer lugar, permite **el acceso a material genético de alta calidad**, procedente de toros probados genéticamente por rendimiento lechero, calidad de la leche, conformación corporal y resistencia a enfermedades. Esto acelera los procesos de mejoramiento genético, permitiendo a los productores obtener animales superiores en un corto plazo y sin necesidad de adquirir costosos sementales.

Además, la IA facilita un **control sanitario más estricto**. Al evitar la monta natural, se reducen los riesgos de transmisión de enfermedades venéreas (como la campilobacteriosis y la tricomoniasis), así como los accidentes físicos durante el apareamiento. También disminuye los costos asociados al mantenimiento y manejo de toros reproductores, los cuales pueden representar un riesgo de seguridad para los trabajadores rurales.

En términos de planificación, la IA permite **organizar estratégicamente el calendario reproductivo** del hato, programando los partos en momentos clave del año para maximizar el aprovechamiento de los recursos forrajeros y los picos de demanda del mercado. Mediante la aplicación de protocolos de sincronización del estro o la Inseminación a Tiempo Fijo (IATF), es posible mejorar la eficiencia reproductiva, reducir los días abiertos y aumentar la tasa de preñez del hato.

Si bien la inseminación artificial es una técnica accesible, su éxito no depende únicamente del acceso al semen de buena calidad. El procedimiento involucra múltiples aspectos técnicos que deben ser dominados por el operador:

1. **Detección del estro (celo)**: Identificar correctamente el momento óptimo para inseminar es crucial. Esto requiere una observación cuidadosa del comportamiento de las vacas y conocimiento de los signos clínicos del estro.
2. **Conservación y manejo del semen**: El semen criopreservado debe ser almacenado en condiciones adecuadas (en nitrógeno líquido a -196°C) y manipulado con rigurosidad para evitar su desnaturalización.
3. **Conocimiento anatómico y fisiológico**: Es fundamental comprender la anatomía del aparato reproductor bovino y los cambios hormonales del ciclo estral para realizar una inseminación eficaz.
4. **Técnica de inseminación**: El procedimiento debe realizarse correctamente, depositando el semen en el lugar exacto (cuerpo del útero) y con mínima manipulación.
5. **Higiene y bioseguridad**: La aplicación de la IA debe respetar normas estrictas de higiene para evitar la introducción de patógenos.

Una deficiencia en cualquiera de estos aspectos puede comprometer los resultados del programa reproductivo, por lo que la capacitación del personal técnico es un factor determinante para el éxito de la inseminación artificial.

Desde una perspectiva más amplia, la inseminación artificial también contribuye al **desarrollo rural sostenible**, al democratizar el acceso a genética de alto valor para pequeños productores. Esto les permite mejorar progresivamente la calidad de su hato y acceder a mercados más exigentes. En este sentido, la IA puede ser una herramienta de transformación social, generando mayores ingresos, estabilidad productiva y mejores condiciones de vida para las familias ganaderas.

Además, al permitir un uso más eficiente de los recursos genéticos y mejorar los índices reproductivos, la IA contribuye indirectamente a la **reducción del impacto ambiental** de la producción lechera. Un hato más productivo requiere menos animales para producir la misma cantidad de leche, lo cual puede traducirse en una menor huella ecológica.

A pesar de sus múltiples ventajas, la aplicación de la IA enfrenta ciertos desafíos, especialmente en regiones donde existen limitaciones estructurales, escasa capacitación técnica, falta de acceso a insumos o dificultades logísticas. En muchos países latinoamericanos, por ejemplo, la adopción de la IA es aún limitada y está restringida a ciertos estratos productivos. El fortalecimiento de programas de extensión rural, la formación de técnicos capacitados y el subsidio de tecnologías reproductivas pueden ser estrategias clave para aumentar su adopción.

En paralelo, las nuevas tecnologías ofrecen oportunidades interesantes. La automatización de la detección de celo, el uso de inteligencia artificial para predicción reproductiva, la inseminación robótica y la gestión digitalizada de datos reproductivos son tendencias emergentes que están cambiando la forma en que se concibe la inseminación artificial. Estas innovaciones permiten una reproducción más precisa, con menos intervención humana y mejores tasas de éxito.

La inseminación artificial representa mucho más que una técnica de reproducción: es un motor de cambio en la ganadería moderna. Su correcta implementación puede traducirse en saltos cualitativos en la genética, sanidad y eficiencia de los hatos bovinos lecheros. Este manual se propone como una herramienta integral para capacitar, guiar y acompañar a quienes deseen adoptar esta técnica con responsabilidad y profesionalismo. En sus páginas, el lector encontrará fundamentos científicos, instrucciones prácticas, protocolos probados y recomendaciones adaptadas a distintos contextos productivos.

A través del conocimiento y la aplicación correcta de la inseminación artificial, los productores pueden alcanzar una ganadería más productiva, rentable, saludable y sostenible. En un mundo donde la demanda de alimentos y la presión sobre los recursos naturales aumentan día a día, la mejora reproductiva y genética del ganado no es solo una ventaja, sino una necesidad.

## 1.2. Antecedentes.

## 1.2.1. ****Orígenes históricos de la inseminación artificial****

La inseminación artificial (IA) es una de las biotecnologías reproductivas más antiguas utilizadas en animales domésticos. Sus raíces se remontan al siglo XVIII, cuando el científico italiano **Lazzaro Spallanzani** realizó los primeros experimentos documentados en perros. Spallanzani demostró que el semen, al ser recolectado y depositado artificialmente en el aparato reproductor de una hembra en celo, podía producir fecundación exitosa. Este experimento marcó un hito en la comprensión de la reproducción animal y sentó las bases para el desarrollo de técnicas más avanzadas en los siglos siguientes.

Durante el siglo XIX, los avances fueron principalmente teóricos, con observaciones en diferentes especies animales. No fue hasta principios del siglo XX cuando comenzaron a estandarizarse procedimientos prácticos, especialmente en Rusia, donde el investigador **Ilya Ivanov**, considerado uno de los padres de la inseminación artificial moderna, aplicó esta técnica a gran escala en equinos y posteriormente en bovinos. En 1907, Ivanov estableció los primeros centros de inseminación para caballos y vacas, logrando con éxito la fecundación artificial en numerosos animales. Estos primeros intentos evidenciaron que la IA no solo era viable, sino también beneficiosa para el control reproductivo, sanitario y genético del hato.

## 1.2.2. Desarrollo científico y técnico durante el siglo XX

A partir de los años 1930 y 1940, la IA experimentó un impulso notable gracias a varios descubrimientos fundamentales:

* **Mejor comprensión de la fisiología reproductiva**: se logró una mayor comprensión de los ciclos estrales, ovulación y fertilización en bovinos, lo que permitió determinar el momento óptimo para la inseminación.
* **Técnicas de recolección y manejo de semen**: se introdujeron métodos estandarizados de colecta de semen mediante electroeyaculación y vagina artificial, facilitando el procesamiento del esperma en condiciones controladas.
* **Uso de diluyentes seminales**: para conservar la viabilidad espermática, se desarrollaron diluyentes a base de leche, huevo, glicerol y otras sustancias, lo que permitió extender la vida útil del semen.
* **Criopreservación del semen**: en la década de 1950, la introducción del nitrógeno líquido para congelación revolucionó la IA, al posibilitar el almacenamiento indefinido del semen sin pérdida significativa de fertilidad. La congelación permitió el comercio internacional de semen y facilitó la creación de bancos genéticos.
* **Estandarización del uso de pajillas (straws)**: este método de envasado, introducido en los años 60, permitió simplificar la inseminación y mejorar la eficiencia de almacenamiento y transporte.

La combinación de estos avances consolidó a la inseminación artificial como una técnica rutinaria en muchas partes del mundo. En países como Estados Unidos, Canadá, Suecia, Holanda y Japón, su adopción fue masiva, especialmente en ganaderías lecheras, debido al alto valor genético de los toros utilizados y a la necesidad de control sanitario y reproductivo.

## 1.2.3. Expansión y adaptación en América Latina

En América Latina, la inseminación artificial fue adoptada con cierto retraso debido a barreras económicas, tecnológicas y educativas. Aun así, desde la década de 1960 comenzaron a establecerse los primeros programas formales de IA en países como Argentina, México, Brasil, Colombia y Chile, inicialmente bajo el impulso de universidades, organismos gubernamentales y agencias de cooperación internacional.

El desarrollo de **centros de inseminación artificial (CIAs)** permitió la producción local de semen y la capacitación de técnicos e inseminadores. En muchos casos, los programas fueron integrados a campañas de mejoramiento genético, lucha contra enfermedades venéreas y modernización de la ganadería. Sin embargo, la masificación de la técnica ha estado condicionada por factores como la infraestructura rural, el nivel de tecnificación del productor, la disponibilidad de servicios veterinarios y la educación agropecuaria.

En países como Brasil y México, la IA ha logrado importantes avances, con millones de vacas inseminadas cada año, gracias a políticas de fomento, subsidios tecnológicos y formación de personal especializado. No obstante, en muchas regiones aún prevalece la reproducción natural, especialmente en explotaciones extensivas y de pequeña escala.

## 1.2.4. Impacto de la IA en la mejora genética

Una de las principales contribuciones históricas de la inseminación artificial ha sido su capacidad para diseminar características genéticas deseables de forma rápida y controlada. Gracias a esta técnica, se ha podido utilizar semen de **toros genéticamente superiores**, seleccionados por su descendencia, productividad lechera, conformación corporal, longevidad, facilidad de parto, entre otros criterios.

En razas como **Holstein-Friesian, Jersey, Brown Swiss y Ayrshire**, la IA ha sido el motor de los programas de mejoramiento genético a nivel mundial. Muchos de los toros disponibles comercialmente han sido sometidos a pruebas de progenie y evaluaciones genómicas, lo cual asegura su alto valor genético y permite al productor elegir de forma más precisa el tipo de descendencia deseada.

El uso sistemático de IA también ha permitido la consolidación de **esquemas de selección genética nacional**, que han contribuido a mejorar la productividad de los hatos y reducir los intervalos generacionales. Además, se ha promovido el uso de hembras donadoras élite para programas de transferencia embrionaria, multiplicando así los genes de alto rendimiento en un menor tiempo.

## 1.2.5. Evolución de la técnica: de la IA tradicional a la inseminación a tiempo fijo (IATF)

Durante las últimas décadas, la IA ha evolucionado más allá de su forma tradicional basada en la detección visual del celo. La aparición de nuevos conocimientos en endocrinología reproductiva permitió el desarrollo de **protocolos hormonales de sincronización del estro**, lo que derivó en la técnica conocida como **inseminación a tiempo fijo (IATF)**.

La IATF permite inseminar animales en un momento predeterminado, sin necesidad de observar signos de celo, lo cual es especialmente útil en hatos de gran tamaño, donde la detección de celo es difícil y poco efectiva. Esta técnica ha mejorado las tasas de concepción y ha simplificado la logística de la IA, siendo ampliamente utilizada en países como Brasil, Uruguay y México.

Por otro lado, la incorporación de tecnologías como sensores de actividad, collares de monitoreo, análisis de saliva y temperatura corporal, así como el uso de algoritmos de inteligencia artificial, ha permitido optimizar la detección de celo y el momento óptimo de la inseminación.

## 1.2.6. Inseminación artificial y salud animal

Históricamente, la IA también ha tenido un efecto positivo sobre la **sanidad reproductiva del hato**. Al eliminar el contacto directo entre el toro y las vacas, se ha reducido significativamente la propagación de enfermedades venéreas como:

* **Campilobacteriosis**
* **Tricomoniasis**
* **Leucosis bovina**
* **IBR/IPV**
* **Brucelosis bovina** (cuando se usa semen certificado)

Además, el uso de semen proveniente de toros sometidos a estrictas pruebas sanitarias y genéticas, permite elevar los estándares de bioseguridad en las explotaciones ganaderas. Actualmente, muchos países cuentan con normativas oficiales que regulan los bancos de semen, la sanidad de los animales donadores y las condiciones de transporte y almacenamiento, garantizando la inocuidad del material genético.

## 1.2.7. Formación de recursos humanos y profesionalización de la IA

Otro aspecto importante en los antecedentes de la inseminación artificial ha sido la creciente **profesionalización del proceso**. Lo que comenzó como una técnica empírica en manos de productores o peones, ha evolucionado hacia un procedimiento técnico, que exige capacitación formal, destreza práctica, conocimientos anatómicos y dominio de protocolos sanitarios.

En muchos países se ha establecido la figura del **inseminador certificado**, cuyo entrenamiento incluye anatomía reproductiva, fisiología del ciclo estral, manejo del semen congelado, técnicas de descongelación, manipulación del equipo y registros reproductivos. Asimismo, los veterinarios y zootecnistas juegan un rol central en la planificación, ejecución y seguimiento de los programas de IA en las explotaciones modernas.

Las universidades, centros de investigación y entidades gubernamentales han sido claves en la generación de conocimiento y la formación de personal calificado. Actualmente existen manuales, cursos técnicos, prácticas dirigidas y plataformas digitales que permiten capacitar al personal ganadero en todos los niveles.

## 1.2.8. Rol de la IA en el desarrollo sostenible

Finalmente, los antecedentes de la inseminación artificial no pueden desligarse de su contribución al **desarrollo sostenible de la ganadería**. Gracias a esta técnica, es posible producir más leche con menos animales, utilizando recursos de manera más eficiente y reduciendo la presión sobre el medio ambiente. La IA permite avanzar hacia sistemas más tecnificados, rentables y ambientalmente responsables, además de fomentar la equidad en el acceso a genética mejorada.

En regiones rurales, la implementación de programas de inseminación artificial puede empoderar a pequeños y medianos productores, reducir la dependencia de intermediarios y mejorar los ingresos familiares. En este sentido, la IA no solo es una técnica zootécnica, sino también una herramienta para el desarrollo social.

## 1.3. Planteamiento del problema.

La ganadería bovina lechera constituye una actividad agropecuaria fundamental en las regiones tropicales, no solo por su contribución a la seguridad alimentaria mediante la provisión de leche y derivados, sino también por su rol en la generación de empleo, ingresos rurales, conservación de tradiciones productivas y ocupación del territorio. No obstante, esta actividad enfrenta múltiples desafíos que limitan su eficiencia y competitividad, particularmente cuando se compara con sistemas productivos de zonas templadas que cuentan con razas especializadas, climas más benignos y una mayor tecnificación.

En el trópico, las condiciones climáticas extremas (altas temperaturas, humedad relativa elevada y marcada estacionalidad de las lluvias) inciden directamente en la salud, nutrición, bienestar, fertilidad y rendimiento de los bovinos. A ello se suman factores como la deficiente disponibilidad de pasturas de alta calidad, el déficit de suplementación estratégica, la presencia endémica de enfermedades infecciosas y parasitarias, y el acceso limitado a servicios veterinarios. Estos elementos, combinados, generan un entorno poco favorable para la reproducción eficiente y el mejoramiento genético del ganado lechero.

Dentro de este contexto, la reproducción animal emerge como una de las áreas más vulnerables y críticas en los sistemas tropicales. Las vacas lecheras en estas regiones suelen presentar tasas de concepción bajas, anestro prolongado posparto, detección del estro deficiente y altas tasas de descarte por infertilidad. Estas condiciones comprometen la productividad general del sistema, ya que retrasan los intervalos entre partos, reducen la producción de leche anual por animal y dificultan el avance genético del hato.

Ante esta situación, la **inseminación artificial (IA)** se presenta como una herramienta biotecnológica de gran valor, al permitir una mejora genética más rápida y precisa, reducir el riesgo de transmisión de enfermedades venéreas, controlar la consanguinidad y eliminar la necesidad de mantener toros en finca, con los costos y riesgos que esto implica. Sin embargo, a pesar de su potencial, **la implementación efectiva y sostenida de la IA en bovinos lecheros tropicales continúa siendo limitada**, especialmente en fincas pequeñas y medianas, que representan la mayoría de las unidades productivas.

Una de las principales causas de esta baja adopción radica en el **acceso desigual a tecnologías y servicios técnicos**. En muchas regiones tropicales, los productores no cuentan con asistencia veterinaria continua, centros de distribución de semen accesibles, infraestructura para el manejo del nitrógeno líquido, ni personal capacitado para aplicar la técnica adecuadamente. Además, las condiciones logísticas, como las vías de acceso, la lejanía de los centros urbanos y la carencia de programas de extensión, dificultan la llegada de insumos y especialistas a las fincas.

Otro obstáculo importante es la **escasa capacitación del personal operativo** (inseminadores y productores), que limita el éxito de la técnica y genera desconfianza en su efectividad. En condiciones tropicales, la detección del estro se complica debido al estrés térmico que reduce la expresión del comportamiento reproductivo en las vacas. Como resultado, muchas inseminaciones se realizan fuera del momento óptimo, lo que disminuye las tasas de preñez.

Asimismo, se observa con frecuencia una **inadecuada selección del material genético** utilizado en los programas de IA. En muchos casos, los productores optan por semen de razas especializadas europeas (como Holstein o Jersey) sin considerar las condiciones ambientales locales. Esta práctica puede llevar a la producción de animales con alta exigencia nutricional, poca rusticidad y mayor susceptibilidad al calor y enfermedades, lo que compromete seriamente su desempeño y longevidad productiva en el trópico. Por lo tanto, es esencial promover el uso de genética adaptada o de cruzamientos estratégicos que conserven la rusticidad y mejoren la productividad.

En paralelo, **las condiciones socioeconómicas de los productores** también juegan un papel determinante. En muchas zonas tropicales, la ganadería se desarrolla en contextos de subsistencia, con escasos recursos financieros, limitada escolaridad y acceso restringido a información técnica. Estos factores reducen la capacidad de inversión en tecnologías como la IA, que aunque relativamente económica en comparación con otros métodos, aún requiere una organización mínima, registros técnicos, y seguimiento posterior a la inseminación (palpación, diagnóstico de preñez, manejo nutricional).

Por otro lado, la baja eficiencia de los protocolos de sincronización en ambientes tropicales se ha convertido en un problema frecuente. Los programas de inseminación a tiempo fijo (IATF) han mostrado buenos resultados en hatos bien manejados, pero su aplicación masiva en el trópico requiere un manejo técnico riguroso, protocolos bien adaptados, disponibilidad de hormonas, seguimiento del estado corporal del ganado y monitoreo constante, elementos que no siempre están presentes en la realidad de las fincas tropicales.

Desde una perspectiva institucional, se observa una **ausencia de políticas públicas orientadas al fortalecimiento de la biotecnología reproductiva en regiones tropicales**, así como una débil articulación entre entidades gubernamentales, asociaciones ganaderas, centros de investigación y empresas de insumos. Esto contribuye a que la IA siga siendo una tecnología poco difundida y de bajo impacto en el desarrollo genético del hato lechero tropical.

No obstante, existen experiencias exitosas de aplicación de la IA en contextos tropicales, las cuales han sido posibles gracias a la implementación de estrategias integrales que incluyen: capacitación constante, acompañamiento técnico, selección adecuada de genética adaptada al medio, monitoreo reproductivo y uso de tecnologías complementarias como sensores de actividad o registros digitales. Estos casos demuestran que, si se abordan correctamente los factores limitantes, la IA puede ser una herramienta transformadora en la ganadería lechera del trópico.

Frente a este escenario, surge la necesidad de **realizar estudios que identifiquen de forma clara y contextualizada los principales factores técnicos, ambientales, sociales y económicos que inciden en el éxito o fracaso de la IA en bovinos lecheros tropicales**. Asimismo, se requiere generar propuestas adaptadas, sostenibles y accesibles para los productores de estas regiones, que permitan mejorar la eficiencia reproductiva, incrementar la producción de leche y fortalecer el desarrollo genético del hato sin comprometer la adaptabilidad de los animales al entorno tropical.

Este planteamiento cobra mayor importancia si se considera que el crecimiento demográfico y el aumento de la demanda de alimentos requieren una ganadería más productiva, eficiente y sostenible. La inseminación artificial, bien implementada, podría contribuir significativamente a estos objetivos, siempre que se adapte a las condiciones reales del trópico y se acompañe de políticas, programas y actores comprometidos con el desarrollo rural.

¿Cuáles son los principales factores técnicos, ambientales y socioeconómicos que limitan o favorecen la implementación exitosa de la inseminación artificial en bovinos lecheros en condiciones tropicales, y cómo pueden optimizarse para mejorar la eficiencia reproductiva y genética del hato?

## 1.4. Objetivos.

Identificar y analizar los factores técnicos, ambientales y socioeconómicos que inciden en la implementación efectiva de la inseminación artificial en bovinos lecheros en zonas tropicales, con el fin de proponer estrategias adaptadas que mejoren la eficiencia reproductiva y el avance genético del hato.

**Justificación del objetivo**

La identificación y análisis de los factores que influyen en la implementación de la inseminación artificial en bovinos lecheros en zonas tropicales responde a una necesidad urgente de mejorar la productividad y sostenibilidad de los sistemas lecheros en estas regiones. La ganadería tropical enfrenta condiciones adversas que dificultan el aprovechamiento pleno de las tecnologías reproductivas, lo que limita el progreso genético, la eficiencia reproductiva y, por ende, la rentabilidad de las unidades de producción. A través del cumplimiento del objetivo general planteado, se podrá generar información valiosa para el diseño de estrategias y programas de intervención más efectivos, basados en un entendimiento integral del contexto. Esto permitirá, no solo incrementar la adopción de la inseminación artificial, sino también maximizar sus beneficios en términos de producción, adaptación genética, y desarrollo rural sostenible.

## 1.4.1. Objetivos específicos:

* Evaluar las condiciones ambientales y su influencia sobre el desempeño reproductivo del ganado lechero en el trópico.
* Diagnosticar las principales limitaciones técnicas y logísticas en la aplicación de la inseminación artificial en contextos tropicales.
* Analizar el nivel de conocimiento, capacitación y percepción de los productores sobre el uso de la inseminación artificial.
* Examinar el tipo de genética utilizada y su adaptabilidad a las condiciones tropicales.
* Proponer recomendaciones técnicas y estratégicas para mejorar la adopción y eficacia de la inseminación artificial en sistemas lecheros tropicales.

## 1.5. Hipótesis General.

La implementación adecuada de la inseminación artificial en bovinos lecheros en zonas tropicales mejora significativamente la eficiencia reproductiva y el progreso genético del hato, siempre que se consideren y optimicen los factores técnicos, ambientales y socioeconómicos presentes en dichas regiones.

## 1.5.1. Hipótesis especifica.

* La eficiencia reproductiva de los bovinos lecheros en zonas tropicales se ve afectada negativamente por el estrés térmico, pero puede mejorar mediante estrategias de manejo y adaptación genética.
* El nivel de capacitación técnica del personal y de los productores influye directamente en la tasa de adopción y éxito de la inseminación artificial.
* El acceso a genética adaptada a las condiciones tropicales incrementa la tasa de concepción y la productividad lechera.
* La disponibilidad de insumos y la infraestructura adecuada son factores determinantes para la implementación exitosa de programas de inseminación artificial.

## 1.6. Justificación.

La inseminación artificial (IA) constituye una herramienta clave para el desarrollo de una ganadería lechera más productiva, eficiente y sostenible, especialmente en regiones tropicales donde los desafíos ambientales y técnicos son significativos. Justificar el estudio de la IA en estas condiciones se vuelve imperativo, no solo por los beneficios potenciales que esta biotecnología puede ofrecer en términos de mejora genética y aumento en la tasa de concepción, sino también por la necesidad de adaptar sus protocolos y metodologías al contexto particular del trópico.

El trópico se caracteriza por factores climáticos adversos como altas temperaturas, humedad elevada y forrajes de baja calidad, que dificultan la expresión del celo y afectan la eficiencia reproductiva de los bovinos. Estos elementos, combinados con deficiencias en infraestructura, limitaciones económicas, falta de capacitación técnica y resistencia al cambio por parte de los productores, hacen que la adopción de tecnologías reproductivas como la IA sea compleja y poco generalizada. En este contexto, se hace necesario estudiar estos factores en profundidad para diseñar estrategias adecuadas que permitan su superación y favorezcan una implementación efectiva de la IA.

Justificar la investigación también implica reconocer el enorme potencial que ofrece la IA para el mejoramiento genético de los hatos lecheros sin necesidad de mantener toros, reduciendo así costos, riesgos sanitarios y problemas de consanguinidad. En regiones donde el acceso a toros de alto valor genético es limitado o inexistente, la IA permite democratizar el acceso a genética superior y, con ello, elevar la productividad del hato en términos de producción de leche, longevidad y resistencia a enfermedades.

Desde el punto de vista económico, social y ambiental, fomentar el uso adecuado de la IA también contribuye a la sostenibilidad del sistema de producción. Incrementar la eficiencia reproductiva reduce el intervalo entre partos, mejora el aprovechamiento de los recursos y promueve una mayor rentabilidad. Socialmente, permite mejorar las condiciones de vida de los pequeños productores, quienes son mayoría en las zonas rurales tropicales, mediante la capacitación y el acceso a tecnologías modernas.

Además, una justificación sólida del objetivo de estudio incluye la importancia de generar conocimiento científico y técnico sobre las condiciones específicas que inciden en la adopción o rechazo de la IA en estas regiones. Este conocimiento es esencial para que instituciones públicas, centros de investigación, organismos de cooperación y asociaciones ganaderas puedan formular políticas públicas y programas de desarrollo rural con un enfoque contextualizado, realista y con alto impacto en el sector productivo.

En síntesis, la justificación del presente estudio se basa en la necesidad urgente de transformar los sistemas lecheros tropicales mediante el uso estratégico de la inseminación artificial. Para ello, se requiere una comprensión profunda de las barreras y oportunidades que existen en el entorno tropical, a fin de formular soluciones prácticas, sostenibles y socialmente viables que contribuyan al desarrollo integral del sector lechero.

# Capitulo II. Revisión Bibliográfica.

## 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 tuvo 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 selladopor un moco viscoso que evita el transporte de esperma 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 puntode 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 posesión 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.

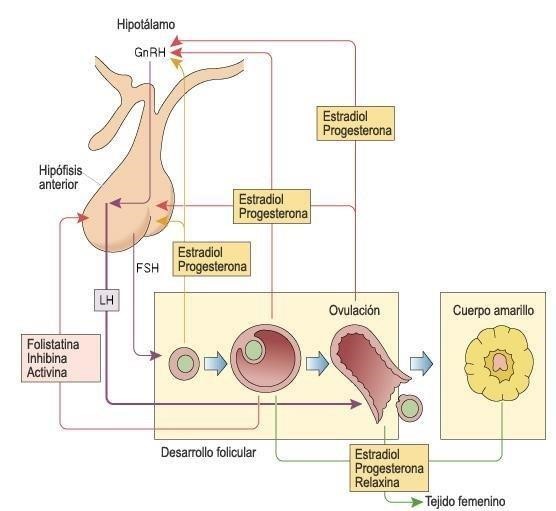
Los cambios en los ovarios, en los genitales y en el comportamiento que se producen durante los ciclos de reproducción, se controlan por varias hormonas del sistema endocrino y son el producto de una compleja interacción entre el hipotálamo, la hipófisis, los ovarios y el útero (Figura 1) (Medrano, 2018).

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).

## 2.2.2.1. Estro

La identificación del estro constituye uno de los aspectos más significativos de un programa eficiente de manejo reproductivo en cualquier establecimiento ganadero, especialmente tomando en cuenta la prevalencia de la inseminación artificial como una de las herramientas esenciales requeridas para la mejora genética. Resulta fundamental entender las variaciones en el comportamiento de las vacas durante el estro, así como distinguir los signos asociados a los estros primarios y secundarios (Guaquéta, 2009).

Una indicación significativa de que una vaca se encuentra en celo es que permanece en posición estática. La "monta estática" representa el momento de mayor actividad sexual dentro del ciclo estral y, durante este tiempo, la vaca se mantiene inmóvil para permitir que otras vacas la monten, con una duración media de entre 15 y 18 horas (Guaquéta, 2009).

Este comportamiento se origina a partir de un aumento considerable en los niveles de estradiol, el cual es resultado del desarrollo folicular y de la ausencia del cuerpo lúteo. En este periodo, las concentraciones de progesterona se hallan en niveles basales, dado que ya debería haberse producido la regresión del cuerpo lúteo (Velasco, 2018).

## 2.2.2.2. Ovulación.

Durante la ovulación normalmente, se libera un óvulo de forma espontánea, es decir, ocurre independientemente de la presencia de monta y sucede aproximadamente entre 24 y 30 horas después del inicio del estro (Alzate, 2019).

El periodo que transcurre desde el parto hasta la primera ovulación presenta una gran variabilidad, la cual depende de factores como la raza, la nutrición, la producción de leche, la estación del año y la presencia del ternero lactante (Torre, 2001).

La ovulación representa la transición de la fase folicular a la fase lútea o diestro, que constituye la etapa más prolongada del ciclo (Carvajal y Martínez, 2020).

## 2.2.2.3. Metaestro.

El metaestro abarca las etapas conclusivas de la maduración folicular y la ovulación, la creación del cuerpo lúteo y el comienzo de la secreción de progesterona (Carvajal y Martínez, 2020).

El metaestro comienza cuando la hembra ya no acepta aparearse con el macho y termina con un CL funcional estable. Esta fase corresponde al período de transición entre el predominio del efecto y el aumento de los niveles de progesterona. En este período, las concentraciones de FSH aumentan debido a la repentina disminución del estradiol y la inhibina tras la ovulación, lo que facilita el reclutamiento de la primera oleada folicular (Torre, 2001).

En esta fase, los ovarios albergan cuerpos hemorrágicos que son el origen del desarrollo de CL. El organismo hemorrágico posee una vida media muy breve, dado que las células que constituyen sus paredes empiezan a luteinizar justo después o incluso antes de la ovulación (Torre, 2001).

## 2.2.2.4. Diestro.

La fase del diestro es la más extensa del ciclo estral y se prolonga entre 12 y 14 días. En esta etapa, el cuerpo lúteo aún conserva su funcionalidad completa, lo que se refleja en los niveles de progesterona en la sangre que superan los 1 ng/ml de suero sanguíneo. Además, en esta fase es posible hallar folículos de variados tamaños gracias a las señales foliculares (Hernández-Cerón, 2016).

Además de la función lútea, se percibe una intensa dinámica folicular, dado que en esta fase se manifiestan ondas de crecimiento folicular con sus etapas específicas: reclutamiento, selección y dominancia. Por esta razón, en el diestro se pueden apreciar folículos de variado tamaño (Velasco, 2018).

Después de 12-14 días de exposición a la progesterona, el endometrio comienza a secretar PGF2α en un patrón pulsátil, el cual termina con la vida del cuerpo lúteo y con la etapa del diestro (Hernández-Cerón, 2016).

Desde la perspectiva endocrina, cuando la función del cuerpo lúteo disminuye, es decir, cuando los niveles de progesterona son menos de 1 ng/ml, concluye la etapa de diestro y se inicia la etapa del proestro. Es importante destacar que en estas fases la LH se libera con una frecuencia muy reducida, mientras que la FSH experimenta aumentos que se corresponden con el comienzo de las ondas de crecimiento folicular (Velasco, 2018).

## 2.2.2.5. Proestro.

Se produce cuando los niveles de progesterona en la sangre empiezan a disminuir rápidamente debido a la lisis luteal, lo que provoca el desarrollo de una onda folicular, la elección de un folículo dominante y la preservación de la ovulación (INDAP, 2008) concluye con el comienzo del comportamiento de receptividad sexual (Medrano y Porta, 2018).

Se distingue por la proliferación del folículo dominante que surge en la última onda folicular del ciclo previo; por ende, su longitud se determina por el nivel de crecimiento folicular en el instante de la luteinización. En esta etapa, aumentan los niveles de estradiol e inhibina secretados por los folículos que comienzan a desarrollarse al final del diestro. La FSH se encuentran en concentraciones disminuidas en el inicio del proestro; sin embargo, comienza a incrementarse al acercarse el estro (Medrano y Porta, 2018).

## 2.3. Factores que afectan la reproducción.

## 2.3.1 Anestro posparto.

Después del parto, la capacidad de una vaca para concebir está limitada durante varios períodos de tiempo. Su duración depende de la involución uterina, la esterilidad posparto y la corta vida media del cuerpo lúteo. La primera que tiene una duración promedio de 25-32 días (Pérez, 2001). En vacas lecheras no representa problema, pues raramente ovulan y presentan estro antes de 120 días posparto (Pérez, 2001).

En la mayoría de los animales de compañía, tras el parto, el incentivo de amamantar a la cría provoca un periodo sin ciclos estrales, denominado anestro posparto, cuyo objetivo es facilitar la recuperación de la madre de los efectos de la gestación y garantizar la supervivencia de su cría (Pérez, 2001).

En este lapso, el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal-uterino necesita restablecer su funcionalidad total para facilitar un nuevo embarazo. Frecuentemente, la prolongación de este periodo implica pérdidas financieras para los productores y, hasta cierto punto, es culpable de la baja eficiencia reproductiva de las vacas de uso dual en el trópico (Pérez, 2001).

## 2.3.2 Amamantamiento y período posparto.

Entre los elementos que influyen en el período de anestro posparto en vacas de las razas Cebú y de doble propósito en regiones tropicales, se encuentran factores como el amamantamiento y la nutrición, los cuales tienen los efectos negativos más significativos (Hernández-Cerón, 2017).

En vacas cuyo becerro se desvincula de su madre a los pocos días de nacimiento, los ciclos estrales vuelven a tener lugar entre la segunda y tercera semana posterior a la gestación (Hernández, 2001). Esto ocurre tras los 90 días postparto en las vacas que producen carne, o incluso tras los 150 días postparto en las vacas de doble uso (Hernández-Cerón, 2017).

## 2.3.3 Amamantamiento y crecimiento folicular.

Este proceso fisiológico inicia inmediatamente después del parto con la formación del primer folículo dominante. En vacas lecheras se puede monitorear mediante ecografía, el crecimiento folicular hasta el tamaño ovulatorio, en el intervalo de los días siete y diez pospartos. En el ganado bovino de razas cárnicas, puede observarse desde los seis hasta los quince días, dependiendo de la raza (Delgado *et al.,* 2011).

Un reducido porcentaje (11 a 50 %) de estos primeros folículos dominantes ovulan en bovinos que producen carne, en contraste con cerca del 70 % en bovinos que producen leche, se calcula que, antes de la primera ovulación posparto, se observan en promedio de 2,7 a 3,4 folículos dominantes y 6,8 a 10,6 ondas de crecimiento folicular (Delgado *et al.,* 2011).

Estos hallazgos señalan que el periodo extendido desde el nacimiento hasta la primera ovulación es resultado de la ausencia de ovulación en los primeros folículos dominantes. No se conocen con precisión los elementos que participan en el desarrollo final de los folículos preovulatorios; sin embargo, se puede provocar la ovulación del primer folículo dominante a través de la administración de un análogo de GnRH o el destete del becerro al momento del parto en vacas Cebú (Delgado *et al.,* 2011).

## 2.4. Factores que influyen en el éxito de un programa reproductivo en hembras bovinas.

## 2.4.1 Condición corporal.

En el trópico el problema reproductivo es más complejo que en los países templados debido a la baja disponibilidad y calidad de los recursos forrajeros y al poco o ningún uso de suplementos alimenticios, que normalmente no cubren los requerimientos nutricionales a pastoreo, determinando una baja condición corporal en los diferentes estados fisiológicos y en las diferentes épocas del año. Esta problemática hace necesaria la evaluación al primer servicio, antes del parto, parto y posparto (Martínez *et al*., 1998).

Se asume que las vacas de doble propósito sufren un mayor estrés en la época de secas por la movilización diaria hacia los corrales y por los largos períodos de ordeño y mayores exigencias nutricionales debidas a la mayor producción láctea, afectando el metabolismo basal y desencadenando la activación de mecanismos homeorréticos que median una pérdida de prioridad metabólica para el sistema reproductor (Martínez*,* 1998).

Hay que tener en cuenta que las vacas de doble propósito llegan en una condición corporal (CC) casi insatisfactoria al final del período húmedo. Por lo tanto, cuando llega el período seco, hay una deficiencia de minerales, energía y proteínas que conduce a una subalimentación y como consecuencia pérdida de peso vivo. Cuando comiencen las lluvias, los animales recuperarán su CC y restablecerán rápidamente su función reproductiva. Las vacas de cría en época de lluvias, alcanzan CC elevados, sobrepeso que se refleja en una activación más temprana del eje neuroendocrino, que conduce a una mayor fertilidad en estación seca (Martínez*.,* 1998).

## 2.4.2 Minerales.

Las actividades fisiológicas relacionadas con la reproducción, como los ciclos estrales, la gestación, la lactancia y el crecimiento, requieren minerales como: calcio fosforo, zinc, cobre, magnesio, selenio, cobalto, sodio, azufre, cloro, iodo y deben proporcionarse de manera adecuada y continua. Por lo tanto, estos procedimientos indican la necesidad de cuantificar los minerales necesarios, dado que las condiciones de subnutrición influyen de manera significativa en la respuesta de los animales (Garmendia *et al.*, 2007).

## 2.4.3 Vitamina E y Selenio.

El selenio (Se) es un mineral crucial en la alimentación de los animales y se percibe su implicación en múltiples procesos vinculados a la producción de animales, tales como la fertilidad de la especie y la prevención de enfermedades (Tortora *et al*, 2024).

El sistema antioxidante busca reducir los niveles de radicales libres en el organismo. Los radicales libres son sustancias extremadamente reactivas que se generan durante el metabolismo convencional. Son altamente venenosos para las células corporales y tienen la capacidad de interactuar con los ácidos nucleicos, causando mutaciones, con enzimas que los neutralizan y con los ácidos grasos, causando la inestabilidad de las membranas celulares. Cuando la velocidad de generación de radicales libres supera la velocidad de inactivación, se genera estrés oxidativo. Se ha vinculado el estrés oxidativo con la causa de algunos trastornos productivos y reproductivos (Berriel *et al*, 2014).

La tarea de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px) es participar en la serie de reacciones que catalizan la creación de prostaglandinas, leukotrienos, prostaciclinas y tromboxanos a partir del ácido araquidónico. Esta función está vinculada con el funcionamiento adecuado del sistema inmunológico y con la integridad funcional del aparato reproductor en machos y hembras, así como con la integridad funcional del aparato reproductor en ambos sexos, tanto en macho (Berriel *et al*, 2014).

Al igual que las vitaminas A y D, la vitamina E también está presente en grandes cantidades en los componentes verdes de las plantas, además de la alfalfa y el heno de avena. La vitamina E incluye varios compuestos llamados tocoferoles. para vitamina E; A veces se la llama vitamina antiesterilidad debido a su función en la reproducción de ganado bovino (Berriel *et al*, 2014).

La vitamina E reduce eficazmente los efectos nocivos de algunos elementos tóxicos; así como una gran cantidad de enfermedades provocadas por una nutrición desequilibrada. La mayoría de los trastornos corporales relacionados con la deficiencia de una vitamina específica son causados por la deficiencia de vitamina E. Existen muchas formas efectivas de utilizar adecuadamente la vitamina E para prevenir y tratar determinadas enfermedades (Berriel *et al*, 2014).

## 2.5. Sincronización de estros y ovulación.

Este método involucra la manipulación y el ciclo estral de las vacas. Los tratamientos encaminados a sincronizar e inducir la ovulación permiten un manejo eficaz de la inseminación artificial a un tiempo predeterminado de las vacas; sin la necesidad de detectar el estro. La mayor parte de los métodos de sincronización de estros se fundamentan en el uso de compuestos luteolíticos, prostaglandinas o sus similares artificiales (Hernández, 2018).

El protocolo de sincronización de estro es una técnica de manejo utilizada actualmente en el ganado bovino lechero y de razas cárnicas para controlar el ciclo estral de las vacas. Además, se considera la aplicación de ciertas hormonas y el uso de la inseminación artificial como una herramienta para el mejoramiento genético (Bohm, 2018).

## 2.6. Hormonas usadas en la sincronización de estros e inducción a la ovulación.

Los minerales cumplen diferentes funciones dentro del organismo; las cantidades requeridas de cada mineral varían en función de la especie, edad y estado fisiológico. Cuadro 1 describe las funciones de macro y microminerales y las principales fuentes para el ganado (Adaptado de Gill et al., 2004).

Casi todas las hormonas se utilizan para mejorar la eficiencia reproductiva en los animales domésticos (Hafez y Hafez, 2002). Las hormonas son sustancias producidas por diferentes células del organismo que ejercen funciones específicas en otras células (células blanco). Algunas hormonas actúan en la misma célula que la secreta (actividad autocrina) otras las hacen en las células vecinas (actividad paracrina) y otras son transportadas por sangre y ejercen su función en células de otros órganos (actividad endocrina) (Cuadro1) (Hernández, 2016).

**Cuadro 1 Comparación de protocolo de sincronización e inducción a la ovulación en vacas.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Protocolos IATF** | **Tratamiento** | **Ventajas** | **Desventajas** |
| **OUROFINO** | * Sincrogest   (Progesterona)   * Sincrodiol (cipionato de estradiol) * Sincrocio (Cloprostenol sódico) * SincroCP   (Cipionato de estradiol)   * Sincro eCG (Gonadotrofina coriónica equina) * Sincroforte   (Acetato de  Buserelina) | * Permite inseminar   vacas sin necesidad de  detectar el celo   * Permite elegir la fecha de los partos * Reduce el intervalo entre partos * Permite producir más terneros en menos tiempo | Vaginitis: En el  caso del dispositivo  Sincrogest, la vaginitis puede ocurrir si no se desinfecta el implante o si se inserta sin higiene. |
| **VIRBAC** | * Cipioctive (cipionato de estradiol) * Gonactive eCG (Gonadotrofina coriónica equina) | * Mejor expulsión de la placenta * Mejor involución uterina | * La ausencia de vitalidad en los becerros recién nacidos es notable. * Alteraciones del desarrollo |
|  | * Estroactive (Benzoato de estradiol) * Inductive   (Dcloprostenol)   * Liveractive   (Acetato de  Buserelina) | ● Mejor actividad ovárica | en jóvenes animales  ● Fatiga o  agotamiento |

## 2.6.1 Progesterona.

La progesterona es uno de los productos que más se utiliza en la sincronización de estros, donde se emplea para imitar la función de un cuerpo lúteo debido a que los niveles hormonales aumentan en el transcurso del tratamiento y al retirarse estos disminuye y se genera una nueva oleada en el desarrollo folicular. Estas hormonas tanto naturales como artificiales normalmente se combinan con otros agentes como son los estrógenos, hormonas liberadoras de ganadotropinas (GnRH) y sus análogos (acetato de buserelina). Además, la gonadotropina coriónica equina (eCG), gonadotropina coriónica humana (hCG) y PGF2α(Hernández, 2018).

Los progestágenos son un grupo de hormonas esteroides liposolubles y termoestables que no se inactivan en el tracto digestivo. Dentro de esta categoría de hormonas se halla la progesterona, un progestágeno natural (P4), así como progestágenos sintéticos como el acetato de melengestrol (MGA) y el Norgestomet (Hernández-Cerón, 2017).

Los progestágenos inhiben la liberación de LH, lo que conlleva a la supresión de la ovulación (Hernández-Cerón, 2017). Por lo tanto, la progesterona realiza funciones tales como:

1. Prepara el endometrio para la implantación y sostenimiento de la gestación, lo que incrementa la actividad de las glándulas secretoras en el endometrio e inhibe la contracción del miometrio.
2. Funciona sinérgicamente con los estrógenos para provocar el comportamiento estral.
3. Desarrolla el tejido exocrino (alvéolos) de las glándulas mamarias
4. Inhibe la movilidad uterina (Hafez y Hafez, 2002).

## 2.6.1.1 Dispositivo intravaginal bovino (progesterona).

Uno de los tratamientos consiste en la inserción intravaginal de un dispositivo liberador de progesterona (CIDR, por sus siglas en inglés: Controlled Internal Drug Release). El dispositivo se deja colocado durante 9 días y una vez insertado, se combina con una inyección de benzoato de estradiol. El tiempo de residencia del dispositivo se puede acortar si se acompaña de una inyección de una dosis luteinizante de PGF2α en el momento de su retirada. Por ejemplo, tener ciclos de tratamiento de 7 o 9 días da buenos resultados. El estro se presenta de 48 a 72 h pos-retiro y la proporción de vacas en estro es similar a lo obtenido con otros progestágenos (Hernández-Cerón, 2017).

El dispositivo intravaginal está enriquecido con progesterona (P4) natural de liberación controlada 0.6 g, (Cuadro 2) utilizada para regular los ciclos estrales en el ganado bovino. Después de aplicar el dispositivo, se libera progesterona, que afecta la actividad de los folículos ováricos. Los niveles supralutales (>1ng/ml) obtenidos a los pocos minutos de la introducción del dispositivo provoca la regresión del folículo dominante y acelera el recambio de las ondas foliculares, este cesa de la secreción de productos foliculares (estrógeno e inhibina) produce el aumento de la FSH que va ser la responsable del comienzo de la emergencia de la siguiente onda folicular (Avendaño y Quezada, 2013).

Al insertarse en la vagina como un dispositivo intravaginal por un periodo equivalente a un ciclo estral. Al suspender el tratamiento, los animales mostrarán estro y ovularán 48 a 72 h más tarde (Hafez y Hafez, 2002).

Por otro lado, la extracción del dispositivo conlleva la disminución de la progesterona a niveles subluteales (<1 ng/ml), lo que induce un aumento en la frecuencia de los pulsos de LH, así como el crecimiento y la persistencia del folículo dominante. Esto genera concentraciones elevadas de estradiol que, por un lado, causan el estro y, a nivel endocrino, finalmente inducen el pico de LH, el cual es seguido por la ovulación (Avendaño y Quezada, 2013).

## 2.6.2 Gonadotropina Coriónica Equina (eCG).

Se utiliza para estimular la maduración final del folículo dominante en vacas estériles. También conocida como gonadotropina, procedente del suero de yeguas preñadas con actividad FSH/LH. La eCG se ha empleado en conjunto con aparatos intravaginales con progesterona con el propósito de fomentar el crecimiento folicular y posee una vida media de 63 horas gracias a su elevado contenido de ácido siálico (Yen, 2010).

## 2.6.3 Benzoato de estradiol.

El estradiol benzoato es una derivada artificial del 17β-estradiol, una hormona esteroide producida por el folículo ovárico. Elaborada para mejorar los resultados reproductivos de las terapias con progestágenos en bovinos (Yen, 2010).

La composición del análogo sintético del 17β estradiol (benzoato de estradiol 1mg, de solvente oleozon 1ml. (Cuadro 2) Su efecto durante el uso del progestágeno (considerado como día 0) ocasiona una nueva onda folicular; la adición de benzoato de estradiol (BE) a la extracción del progestágeno provoca un pico preovulatorio de LH gracias a la retroalimentación positiva del estradiol sobre la GnRH y LH, lo que conduce a una sincronización elevada de las ovulaciones (Avendaño y Quezada, 2013).

Con respecto al efecto luteolítico de los estrógenos, estos no controlan la actividad luteal en el 100% de los animales tratados, por lo que se sugiere administrar PGF2αuno o dos días antes de la finalización del tratamiento hormonal (Avendaño y Quezada, 2013).

La vida media en sangre del estradiol17ß es de 4 a 12 horas, del BE es 48 a 72 horas (Avendaño y Quezada, 2013).

## 2.6.4 Hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH).

La hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), también conocida como hormona liberadora de hormona luteinizante (LHRH), es una hormona peptídica responsable de la síntesis y secreción de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) por la glándula pituitaria anterior. La GnRH se sintetiza y libera en las neuronas hipotalámicas. Se considera una neurohormona, es decir, una hormona producida en una célula neuronal y liberada en sus terminales neuronales (Avendaño y Quezada, 2013).

El área clave para la producción de GnRH es el área preóptica del hipotálamo, donde se concentra la mayoría de las neuronas secretoras de GnRH. La GnRH se secreta en la circulación porta de la glándula pituitaria, en su parte central. La sangre portal transporta GnRH a la glándula pituitaria, que contiene gonadotropinas, donde la GnRH activa sus propios receptores. El receptor de GnRH (GNRHR) es un receptor de siete dominios transmembrana acoplado a proteína G que estimula la isoforma beta de la fosfolipasa C fosfoinosidada (movilización de calcio y proteína quinasa C). Esto conduce a la actividad de proteínas implicadas en la síntesis y secreción de gonadotropinas LH y FSH. La GnRH es desagregada por proteólisis en pocos minutos la GnRH se encuentra también en órganos fuera del hipotálamo y la hipófisis y su papel en otros procesos vitales es difícil de entender, Su vida media es muy corta, de unos 2-4 minutos (Yen *et,al* 2010).

## 2.6.5 Prostaglandina F2 alfa.

Esta hormona produce la regresión o destrucción del cuerpo lúteo (favorece la luteólisis) (Alzate, 2019).

En general las prostaglandinas se encuentran en niveles muy bajos (cantidades nanogramos) en los tejidos, pero tiene la capacidad de realizar actividades importantes en el organismo, participa en la regulación del sistema reproductor de la hembra (Palma, 2021).

Las prostaglandinas juegan un papel muy importante en funciones reproductivas como la ovulación y la degeneración del cuerpo lúteo y el parto. Los análogos de las PGF2α naturales (Dinoprost trometamina) y sintéticos (cloprostenol) son responsables de inducir la regresión del cuerpo lúteo hacia el final del diestro o la gestación, además tienen la capacidad de regular la vida del CL, Su vida media es de entre 2 a 5 días tras la aplicación (Palma, 2021).

## 2.6.6 Cipionato de estradiol.

El cipionato de estradiol es una solución hormonal de acción prolongada utilizada en ganado bovino para tratar problemas reproductivos y optimizar programas de inseminación. Algunas de sus indicaciones incluyen (Yen *et,al* 2010).

* Sincronización de celos: En programas de inseminación artificial.
* Tratamiento de patologías uterinas: Ayuda a expulsar material purulento en casos de piometra o metritis.
* Retención placentaria: Facilita la expulsión de placenta retenida o fetos momificados.
* Cuerpos lúteos persistentes y anestro: Estimula la función ovárica para corregir ciclos irregulares.

## 2.7. Inseminación artificial en bovinos.

La vaca se insemina mediante la técnica transrectal, un procedimiento que le permite alcanzar una fertilidad óptima. Consiste en introducir una pipeta o pistola de inseminación artificial a través de la vulva, guiándola hacia arriba y luego hacia abajo por la vagina hasta pasar por el divertículo uretral ubicado en la parte inferior de la vagina. Por vía rectal se fija el cérvix y se manipula para ayudar a que la pipeta vaya atravesando los anillos cervicales (Medrano, 2018).

El sitio donde se guarda el esperma es donde el canal cervical se conecta con el cuerpo uterino. Se establece el momento ideal para la inseminación cuando se nota que la vaca deja de montar. Según la teoría, la IA debe llevarse a cabo a las 12 h tras el comienzo del estro (Medrano, 2018).

## 2.7.1 Inseminación artificial a tiempo Fijo (IATF).

La IATF es una herramienta para llevar a cabo inseminación evitando la detección de estro, mediante protocolos sencillos y aplicación de la técnica. El objetivo es mejorar la producción pecuaria y ser uno de los métodos más eficiente para el mejoramiento genético ganadero (García, 2013).

Con ayuda de la sincronización del estro y la ovulación en vacas mediante hormonas, permite la inseminación a tiempo fijo un gran número de animales en poco tiempo. (Cutaia, 2006).

## 2.7.2 Factores que afectan los resultados de IATF.

Los elementos que influyen en los resultados de IATF pueden categorizarse en:

**Factores inherentes a los animales:**

1. **Condición fisiológica de la hembra**: puede llevarse a cabo al menos 45 días tras el parto, periodo mínimo de involucramiento del útero (Raso, 2012).
2. **Condición nutricional de la hembra:** este factor es crucial y es el que más influye en los resultados del método. Varios estudios demuestran la correlación entre la condición corporal y el porcentaje de embarazo conseguido (Raso, 2012).

**Factores inherentes al manejo.**

1. **Cumplimiento de los tiempos planteados en el protocolo**
2. **Manejo del semen;** Es importante respetar los tiempos y temperaturas del descogelamiento (37º x 30seg). También influye la capacidad, destreza y técnica del inseminador (Raso, 2012).

Teniendo en cuenta todos los factores que influyen en la reproducción y principalmente el estado del animal, la tasa de preñez en los programas de IATF va de un 35-55% para vacas con terneros en pie. Además, es importante tener en cuenta que el repaso posterior con toros se realiza sobre los estros donde se concentran los animales que no quedaron embarazados, lo que podría incrementar el porcentaje de preñez en un 10-15% (Raso, 2012).

# Capitulo III. Análisis de interpretación de los datos (resultados)

**3.1. TIPO DE ESTUDIO**

Se realizó de manera mixta, ya que en esta ocasión decidimos combinar técnicas de detección de celo, celo natural y celo inducido por un protocolo de sincronización hormonal para optimizar la eficiencia reproductiva, en este enfoque buscamos aprovechar las ventajas de ambos sistemas mejorando la flexibilidad y reduciendo costos.

De la misma manera realizamos encuestas y entrevistas a ganaderos, a ingenieros zootecnistas que han llevado a cabo la técnica de celo natural y como ha sido su eficiencia y de manera sincronizada así diferenciando cual es más efectiva.

## 3.2 Población-objetivo.

## 3.2.1 Animales.

Se trabajó en una unidad de producción bovina (UPB) de doble propósito (carne y leche) ubicada en una región tropical húmeda. En esta unidad de producción se desarrollan las razas cebuinas y europeas: Sardo Negro, Gyr y Suizo Europeo. En este estudio, se incluyeron un total 130 vacas adultas con una condición corporal de 5.0 a 6.0 en escala de 1 a 9 (1= muy flaca y 9= obesa) y entre 1 a 4 partos. El peso vivo de estos animales fue entre a 550 kg.

## 3.3. Técnica e instrumentos de recolección de datos

## 3.3.1 Manejo del Hato bovino.

En primer lugar, se analizó la condición corporal de las vacas, por apreciación visual. Así mismo, se evaluaron el estado reproductivo a través de palpación transrectal para identificar las vacas gestantes y las vacas no gestantes: (vacías ciclando y vacías anéstricas).

## 3.3.2 Selección, manejo y preparación de los animales.

Las vacas se desparasitaron por vía oral con el desparasitarte de amplio aspectro Albendazol al 13% (Ganaverm-Wellcopharma). Además, se implementó el suministro de sales minerales a libre acceso con Tecnofos 4:40 y las microfos 12 de MNA durante este programa reproductivo.

Se les administró también Selenio 1 ml/50 kg, vitamina ADE aplicando 1 ml/50kg.

Para este estudio, todas se encontraban dentro de un rango reproductivo de uno a cuatro partos, lo que garantiza que se trataba de animales con aptitud reproductiva.

**Grupo 1:** A este grupo se le aplicó un protocolo hormonal estandarizado con el objetivo de sincronizar los ciclos estrales e inducir la ovulación de forma controlada, lo que permitió realizar una inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Este método elimina la necesidad de detección de estro, lo que lo hace especialmente útil en sistemas donde el personal disponible o el entorno dificultan la observación continua de los animales.

El protocolo utilizado incluyó la aplicación secuencial de hormonas como:

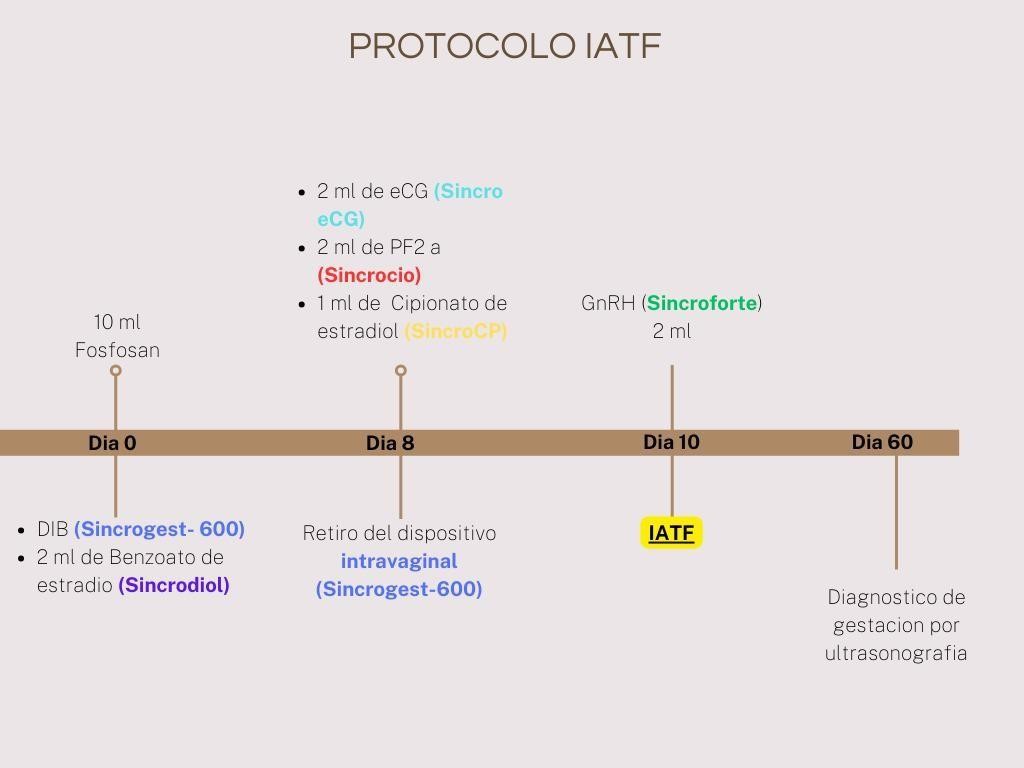
* + Progestágenos (mediante dispositivos intravaginales Sincrogest-600 mg de progesterona-Ourofino).
  + Benzoato de estradiol 1 mg/animal.
  + Prostaglandinas (PGF2α) (agente luteolitico) para inducir la regresión del cuerpo lúteo 0.150mg
  + Cipionato de estradiol 1 mg/animal
  + Además, la aplicación de eCG y GnRH para estimular el crecimiento folicular y la ovulación.

Se realizó la inseminación artificial en un momento predefinido, generalmente entre 48 a 56 horas después de la retirada del dispositivo, según lo estipulado en el protocolo específico.

Se inició el programa de sincronización de estro e inducción a la ovulación en vacas, como se aprecia en la Figura 3. Se consideró el día cero la aplicación del dispositivo intravaginal (Sincrogest-600 mg de progesterona-Ourofino) y en ese mismo día una aplicación intramuscular de 1.0 mg de benzoato de estradiol Sincrodiol-Ourofino, más un reconstituyente de fosforo Fosfasan-Virbac, con 10 ml por animal.

El día ocho se retiró los dispositivos intravaginales (Sincrogest-600) y se les administró 0.150 mg de cloprostenol sódico (2 ml, Sincrocio- Ourofino) y 400 UI de gonadotropina coriónica equina (Sincro eCG- Ourofino) y finalmente 1 mg de cipionato de estradiol (SincroCP- Ourofino).

Posteriormente, en el día noveno del programa reproductivo, se esperó la observación permanente de la detección de estro de los animales. Además, la inseminación artificial a tiempo fijo que se realizó en el día 10 con la aplicación de GnRH por via intrauscular (Sincroforte 0.01mg, Acetato de buserelina- Ourofino), al momento de la IATF (Figura 3).



**Figura 3. Protocolo de sincronización e inducción a la ovulación en vacas en IATF (Cruz, 2025)**

## 3.4. ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en la unidad de producción bovina (UPB) "\_\_\_en carretera internacional lagos de colon a un kilómetro de rancho santo domingo \_\_". Ubicado en el municipio de Trinitaria, Chiapas con coordenadas 16°07′09″N 92°03′02″O﻿ / ﻿16.119059444444, -92.050469444444.

El municipio de La Trinitaria se localiza en las coordenadas extremas del municipio son: al norte 16°13' de latitud norte; al sur 15°45' de latitud; al este 91°22' de longitud oeste; al oeste 92°13' de longitud. El municipio de La Trinitaria colinda con los siguientes municipios: Al norte: La Independencia y Las Margaritas, al este: Huehuetenango, Guatemala, al sur: Frontera Comalapa, al oeste: Socoltenango y Tzimol y Comitán de Domínguez.

## 

## Figura 2. Área de estudios

## 3.5. fases del proyecto

Fase 1: Revisión de la literatura

Investigar sobre la inseminación artificial bovina, su historia, beneficios y limitaciones.

Analizar los estudios previos sobre la eficacia de la inseminación artificial en la reproducción bovina.

Identificar las variables que influyen en la tasa de concepción y la eficiencia reproductiva.

Fase 2: Definición del objetivo y la hipótesis

Definir el objetivo del estudio: evaluar la eficacia de la inseminación artificial

bovina en una población específica de bovinos.

Formular la hipótesis: la inseminación artificial bovina aumenta la tasa de concepción y la eficiencia reproductiva en comparación con la monta natural.

Fase 3: Diseño del estudio

Seleccionar la población de estudio: bovinos de una raza específica y edad determinada.

Diseñar el protocolo de inseminación artificial: selección de sementales, técnica de inseminación, momento de la inseminación.

Establecer los grupos de control y tratamiento: grupo de inseminación artificial y grupo de monta natural.

Fase 4: Recopilación de datos

Recopilar datos sobre la tasa de concepción, la eficiencia reproductiva y otros parámetros reproductivos en ambos grupos.

Registrar los datos de manera precisa y sistemática.

Fase 5: Análisis de datos

Analizar los datos recopilados utilizando técnicas estadísticas adecuadas.

Comparar los resultados entre el grupo de inseminación artificial y el grupo de monta natural.

Fase 6: Interpretación de resultados

Interpretar los resultados en relación con la hipótesis y el objetivo del estudio.

Discutir los hallazgos en el contexto de la literatura existente.

Fase 7: Redacción de la tesis

Redactar la tesis de manera clara y concisa, incluyendo la introducción, la revisión de la literatura, la metodología, los resultados y la discusión.

Presentar los resultados de manera gráfica y tabular para facilitar la comprensión.

# Capitulo IV. Resultados

En este estudio se utilizaron un total de 90 vacas, las cuales fueron sometidas a un tratamiento de IATF. En el Cuadro 2, se observan los resultados relacionados al porcentaje de gestación en el tratamiento. Obteniendo un 90% de preñeces.

**Cuadro 2 Resultados de preñez por tratamiento.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tratamientos | N | Vacas Gestantes (%) | Vacas Vacías (%) |
| IATF | 130 | 80 | 10 |

En el presente estudio se observó la eficiencia del programa de IATF en vacas en condiciones tropicales, estos resultados corresponden a la suma de gestación entre vacas anéstricas y vacas ciclando. Con respecto a la IATF fue un tratamiento aceptable en cuanto a los resultados de fertilidad consiguiendo el 90%. Las vacas anéstricas, al no presentar actividad ovárica espontánea, suelen responder más favorablemente a los protocolos de sincronización e inducción a la ovulación, ya que el tratamiento “reinicia” de forma controlada su actividad reproductiva Torres y Rincón (2023).

**Cuadro 3. Diferencias de fertilidad entre en ambos tratamientos de acuerdo al estatus reproductivo de las vacas.**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | Vacas |  |  |
| Tratamientos | N | Anestricas | Ciclando | Gestantes | % | No gestantes |
| IATF | 130 | 10 | 20 | 40 |  | 90 |

Así mismo, desde un punto de vista económico, la duración del tratamiento reproductivo tiene un impacto económico en los costos de producción, principalmente en la relación con alimentación y medicamentos. En este estudio, el tratamiento de IATF, aunque implica un gasto elevando en hormonas y servicios veterinarios permiten lograr gestaciones en periodos cortos (90 días), reduciendo considerablemente los costos de alimentación y manejo prolongado en animales vacíos.

**Cuadro 4. Costo de mantenimiento por vacas en condiciones del trópico.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Concepto** | **$ IATF (90 días)**  **(4500)** |
| Costo hormonal por vaca | 500 - $700 |
| Costo de inseminación/semen | 300 - $400 |
| Costo alimentación diaria/vaca | 40 (suplemento + pasto) |
| Alimentación total período | 3,600 (90 días) |
| Costo manejo/revisión veterinaria | 200 |
| **Costo total estimado por vaca** | **4,600 - 4,900** |

# Capitulo V. Discusión

García (2019) realizó en un estudio con similares tratamientos quien comparó la tasa de gestación en vacas aplicando inseminación artificial a tiempo fijo vs monta directa en el trópico húmedo de México. Este estudio fue realizado en el municipio de Palenque, Chiapas, con el protocolo de dispositivo intravaginal con una concentración de 1g de progesterona y 1 mg de benzoato de estradiol +0.15mg de cloprostenol y 300 UI de gonadotropina coriónica equina y 0.5mg de benzoato de estradiol, obteniendo así el 52% de gestación para IATF y un 48% de gestación en el grupo de monta directa, dando una diferencia del 4% (P>0.05). Sin embargo, en este estudio es importante considerar otros factores como el tiempo de aplicación del tratamiento, la época del año y la raza utilizada.

Estos resultados concuerdan con la investigación realizada por Quezada (2023) quien utilizó una población de 200 vacas y llevo a cabo una evaluación entre los dos tratamientos; IATF y monta directa. Con el programa de IATF se encontró el 45.5% de ellos quedaron gestantes y el 54.5% vacías con el tratamiento de IATF, mientras que con monta directa se obtuvo el 49% de fertilidad

Por otro lado, Bó y Baruselli (2014) destacaron que la sincronización hormonal utilizada en IATF no solo acorta los intervalos entre partos, si no además facilita la planeación estratégica de la reproducción, reducción de costos, mantenimiento y maximización de producción de becerros. Además, un estudio realizado por Sá Filho *et al.* (2010) quienes documenta que los sistemas basados en monta natural tienden a presentar variaciones estacionales más marcadas, al depender directamente de la expresión espontanea del estro, la condición corporal, el clima y el manejo reproductivo y nutrición del hato.

# Capítulo VI. Conclusiones finales

**6.1. síntesis general**

La técnica de inseminación artificial a tiempo fijo es una técnica que consiste en inducir el celo mediante el uso de hormonas, así mismo, esta técnica consta de introducir semen de toro a la hembra por medio de un aplicador hasta cruzar los 3 o 4 anillos del cérvix y depositarlo en el útero.

Los costos de las productoras de ganado bovino lechero son altos debido a las localizaciones en tierras de alta fertilidad de pastura y contar con los insumos necesarios.

La aplicación de protocolos hormonales dentro de la inseminación para inducir la ovulación en vacas en las regiones tropicales es una estrategia perfecta para mejorar las tasas de preñez en el hato bovino, llegando a obtener un porcentaje alto en la taza concepción.

La adaptación de esta técnica influye en la raza del animal, ya que de esto dependeremos de la calidad de producción, que tan buena madre es, la cantidad de lácteos que brinda por preñez, la cantidad de grasa en la leche.

Actualmente el empleo de técnicas reproductivas en el área de ganado bovino lechero ha demostrado ser de gran ayuda para los diversos sistemas de producción bovina, de esta manera se puedo concluir que existen diversos protocolos de producción que mejoran la taza de preñez, siendo el protocolo OVSYNCH uno de los más empleados debido a su mejor respuesta, ya que puede lograr desde un 80% hasta un 95% de taza de preñez.

**6.1.2 Limitaciones encontradas**

Encontramos deficiencias de condición corporal en algunas hembras bovinas, estas con deficiencias nutricionales tales como minerales vitaminas y proteína, estas han tenido pocos celos, bajo la supervisión estas se encontraron anestricas.

En las palpaciones realizadas se encontraron una cierta cantidad de vacas (15) con un folículo pequeño el cual nos dice que hay una baja posibilidad de preñez.

**6.1.3 principales aportaciones**

Uso de hormonas diferentes a las de otras técnicas ya empleadas por otros médicos.

La taza de concepción variable en vacas con folículos de menor tamaño.

Técnica de inseminación artificial a tiempo fijo con el uso de vaginoscopio.

Aumento de la prevención de enfermedades virales infecto contagiosas.

Prevención de la mortalidad por contagio de enfermedades venéreas.

La inseminación artificial nos da un buen porcentaje al 45% a 85% de preñez.

La inseminación es una buena técnica de escoger una buena genética en el hato

# Capitulo VII. Bibliografía

1. Alzate, D. (2019). *Hormonas Reproductivas de la Vaca Medvetsite*. Medvet.

[Https://Medvetsite.Com/Hormonas-Reproductivas-De-La-Vaca/](https://medvetsite.com/Hormonas-Reproductivas-De-La-Vaca/)

1. Avendaño. L., y Quezada. A. (2013). *Dinamica Ovarica e Inseminacion Artificial en Ganado.* México: Trillas.
2. 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](https://www.colibri.udelar.edu.uy/Jspui/Bitstream/20.500.12008/10308/1/Fv-30886.Pdf)

1. Carvajal y Martínez. (2020). El Ciclo Estral en la Hembra Bovina y su Importancia Productiva. *Inia- Informativo N° 246*, Pág. 1-4.
2. Cerón, J., y León, Á. (2009). *Manual de Inseminación Artificial en Bovinos*. [Https://Fmvz.Unam.Mx/Fmvz/Licenciatura/Coepa/Archivos/Manuales/50\_Ins eminacion\_Artificial.Pdf](https://fmvz.unam.mx/Fmvz/Licenciatura/Coepa/Archivos/Manuales/50_Inseminacion_Artificial.Pdf)
3. Cerón, J. (2017). *Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos Lecheros*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Departamento de Reproducción.
4. Cutaia, L. (2006). Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF): Una Herramienta Para el Mejoramiento Genético: Inseminación Artificial.

[Https://Www.Produccion-](https://www.produccion-animal.com.ar/Informacion_Tecnica/Inseminacion_Artificial/60-Ia_A_Tiempo_Fijo.Pdf)

[Animal.Com.Ar/Informacion\_Tecnica/Inseminacion\_Artificial/60Ia\_A\_Tiempo \_Fijo.Pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/Informacion_Tecnica/Inseminacion_Artificial/60-Ia_A_Tiempo_Fijo.Pdf)

1. 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](http://vetzootec.ucaldas.edu.co/Downloads/V5n2a08.Pdf)

1. 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.
2. García, D. B. (2013). *General Aspects of Fixed Time Artificial Insemination (Ftai) in Bovine.* Colombia: Ucc.Villavicencio.
3. Garmendia, J., Facultad De, C., y Veterinarias. (2007). Los Minerales en la

Reproducción Bovina: [Http://Www.Produccion-](http://www.produccion-animal.com.ar/Suplementacion_Mineral/34-Minerales_En_Reproduccion.Pdf)

[Animal.Com.Ar/Suplementacion\_Mineral/34Minerales\_En\_Reproduccion.Pd f.](http://www.produccion-animal.com.ar/Suplementacion_Mineral/34-Minerales_En_Reproduccion.Pdf)

1. 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.

1. 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

1. 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.
2. Hafez y Hafez (2002). *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales.*

Kiawah Island, South Carolina: Mc Graw Hill.

1. Jiménez, A. (2019). El Ciclo Estral Bovino - Bm Editores. Bmeditores. Mx.

[Https://Bmeditores.Mx/Ganaderia/El-Ciclo-Estral-Bovino-2163/](https://bmeditores.mx/Ganaderia/El-Ciclo-Estral-Bovino-2163/)

1. 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

1. 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

1. Medrano y Porta. (2018). *Fisiología Reproductiva de los Animales Domésticos.* México: UNAM.
2. Palma, D. E. (2021). Las Prostaglandinas en Bovinos - Bm Editores.

Bmeditores.Mx. Https://Bmeditores.Mx/Ganaderia/Las-ProstaglandinasEnBovinos/

1. 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/

1. Torres, A. (2023). Métodos de Reducción de los días Abiertos en Bovinos.

Unmsm.Edu.Pe.Https://Sisbib.Unmsm.Edu.Pe/Bvrevistas/Veterinaria/V12\_N 2/M%C3%A9todos.Htm

1. 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

1. Virbac. (2015). *Virbac.Com.* Obtenido de Virvbac México:

Https://Mx.Virbac.Com/Home/Politica-De-Privacidad.Html

1. Yen y Jaffe. (2010). *Endocrinología de la Reproducción: Fisiología,*

*Fisiopatología y Manejo Clínico.* La Jolla California: Universidad A Distancia.