

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**GnRH AL INICIO DEL PROTOCOLO COSYNCH DE 5 DÍAS EN VACAS BRANGUS
X BRAHMAN CON CRÍA AL PIE INSEMINADAS A TIEMPO FIJO**

POR:

RONALDO GÓMEZ CRUZ

TESIS:

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

SALTILLO, COAHUILA, MEXICO

DICIEMBRE 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**GnRH AL INICIO DEL PROTOCOLO COSYNCH DE 5 DÍAS EN VACAS
BRANGUS X BRAHMAN CON CRÍA AL PIE INSEMINADAS A TIEMPO FIJO**

POR:


Ronaldo Gómez Cruz

TESIS


Que somete a la consideración del H. jurado examinador como requisito para
obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

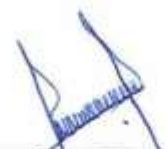
Aprobada por:




Dr. Joel Ventura Ríos
Director



M.C. Mario A. Santiago Ortega
Codirector



Dra. Raquel Olivás Salazar



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de Ciencia Animal



Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fortaleza, la salud y la perseverancia necesarias para concluir esta etapa. Sin Su guía y bendiciones, este logro no habría sido posible.

A mi ALMA TERRA MATER, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi más sincero reconocimiento y gratitud. Esta institución no solo me brindó la oportunidad de adquirir conocimientos académicos, sino también de crecer como persona.

Al Dr. Joel Ventura Ríos, por su invaluable orientación, paciencia y compromiso durante el desarrollo de este trabajo de tesis. Su guía constante, su exigencia académica y su disposición para compartir sus conocimientos fueron pilares fundamentales en mi formación como profesionista. Más allá de su papel como asesor, agradezco su ejemplo de disciplina, ética y dedicación, cualidades que inspiran a seguir aprendiendo y a ejercer la profesión con responsabilidad y pasión.

Al M.C. Mario Alberto Santiago Ortega, por haberme permitido incorporarme al Centro De Desarrollo Tecnológico “Tantakín” y brindarme la oportunidad de desarrollar mi trabajo de tesis, así como por compartir generosamente sus conocimientos, experiencias y por el apoyo incondicional otorgado durante toda mi estancia.

La profesora la Dra. Raquel Olivas Salazar, mi más sincero agradecimiento por su valioso acompañamiento a lo largo del desarrollo de esta tesis. Su dedicación, conocimiento y orientación constante fueron fundamentales para lograr la culminación de este trabajo.

Al Sr. Roberto, encargado del área de bovinos del Centro de Desarrollo tecnológico “Tantakin” por sus enseñanzas y experiencias en el tiempo que estuve de estancia.

DEDICATORIA

A mis Padres, Aurora Cruz Pérez, Reynaldo Gómez Gómez quienes han sido el motor que me impulsa cada día. A ellos les debo todo lo que soy y todo lo que he logrado. Gracias por su amor incondicional, por su sacrificio, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por enseñarme con el ejemplo el valor del trabajo, la honestidad y la perseverancia. Cada logro alcanzado en este camino les pertenece tanto como a mí, porque sin su apoyo nada de esto habría sido posible.

A mis hermanos, Angelica, Carlos, Oseas, Zafira, Reynaldo, Dorcas, Norma, Oscar y Rodrigo, que siempre han estado presentes con palabras de aliento, con su compañía y cariño sincero. Gracias por su apoyo incondicional, por motivarme a seguir adelante y por recordarme siempre la importancia de la familia. Su confianza y orgullo hacia mí han sido una fuerza constante que me impulsó a no rendirme y a esforzarme cada día más. Este logro también es suyo, porque forman parte esencial de mi historia y de mi vida.

A mis amigos Brisa, Marlene, Mariana, Edwin, Jovani, Enrique, David, gracias por compartir esta experiencia única. Por las largas jornadas de estudio, por las risas en los momentos de cansancio, por el apoyo mutuo en los días complicados y por celebrar juntos cada meta alcanzada. Cada recuerdo compartido en la Narro permanecerá conmigo como testimonio de una etapa llena de aprendizaje, esfuerzo y amistad sincera.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

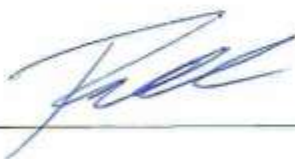
Saltillo, Coahuila, diciembre de 2025

DECLARO QUE:

El presente trabajo de investigación titulado: **GnRH al inicio del protocolo CoSynch de 5 días en vacas Brangus x Brahman con cría al pie inseminadas a tiempo fijo** constituye una elaboración original del autor. No se han reproducido, copiado ni adaptado ideas, citas textuales, ilustraciones u otros contenidos provenientes de tesis, publicaciones académicas, libros, artículos o cualquier otro material (impreso o digital) sin señalar de manera precisa y adecuada su fuente o autoría correspondiente.

Sumado a esto, lo aquí expuesto puede ser verificado por el lector, quien debe tener conocimiento de que, en caso de detectarse algún tipo de plagio o la omisión del respeto a los derechos de autor, este documento será sujeto a las sanciones correspondientes impuestas por el comité editorial y/o a acciones legales pertinentes. Como consecuencia, el presente trabajo académico perderá toda validez, no podrá ser aprobado ni se permitirá su reenvío para evaluación.

Atentamente



Ronaldo Gomez Cruz

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos particulares	3
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Situación actual de la ganadería tropical.....	4
2.2. Alimentación y manejo del ganado en condiciones tropicales.....	5
2.3. Valor nutricional de forrajes tropicales	6
2.4. Características del ciclo estral del ganado <i>Bos indicus</i>	7
2.5. Comportamiento del estro	7
2.6. Dinámica ovárica durante el ciclo estral	8
2.7. Dinámica folicular en el periodo posparto	9
2.8. Control y sincronización del ciclo estral en vacas en el trópico.....	11
2.9. Protocolos de sincronización.....	12
2.10. Sincronización de estros y ovulación	12

2.11. Tratamiento con GnRH y PGF2 α	13
2.12. Tratamiento con CO- Synch 5 días en vacas <i>Bos taurus</i>	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Descripción del sitio experimental	16
3.2. Condiciones del clima durante el experimento	16
3.3. Manejo de animales y alimentación	16
3.4. Grupos Experimentales	18
3.5. Variables evaluadas	20
Estimación de costos	20
3.7 Análisis estadístico	20
RESULTADOS Y DISCUSION	21
V. CONCLUSIONES	25
VI. LITERATURA CITADA	26

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición del suplemento ofrecido a vacas Brangus x Brahman durante el desarrollo experimental.	16
Cuadro 2. Composición química del suplemento mineral ofrecido a vacas Brangus x Brahman durante el desarrollo experimental.....	17
Cuadro 4. Estimación de costos por vaca sincronizada utilizando el protocolo convencional y utilizando progestágenos durante 5 días más GnRH en vacas con cría al pie en condiciones de trópico.	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del protocolo T1: en vacas Brangus x Brahman con cría al pie con 121±49.35 días posparto.....	18
Figura 2. Esquema del protocolo T2 en vacas Brangus x Brahman con cría al pie con 113±45.3 días abiertos.....	19
Figura 3. Esquema del protocolo T3 en vacas Brangus x Brahman con cría al pie con 118±46.9 días abiertos.....	19

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la eficiencia reproductiva de vacas Brangus x Brahman con cría al pie sometidas a tres protocolos de sincronización de estros y ovulación en condiciones tropicales. Se comparó un tratamiento convencional basado en progesterona, benzoato de estradiol eCG y PGF₂ α con dos protocolos alternativos sin estradiol ni eCG. Se utilizaron 30 vacas de 3 a 6 años de edad, distribuidas aleatoriamente en tres grupos experimentales. T1: (Progestágeno + benzoato de estradiol + eCG + PGF₂ α). T2 (Progestágeno + PGF₂ α + GnRH con doble dosis de PGF₂ α) y T3 (Progestágeno + PGF₂ α + GnRH, con la misma dosis de PGF₂ α fraccionada en dos aplicaciones separadas por 6 horas). Para comparar las variables reproductivas entre tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). El tratamiento 2 (T2) mostró la mejor respuesta, alcanzando un 100% de estros ($p < 0.05$) y en la tasa de concepción no hubo diferencias entre los tratamientos ($p > 0.05$). Sincronizar el estro y la ovulación mediante la combinación de progestágenos, prostaglandina y GnRH, puede ser una opción viable para mejorar la eficiencia reproductiva de vacas Brangus x Brahman con cría al pie en condiciones tropicales.

Palabras clave: *Bos indicus*, Sincronización del estro, Ovulación, Trópico.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the reproductive efficiency of Brangus x Brahman beef cows subjected to three protocols for estrus and ovulation synchronization under tropical conditions. A conventional treatment based on progesterone, estradiol benzoate, eCG, and PGF2 α was compared with two alternative protocols without estradiol or eCG. Thirty cows aged 3 to 6 years were used and randomly distributed into three experimental groups. T1: (Progestogen + estradiol benzoate + eCG + PGF2 α). T2 (Progestogen + PGF2 α + GnRH with double dose of PGF2 α) and T3 (Progestogen + PGF2 α + GnRH, with the same dose of PGF2 α divided into two applications 6 hours apart). The Tukey test ($\alpha = 0.05$) was used to compare reproductive variables between treatments. Treatment 2 (T2) showed the best response, reaching 100% estrus ($p < 0.05$), and there were no differences in conception rates between treatments ($p > 0.05$). Synchronizing estrus and ovulation through the combination of progestogens, prostaglandin, and GnRH may be a viable option for improving the reproductive efficiency of Brangus x Brahman cows raised on foot in tropical conditions.

Keywords: Bos indicus, Estrus synchronization, Ovulation, Tropics.

I. INTRODUCCIÓN

La sincronización de estro y la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) son herramientas indispensables para mejorar la eficiencia reproductiva en sistemas bovinos comerciales, al eliminar la necesidad de una detección de celo continua y permitir concentrar servicios e intervenciones sanitarias. En regiones tropicales como gran parte del sureste y occidente mexicano —donde predominan vacas con influencia *Bos indicus* o cruza *B. indicus* × *B. taurus*, las IATF presentan oportunidades claras para acortar intervalos entre partos y mejorar distribución de partos, pero su eficacia está condicionada por factores ambientales, nutricionales y genéticos propios del trópico (Díaz-Quevedo *et al.*, 2023).

Los protocolos más empleados en el trópico mexicano incluyen Ovsynch y sus variantes (Co-Synch, Double-Ovsynch), combinaciones con dispositivos intravaginales de progesterona (CIDR) y la adición de eCG en hembras en anestro. Los protocolos de 5 a 7 días con CIDR más PGF_{2α} son comunes en ganadería de doble propósito y carne en trópicos, mostrando incrementos significativos en tasas de gestación (Flores-Domínguez *et al.*, 2015).

Las diferencias fisiológicas entre *B. taurus* y *B. indicus* son relevantes al adaptar los protocolos de sincronización. Las vacas cebuinas tienden a presentar una menor concentración de LH y una duración más corta del estro (Jordán., 2021), lo que reduce la detección visual y afecta la sincronía de la ovulación. Por esta razón, en ambientes tropicales se recomienda utilizar protocolos más prolongados (7 a 9 días) que incluyan dispositivos de progesterona y dosis complementarias de eCG o GnRH. Estudios realizados en Brasil, Colombia y México han demostrado que la eficacia de los protocolos de inseminación a tiempo fijo (IATF) está altamente influenciada por el estado fisiológico de la vaca, su condición corporal y el tiempo posparto. Vacas con condición corporal inferior a 5 puntos muestran una menor respuesta al tratamiento hormonal (Carvalho *et al.*, 2022). En tanto, vacas con cría al pie y menos de 60 días posparto presentan anestro prolongado, lo que limita la efectividad de los tratamientos si no se acompañan de un manejo nutricional adecuado.

La literatura científica reciente destaca que, en vacas *B. indicus* del trópico, la combinación de CIDR, PGF₂ α y GnRH, acompañada de la administración de eCG, al momento el retiro del dispositivo, puede incrementar la tasa de concepción hasta en un 60-70%, comparada con el 30-40% observada en protocolos tradicionales sin eCG (Díaz-Quevedo *et al.*, 2023). En este sentido, la sincronización a tiempo fijo constituye una herramienta estratégica para mejorar la eficiencia reproductiva, reducir el intervalo entre partos y aumentar la rentabilidad del sistema de producción.

La aplicación de estos protocolos en el trópico mexicano no solo representa un avance técnico, sino también una oportunidad de desarrollo sustentable. Al optimizar la reproducción, se mejora el aprovechamiento del hato, se incrementa la producción de carne y leche, y se reduce el impacto ambiental asociado a bajos índices reproductivos (Lozano *et al.*, 2021). Además, la programación de la inseminación facilita la implementación de genética superior en rebaños comerciales, contribuyendo a la mejora del potsparto.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la eficacia del protocolo de cinco días basado en un progestágeno intravaginal complementado con la administración de GnRH al inicio y al momento de la inseminación artificial a tiempo fijo, en vacas brangus con cría al pie en el trópico de México comparado con un protocolo convencional.

1.1.2. Objetivos particulares

Evaluar la tasa de estros

Evaluar la condición corporal y su relación con la fertilidad

Evaluar la tasa de servicios

Evaluar la tasa de concepción

Evaluar la tasa de preñez

Estimar los costos de sincronización

1.2. Hipótesis

Los protocolos de sincronización basados en un dispositivo intravaginal con progesterona durante cinco días, complementados con GnRH al inicio y al momento de la inseminación, y con una doble dosis de $\text{PGF}_2\alpha$ en el retiro del dispositivo, incrementan la presencia de estro, mejorando la tasa de concepción y reducen los costos por hembra preñada en vacas Brangus x Brahman con cría al pie en condiciones tropicales, en comparación con un protocolo convencional con estradiol y eCG.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Situación actual de la ganadería tropical

La producción ganadera en América Latina se desarrolla en diferentes escenarios, originados por la alta variabilidad de condiciones tecnológicas, productivas, de manejo, climáticas y agroecológicas, que determinan la finalidad y el tamaño de la producción. En esta región, predomina la ganadería bovina de doble propósito (GBDP) basada en sistemas de pastoreo extensivo donde el ganado se mantiene en praderas, con poco o nulo uso de insumos externos (Cisneros-Saguilán *et al.*, 2024).

En México, la población de bovinos es de alrededor de 24,808,075 cabezas, de los cuales 24,553,565 se encuentran en unidades de producción y 254,510 en viviendas (traspatio). El 55.5% de las existencias se concentran en los estados de Veracruz, Jalisco, Chihuahua, Chiapas, Durango, Tabasco, Sonora y Michoacán. Del total de la población bovina, la composición según su función zootécnica es 47.1% vacas, 27.5% becerras y becerros, 12.1% en engorda, 9.8 vaquillas de reemplazo, 3.0% sementales y 0.5 % reses para el trabajo (Avilés *et al.*, 2024).

La ganadería es fundamental en la economía y la alimentación en México. En el año 2023, el país alcanzó una producción de 2,212,928 toneladas de carne de bovino, lo que demuestra la importancia de este sector en la agricultura nacional. Con un hato de 36.6 millones de cabezas, México se posiciona como el quinto productor de carne en canal de bovino a nivel mundial (SADER, 2024).

Este tipo de ganadería se desarrolla en zonas tropicales y subtropicales y ocupan el 25.9% del territorio mexicano. El ganado proviene de razas *B. indicus* y *B. Taurus* o cruza entre éstas , con las que se produce leche y carne, debido a la capacidad que tienen los ganaderos para el cultivo y producción de forraje en las propias unidades de producción (Rojas-Sandoval *et al.*, 2024). Las zonas tropicales de México, son regiones propicias para practicar la ganadería, tiene una ventaja con respecto a los sistemas ubicados en las zonas templada,

árida, semiárida, que es la abundancia de agua, suelos para el cultivo de insumos alimenticios baratos como los forrajes (gramíneas y leguminosas).

2.2. Alimentación y manejo del ganado en condiciones tropicales

Los sistemas extensivos de producción ganadera son comunes en México. En general, la producción ganadera utiliza alrededor de 108.9 millones de hectáreas a nivel nacional, lo que representa, más de la mitad (55.5%) de la superficie del país (Quiroz *et al.*, 2021). Las unidades de producción de ganado bovino de carne y leche en las regiones tropicales de México se caracterizan por ser de tipo extensivo, en las cuales se emplean vastas extensiones de tierra para el cultivo de pastos nativos e introducidos. La alimentación del ganado bovino bajo estas condiciones de pastoreo, en praderas establecidas con especies, introducidas como Guinea (*Megathyrsus maximus*), Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), Buffel (*Cenchrus ciliaris*), Insurgente (*Urochloa brizantha*), y, de corte *Cenchrus purpureus*, entre otras, ve limitada, durante la estación seca. En este periodo la disponibilidad forrajera consiste principalmente en pasto seco, el cual contiene una concentración de proteína cruda cercana al 7%, una alta concentración de fibra detergente neutra y una baja degradabilidad ruminal de materia seca (~45%) González y Flores (2018).

Debido a que las leguminosas forrajeras tienen mayor contenido de proteínas y son de mejor calidad que las gramíneas, se utiliza como alternativa de alimentación para el ganado en el trópico, ya que al consumirla, los animales transforman el forraje en carne y leche (Enriquez *et al.*, 2023). Además, se reconoce que las leguminosas poseen un valor nutricional superior al de las gramíneas, especialmente por su mayor contenido proteico, energético y mineral, lo cual resulta particularmente beneficioso para vacas en periodo reproductivo. Los ensilados elaborados a partir de leguminosas presentan una mayor gustocidad, y en consecuencia, son consumidos en mayor cantidad por los animales, lo que favorece la recuperación de la condición corporal, mejora la eficiencia reproductiva y contribuye a incrementar ganancia de peso vivo (GDPV), la productividad animal y la reducción en el uso de concentrados comerciales (Pacheco *et al.*, 2022).

Por otra parte, uno de los manejos predominante en el trópico mexicano es el sistema vaca-cría. En este sistema de producción, los becerros se desarrollan bajo un esquema de amamantamiento no restringido, lo que les permite aprovechar toda la leche producida por la madre. La edad al destete es de siete a ocho meses, con un peso promedio de 170 kg. De forma general a las vacas productoras se les ofrece suplementos alimenticios como concentrado de uno a dos kilogramos y melaza (Bautista-Martínez *et al.*, 2020).

Se ha propuesto que los sistemas silvopastoriles, los cuales combinan la ganadería con la silvicultura, logrando la integración de árboles maderables, frutales, arbustos, forrajes, pastos y animales en un mismo sistema productivo. Esta integración garantiza una mayor disponibilidad de forraje en los periodos de escasez, beneficios ecológicos, y sociales, además del bienestar de los animales. Una de las leguminosas con mayor productividad en el sistema silvopastoril es la *Leucaena leucocephala*, la cual puede incrementar la capacidad de carga animal de hasta 2.6 veces más, comparado con los sistemas tradicionales (Hernández *et al.*, 2024)

2.3. Valor nutricional de forrajes tropicales

La calidad nutricional de los forrajes en el trópico mexicano es determinante para la alimentación de los rumiantes en esas zonas. La producción ganadera mejora cuando se dispone de forraje de alto valor nutricional que satisface los requerimientos del animal, por su amplia productividad y calidad (Sosa-Montes *et al.*, 2020). La composición química y la morfológica de los forrajes determinan la gustocidad y el valor nutricional para el ganado (López-Vigoa *et al.*, 2019), al respecto en los sistemas silvopastoriles se reporta que la *L. leucocephala* posee rendimiento de 6.9 t MS año⁻¹ y concentraciones de proteína cruda de 22.8% en bancos de forraje en Yucatán, México. Por otro lado, el guácimo (*Guazuma ulmifolia*), puede tener rendimientos superiores a 9.0 t MS ha⁻¹ año⁻¹ y valores de proteína cruda de 14.5%, así mismo, el forraje de *Gliricida sepium*, puede rendir hasta 5 t MS ha⁻¹ y aportes de proteína de 19.6% en bancos forrajeros en trópico seco.

Por otro lado, en México gran parte del territorio está cubierto de gramíneas nativas e introducidas, por ejemplo, Maldonado-Peralta *et al.* (2025) reportaron rendimientos de 5.4 y

3.9 t ha⁻¹ para los pastos Mulato II y Convert 330, respectivamente, así también estos pastos pueden aportar hasta 16% de proteína cruda, dependiendo de la etapa fenológica del corte.

2.4. Características del ciclo estral del ganado *Bos indicus*

En los sistemas de producción animal en condiciones de trópico, predominan cruzas de *B.taurus x B. indicus*, y los animales alcanzan la pubertad después de los 15 meses de edad, lo que puede retrasar la edad al primer parto, que es un indicador importante para medir el desempeño reproductivo. Además el inicio de la pubertad está estrechamente relacionada con el peso vivo y la condición corporal de los animales (Hernández-López *et al.*, 2021).

En cuanto al ganado Brahman (*B. indicus*), el ciclo estral tiene una duración promedio de 19.9 ± 1.6 días, con un rango entre 18 y 21 días. Este ciclo incluye las fases de proestro, estro, metaestro y diestro, reguladas por variaciones hormonales que afectan la receptividad sexual y la dinámica folicular. A diferencia del ganado europeo (*B. taurus*), las vacas cebuinas presentan un estro más corto, generalmente de 6 a 12 horas, lo que exige una detección precisa para optimizar la inseminación artificial. En contextos tropicales, el celo tiende a manifestarse predominantemente al final de la tarde o durante la noche, lo que implica ajustes en los protocolos de manejo reproductivo. Esta característica, junto con la resistencia fisiológica del Brahman al estrés térmico, lo convierte en una opción estratégica para sistemas ganaderos en climas cálidos (Rodrigues *et al.*, 2021)

2.5. Comportamiento del estro

Las peculiaridades del comportamiento sexual de los animales de la raza cebuina, es la corta duración del proestro y una actividad de monta reducida. Las diferencias en el estro es el mayor número de montas durante el celo, en la raza charoláis se presentan de dos a ocho montas a comparación a la raza Brahman que normalmente es de una a seis montas. Asimismo, la duración del estro, difiere entre ambas razas: en las vacas Brahman es, en promedio , de seis a siete horas, mientras que en las charoláis es aproximadamente de 14 horas (Gomes *et al.*, 2009).

Las diferencias fisiológicas entre ambos linajes explican, en parte, las divergencias conductuales. *B. indicus* tiende a presentar mayor número de folículos pequeños, ovulación desde folículos de menor tamaño y concentraciones plasmáticas de algunas hormonas (por ejemplo, progesterona y estradiol) que difieren respecto a *B. taurus*; estas características se asocian con una expresión de estro menos intensa y, en ocasiones, con una duración más corta del periodo de aceptación de monta. Por ello, protocolos de sincronización y detección de estro deben adaptarse a la biología de animales con influencia indicus (Sartori y Barros *et al.*, 2011; Bó *et al.*, 2018).

En cruza F1 (*B. indicus* × *B. taurus*) la expresión del estro puede ser intermedia o presentar rasgos dominantes de uno de los progenitores dependiendo del grado de influencia genética y del ambiente térmico. Estudios y revisiones indican que las hembras con influencia indicus presentan menor frecuencia de conducta de monta y menor tiempo total de estro observado, aunque la presencia de signos secundarios (olfacción de la vulva, flehmen, inquietud) puede preceder a la aceptación de monta y ser útiles para detección temprana si son monitoreados de manera sistemática. Por consiguiente, observar solo la inmovilidad puede subestimar el estado reproductivo en cruza (Layek *et al.*, 2011; Andrade *et al.*, 2021).

El ambiente térmico y el estrés por calor afectan tanto la fisiología como el comportamiento reproductivo. *B. indicus* manifiesta mayor tolerancia térmica que *B. taurus*; sin embargo, en cruza esta ventaja puede ser parcial, y el estrés térmico puede reducir la intensidad de la conducta sexual y alterar la sincronía entre la ovulación y la muestra comportamental del estro. Por ello, la detección basada en observación manual en zonas tropicales requiere refuerzos tecnológicos (monitorización continua, detectores de actividad) o estrategias de sincronización que reduzcan la dependencia de la observación directa (Sajjanar *et al.*, 2023).

2.6. Dinámica ovárica durante el ciclo estral

Se presentan ciertas diferencias en la dinámica folicular entre razas. En ganado *B. indicus* se han reportado dos y tres oleadas foliculares en un 33% y 56%, respectivamente, mientras que también, se han reportado hasta cuatro oleadas foliculares (Farfán y Díaz, 2021). En la raza

Simmental se han reportado tres patrones de ondas foliculares durante el ciclo estral. La primera onda folicular aparece alrededor del día 3.3 ± 0.5 , alcanzando un diámetro de 12.0 ± 0.3 mm. Posteriormente, el segundo y tercer folículo dominante se presentan aproximadamente en los días 10.8 ± 0.5 y 15.8 ± 0.5 , respectivamente, con diámetros de 1.2 ± 0.3 mm y 1.5 ± 0.3 mm tras el inicio del estro (Kurniadi *et al.*, 2023).

Según Felipe *et al.* (2017), en ganado *B. indicus* se registró un número elevado de folículos pequeños durante la emergencia de la primera onda folicular, observándose hasta 50 folículos pequeños en ovarios de novillas Nelore. Por otro lado, en un estudio realizado por Vejarano y Hernández (2021), se analizaron los folículos preovulatorios en hembras de las razas Brahman y Romosinuano durante la duración promedio del ciclo estral. En la raza Romosinuano, el diámetro promedio de los folículos preovulatorios fue de 12.6 ± 2.06 mm en el momento previo a la ovulación, con variaciones individuales entre 10.6 mm y 15.8 mm. En las vacas Brahman, se observaron diámetros preovulatorios que oscilaron entre 10.6 mm y 14.1 mm.

Álvarez *et al.* (2000) reportaron en vacas Brahman, Angus y Senepol en lactancia, folículos de 39 ± 4 mm, 21 ± 4 mm y 33 ± 4 mm, mientras que el cuerpo luteo fue de 16.3 ± 3 mm, 15.0 ± 3 mm y 16.4 ± 3 mm, respectivamente. Con base al resultado del ciclo estral y la dinámica folicular en diferentes razas, se ha permitido observar diferencias y similitudes, en el ganado Criollo y Nelore, las hembras con tres ondas foliculares presentan ciclos estrales más largos que las hembras con dos ondas, en las vacas criollas, la fase folicular y la fase lútea es similar entre las hembras con dos ondas y tres ondas foliculares, pero las hembras con dos ondas ovulan 6.7 h antes que las que presentan tres ondas foliculares (Pérez-Ruiz *et al.*, 2022).

2.7. Dinámica folicular en el periodo posparto

El anestro posparto en *B. indicus*, es aún más prolongado que la *B. taurus*, alcanzando valores hasta de 150-210 días en el trópico, sin embargo, se ha reportado intervalos entre el parto y el primer estro de tan solo 20 a 30 días en vacas Gyr y cruzas, esto ha causado que las razas cebuinas tengan la capacidad de iniciar tempranamente la edad reproductiva (Montaño y Ruiz 2005). Las ondas se presentan en una proporción de una a cuatro veces en

la dinámica folicular, en el ciclo estral, estas presentan gran cantidad de folículos de diferentes tamaños, en oleadas consecutivas en cada ovario, solo uno llega a ser dominante y los demás folículos subordinados experimentan atresia, el factor de supervivencia para los folículos grandes depende de la segregación pulsátil de LH, puesto de la frecuencia reducida de LH, presenta atresia de folículos, la dinámica folicular se ve afectado por el balance energético negativo (BEN), la lactancia, y la calidad folicular, van unidos con los niveles de estrógenos y progesterona (Flores-Jiménez *et al.* (2021)

Se ha demostrado que el balance energético negativo se asocia a una mayor incidencia de ciclos reproductivos irregulares que pueden aumentar al primer servicio la tasa de concepción, el agotamiento prolongado de las reservas corporales y las fluctuaciones en la ingesta de la materia seca durante el inicio de la lactancia, tienen importantes efectos negativos en la reactividad ovárica, la reducción de niveles séricos de ácidos grasos no esterificados (NEFA) y beta hidroxibutirato (BHB) ocasionados por la prostaglandina, como consecuencia el balance de energía tiende a ser positivo (Gómez y Campos, 2016).

El periodo de anestro en el ganado de carne puede variar en función de factores como la lactancia, el vínculo madre-cría, el estado nutricional, el parasitismo, el estrés ambiental, las infecciones uterinas, la deficiencia de proteína, la época del parto y la paridad. En el ganado de doble propósito, el amamantamiento y la nutrición son determinantes clave del reinicio de la actividad ovárica. Además, se ha demostrado que la mastitis puede afectar negativamente la eficiencia reproductiva en este tipo de sistemas (Avilés-Ruiz *et al.*, 2022).

En animales de doble propósito, la mala condición nutricional, se refleja en bajas tasas de reproducción; las vacas con mala condición corporal, presentan más problemas de fertilidad, si las hembras presentan una condición corporal inferior a 2.5(en una escala de 1 al 5), tras el nacimiento de sus terneros, estas presentaran una ovulación tardía, signo de estro débil; las novillas con baja condición corporal tienden a presentar pubertad tardía, menor salud de la ubre, menores tasa de concepción y desnutrición crónica, lo que lleva al anestro (Galina y Geffroy *et al.*, 2023).

La mastitis es una condición inflamatoria de la ubre, esta debe monitorearse por la intensidad de calor, las vacas con mastitis clínica tienen un deterioro en las funciones reproductivas, incluso con mastitis subclínica, un alto recuento de células somáticas puede afectar negativamente, el desarrollo folicular y la calidad de los ovocitos. El estrés inflamatorio que ocurre durante el desarrollo folicular puede suprimir la secreción pulsátil de LH y retrasar el pico preovulatorio de esta hormona, lo que provoca un retraso en la ovulación temprana (Triwutanon y Rukkwamsuk, 2023).

En vacas productoras de carne la reducción del amamantamiento y del contacto de la madre con su cría disminuye el intervalo entre partos, mientras que en vacas de doble propósito la reducción del amamantamiento a periodos cortos (1 o 2 veces por 30 o 60 minutos al día) se plantea como opción para disminuir el intervalo entre partos a la vez que aumenta la producción de leche. Sin embargo, al comparar con otros sistemas, la separación por 8 h del estímulo del amamantamiento, disminuye en 21 días el periodo de anestro con respecto a vacas con lactancia controlada; logrando que el 100 % de las vacas ovulen antes de los 100 días posparto (Pérez- Hernández *et al.*, 2006).

2.8. Control y sincronización del ciclo estral en vacas en el trópico

El control del ciclo estral busca sincronizar el estro mediante tratamientos hormonales, ya sea anticipando la regresión del cuerpo lúteo para acortar el ciclo, o simulando la fase del diestro mediante la administración de progesterona para prolongar el intervalo hasta el próximo estro (Cadena *et al.*, 2025).

La sincronización del estro en bovinos permite mejorar el desempeño reproductivo. En los últimos años, los avances tecnológicos han ofrecido resultados prometedores, con mayor efectividad en tratamientos para inducir la ovulación y la ciclicidad. Asociados a la IATF, estos tratamientos han demostrado buenas tasas de preñez en condiciones de campo (Vallejo *et al.*, 2017).

El uso de la ultrasonografía en la manipulación del ciclo estral constituye una herramienta de gran importancia, debido a su alta sensibilidad y especificidad para detectar en los ovarios

folículos, cuerpos lúteos y estructuras quísticas. Esta técnica permite determinar la etapa del ciclo reproductivo de la vaca y diagnosticar patologías ováricas como la endometritis subclínica y los quistes ováricos. Además, facilita la evaluación de los efectos de tratamientos hormonales basados en la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y la prostaglandina F2 α sobre la dinámica ovárica (Barrón Bravo *et al.*, 2023).

2.9. Protocolos de sincronización

Los tratamientos de protocolos se basan principalmente en el uso de dos tipos de hormonas, progestágenos (principalmente progesterona, P4) y análogos de prostaglandina F2 α , en los protocolos de sincronización de la ovulación, adicionalmente se utilizan análogos de estradiol (E₂) y hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), la preferencia en el uso de estos protocolos para la IATF, puede estar limitado en algunos países (Pérez-Ruiz *et al.*, 2022).

Debido a su eficacia, los protocolos de sincronización han sido estudiados ampliamente por científicos especializados en reproducción de ganado vacuno. Para el caso de las novillas, los protocolos de sincronización del estro se han clasificado en dos – categorías aquellos que requieren detección de celo, los cuales incluyen la inseminación artificial (IA) tras celo detectado y la IA programada para hembras que aún no presentan estro, y los protocolos que no requieren detección de celo porque todas las hembras son inseminadas en un momento predeterminado o fijo (Bó *et al.*, 2024).

Se han estudiado diferentes protocolos de sincronización en bovinos de carne, los cuales mejoran la productividad y eficiencia reproductiva. Entre ellos sobresalen los modelos Co-Synch + CIDR, las variantes pre-sincronizadas, y el uso de dispositivos como CIDR complementados con eCG, demostrando eficacia en múltiples sistemas de producción tropicales (Hernández-Coronado *et al.*, 2023).

2.10. Sincronización de estros y ovulación

El uso de la IATF en la sincronización emplea hormonas exógenas para controlar el momento de la ovulación, dando el mejor aprovechamiento en el número de inseminación en animales

a corto plazo; la inseminación permite prescindir de la detección de celos, reducir el tiempo y manejo, acortar el periodo de anestro posparto y eliminar los celos silenciosos (Guillén-Alvarado *et al.*, 2025).

La dosis luteolítica de PGF2 α o su análogo, administrada en hembras de carne elegibles (con un CL activo maduro) produce luteólisis, y el estro ocurre en los días 2 y 6. La PGF2 α desencadena la regresión lútea acompañada de un incremento en las concentraciones de estrógeno y LH y la ovulación ocurre aproximadamente 24 horas después del pico preovulatorio de LH (Kasimanickam *et al.*, 2025).

Bó *et al.*, (2025) menciona que el tratamiento con GnRH combinado con la administración de eCG a los tratamientos con dispositivos con progesterona mejoran la tasa de preñez en IATF en vacas en anestro posparto, aumentando el periodo de exposición preovulatorio al estradiol, mejorando la función uterina y el desarrollo embrionario temprano. Por lo tanto Sales *et al.*, (2019) mencionan que la progesterona (P4) en vacas en anestro, aumenta la concentración de estradiol en el líquido folicular debido al aumento pulsátil de LH y sus receptores en las células de la granulosa, demostrando que la progesterona estimula la ciclicidad en vacas lecheras.

El uso de GnRH en sincronización, induce la ovulación/luteinización de folículos > 10 mm en el 85% de las vacas y el 55% en novillas, cuando se inyecta en el momento óptimo del ciclo estral, teniendo etapas aleatorias del ciclo con un inicio de aparición de una nueva onda folicular en aproximadamente 3-4 días. La Sincronización con GnRH y PGF2 α en días aleatorios del ciclo estral, se administra para controlar la aparición de onda folicular y/o inducir la formación de CL (Kasimanickam, *et al.*, 2025).

2.11. Tratamiento con GnRH y PGF2 α

La administración de GnRH y sus agonistas aporta beneficios en diversos aspectos de los programas reproductivos bovinos, abarcando etapas fisiológicas como la sincronización del celo, el periodo posterior a la inseminación, la preñez y el periodo postparto (Hassanein *et al.*, 2024).

Diversos estudios han presentado resultados exitosos en la utilización combinada de análogos de GnRH y PGF2 α permitiendo la regulación simultánea de la fase luteal y la dinámica folicular presente en el ovario, lo que contribuye a optimizar los protocolos de sincronización de estros y, como consecuencia, a mejorar la eficiencia en su detección y el manejo reproductivo del rebaño, con 90.7% de vacas tratadas presentando un cuerpo lúteo funcional y 93.7% de las mismas mostrando luteólisis, en un rango de intervalo medio hasta el estro de 65.7 ± 16.0 horas, concentrándose el 93.9% de los casos entre los días 2 y 4 post-tratamiento, con una notable predominancia (54.9%) en el día 3, mientras que la fertilidad tras el tratamiento se mantuvo comparable a la del grupo control no tratado (55.4% frente a 50.3%; $p > 0.05$) (Cox *et al.*, 1999).

También mediante la administración de GnRH y PGF2 α en vacas lecheras frisonas en el sur de Chile se ha estimado que el protocolo de sincronización implementado con estos tratamientos es efectivo para reducir el número de días abiertos en rebaños lecheros (Sepúlveda *et al.*, 2003). Así mismo, se ha estudiado la efectividad de ambas hormonas de forma individual y combinada, concluyendo que la prostaglandina por sí sola no mostró eficacia en la mejora de la concepción y el embarazo. Sin embargo, la combinación de (GnRH más PGF2 α) resulta en una optimización del celo, lo que a su vez favorece tasas de preñez más elevadas (Salazar, 2015).

A nivel nacional se cuenta además con la experiencia en tratamientos donde se utilizan GnRH y se caracterizan por la administración de esta hormona en el primer día del protocolo para inducir la ovulación del folículo dominante, lo que a su vez favorece el inicio de una nueva ola de crecimiento folicular, luego en el séptimo día, se aplica PGF2 α para provocar la regresión del cuerpo lúteo (CL) y entre 48 a 72 horas después se administra una segunda dosis de GnRH para inducir la ovulación. La eficacia de este planteamiento está estrechamente relacionada con el hecho de que los animales logren ovular tras la primera aplicación de GnRH y de producirse la ovulación, se formará un CL permitiendo que al aplicar PGF2 α en el séptimo día se reduzcan las concentraciones séricas de progesterona, entrando los animales en una fase folicular en la que se desarrollará un folículo preovulatorio listo para ovular con la segunda dosis de GnRH (Hernández- Coronado *et al.*, 2023).

2.12. Tratamiento con CO- Synch 5 días en vacas *Bos taurus*

En el ganado *B. taurus* la introducción de la gonadotropina coriónica equina (eCG) en el protocolo de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) se ha propuesto como un medio para potenciar tanto el ritmo de crecimiento como el diámetro de los folículos, así como aumentar la producción de progesterona (P4) en hembras con una condición corporal (CC) baja. Adicionalmente, explican Pérez- Ruiz *et al.*, (2022) que al analizar un régimen que incluía una dosis de 400 UI de eCG aplicadas en el momento de la IATF (56 horas después de la extracción del CIDR), junto con un protocolo CO-Synch de 8 días (que implicaba la administración de 100 µg de GnRH al insertar el CIDR, seguida de 25 mg de PGF2α al retirarlo, y finalmente las 400 UI de eCG en el momento de la IATF), no se observó una mejora significativa en el porcentaje de gestación.

Asimismo, Pérez- Ruiz *et al.*, (2022) señalaron que las hembras evaluadas presentaban una CC aceptable (4.5 ± 0.2 , en una escala de 1 a 9) y habían recibido una alimentación adecuada durante el periodo de manejo reproductivo, lo que explica la ausencia de un efecto positivo por parte de la eCG. Adicionalmente, en este estudio, la suplementación con concentrado, selenio (0.95 mg Se/50 kg de peso vivo) o propionato de calcio (100 g) tampoco generó modificaciones en el porcentaje de gestación.

También se han destacado los aportes del estudio de Salgado *et al.*, (2023) donde se evaluó el impacto de la inclusión de gonadotropina coriónica equina (eCG) en protocolos CO-Synch sobre la tasa de preñez y el diámetro folicular en novillas *B. indicus*. Los resultados mostraron que el grupo tratado con eCG presentó un mayor diámetro folicular preovulatorio (13.6 ± 0.5 mm) en comparación con el grupo control (11.8 ± 0.4 mm). Sin embargo, la tasa de preñez no mostró diferencias significativas entre ambos grupos, aunque este hallazgo es relevante para el manejo reproductivo en razas *B. taurus*, ya que permite inferir que el monitoreo del diámetro folicular puede ser un indicador más sensible que la tasa de preñez para evaluar la eficacia de la eCG en protocolos CO-Synch.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del sitio experimental

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Desarrollo Tecnológico “Tantakin”, perteneciente a los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), situado en el municipio de Tzucacab, en la región Sur del estado de Yucatán, con una latitud de 20.07055556° N y longitud de -89.043888889 ° O y una altitud de 36 msnm, con clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (87.1%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (12.8%)(Martínez-Noble *et al.*, 2015).

3.2. Condiciones del clima durante el experimento

Los datos de temperatura y humedad ambiental y precipitaciones registrados durante el experimento fueron obtenidos del Portal Oficial del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), específicamente de la sección de Normas Climatológicas del Estado de Yucatán, Municipio de Tzucacab, con temperatura mínima de 35°C y una Máxima de 42.5 con una media de 39.7.

3.3. Manejo de animales y alimentación

El experimento se llevó a cabo del 22 de abril al 2 de mayo de 2025. Se utilizaron 30 vacas de la raza Brangus x Brahman que fluctúan entre los tres y seis a años de edad, las cuales fueron distribuidas aleatoriamente en tres tratamientos. La alimentación se basó en sistema en pastoreo extensivo rotacional en potreros de pastos del género *Megathyrsus maximus*, *Urochloa* híbrido, *Sorghum* spp, y *Cenchrus* spp. Además, los animales recibieron suplementación rutinaria con un concentrado (Cuadro 1) y 100 g diarios de minerales OrganicMix (Biotecap[®]) (Cuadro 2) conforme a las prácticas habituales de esta unidad de producción.

Cuadro 1. Composición del suplemento ofrecido a vacas Brangus x Brahman durante el desarrollo experimental.

Ingredientes	% en base seca
Maíz Molido	72
Pasta de Soya	15
Melaza	10
Minerales	3

Cada vaca recibió una suplementación diaria de 100 g de minerales (OrganicMix® Biotecap). La composición química se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Composición química del suplemento mineral ofrecido a vacas Brangus x Brahman durante el desarrollo experimental

Componente	Cantidad
Calcio, g	27.5
Fosforo, g	14
Magnesio, g	10
Sodio, g	10
Cloro, g	8.5
Azufre, g	3
Selenio, ppm	5.5
Cromo, ppm	3
Cobre, ppm	260
Zinc, ppm	850
Manganeso, ppm	40
Cobalto, ppm	2
Iodo, ppm	4
Hierro, ppm	30
Ionoforo, ppm	100
Vitamina A,Ul	150
Vitamina D,Ul	150
Vitamina E, Ul	20

3.4. Grupos Experimentales

Las 30 vacas con cría al pie se distribuyeron aleatoriamente en los siguientes tratamientos (n=10):

Tratamiento 1 (T1): Vacas con 121 ± 49.35 días abiertos posparto. El día 0 se administró un dispositivo intravaginal (DIV; DibActive[®] 1200; VirBac) y se aplicaron 2 mL de benzoato de estradiol por vía intramuscular (Estro Active[®], VirBac). El día 8 se retiró el DIV y se aplicaron vía intramuscular 2 ml de eCG (GonActive[®]; VirBac) y 2 ml de PGF2 α (InducelActive[®]; VirBac). El día 9 se aplicó una segunda dosis de benzoato de estradiol (1 ml, vía intramuscular) y, 30 horas después, se realizó la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF; Figura 1).

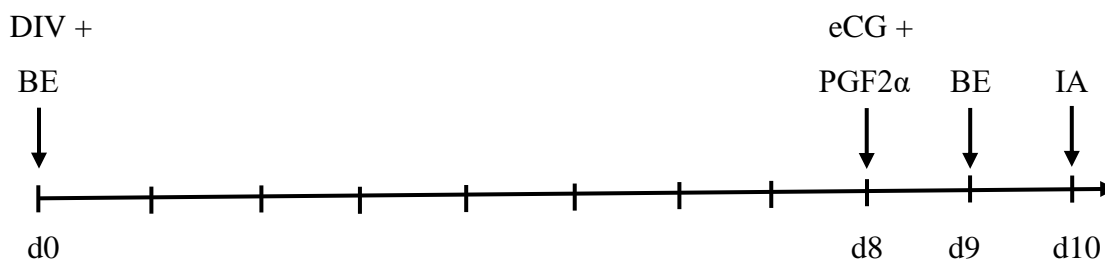


Figura 1. Esquema del protocolo T1 en vacas Brangus x Brahman con cría al pie con 121 ± 49.35 días posparto.

Tratamiento 2 (T2): Vacas con 113 ± 45.3 días abiertos posparto. El día 0 se administró un dispositivo intravaginal (DIV; DibActive[®] 1200; VirBac) y se aplicaron 2 ml de GnRH (GnRH[®], Sanfer) por vía intramuscular. El día 5 se retiró el DIV y se aplicaron vía intramuscular 4 ml de PGF2 α (InducelActive[®]; VirBac); simultáneamente se retiraron las crías por 72. El día 8 se realizó la (IATF) y se aplicó vía intramuscular una segunda dosis de 2 ml de GnRH (Figura 2).

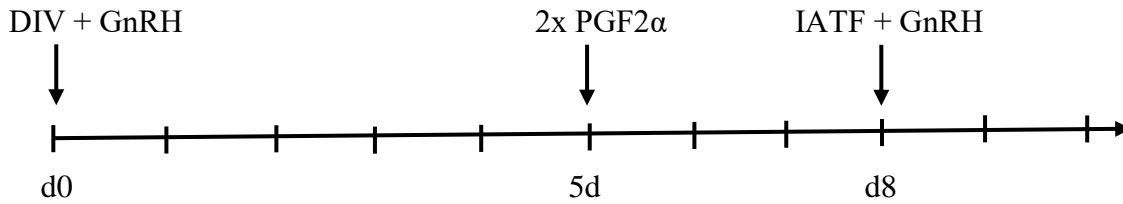


Figura 2. Esquema del protocolo T2 en vacas Brangus x Brahman con cría al pie con 113 ± 45.3 días abiertos.

Tratamiento 3 (T3): Vacas con 118 ± 46.9 días abiertos posparto. El día 0 se colocó un DIV; (DibActive[®] 1200; VirBac) y se administraron 2 ml de GnRH (GnRH[®], Sanfer) vía intramuscular - 2 ml de PGF2α y seguidos 6 horas después por una segunda dosis de 2 ml de PGF2α (InducelActive[®]; VirBac); as crías fueron retiradas por 72 h, a partir de la primera aplicación de PGF2α. El día 8 se realizó la (IATF), junto con la administración de 2 ml de GnRH vía intramuscular (Figura 3).

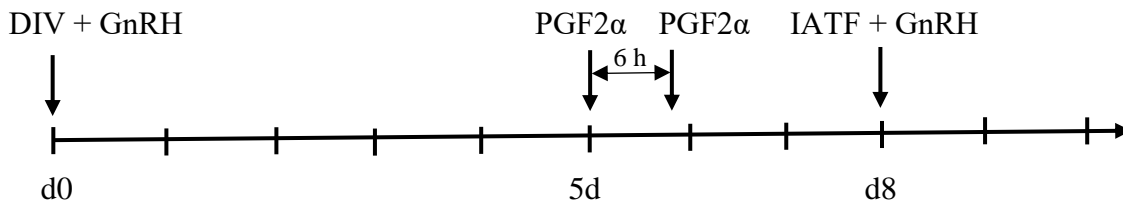


Figura 3. Esquema del protocolo T3 en vacas Brangus x Brahman con cría al pie con 118 ± 46.9 días abiertos

Todas las vacas fueron examinadas con palpación transrectal a los 45 días posteriores a la inseminación artificial, con el fin de determinar el diagnóstico de gestación mediante el uso de un ecógrafo.**3.6**

3.5. Variables evaluadas

En los sistemas de producción bovina existen diferentes formas de estimar la fertilidad y cada uno de ellos ofrece una visión parcial del comportamiento reproductivo del hato. A continuación, se describirán los principales índices zootécnicos (Hernández Cerón *et al.*, 2016) y (Cardoso *et al.*, 2021)

$$\text{Tasa de estros (\%)} = \frac{\text{Vacas en estro}}{\text{Vacas aptas}} \times 100$$

$$\text{Tasa de concepción (\%)} = \frac{\text{Vacas gestantes}}{\text{Vacas aptas}} \times 100$$

Estimación de costos

Considerando los precios del mes de abril del 2025 en el estado de Yucatán, México, se estimaron los costos hormonales correspondientes a cada protocolo empleado en este estudio. Los insumos considerados fueron los siguientes:

- a) Dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (DibActive 1200) \$ 1,548.00 MN/00 el paquete de 10 unidades.
- b) Prostaglandina sintética en solución inyectable (InducelActive) \$ 222.22 MN/00 el frasco de 20 ml.
- c) Gonadotropina Coriónica Equina (GonActive eCG) \$ 968.43 MN/00 el frasco de 25 ml .
- d) Análogo del 17 B estradiol inyectable (EstroActive) \$ 316.50 MN/00 el frasco de 50 ml. Acetato de
- e) Gonadorelina (GnRH, Sanfer) \$ 448.00 MN/00 el frasco de 50 ml.

3.7 Análisis estadístico

Se realizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (SAS Institute Inc., 2022), con el fin de comparar las variables reproductivas entre los tratamientos y determinar diferencias ($p < 0.01$ y $p < 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fertilidad de las vacas Brangus x Brahman con cría al pie no mostro diferencias estadísticas entre los tratamientos en las variables productivas y reproductivas iniciales (cuadro 3). El peso vivo promedio ($p= 0.7078$), la condición corporal ($p= 0.4842$) y los días posparto ($p = 0.9652$) fueron estadísticamente similares entre T1, T2 y T3, lo que indica que los grupos experimentales iniciaron el protocolo en condiciones fisiológicas comparables. De igual manera, el porcentaje de vacas con cría al pie no difirió entre los tratamientos ($p = 0.857$).

Cuadro 3. Fertilidad de vacas Brangus x Brahman con cría al pie utilizando progestágenos durante 5 días más GnRH y un protocolo convencional en condiciones de trópico.

	Tratamiento			Media	Valor p	DMSH Tukey
	T1	T2	T3			
Número de vacas	10	10	10			
Vacas preñadas	4	6	4			
Vacas vacías	6	4	6			
Peso vivo (kg)	504.2 a¶	497.8 a	487.4 a	496.4	0.7078	50.1
Condición corporal	5.1 a	5.1 a	4.6 a	4.93	0.4842	1.17
Días postparto	100 a	96.13 a	102.38 a	99.54	0.9652	57.38
Vacas con cría	70% a (7/10)	80% a (8/10)	70% a (7/10)	73	0.857	0.51
Estro	30% b (3/10)	100% a (10/10)	80% a (8/10)	70	0.0008	0.41
Concepción	40% a (4/10)	60% a (6/10)	40% a (4/10)	47	0.612	0.57

¶Los valores que comparten la misma letra en la fila son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

En cuanto a la respuesta al tratamiento hormonal, se observaron diferencias significativas en la presencia de estro ($p<0.05$). T2 y T3, fueron superiores a T1. El tratamiento T2 mostro la mayor respuesta, con un 100% de vacas en estro, seguidas de T3 con 80%, mientras que T1 registro únicamente 30%. Rojas Canadas *et al.* (2023), reportaron 56.6% de estro entre

tratamientos ($p=0.79$), sin embargo, la expresión del estro no se vio afectada ($p > 0.10$) por la condición corporal, el intervalo posparto ni la presencia de cuerpo lúteo en el día 8. Así también, un mayor porcentaje de vacas con paridad ≥ 3 (68.2%) mostró una tendencia ($p < 0.10$) a expresar el estro en comparación con las vacas de paridad 1 (57.4%) y de paridad 2 (54.1%).

Respecto a la tasa de concepción, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). T2 presentó el porcentaje más alto con 60 %, mientras que T1 y T2 alcanzaron 40%. A pesar de la mayor expresión de estro en T2, la tasa de preñez final no difirió estadísticamente entre los tratamientos; es decir, el protocolo T2 (progestágeno + PGF $_{2\alpha}$ doble dosis + GnRH) incrementó significativamente la manifestación de estro en comparación con el protocolo convencional (T1), aunque esta ventaja no se reflejó en diferencias estadísticas en la concepción. Es importante destacar que las vacas del tratamiento 2, mostraron mayor porcentaje de concepción a 45 días, siendo este grupo de animales con menor número de días posparto y además con mayor número de vacas con cría al pie. Al respecto, Rojas Canadas *et al.* (2023) reportaron que las vacas que manifestaron estro presentaron una mayor tasa de concepción (62%) ($p < 0.0001$) que las que no manifestaron estro (33.3%), aunque no se observó interacción entre el tratamiento y el estro en la tasa de concepción ($p=0.38$). Por otro lado, las vacas con una condición corporal alta presentaron una tasa de concepción reducida ($p=0.001$) (47.3%) en comparación con las vacas con una condición corporal moderada (59.4 %) y baja (50.0 %).

El éxito de los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) basados en GnRH depende de la inducción de la ovulación al inicio del protocolo y la consiguiente aparición de una nueva onda folicular (Wiltbank y Pursley, 2014). Los resultados de investigaciones previas indican que la administración de GnRH en etapas aleatorias del ciclo estral produce la ovulación en un porcentaje variable (35-75%) en vacas de carne (Bó y Baruselli, 2014).

En un trabajo previo realizado por Rojas Canadas *et al.* (2023) reportaron que duplicar la dosis de GnRH al inicio del protocolo CoSynch de 5 días, no mejora la respuesta ovulatoria ($p > 0.05$). Sin embargo, Rojas Canadas *et al.* (2020) reportaron un aumento relativo del 56%

en respuesta ovulatoria al duplicar la dosis de GnRH al inicio del protocolo (CoSynch) de 5 días con progesterona (P4) en becerras de carne. De manera similar, el aumento de la dosis de GnRH-1 al inicio del protocolo de sincronización de la reproducción (Ovsynch) en vacas lecheras en lactancia sometidas a un protocolo de sincronización doble (Double Ovsynch) resultó en un aumento relativo de aproximadamente el 16 % en la respuesta ovulatoria (Giordano *et al.*, 2013). Las diferencias en la composición química entre los análogos de GnRH disponibles comercialmente pueden afectar la secreción de LH y, por lo tanto, alterar la eficacia para la inducción de la ovulación (Souza *et al.*, 2009). Así también, el tipo de raza y el estado fisiológico de los animales en el momento del tratamiento, puede afectar el tamaño del folículo y las hormonas esteroides circulantes (Rojas Canadas *et al.*, 2023).

Costos por vaca sincronizada

Cuadro 3. Estimación de costos por vaca sincronizada utilizando el protocolo convencional y utilizando progestágenos durante 5 días más GnRH en vacas con cría al pie en condiciones de trópico.

Tratamiento	Protocolo	Hormonas					Total	Costo por vaca
		BE	P4	PGF2 α	eCG	GnRH		
1	Convencional	2	1	1	1	0	5	283.20
2	CoSynch (5 días)	0	1	2	0	2	5	235.20
3	CoSynch (5 días)	0	1	2	0	2	5	235.20

Los costos de las hormonas empleadas en los tratamientos de sincronización pueden variar según las condiciones del mercado internacional y la zona de distribución dentro de México. En este estudio, los precios registrados oscilaron entre \$ 283.20 y \$ 235.20, dependiendo del tipo de hormona y el número de aplicaciones requeridas en cada protocolo (Cuadro 4). Sincronizar la ovulación en vacas del tratamiento 1, tiene un costo de 283.20, mientras que protocolos con dispositivo intravaginal de 5 días con la administración de GnRH tiene un costo aproximado de \$ 235.20. Es necesario destacar que los protocolos usados en este

trabajo de investigación (CoSynch de 5 días) no incluyen estradiol ni eCG, el cual puede optimizar los recursos económicos para el productor.

V. CONCLUSIONES

El protocolo Co-Synch de cinco días que incorpora GnRH al inicio y al momento de la inseminación, junto con una doble dosis de PGF₂ α al retiro del dispositivo intravaginal mejora la eficiencia reproductiva de vacas Brangus x Brahman con cría al pie en condiciones tropicales. Este protocolo incremento significativamente la manifestación del estro y alcanzo la mayor tasa de concepción (60%), sin diferencias estadísticas respecto a los tratamientos alternativos, pero superando al protocolo convencional en la expresión del estro. Asimismo representa una opción económicamente favorable, ya que reduce los costos hormonales al prescindir de estradiol y la eCG, manteniendo niveles adecuados de fertilidad. La sincronización basada en progestágenos, PGF₂ α y GnRH es una alternativa viable y eficiente para optimizar los programas de inseminación artificial a tiempo fijo en hatos cebuinos del trópico mexicano.

VI. LITERATURA CITADA

- Álvarez, P., Spicer, L. J., Chase, C. C., Payton, M. E., Hamilton, T. D., Stewart, R. E., Hammond, A. C., Olson, T. A., & Wettemann, R. P. (2000). Ovarian and endocrine characteristics during an estrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. *Journal of Animal Science*, 78(5), 1291–1302. <https://doi.org/10.2527/2000.7851291x>
- Andrade, V. V., Bernardes, P. A., Vicentini, R. R., Oliveira, A. P., Veroneze, R., Ujita, A., Negrão, J. A., & El Faro, L. (2021). Estrus prediction models for Dairy Gyr heifers. *Animals*, 11(11), 3103. <https://doi.org/10.3390/ani11113103>
- Ángel-Hernández, A., García-Munguía, C. A., Aguilar-Urquizo, E., García-Munguía, A. M., Lemus-Flores, C., & Morales-Flores, S. (2024). Sistemas silvopastoriles y las condiciones para su establecimiento. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 11(2), 158–171. <https://doi.org/10.60158/rma.v11i2.425>
- Avilés, R. R., Barrón, B. O. G., Gutiérrez, C. A. J., & Ruiz, A. M. (2024). Principales sistemas de producción de leche en México: recopilación actual de parámetros productivos, reproductivos y de manejo. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*, 32–47. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v1i2.16>
- Avilés-Ruiz, R., Barrón-Bravo, O., Alcalá-Rico, J., Salinas-Chavira, J., Flores-Alcalá-Rico, M., Ruiz-Albarrán, M. (2022). Deficiencias nutricionales que afectan al reinicio de la ciclicidad posparto en bovinos doble propósito. *Abanico Veterinario*, 12. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.251>
- Barrón Bravo, O., Avilés-Ruiz, R., Fraga-Escamilla, E., Bautista-Martínez, Y. (2023). Los procesos reproductivos en vacas y el uso de la ultrasonografía. *Abanico Veterinario*, 13. <https://doi.org/10.21929/abavet2023.18>
- Bautista-Martínez, Y., Granados-Zurita, L., Joaquín-Cancino, S., Ruiz-Albarrán, M., Garay-Martínez, J. R., Infante-Rodríguez, F., & Granados-Rivera, L. D. (2020). Factores que

determinan la producción de becerros en el sistema vaca-cría del Estado de Tabasco, México. *Nova Scientia*, 12(25). <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2117>

Bó, G. A. (2018). Expression of estrus as a relevant factor in fixed-time artificial insemination programs: a review. *Reproduction in Domestic Animals*.

Bó, G., Macagno, A., Javier de la Mata Reproducción Biotecnología Bovina, J., Rosa, S., & Vera Cedeño, A. (2024). *Protocolos de IATF: desde la comprensión de la dinámica folicular ovárica a las restricciones actuales y futuras de su uso*. <https://www.researchgate.net/publication/377780499>

Bó, G., Macagno, A., Mata, J. de la, Cedeño, A. V., Tschopp, J. C., Huguenine, E., & Menchaca, A. (2025). State of the art in Bovine Reproduction Control and Artificial Insemination. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 49(1), 14–25. <https://doi.org/10.21451/1809-3000.RBRA2025.001>

Bó, G.A., Baruselli, P.S. (2014). Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal* 8, 144–150. <https://doi.org/10.1017/s1751731114000822>.

Cadena, M. L. L., Salinas, L. J. C., Zambrano, V. J, J. (2025). Vista de Aplicación de GNRH al momento de la inseminación artificial en vacas mestizas en el trópico. *journal of science and research*, 10. <https://doi.org/doi.org/10.5281/zenodo.15200226>

Cardoso. C. C. E., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2021). Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs. In *Animals* (Vol. 11, Issue 2, pp. 1–30). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ani11020301>

Cisneros-Saguilán, P., Martínez-Vásquez, J. de la Rosa-Galindo, A., Candelaria-Martínez, B., Portillo-Salgado, R. (2024). Caracterización tipológica de la ganadería bovina doble propósito en Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca, México. *Ecosist. Recur. Agropec.* 11(3): e3560. <https://doi.org/10.19136/era.a11n3.3560>

- Cox, J., Contreras, V., Letelier, N., Saravia, F., Santa María, A., Lobos, A., & Recabarren, S. (1999). Sincronización de estros con GnRH y Prostaglandina F2a en vacas Holstein Friesian en confinamiento. *Archivos de medicina veterinaria*, 31(1), 19-25. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X1999000100002>
- Diniz, J. H. W., Teixeira, A. C. B., Peres, R. F. G., Gois, R. B., Cunha, E. C. R., Escobar, O. J., Carvalho, R. S., & Oliveira, L. Z. (2024). Field comparison of GnRH and PGF2 α treatments in cows not expressing estrus at timed-AI. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 76(6). <https://doi.org/10.1590/1678-4162-13183>
- Enríquez Q. J., Esqueda Esquivel, V. A., & Daniel Bolaños Aguilar, E. (2023). *Leguminosas forrajeras para mejorar la alimentación de bovinos en el trópico de México*. www.gob.mx/inifap. https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/media/desplegableproductores/12288_Desplegable_para_Productores_Num.118_Digital_ok.pdf
- Farfán, H. K., Diaz, O. L (2021). Incidencia de la condición corporal en la dinámica folicular en hembras bovinas. Universidad Cooperativa de Colombia <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/cea6a124-5bad-427d-891a-ee6d5e13910c/content>
- Flores-Jiménez, C. R., Arroyo-Jordán, C. E., Castillo-Vera, A., & Manuel-Andreu, R. (2021). *Incidencia de la condición corporal sobre el comportamiento estral postparto de vacas lecheras en sistema de producción intensivo*. *Revista de Producción Animal*, 33(2), 45–52.
- Galina, C. S., & Geffroy, M. (2023). Dual-Purpose Cattle Raised in Tropical Conditions: What Are Their Shortcomings in Sound Productive and Reproductive Function? In *Animals* (Vol. 13, Issue 13). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ani13132224>
- Gómez, O. L., Campos, G. R. (2016). Control del balance energético negativo y comportamiento productivo y metabólico en vacas doble propósito bajo suplementación energética. *Revista*

de Investigación Agraria y Ambiental, 7(1), 147–156.
<https://doi.org/10.22490/21456453.1545>

González Padilla, E., & Dávalos Flores, J. L. (Coords.). (2018). *Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical* (2.^a ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Universidad Nacional Autónoma de México; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. ISBN 978-607-37-1114-2.

Guillén-Alvarado, M. C., Herrera-Muñoz, J. I., Arroyo-Oquendo, C., Rojas-Salazar, S., & Molina-Coto, R. (2025). Evaluación de protocolos de sincronización para inseminación artificial con y sin estrógenos en novillas. *Nutrición Animal Tropical*, 19(1), 91–124.
<https://doi.org/10.15517/nat.v19i1.65028>

Hassanein, E. M., Szelényi, Z., & Szenci, O. (2024). Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH) and Its in Bovine Reproduction II: Diverse Applications during Insemination, Post-Insemination, Pregnancy, and Postpartum Periods. *Animals: an open access journal from MDPI*, 14(11), 1575. <https://doi.org/10.3390/ani14111575>

Hernández - Coronado., Rosales A., Vázquez, S. & Guzmán, A. (2023). Sincronización del estro y ovulación en hembras bovinas de razas cárnicas. *Bases endocrinas y protocolos usados. Abanico veterinario*, 13, e206. Epub 27 de octubre de 2023. <https://doi.org/10.21929/abavet2023.16>

Hernández-López, C., Calderón-Robles, R. C., Villa-Godoy, A., Ríos-Utrera, Á., Román-Ponce, S. I., & González-Padilla, E. (2021). Relationships between seasonality, body characteristics and leptin at the beginning of puberty in *Bos taurus taurus* and *Bos taurus indicus* heifers in the Mexican tropics. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 12(4), 1025–1044.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i4.5796>

Jordán, T. (2021). *Reproductive Management of Bos indicus-Influenced Beef Cattle*.
<https://extension.missouri.edu/publications/g2029>

- Kasimanickam, R., Harting, Q., Hanson, R., & Boler, R. (2025). Estrus and ovulation synchronization strategies in beef cattle. *Clinical Theriogenology*, 17, 9–23. <https://doi.org/10.58292/ct.v17.11650>
- Kurniadi, N. B., Priyanto, L., Tumbelaka, L. I. T. A., & Amrozi, A. (2023). Ovarian Dynamics of Simmental Crossbreed Diagnosed Prolonged Oestrus Cows Treated With a Intravenous of Human Chorionic Gonadotrophin (hCG). *Jurnal Veteriner*, 24(3), 271–278. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2023.24.3.271>
- Layek, S. S., Mohanty, T. K., Kumaresan, A., Behera, K., & Chand, S. (2011). Behavioural signs of estrus and their relationship to time of ovulation in Zebu (Sahiwal) cattle. *Animal Reproduction Science*, 129(3-4), 140–145. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.11.006>
- López-Vigoa, O., Lameda-López, L., Sánchez- Santana, T., Olivera Castro, Y., García López, R., Herrera-Villafranca, M. González- Ronquillo, M. (2019). *Evaluation of the nutritional value of forages in a silvopastoral system*. Pastos y Forrajes, Vol. 42, No. 1. En: http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v42n1/en_2078-8452-pyf-42-01-57.pdf
- Maldonado-Peralta, M., Aguirre, H., Rojas García, A., García-Montalvo, I., Ortega-Acosta, S. & Martínez-Vázquez, J. (2025). Rendimiento y valor nutritivo de pastos *Urochloa* híbrido en el trópico seco de México. *Ecosist. Recur. Agropec. Núm. Esp. IV*: e4032 <https://doi.org/10.19136/era.a11niv.4032>
- Martínez-Noble, J. I., Meléndez-Ramírez, V., Delfín-González, H., & Pozo, C. (2015). Mariposas de la selva mediana subcaducifolia de Tzucacab, con nuevos registros para Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(2), 348–357. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.010>
- Montaño, E. L., Ruiz C. Z. T. (2005). ¿Por qué no ovulan los primeros folículos dominantes de las vacas cebú posparto en el trópico colombiano? In *Rev Col Cienc Pec*, 18:2. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324001>

- Pacheco, H, A., & Bonilla, L .G. A. (2022). Principales tecnologías para la alimentación de la ganadería en regiones tropicales para el desarrollo sostenible. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3, 3392–3407. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n3-063>
- Pérez-Hernández, P., Becerril-Pérez, C. M., Lamothe-Zavaletta, C., Torres-Hernández, G., López-Ortiz, S., Gallegos-Sánchez, J. (2006). Efecto Del Amamantamiento Retrasado En La Actividad Posparto De Las Vacas Y En Los Becerros De Doble Propósito. *Interciencia*, 31. En: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33912109.pdf>
- Pérez-Ruiz, E , Quezada-Casasola, A, Carrera-Chávez, J, M , Álvarez-Holguín, A , Ochoa-Rivero, J Manuel, Chávez-Ruiz, M, G , & Román-Ponce, S, I. (2022). Función ovárica y respuesta a la sincronización del estro en ganado Criollo en México. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(2), 422-451. Epub 20 de junio de 2022. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.6032>
- Quiroz, J., Esquivel, V. & Méndez, D. (2021). Rehabilitation of degraded pastures in the tropics of Mexico. In *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* (Vol. 12, pp. 243–260). INIFAP-CENID Parasitología Veterinaria. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5876>
- Rodrigues, F. B., Malhado, C. H. M., Carneiro, P. L. S., Ambrosini, D. P., Rezende, M. P. G., Bozzi, R., & Song, J. (2021). Genotype by environment interactions for body weight in Mediterranean buffaloes using reaction norm models. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 34(3), 166–176. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v34n2a05>
- Rojas Canadas E., Battista, S.E., Kieffer, J., Wellert, S., Mussard, M.L., Garcia-Guerra, A. (2023). GnRH dose at initiation of a 5-day CO-Synch + P4 for fixed time artificial insemination in suckled beef cows. *Animal Reproduction Science*. 250 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2023.107210>
- Rojas-Sandoval, L. A., Albarrán-Portillo, B., Mondragón-Ancelmo, J., Martínez-García, C. G., & García-Martínez, A. (2024). Livestock Dual Purpose In Dry Tropics: Cattle Farms Diversity

And Productive Orientation. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(2).
<https://doi.org/10.56369/tsaes.5459>

Sajjanar, B., Aalam, M. T., et al. (2023). Genome-wide expression analysis reveals different heat shock responses in indigenous (*Bos indicus*) and crossbred (*Bos indicus* × *Bos taurus*) cattle. *Genes and Environment*. <https://doi.org/10.1186/s41021-023-00271-8>

Salazar, L. (2015). “Efecto de la prostaglandina (PGF₂α) individual y en combinación con la Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH – Ovsynch), en la eficiencia reproductiva de vacas lecheras en Yurimagua. Repositorio de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, https://www.agrovetmarket.com/investigacion-salud-anim/pdf-download/efecto-de-la-prostaglandina-pgf2_-individual-y-en-combinacion-con-la-hormona-liberadora-de-gonadotropina-gnrh-_ovsynch-en-la-eficiencia-reproductiva-de-vacas-lecheras-en-yurimaguas

Sales, J., Simões, L., Orlandi, R., Lima, E., Santos, A., Bottino, M., Da Silva, L., de Souza, J. C., Días, M., Massoneto, J., Scandiuzzi, L., Freitas, B. G., Guerreiro, B. & Bastos, M. (2019). Pre-TAI protocol strategies to increase reproductive efficiency in beef and dairy cows. *Animal Reproduction*, 16(3), 402–410. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2019-0041>

Salgado, O , R. D., Vergara, G, O. D., Sehuanes, H , J. E., Vergara, A. M. A. (2023). Comparación del protocolo CoSynch con y sin adición de progesterona y eCG sobre la tasa de preñez y el diámetro folicular en novillas *Bos indicus*. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 24(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2715

Sartori, R., Barros, C. M. (2011). *Reproductive cycles in Bos indicus cattle*. *Animal Reproduction Science*, 124, 244–250. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.006>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2025). Ganadería bovina en México: un orgullo nacional. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/ganaderia-bovina-en-mexico-un-orgullo-nacional>

- Sepúlveda, N., Risopatrón, J., Rodríguez, F., & Rodero, E. (2003) Fertilidad en vacas lecheras asociada a la sincronización de celos e inseminación a tiempo fijo utilizando GnRH y PGF2É Rev.Cient.FCVLUZ;13(3)<https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14976>
- Silva Filho, J. M., Saturnino, H. M., de Sá, W. F., & Alves Torres, C. A. (2009). Estrus behavior in Guzera (*Bos taurus indicus*) breed cows. In *Ciênc. Agrotec* 33(5), 1424–1430. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000500032>
- Sosa-Montes, E., Alejos-De La Fuente, J. I., Pro-Martínez, A., González-Cerón, F., Enríquez-Quiroz, J., & Torres-Cardona, M. G. (2020). *Composición química y digestibilidad de cuatro leguminosas tropicales mexicanas*. *Revista Mexicana de ciencias, Agrícolas*, número 24. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2371>
- Souza, A.H., Cunha, A.P., Silva, E.P.B., Gümen, A., Ayres, H., Guenther, J.N., Wiltbank, M.C., 2009. Comparison of gonadorelin products in lactating dairy cows: efficacy based on induction of ovulation of an accessory follicle and circulating luteinizing hormone profiles. *Theriogenology* 72, 271–279. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.02.016>.
- Triwutanon, S., & Rukkamsuk, T. (2023). Factors affecting first ovulation in postpartum dairy cows under tropical conditions: A review. In *Open Veterinary Journal* (Vol. 13, Issue 12, pp. 1536–1542). Faculty of Veterinary Medicine, University of Tripoli. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2023.V13.I12.3>
- Valencia, H, A. F., Sánchez, A, D. C., & Baldrich, R, N. E. (2017). *Ciclo reproductivo y dinámica folicular en ganado Bos indicus*. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC*, 9(2), 62–68.
- Vallejo, T, D. A., Muñoz R. Y. A., Chaves, V. C. A., Astáiza, M. J. M., Benavides, M. C. J. (2017). Sincronización de la ovulación en bovinos utilizando gonadotropina coriónica equina con

amamantamiento restringido y sin este. *Revista De Medicina Veterinaria*, 35, 83-91.
<https://doi.org/10.19052/mv.4391>

Vejarano, A., & Hernández, A. (2021). Grado de desarrollo del folículo preovulatorio y su relación con el tamaño del cuerpo lúteo y la producción de progesterona en las razas Romosinuano (RS) y Brahman (Br). *Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 68(1), 52–65.
<https://doi.org/10.15446/rfmvz.v68n1.97255>

Vejarano, A., & Hernández, A. (2021). Grado de desarrollo del folículo preovulatorio y su relación con el tamaño del cuerpo lúteo y la producción de progesterona en las razas Romosinuano (RS) y Brahman (Br)T0. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 68(1). <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v68n1.97255>

Wiltbank, M.C., Pursley, J.R. 2014. The cow as an induced ovulator: timed AI after synchronization of ovulation. *Theriogenology* 81, 170–185.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.017>.