



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS

NATURALES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EFECTO DE LA EDAD EN PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS
BOS INDICUS: PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH)
MEDIANTE EL USO DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN
A DOSIS ESTÁNDAR Y SU EFECTO EN LA TASA DE PREÑEZ”**

**Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Médico Veterinario**

Autor:

Angel David Arias Torres

Tutor:

Dr. Gutiérrez Reinoso Miguel Angel, Mg. PhD.

Latacunga – Ecuador

Marzo- 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Angel David Arias Torres , con cédula de ciudadanía No.1729015196, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“EFECTO DE LA EDAD EN PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS *Bos indicus*: PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) MEDIANTE EL USO DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN A DOSIS ESTÁNDAR Y SU EFECTO EN LA TASA DE PREÑEZ”**, siendo el Dr. Gutiérrez Reinoso Miguel Angel, Mg., PhD, tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 24 de febrero del 2026

Angel David Arias Torres

Estudiante

CC:1729015196

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ARIAS TORRES ANGEL DAVID**, identificado con cédula de ciudadanía 1729015196 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EFFECTO DE LA EDAD EN PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS BOS INDICUS: PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) MEDIANTE EL USO DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN A DOSIS ESTÁNDAR Y SU EFECTO EN LA TASA DE PREÑEZ**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Dr. Miguel Angel Gutierrez Reinoso, Mg., PhD

Tema: “**EFFECTO DE LA EDAD EN PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS BOS INDICUS: PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) MEDIANTE EL USO DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN A DOSIS ESTÁNDAR Y SU EFECTO EN LA TASA DE PREÑEZ**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicite.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 24 días del mes de febrero del 2026.

Angel David Arias Torres.
EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“EFECTO DE LA EDAD EN PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS *BOS INDICUS*: PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) MEDIANTE EL USO DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN A DOSIS ESTÁNDAR Y SU EFECTO EN LA TASA DE PREÑEZ”, de Angel David Arias Torres de la carrera de Medicina Veterinaria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 24 de febrero del 2026

Dr. Miguel Angel Gutierrez Reinoso, Ph.D.

CI: 0502236623

DOCENTE TUTOR

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: Angel David Arias Torres, con número de C.I 1729015196 con el título del Proyecto de Investigación: “ **EFECTO DE LA EDAD EN PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS *BOS INDICUS*: PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) MEDIANTE EL USO DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN A DOSIS ESTÁNDAR Y SU EFECTO EN LA TASA DE PREÑEZ**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación. Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 24 de febrero del 2026

DMV. Edilberto Chacón Marcheco, Ph.D.

CC: 1756985691

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Dra. Patricia Marcela Andrade Aulestia, Mg.

CC: 0502237555

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Dr. Luis Alonso Chicaiza Sánchez, Mg.

CC: 0501308316

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a dios, por darme la fortaleza de seguir adelante, a mis profesores por darnos los conocimientos, a mi madre María Augusta Torres por darme la vida y le seguridad de avanzar, a mi hermana Alazne Arias por nunca dejar de apoyarme, a mi novia por siempre estar a mi lado en mis peores momentos, a mis amigos PANES por siempre estar ahí cada día mis buenos y malos momentos, y a mi entrenador por siempre darme buenos consejos en mi día a día, gracias a todos.

Angel David Arias Torres

DEDICATORIA

Esta tesis le dedico en especial a mi familia por nunca abandonarme y a mi padre que en el cielo nos cuida se las dedico a ustedes mi fortaleza que nunca me van a abandonar

.

Angel David Arias Torres

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN	xi
1. INFORMACIÓN GENERAL	xiii
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	1
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	2
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
5. OBJETIVOS	3
5.1 Objetivo General	3
5.2 Objetivos Específicos	3
6. ACTIVIDADES RELACIONADAS A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN LA INVESTIGACIÓN	4
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	5
7.1 Particularidades reproductivas de <i>Bos indicus</i>	5
7.1.1 Características principales de los <i>Bos indicus</i>	5
7.2 Fisiología del ciclo estral bovino.....	5
7.2.1 Regulación hormonal del ciclo estral	6
7.2.2 Dinámica folicular y cuerpo lúteo	7
7.3 Protocolos de sincronización.....	9
7.3.1 Progesterona exógena y su mecanismo de acción	9
7.3.2 Dosis de progesterona en bovinos estándar, alta y baja	10
7.3.3 Dosis estándar.....	11
7.3.4 Dosis alta	11
7.3.5 Dosis baja	11
7.4 Protocolos Presynch	12
7.4.1 Presynch con progesterona	13
7.5 Indicadores de fertilidad Reproductiva.....	14
7.5.1 Definición e importancia de los indicadores reproductivos sobre la tasa de preñez	15

7.5.2 El porcentaje de preñez como indicador reproductivo.....	16
7.5.3 Porcentaje de gestación como indicador reproductivo.....	16
7.6 Factores que influyen en la respuesta reproductiva sobre la tasa de preñez.....	17
7.7.1 Clasificación etaria de vacas.....	18
7.7.2 Edad y respuesta a protocolos de sincronización	18
8. METODOLOGÍA.....	20
9. Localización.....	20
9.1 Determinación del tamaño de muestra y selección de animales.....	20
9.1.1 Muestra de animales de estudio.....	20
9.2 RECURSOS Y MATERIALES	22
9.2.1 Recursos	22
9.2.2 Materiales de campo.....	22
9.2.3 Materiales de Oficina.....	22
9.3 METODOS.....	23
9.3.1 Análisis inferencial.....	23
9.4 Procedimiento.....	24
9.4.1 Descripción de datos utilizados en la investigación.....	24
9.4.2 Variables de estudio.....	24
9.5 METODOLOGÍA DE CAMPO	24
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	26
10.1 estadística inferencial de la edad por grupo experimental y categoría de edad.....	26
10.2 Evaluar la influencia de la edad sobre la respuesta reproductiva a protocolos de IATF en vacas <i>Bos indicus</i>	28
10.3 Evaluación del efecto del tratamiento, la categoría de edad y su interacción en el resultado de preñez	31
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	31
Técnicos.....	31
Económico	32
.Social	32
Ambiental.....	32
12. CONCLUSIONES.....	33
13. RECOMENDACIONES	33
14. BIBLIOGRAFÍA.....	34
15. ANEXOS.....	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EFECTO DE LA EDAD EN PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS *BOS INDICUS*: PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) MEDIANTE EL USO DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN A DOSIS ESTÁNDAR Y SU EFECTO EN LA TASA DE PREÑEZ”

AUTOR: Arias Torres Angel David

TUTOR: Dr. Gutiérrez Reinoso Miguel Ángel, PhD.

RESUMEN

En Ecuador, la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) es una herramienta utilizada para mejorar la eficiencia reproductiva bovina. El presente estudio evaluó el efecto de la edad sobre la respuesta a protocolos de IATF en vacas *Bos indicus*, mediante la aplicación de una presincronización del celo (Pre-Synch) con progesterona de acción prolongada a dosis estándar, en condiciones de campo en la provincia de El Oro, cantón Piñas, parroquia Saracay. Se utilizaron 116 vacas Brahman y Nelore con condición corporal de $3,0 \pm 0,5$, asignadas aleatoriamente a un grupo tratamiento (Pre-Synch + IATF; $n = 60$) y un grupo control (IATF convencional; $n = 56$), bajo manejo extensivo uniforme. En el grupo tratamiento (0) se colocó un dispositivo intravaginal que libera progesterona, la administración de estrógenos y prostaglandinas y la inseminación artificial a tiempo fijo. Tratamiento 1, las vacas recibieron una aplicación de progesterona de acción prolongada como fase de presincronización, seguida de el mismo protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo aplicado en el grupo control. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la tasa de preñez ni entre categorías de edad ($p > 0,05$). En vacas jóvenes (≤ 5 años), las tasas de preñez fueron comparables entre el grupo control (60,0 %) y el tratado (62,2 %). En vacas adultas (> 5 años), el grupo tratado presentó una mayor tasa de preñez (73,9 %) en comparación con el control (57,1 %), aunque sin significancia estadística. En conclusión, el protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada no mejoró significativamente la tasa de preñez.

Palabras clave: Inseminación artificial a tiempo fijo; *Bos indicus*; Pre-sincronización del celo (Pre-Synch); Progesterona de acción prolongada; Tasa de preñez; Efecto de la edad

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

Author: Arias Torres Ángel David

THEME: “EFFECT OF AGE ON IATF PROTOCOLS IN *Bos indicus* COWS: PRE-SYNCHRONIZATION OF ESTRUS (PRE-SYNCH) USING STANDARD DOSES OF LONG-ACTING PROGESTERONE AND ITS EFFECT ON PREGNANCY RATES

ABSTRACT

In Ecuador, fixed-time artificial insemination (FTAI) is a tool used to improve bovine reproductive efficiency. The present study evaluated the effect of age on the response to FTI protocols in *Bos indicus* cows, through the application of pre-synchronization of estrus (Pre-Synch) with long-acting progesterone at standard doses, under field conditions in the province of El Oro, Piñas canton, Saracay parish. A total of 116 Brahman and Nelore cows with a body condition score of 3.0 ± 0.5 were randomly assigned to a treatment group (Pre-Synch + IATF; $n = 60$) and a control group (conventional IATF; $n = 56$) under homogeneous extensive management. The treatment group (0) consisted of the placement of an intravaginal device with progesterone, the administration of estrogens and prostaglandins, and fixed-time artificial insemination. Treatment (1): cows received a long-acting progesterone injection as a pre-synchronization phase, followed by the same fixed-time artificial insemination protocol applied in the control group. No statistically significant differences in pregnancy rates were detected between treatments or between age categories ($p > 0.05$). In young cows (≤ 5 years), pregnancy rates were similar between the control group (60.0%) and the treated group (62.2%). In adult cows (> 5 years), the treated group a higher pregnancy rate (73.9%) compared to the control (57.1%), although this was not statistically significant. In conclusion, the Pre-Synch protocol with long-acting progesterone did not significantly improve the pregnancy rate.

KEYWORDS: Fixed-time artificial insemination; *Bos indicus*; Pre-synchronization of estrus (Pre-Synch); Long-acting progesterone; Pregnancy rate; Effect of age.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto: Efecto de la edad en protocolos de IATF en vacas *Bos Indicus*: pre-sincronización del celo (pre-Synch) mediante el uso de progesterona de larga duración a dosis estándar y su efecto en la tasa de preñez

Fecha de inicio: 05-05-2025

Fecha de finalización: 01-10-2025

Lugar de ejecución: provincia de El Oro en el cantón Piñas, parroquia Saracay, sitio Camarones, zona Litoral o Costa

Facultad que auspicia: F-CAREN

Carrera que auspicia: Medicina veterinaria

Proyecto de investigación vinculado: Desarrollo de nuevos protocolos de superestimulación/superovulación para la producción de embriones bovinos de leche y carne mediante el uso de bscrFSH-recombinante para transferencia de embriones congelados obtenidos por tecnología *in vivo* e *in vitro*

Equipo de trabajo

Estudiantes: Angel David Arias Torres (Anexo 1)

Tutor: Dr. Gutiérrez Reinoso Miguel Ángel, Mg. / Ph.D.

Cotutor: Dr. García Herreros Manuel, PhD.

Área de Conocimiento: Agricultura

Sub área: 64. Veterinaria

Línea de investigación: Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales / Producción y biotecnología animal

Sublínea de investigación de la Carrera: Fisiología Animal y Reproducción

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) ha revolucionado la reproducción bovina desde su implementación sistemática en la década de 1990, permitiendo mejorar la eficiencia reproductiva sin necesidad de detección de celo. Esta técnica ha sido especialmente útil en sistemas de producción extensiva, como los que predominan en muchas regiones de América Latina, incluyendo Ecuador. Su aplicación ha permitido aumentar la tasa de preñez, reducir los intervalos entre partos y ayudar a la planificación reproductiva en hatos bovinos.

En Ecuador, si bien la IATF se ha venido usando con mayor frecuencia en los últimos años, aún existen limitaciones con la efectividad de los protocolos utilizados, sobre todo en razas *Bos indicus*, que presentan particularidades fisiológicas y reproductivas diferentes a las de razas europeas. Dentro de estas limitaciones, uno de los factores menos explorados es la edad del animal y su influencia en la respuesta a protocolos hormonales, como los que utilizan progesterona de larga duración.

Dado que el éxito de un protocolo de IATF depende de múltiples factores, incluyendo el estado fisiológico del animal, la edad, y la raza, es necesario crear investigaciones que los elementos en profundidad. Esto no solo permitirá mejorar los índices reproductivos en el país, sino también ofrecer técnicas más específicas para los ganaderos que trabajan con ganado *Bos indicus*.

La edad influye directamente en la actividad ovárica, en la receptividad hormonal y en el comportamiento estral, lo que puede condicionar la respuesta al protocolo de sincronización y, en consecuencia, la tasa de preñez. A pesar del uso de tratamientos hormonales estandarizados como los dispositivos de progesterona de larga duración, no todas las vacas responden de la misma manera, especialmente cuando se agrupan categorías etarias distintas en un mismo protocolo. Este estudio busca llenar ese vacío de conocimiento, evaluando objetivamente el impacto de la edad sobre la tasa de preñez en vacas sometidas al mismo protocolo hormonal (2).

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Las personas que influyeron directamente en este proyecto fueron los productores de leche de la provincia de el Oro del cantón Piñas, indirectamente los pequeños productores de la provincia los cuales son ganaderos o los que se encuentran ubicados a los alrededores.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La eficiencia reproductiva en bovinos es uno de los pilares fundamentales para la rentabilidad de los productores. En razas *Bos indicus*, utilizadas ampliamente en zonas tropicales como Ecuador, los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) presentan desafíos particulares debido a su fisiología reproductiva y por el ambiente en donde habitan estos individuos (1).

Uno de los principales factores que puede modificar la respuesta a estos protocolos es la edad del animal. Las vacas jóvenes y adultas tienen diferentes estados endocrinos, tasas de crecimiento folicular y niveles de respuesta al tratamiento hormonal (2).

A pesar del uso extendido de progesterona de larga duración como parte del protocolo de pre-sincronización (Pre-Synch), no existe suficiente evidencia local sobre cómo varía su eficacia dependiendo de la edad de la vaca (3).

Los protocolos convencionales de IATF reportan tasas de preñez promedio que oscilan entre el 30 % y el 60 %, dependiendo del tipo de protocolo, del estado fisiológico del animal y del entorno de manejo. En el caso del protocolo Ovsynch, ampliamente utilizado en ganado lechero y adaptado para carne, las tasas de gestación suelen situarse entre 30 % y 40 %. En cambio, los protocolos que utilizan los dispositivos intravaginales con progesterona combinados con eCG, han sido estructurados para vacas *Bos indicus* y han mostrado tasas superiores, alcanzando entre 45 % y 55 % en campo (4).

Estudios recientes han reportado diferencias importantes entre esquemas hormonales. Por ejemplo, Clavel Díaz-Quevedo et al. Observaron que vacas cruzadas sincronizadas con DIB® + eCG presentaron una tasa de concepción del 39 %, en comparación con el 21.7 % registrado en vacas tratadas con un protocolo Ovsynch puro (5). El uso de una fase de pre-sincronización con progesterona inyectable puede incrementar la proporción de vacas con cuerpos lúteos

funcionales al momento de iniciar el protocolo IATF, lo cual se asocia a mejores resultados reproductivos (4).

A pesar de estos avances, la edad del animal es una variable que frecuentemente no se considera al momento de aplicar los protocolos hormonales. Sin embargo, esta puede tener una influencia directa sobre la respuesta endocrina, el crecimiento folicular, la sensibilidad a las gonadotropinas y, por tanto, en la tasa final de preñez (4,5).

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la edad sobre la tasa de preñez en vacas *Bos indicus* sometidas a un protocolo de IATF con pre-sincronización el uso de progesterona de larga duración a dosis estándar

5.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto del protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada sobre la tasa de preñez en vacas *Bos indicus* sometidas a inseminación artificial a tiempo fijo.
- Evaluar la influencia de la edad (jóvenes y adultas) sobre la tasa de preñez en protocolos de IATF en vacas *Bos indicus*.

6. ACTIVIDADES RELACIONADAS A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Tabla 1. Actividades relacionadas a los objetivos planteados en la investigación.

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Determinar el efecto del protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada sobre la tasa de preñez en vacas <i>Bos indicus</i> sometidas a inseminación artificial a tiempo fijo.	Diagnóstico de preñez	Ultrasonografía uterina día 40 post inseminación	% de animales preñados y vacíos
OBJETIVO 2	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Evaluar la influencia de la edad (jóvenes y adultas) sobre la tasa de preñez en protocolos de IATF en vacas <i>Bos indicus</i> .	Se realizó un estudio comparativo entre vacas adultas y vacas jóvenes divididas en dos grupos: grupo control y grupo tratamiento. La evaluación se enfocó en determinar la tasa de concepción alcanzada después del servicio, considerando la edad como una	Se utilizó chi-cuadrado para comparar tasas de concepción entre categorías y grupos.	El grupo tratamiento podría presentar una mayor tasa de concepción en comparación con el grupo control. Probablemente las vacas jóvenes (menor edad) presenten una tasa de concepción ligeramente superior a las vacas adultas. La edad del animal podría influir significativamente en la respuesta al tratamiento.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1 Particularidades reproductivas de *Bos indicus*

El ganado bovino *Bos indicus*, presentan diferencias morfológicas, fisiológicas, productivas y adaptativas que influyen directamente en su manejo zootécnico, comportamiento reproductivo y eficiencia productiva (6).

7.1.1 Características principales de los *Bos indicus*

El *Bos indicus*, conocido como ganado cebú o de origen asiático, se ha adaptado evolutivamente a condiciones climáticas tropicales y subtropicales. Este tipo de ganado presenta características morfofisiologías particulares como la presencia de giba, piel más gruesa, mayor desarrollo de glándulas sudoríparas, mayor resistencia al estrés térmico, a enfermedades parasitarias y a condiciones ambientales adversas (7). En el ámbito reproductivo, los animales *Bos indicus* presentan una expresión del estro menos intensa, más corta y frecuentemente nocturna, lo que dificulta su detección mediante observación visual directa. Además, los signos conductuales del celo son más sutiles, lo que representa una limitante importante para la eficiencia de programas reproductivos, especialmente en sistemas extensivos de producción de carne (8).

7.2 Fisiología del ciclo estral bovino

El ciclo estral bovino corresponde al conjunto de cambios fisiológicos, hormonales y conductuales que ocurren en la hembra bovina con el objetivo de permitir la reproducción. Este ciclo se inicia con la pubertad y se repite de manera continua en las hembras no gestantes, teniendo una duración promedio de 21 días, aunque puede variar entre 18 y 24 días dependiendo de la raza, la edad y las condiciones ambientales (9).

Desde la perspectiva fisiológica, el ciclo estral es controlado por el eje hipotálamo–hipófisis–ovario. Este eje regula la secreción de hormonas que fomentan el desarrollo folicular, la ovulación y preparan el tracto reproductivo para una posible gestación. El hipotálamo libera GnRH, que hace que la hipófisis anterior libere FSH y LH. Estas hormonas actúan en los ovarios, promoviendo el crecimiento de los folículos y la formación del cuerpo lúteo (9,10).

El ciclo estral se divide en cuatro fases principales: proestro, estro, metaestro y diestro. Durante el proestro se produce el crecimiento y maduración de los folículos ováricos, acompañado de un aumento progresivo en la secreción de estrógenos. En esta fase se inicia la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior, disminuyendo los niveles de progesterona, lo que permite el desarrollo folicular (10).

El estro, conocido comúnmente como celo, es la fase en la que la hembra acepta la monta y presenta signos conductuales característicos, como inquietud, vocalización, aumento de la actividad locomotora y mucosidad vaginal clara (10). Durante esta etapa, los niveles de estrógenos alcanzan su máximo, lo que desencadena el pico preovulatorio de LH. La ovulación ocurre aproximadamente entre 10 y 12 horas después de finalizado el estro (10).

Posteriormente, en el metaestro se produce la ovulación y la formación del cuerpo lúteo a partir del folículo ovulado. En esta fase se inicia la secreción de progesterona, hormona fundamental para el mantenimiento de una posible gestación (11). El diestro corresponde a la fase luteal del ciclo, caracterizada por un cuerpo lúteo funcional y altos niveles de progesterona, los cuales inhiben la aparición de un nuevo estro y preparan el útero para la implantación embrionaria (11,12).

Cuando no hay gestación, el útero libera prostaglandina $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$), lo que lleva a la luteólisis del cuerpo lúteo y a una reducción en los niveles de progesterona. Esto permite que comience un nuevo ciclo estral. La interacción hormonal y la función adecuada entre los órganos reproductores son cruciales para la eficiencia reproductiva en bovinos, sirviendo como base para técnicas reproductivas como la inseminación artificial y la sincronización del estro. (13).

7.2.1 Regulación hormonal del ciclo estral

La regulación hormonal del ciclo estral en la hembra bovina depende de la interacción coordinada entre el hipotálamo, la hipófisis y los ovarios, conformando el denominado eje hipotálamo–hipófisis–ovario. Este sistema endocrino controla los eventos reproductivos mediante la secreción secuencial y balanceada de hormonas que regulan el desarrollo folicular, la ovulación, la formación del cuerpo lúteo y la preparación del útero para la gestación (14).

El hipotálamo actúa como el principal regulador central del ciclo estral, secretando de manera de pulsos la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) (14,15). La frecuencia e intensidad

de estos pulsos varían a lo largo del ciclo y determinan la liberación de gonadotropinas por parte de la hipófisis anterior (16). La GnRH estimula la secreción de la hormona foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), ambas esenciales para la función ovárica (16).

La FSH es responsable del reclutamiento y crecimiento de los folículos ováricos durante la fase folicular del ciclo. A medida que los folículos se desarrollan, las células de la granulosa producen estrógenos, principalmente estradiol, los cuales ejercen retroalimentación negativa o positiva sobre el hipotálamo y la hipófisis, según su concentración (17). Cuando los niveles de estradiol alcanzan un umbral elevado y sostenido, se produce una retroalimentación positiva que desencadena el pico preovulatorio de LH (17).

La LH cumple un papel determinante en la ovulación y en la luteinización del folículo ovárico. El pico de LH induce la ruptura del folículo dominante y la liberación del ovocito, además de promover la transformación de las células foliculares en tejido luteal, dando origen al cuerpo lúteo (18). Posteriormente, el cuerpo lúteo secreta progesterona, hormona clave para el mantenimiento del ambiente uterino adecuado para la implantación y el desarrollo embrionario (18).

La progesterona ejerce un efecto inhibitorio sobre el hipotálamo y la hipófisis, suprimiendo la liberación de GnRH, FSH y LH, lo que impide la ovulación durante la fase luteal del ciclo. En ausencia de gestación, el endometrio uterino secreta prostaglandina $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$), la cual induce la luteólisis, provocando la regresión del cuerpo lúteo y la disminución de los niveles de progesterona (19).

La caída de la progesterona permite la reactivación del eje hipotálamo–hipófisis–ovario, reiniciando la secreción de GnRH y el desarrollo de una nueva onda folicular (19,20). Este mecanismo de regulación hormonal garantiza la ciclicidad reproductiva en la hembra bovina y constituye la base fisiológica para la aplicación de protocolos de sincronización del estro y otras biotecnologías reproductivas en la producción ganadera (20).

7.2.2 Dinámica folicular y cuerpo lúteo

La dinámica folicular y la formación y regresión del cuerpo lúteo son procesos fundamentales del ciclo estral bovino, ya que determinan la ovulación, la producción hormonal y la posibilidad

de establecimiento de la gestación (21). Ambos procesos están regulados por complejas interacciones endocrinas entre el hipotálamo, la hipófisis y los ovarios, y se presentan de manera cíclica a lo largo del ciclo estral (21).

La dinámica folicular se caracteriza por la presencia de ondas foliculares, las cuales consisten en el crecimiento sincronizado de un grupo de folículos ováricos. En la mayoría de las vacas se presentan dos o tres ondas foliculares por ciclo estral (22). Cada onda se inicia con el reclutamiento de varios folículos antrales estimulados por la hormona foliculoestimulante (FSH). Posteriormente, uno de estos folículos adquiere dominancia, mientras que los restantes entran en un proceso de atresia (23).

El folículo dominante se distingue por su mayor tamaño y capacidad para producir estrógenos, principalmente estradiol, así como inhibina, hormonas que ejercen retroalimentación negativa sobre la hipófisis, reduciendo la secreción de FSH e impidiendo el desarrollo de nuevos folículos (24). Durante la fase luteal del ciclo, la presencia de altos niveles de progesterona, secretada por el cuerpo lúteo, inhibe el pico de hormona luteinizante (LH), lo que impide la ovulación del folículo dominante, conduciéndolo finalmente a la atresia (23,24).

En la fase folicular, tras la luteólisis del cuerpo lúteo inducida por la prostaglandina $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$), se produce una disminución de los niveles de progesterona. Esta caída hormonal permite el aumento en la frecuencia de pulsos de LH, lo que favorece la maduración final del folículo dominante, el incremento en la producción de estrógenos y la presentación del estro. El aumento sostenido de estradiol desencadena el pico preovulatorio de LH, que induce la ovulación (25).

Tras la ovulación, el folículo ovárico se transforma en el cuerpo lúteo mediante un proceso denominado luteinización (26). El cuerpo lúteo es una estructura endocrina transitoria altamente vascularizada, cuya función principal es la secreción de progesterona. Esta hormona es esencial para el mantenimiento de la gestación, ya que prepara el endometrio para la implantación embrionaria y suprime nuevas ovulaciones durante la fase luteal (26).

En ausencia de gestación, el endometrio uterino libera pulsos de prostaglandina $F2\alpha$, los cuales provocan la regresión estructural y funcional del cuerpo lúteo, proceso conocido como luteólisis. Como consecuencia, disminuyen los niveles de progesterona, se reinicia la actividad folicular y comienza un nuevo ciclo estral (27). La adecuada sincronización entre la dinámica

folicular y la función del cuerpo lúteo es determinante para la eficiencia reproductiva en bovinos y constituye la base fisiológica de los programas de manejo reproductivo y biotecnologías aplicadas en la producción ganadera (27,28).

7.3 Protocolos de sincronización

La sincronización del celo es una herramienta biotecnológica fundamental en los programas de reproducción asistida, especialmente en razas bovinas como *Bos indicus*, en las que la expresión del estro puede ser poco evidente y de corta duración (29).

Esta técnica busca controlar el ciclo estral mediante la administración programada de hormonas que regulan el crecimiento folicular, la luteólisis y la ovulación, permitiendo realizar inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) sin necesidad de detectar celo Fisiológicamente, el ciclo estral bovino está regulado por el eje hipotálamo-hipófisis-ovario. En un protocolo de sincronización, se utilizan combinaciones de las siguientes hormonas (30):

- **Progesterona (P4):** Se administra a través de un dispositivo intravaginal (como CIDR® o DIB®), la cual simula la fase lútea. Su permanencia en el organismo inhibe el pico de LH y, por tanto, la ovulación. Al retirar el dispositivo, se produce una disminución abrupta de los niveles de progesterona, lo que permite que el folículo dominante continúe su maduración hacia la ovulación (31,32).
- **Gonadotropina liberadora de hormona luteinizante (GnRH):** se aplica al inicio del protocolo para inducir la ovulación del folículo dominante y sincronizar la nueva onda folicular.
- **Prostaglandina F2 α (PGF2 α):** se aplica entre el día 5 y 7 del protocolo para inducir luteólisis (regresión del cuerpo lúteo) y ayudar al crecimiento final del folículo dominante (32,33).

7.3.1 Progesterona exógena y su mecanismo de acción

La progesterona exógena es ampliamente utilizada en programas de manejo reproductivo bovino debido a su capacidad para regular el ciclo estral y controlar la ovulación de manera artificial (34). Su administración permite simular la fase lútea del ciclo estral natural, ejerciendo un control endocrino sobre el eje hipotálamo-hipófisis-ovario y facilita la sincronización del estro y la inseminación artificial (34).

El mecanismo de acción de la progesterona exógena se basa en su efecto inhibitor sobre el sistema nervioso central, específicamente sobre el hipotálamo, donde reduce la frecuencia y amplitud de los pulsos de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) (35). Esta inhibición causa una reducción en la secreción de la hormona luteinizante (LH) y de la hormona foliculoestimulante (FSH) por parte de la hipófisis anterior, impidiendo la ovulación durante el período de tratamiento (35).

A nivel ovárico, la progesterona exógena mantiene al folículo dominante en un estado de crecimiento limitado, evitando el pico preovulatorio de LH. Como consecuencia, el folículo dominante no ovula y, dependiendo de la duración del tratamiento, puede sufrir atresia o mantenerse hasta que se produzca la retirada de la fuente exógena de progesterona. Este control del desarrollo folicular es fundamental para lograr una sincronización adecuada entre las hembras tratadas (36).

A nivel uterino, la progesterona exógena induce cambios en el endometrio similares a los observados durante la fase luteal, promoviendo la secreción de sustancias nutritivas y modulando la contractilidad uterina (37). Estos efectos preparan el útero para una posible implantación embrionaria una vez que ocurre la ovulación posterior al retiro del tratamiento hormonal (37).

La retirada del dispositivo o la suspensión de la progesterona provoca una caída rápida en sus niveles en sangre, eliminando el efecto inhibitor sobre el eje hipotálamo–hipófisis–ovario (38). Esta disminución hormonal aumenta la frecuencia de pulsos de LH, facilita la maduración final del folículo dominante y ayuda a que el estro y la ovulación ocurran de forma sincronizada. En muchos protocolos, este proceso se refuerza con prostaglandina F_{2α} o GnRH, mejorando la respuesta ovulatoria (39).

7.3.2 Dosis de progesterona en bovinos estándar, alta y baja

La dosis empleada influye directamente sobre la dinámica folicular, la secreción de gonadotropinas y la eficiencia reproductiva, por lo que su correcta selección es determinante para el éxito de los programas reproductivos. En términos generales, las dosis de progesterona pueden clasificarse como estándar, altas o bajas, según la cantidad liberada y el efecto fisiológico esperado (39,40).

7.3.3 Dosis estándar

La dosis estándar de progesterona es la más utilizada en programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Se administra comúnmente mediante dispositivos intravaginales comerciales, como CIDR o DIB, que contienen aproximadamente entre 1,0 y 1,9 gramos de progesterona, liberada de manera sostenida durante un período de 7 a 9 días (40). Esta dosis simula adecuadamente la fase luteal fisiológica, inhibe la ovulación, controla el desarrollo folicular y permite una sincronización eficiente del estro tras el retiro del dispositivo. Es considerada la dosis de elección en vacas cíclicas, tanto en ganado *Bos taurus* como *Bos indicus* (41).

7.3.4 Dosis alta

Las dosis altas de progesterona provocan concentraciones plasmáticas superiores a las observadas en un ciclo estral normal. Este tipo de dosificación se asocia a una inhibición más marcada de la secreción de hormona luteinizante (LH), lo que puede provocar una supresión excesiva de la actividad folicular (42). Como consecuencia, al retirar la progesterona, puede observarse un retraso en la ovulación o una menor calidad del folículo ovulatorio. El uso de dosis altas no es recomendado de forma rutinaria, ya que puede afectar negativamente la fertilidad, especialmente si se prolonga el tiempo de exposición hormonal (43).

7.3.5 Dosis baja

Las dosis bajas de progesterona producen concentraciones plasmáticas inferiores a las fisiológicas de la fase luteal. En estos casos, la inhibición en el eje hipotálamo–hipófisis–ovario es parcial, lo que permite una mayor frecuencia de pulsos de LH (44). Esto puede promover un crecimiento prolongado del folículo dominante, incrementando el riesgo de ovulaciones asincrónicas o la formación de folículos persistentes, lo cual puede afectar la calidad ovocitaria y disminuir las tasas de preñez. No obstante, las dosis bajas pueden usarse estratégicamente en vacas en anestro posparto o con baja actividad ovárica, siempre siguiendo protocolos específicos y bien controlados (44).

7.4 Protocolos Presynch

Los protocolos Presynch constituyen una estrategia de manejo reproductivo diseñada para mejorar la respuesta de las vacas a los programas de sincronización del estro y la ovulación, particularmente aquellos basados en inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) (45).

Su objetivo principal es pre-sincronizar el ciclo estral de las hembras, de forma que se dé inicio al protocolo principal en una fase reproductiva favorable, usualmente durante el diestro medio, optimizando así la eficiencia reproductiva (45).

Desde el punto de vista fisiológico, los protocolos Presynch se basan en la manipulación del cuerpo lúteo y la dinámica folicular mediante la administración secuencial de prostaglandina $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$) o combinaciones hormonales que inducen la luteólisis y regulan la aparición del estro (46). El protocolo Presynch más utilizado consiste en la aplicación de dos dosis de $PGF2\alpha$ con un intervalo de 14 días entre ellas. Posteriormente, el protocolo de sincronización principal (como Ovsynch, CIDR–GnRH o protocolos con progesterona) se inicia entre 10 y 14 días después de la segunda aplicación (47).

La primera dosis de $PGF2\alpha$ provoca la regresión del cuerpo lúteo en aquellas vacas que se encuentran en fase luteal, permitiendo la presentación de un estro subsecuente. La segunda dosis busca homogenizar el estado luteal del grupo, asegurando que un mayor porcentaje de animales posean un cuerpo lúteo funcional al momento de iniciar el protocolo de sincronización definitivo (47,48). Este manejo incrementa la probabilidad de una respuesta ovulatoria adecuada a la administración de GnRH dentro del protocolo principal (48).

El uso de los protocolos Presynch ha mostrado ser especialmente ventajoso en vacas lecheras y de carne con ciclos, ya que mejora la sincronización folicular, aumenta las tasas de ovulación y eleva los porcentajes de preñez a la IATF (48,49). Además, ayuda a disminuir la variabilidad individual en el estado reproductivo al comienzo del tratamiento, logrando así resultados más uniformes en el hato (50).

Existen variantes del Presynch tradicional, como Presynch–Ovsynch y Double Ovsynch, que incorporan la administración de GnRH adicional para inducir ovulación y mejoran el control de la dinámica folicular (51). Estos protocolos avanzados buscan maximizar la proporción de

vacas que inician el protocolo final con un folículo dominante funcional y un cuerpo lúteo activo, condiciones óptimas para una ovulación sincronizada (51).

7.4.1 Presynch con progesterona

El uso de protocolos Presynch con progesterona en ganado *Bos indicus* representa una estrategia eficaz para mejorar la eficiencia reproductiva en sistemas de producción tropicales, donde la detección del estro es limitada y la actividad ovárica suele ser menos evidente en comparación con el ganado *Bos Taurus* (52). Estos protocolos pretenden sincronizar el ciclo estral antes de realizar programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), garantizando que las hembras comiencen el protocolo principal durante una fase reproductiva óptima. (52).

Desde un punto de vista fisiológico, la inclusión de progesterona en los protocolos Presynch permite simular una fase luteal funcional, aun en animales que presentan anestro posparto o baja actividad ovárica (53). La progesterona exógena ejerce un efecto inhibitorio sobre el eje hipotálamo–hipófisis–ovario, reduciendo la liberación de GnRH y LH, lo que contribuye a estabilizar la dinámica folicular y evitar ovulaciones asincrónicas (53).

En un protocolo Presynch con progesterona, se utilizan comúnmente dispositivos intravaginales (CIDR o DIB) colocados por un período de 7 a 8 días. Durante este tiempo, se puede asociar la administración de estradiol al inicio del tratamiento para inducir la emergencia de una nueva onda folicular (54). Al retiro del dispositivo, se aplica prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}) con el objetivo de inducir la regresión de cualquier cuerpo lúteo presente y asegurar una disminución efectiva de los niveles de progesterona circulante (54).

Posteriormente, tras un intervalo de descanso de aproximadamente 7 a 14 días, se inicia el protocolo de sincronización definitivo, generalmente basado en progesterona y GnRH, diseñado para culminar en una ovulación sincronizada e inseminación artificial a tiempo fijo (55). Este enfoque escalonado mejora la proporción de hembras cíclicas al inicio del protocolo principal, incrementa la tasa de ovulación y mejora los porcentajes de preñez en *Bos indicus* (55).

La aplicación de protocolos Presynch con progesterona es particularmente relevante en sistemas extensivos de producción de carne, donde factores como el estrés térmico, la nutrición deficiente y el manejo limitan la expresión del estro (56). Al reducir la dependencia de la

detección de celo y mejorar el control endocrino del ciclo estral, estos protocolos contribuyen a una mayor eficiencia reproductiva y a una mejor planificación del manejo ganadero (56)

7.5 Indicadores de fertilidad Reproductiva

Los indicadores reproductivos constituyen herramientas cuantitativas que permiten evaluar la eficiencia biológica y productiva de los programas de reproducción en bovinos de carne y leche. En sistemas que emplean inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), estos parámetros permiten medir la respuesta al protocolo hormonal, la sincronización ovárica y el desempeño gestacional.

El porcentaje de preñez y el porcentaje de gestación son indicadores reproductivos fundamentales en la evaluación de la eficiencia reproductiva de los sistemas de producción bovina (57). Ambos parámetros permiten medir el éxito de los programas de manejo reproductivo, inseminación artificial y sincronización del estro, así como identificar limitaciones asociadas al estado fisiológico de los animales, el manejo, la nutrición y el ambiente (57).

El porcentaje de preñez se define como la proporción de hembras que quedan preñadas respecto al total de hembras expuestas al servicio, ya sea mediante monta natural o inseminación artificial, durante un período reproductivo determinado (58). Este indicador se expresa en forma porcentual y refleja la eficiencia inmediata del servicio reproductivo. En programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), el porcentaje de preñez se calcula generalmente entre 30 y 45 días posteriores a la inseminación, mediante diagnóstico de gestación por palpación rectal o ecografía (58).

Por su parte, el porcentaje de gestación hace referencia a la proporción de hembras que mantienen la gestación confirmada hasta un momento específico del desarrollo embrio-fetal o hasta el parto (59). Este indicador considera las pérdidas reproductivas posteriores a la concepción, como la mortalidad embrionaria temprana, la reabsorción fetal o los abortos. Por ello, el porcentaje de gestación suele ser inferior al porcentaje de preñez inicial y proporciona una visión más completa de la eficiencia reproductiva real del hato (59).

La diferencia entre ambos indicadores radica en que el porcentaje de preñez evalúa el éxito de la fecundación y la implantación inicial del embrión, mientras que el porcentaje de gestación

mide la capacidad de la hembra para sostener el embarazo a lo largo del tiempo(59). Factores como el equilibrio hormonal, la función del cuerpo lúteo, los niveles adecuados de progesterona, el estado nutricional, el estrés térmico y la sanidad reproductiva influyen directamente en la supervivencia embrionaria y fetal (60).

En ganado *Bos indicus*, los porcentajes de preñez y gestación pueden verse afectados por condiciones ambientales adversas propias de los sistemas tropicales (61). La implementación de protocolos hormonales basados en progesterona y programas de inseminación artificial a tiempo fijo ha demostrado mejorar significativamente estos indicadores al optimizar la sincronización ovárica y reducir las fallas reproductivas (61).

7.5.1 Definición e importancia de los indicadores reproductivos sobre la tasa de preñez

Los indicadores reproductivos son parámetros cuantitativos utilizados para evaluar el desempeño reproductivo de un hato bovino y la eficiencia de los programas de manejo reproductivo implementados en un sistema de producción (62). Estos indicadores permiten medir, analizar y comparar los resultados obtenidos en términos de fertilidad, preñez, gestación y parición, constituyéndose en herramientas clave para la toma de decisiones técnicas y económicas en la ganadería (63).

Desde el punto de vista conceptual, los indicadores reproductivos reflejan la interacción entre factores fisiológicos, genéticos, nutricionales, sanitarios, ambientales y de manejo que influyen sobre la capacidad reproductiva de las hembras y los machos (63). Entre los indicadores más utilizados se encuentran el porcentaje de preñez, porcentaje de gestación, tasa de concepción, intervalo parto–concepción, intervalo entre partos, días abiertos y tasa de parición, los cuales permiten evaluar distintas etapas del proceso reproductivo (63).

La importancia de los indicadores reproductivos radica en que la reproducción constituye uno de los principales determinantes de la productividad y rentabilidad de los sistemas ganaderos (64). Un adecuado desempeño reproductivo garantiza la producción regular de crías, la renovación genética del hato y el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles (64). Por el contrario, deficiencias en estos indicadores se traducen en pérdidas económicas asociadas a menores tasas de natalidad, incremento de días improductivos y reducción en la eficiencia productiva (64).

En sistemas de producción bovina, especialmente en ganado *Bos indicus* manejado en condiciones tropicales, los indicadores reproductivos tienen mayor relevancia debido a las limitaciones ambientales, como el estrés térmico, la estacionalidad forrajera y la menor expresión del estro (65). En este contexto, el monitoreo constante de estos parámetros permite identificar problemas reproductivos de manera temprana y evaluar el impacto de estrategias como la sincronización del estro, el uso de progesterona y la inseminación artificial a tiempo fijo (65).

Asimismo, los indicadores reproductivos facilitan la evaluación objetiva de programas de mejoramiento genético y el control de la eficiencia de las biotecnologías reproductivas aplicadas (65).

7.5.2 El porcentaje de preñez como indicador reproductivo.

El porcentaje de preñez corresponde a la proporción de hembras que resultan gestantes respecto al total de hembras sometidas a un servicio reproductivo ya sea por monta natural o inseminación artificial dentro de un período específico, expresado en términos porcentuales (66).

Desde una perspectiva técnica, este parámetro constituye un indicador directo de la eficiencia reproductiva inmediata, puesto que integra el éxito de la fecundación, la adecuada función luteal y la implantación embrionaria temprana (66). El diagnóstico de gestación se realiza habitualmente entre los 30 y 45 días posteriores al servicio, mediante palpación transrectal o ultrasonografía, técnicas que permiten confirmar la presencia de vesícula embrionaria y viabilidad inicial (66).

7.5.3 Porcentaje de gestación como indicador reproductivo

El porcentaje de gestación se refiere a la proporción de hembras que mantienen la preñez a lo largo de un período determinado del desarrollo embrio-fetal o hasta el momento del parto en relación con el total de hembras previamente diagnosticadas como gestantes o expuestas al servicio reproductivo (67).

A diferencia del porcentaje de preñez, este indicador no se limita a medir la concepción inicial, sino que evalúa la capacidad fisiológica de la hembra para sostener la gestación. Por tanto,

incorpora las posibles pérdidas reproductivas posteriores, como la mortalidad embrionaria temprana, la reabsorción fetal o los abortos clínicos, ofreciendo una valoración más integral de la eficiencia reproductiva del sistema (67).

7.6 Factores que influyen en la respuesta reproductiva sobre la tasa de preñez

La edad es un factor determinante en la respuesta reproductiva de los bovinos, ya que influye directamente sobre la madurez sexual, la eficiencia del ciclo estral, la calidad ovocitaria, la tasa de concepción y la capacidad de mantener la gestación (68). Las variaciones fisiológicas asociadas a la edad condicionan el desempeño reproductivo en las diferentes categorías animales, como vaquillas, vacas primíparas y vacas multíparas (68).

En las vaquillas, la respuesta reproductiva está estrechamente relacionada con el alcance de la pubertad, la cual depende más del peso corporal y del desarrollo fisiológico que de la edad cronológica (68). Vaquillas que alcanzan la pubertad de manera temprana presentan ciclos estrales más regulares y mejores tasas de concepción. Sin embargo, vaquillas servidas antes de completar un adecuado desarrollo corporal pueden presentar menores porcentajes de preñez y mayor riesgo de pérdidas gestacionales (69).

En las vacas primíparas, la respuesta reproductiva suele verse comprometida debido a las elevadas demandas energéticas asociadas al crecimiento, la lactancia y la recuperación posparto (70). En esta etapa, es común la presencia de anestro posparto prolongado, sobre todo en sistemas extensivos y en ganado *Bos indicus*, lo que reduce la eficiencia de los programas reproductivos (70). La edad temprana combinada con una condición corporal inadecuada puede afectar negativamente la dinámica folicular y la secreción hormonal (70).

Las vacas multíparas, al haber alcanzado la madurez fisiológica completa, generalmente presentan una mejor respuesta reproductiva, con ciclos estrales más estables, mayor tasa de ovulación y mejores porcentajes de preñez y gestación (71). No obstante, en edades avanzadas pueden presentarse alteraciones reproductivas asociadas al envejecimiento, como disminución de la calidad ovocitaria, problemas uterinos y mayor incidencia de pérdidas embrionarias (71).

7.7.1 Clasificación etaria de vacas

La clasificación etaria en vacas *Bos indicus* permite organizar a los animales según su edad y estado fisiológico, facilitando el manejo reproductivo, productivo y sanitario del hato (72). Esta clasificación es especialmente relevante en sistemas de producción tropicales, donde las condiciones ambientales influyen de manera significativa sobre el desarrollo, la pubertad y la eficiencia reproductiva de los animales (72).

Las vaquillas corresponden a las hembras jóvenes que aún no han tenido su primer parto. En ganado *Bos indicus*, la pubertad suele presentarse a una edad más tardía en comparación con *Bos taurus*, generalmente entre los 18 y 30 meses, dependiendo del manejo nutricional y del peso corporal alcanzado (73). Dentro de esta categoría se incluyen las vaquillas prepuberales y las vaquillas púberes, siendo estas últimas aptas para iniciar programas reproductivos siempre que hayan alcanzado un desarrollo corporal adecuado (73).

Las vacas primíparas son aquellas hembras que han tenido un solo parto. Esta etapa es considerada crítica desde el punto de vista reproductivo, ya que las vacas primíparas deben enfrentar simultáneamente las demandas energéticas del crecimiento residual, la lactancia y la recuperación posparto (74). En *Bos indicus*, esta condición puede prolongar el anestro posparto y reducir la respuesta a los programas de sincronización y a la inseminación artificial (74).

Las vacas multíparas son hembras que han tenido dos o más partos. Estas vacas suelen presentar una mayor estabilidad fisiológica y una mejor respuesta reproductiva, con ciclos estrales más regulares y mayores porcentajes de preñez y gestación (75).

Finalmente, se consideran vacas adultas avanzadas o senescentes aquellas que superan los 8 a 10 años de edad, dependiendo del sistema productivo. En esta etapa puede observarse una disminución progresiva de la eficiencia reproductiva debido al envejecimiento reproductivo, mayor incidencia de patologías uterinas y reducción de la calidad ovocitaria, lo que puede justificar su descarte del sistema productivo (75).

7.7.2 Edad y respuesta a protocolos de sincronización

La edad y la categoría etaria de las hembras bovinas influyen de manera significativa en la respuesta a los protocolos de sincronización del estro y la ovulación. Las diferencias fisiológicas

asociadas al desarrollo sexual, la actividad ovárica, el estado endocrino y las demandas metabólicas propias de cada etapa productiva condicionan la eficacia de los tratamientos hormonales y los resultados reproductivos obtenidos (76).

En las vaquillas, la respuesta a los protocolos de sincronización depende principalmente del grado de madurez sexual y del peso corporal alcanzado (76). Vaquillas púberes presentan una adecuada respuesta ovárica a la administración de progesterona, prostaglandinas y gonadotropinas, mostrando altas tasas de sincronización y ovulación. Sin embargo, en vaquillas prepuberales o con desarrollo corporal insuficiente, la respuesta a los protocolos hormonales es limitada, ya que el eje hipotálamo–hipófisis–ovario no se encuentra completamente funcional, lo que se traduce en menores porcentajes de preñez (77).

Las vacas primíparas suelen presentar una respuesta reproductiva más variable a los protocolos de sincronización. Esta categoría enfrenta un balance energético negativo más pronunciado debido a la combinación de lactancia, crecimiento residual y recuperación posparto (78). Como consecuencia, es frecuente la presencia de anestro posparto prolongado, especialmente en ganado *Bos indicus*. En estos casos, los protocolos que incluyen progesterona exógena y presincronización hormonal han demostrado mejorar la respuesta ovárica, la presentación del estro y las tasas de ovulación (78).

Las vacas multíparas usualmente indican una mejor respuesta a los protocolos de sincronización, debido a una mayor estabilidad fisiológica y endocrina. Presentan ciclos estrales más regulares, mejor dinámica folicular y una respuesta más predecible a la administración de GnRH, prostaglandinas y progesterona. Esto se refleja en mayores porcentajes de preñez y gestación en los programas de inseminación artificial a tiempo fijo (79).

En vacas de edad avanzada, la respuesta a los protocolos de sincronización puede verse comprometida por procesos asociados al envejecimiento reproductivo, como la disminución de la calidad ovocitaria, alteraciones uterinas y mayor incidencia de pérdidas embrionarias (80). Aunque estas vacas pueden responder a la sincronización del estro, los resultados reproductivos suelen ser inferiores en comparación con vacas adultas jóvenes, lo que justifica su evaluación para descarte reproductivo (80).

8. METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, de tipo aplicado. Se evaluó la tasa de preñez en vacas *Bos indicus* sometidas a dos protocolos reproductivos: uno convencional y otro que incluyó presincronización (Pre-Synch) con dosis estándar de progesterona previo a la IATF, considerando la edad como variable de análisis. La investigación fue prospectiva, ya que los datos se recolectaron durante el desarrollo del experimento, y de corte transversal en lo referente al diagnóstico de gestación, el cual se realizó en un solo momento posterior a la inseminación.

9. Localización

La investigación se lleva a cabo en la provincia de El Oro, específicamente en el cantón de Piñas, dentro de la parroquia de Saracay. Los datos geográficos son los siguientes:

- Coordenadas Geográficas: Latitud -3.641278, Longitud -79.860924.
- Altura Promedio: 450 metros sobre el nivel del mar.
- Temperatura Promedio: 25 °C. Temperatura Promedio: 25°C

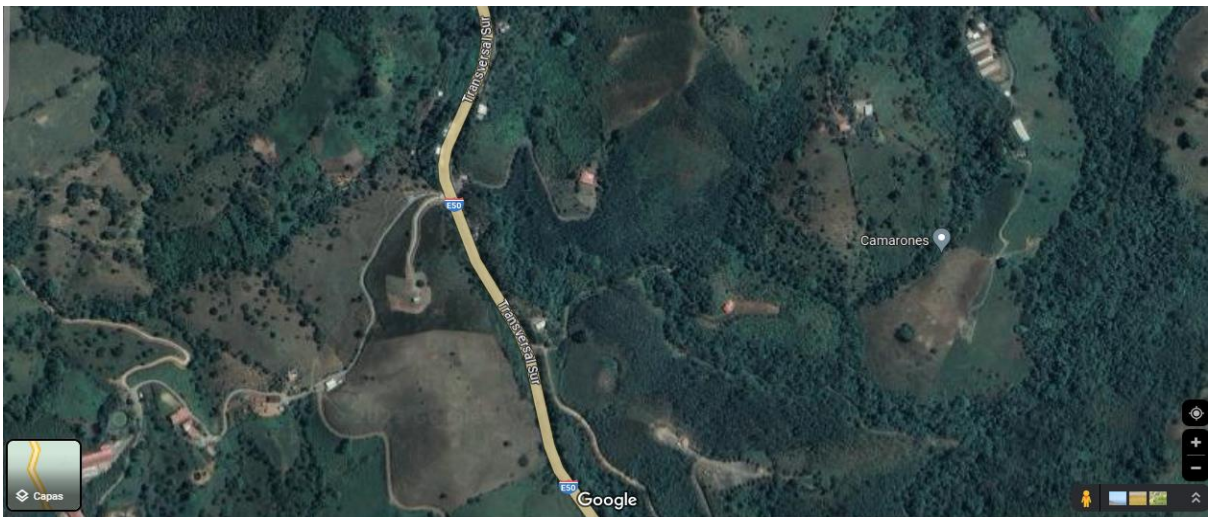


Figura 1: Ubicación del lugar de la investigación

9.1 Determinación del tamaño de muestra y selección de animales

9.1.1 Muestra de animales de estudio

Se usó un muestreo probabilístico aleatorio simple de 116 vacas *bos indicus*, calculado a partir de una población de 1000 animales con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2(N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

- n = tamaño de la muestra
- N = tamaño de la población (1 000 animales)
- Z = valor de la distribución normal para un nivel de confianza del 95 % (1,96)
- p = probabilidad de ocurrencia del evento (0,5)
- q = probabilidad de no ocurrencia del evento (0,5)
- e = error máximo permitido (0,09)

$$n = \frac{1000 \cdot (1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{(0,09)^2 (1000-1) + (1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}$$

El tamaño de muestra obtenido da un resultado de 116 vacas número el cual es estadísticamente representativo de la población total.

9.1.2 selección de animales de estudio

Los animales seleccionados cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: edad entre 2 y 13 años, condición corporal promedio de $3,0 \pm 0,5$ (escala 1–5), buen estado sanitario general y ausencia de patologías reproductivas detectables al examen clínico y ultrasonográfico.

Todas las vacas se manejaron bajo un mismo sistema extensivo, el cual tenía libre pastoreo de forma natural; los animales tenían libre acceso al agua y suplementación mineral para tener animales sanos y evitar sesgos por enfermedades. Por esta razón, se realizó un manejo sanitario uniforme que incluyó desparasitación interna y externa, con el fin de minimizar sesgos por sanidad.

Una vez seleccionados, los animales fueron identificados individualmente y asignados de forma aleatoria a uno de los dos grupos experimentales:

- Grupo control (T0): vacas sometidas al protocolo convencional de IATF.
- Grupo tratamiento (T1): vacas sometidas al protocolo de presincronización (Pre-Synch) con progesterona de acción prolongada, seguido del protocolo convencional de IATF.

Adicionalmente, las vacas fueron clasificadas según su edad en dos categorías: vacas jóvenes (≤ 5 años) y vacas adultas (> 4 años), de esta manera logramos evaluar los efectos principales y la interacción entre tratamiento y edad. Las aplicaciones hormonales fueron realizadas en horas de la mañana (08h00), siguiendo estrictamente las recomendaciones técnicas para programas de IATF en ganado *Bos indicus*.

En el grupo control (T0), el protocolo convencional de IATF incluyó la colocación de un dispositivo intravaginal con progesterona, la administración de estrógenos y prostaglandina F2 α , y la inseminación artificial a tiempo fijo según el cronograma establecido.

En el grupo de tratamiento (T1), las vacas recibieron una dosis intramuscular de progesterona de acción prolongada como fase de presincronización (Pre-Synch), seguida del mismo protocolo convencional de IATF aplicado al grupo control.

Previo al inicio del protocolo convencional, se realizó una evaluación reproductiva mediante ultrasonografía transrectal, con el fin de verificar la presencia de estructuras ováricas funcionales y descartar alteraciones del tracto reproductivo.

9.2 RECURSOS Y MATERIALES

9.2.1 Recursos

- Transporte
- Registros
- Computadora
- Cámara

9.2.2 Materiales de campo

- Guantes ginecológicos y de manejo
- Gel Ecógrafo
- Ecógrafo
- Alcohol
- Sogas
- Medicamentos hormonales
- Catéteres de lavado
- Catéteres de inseminación
- Pajuelas

9.2.3 Materiales de Oficina

- Esferos
- Resma de papel
- Tabla de campo

- Marcadores permanentes
- Impresiones

9.3 METODOS

Análisis Estadístico Los datos obtenidos fueron registrados en una base de datos digital y posteriormente organizados en tablas de contingencia según grupo experimental de control y tratamiento, además, la categoría de Edad

Se aplicó estadística descriptiva para la organización y resumen de los datos obtenidos. Se calcularon frecuencias absolutas (n) y relativas para el resultado reproductivo (preñada/vacía), según:

- Tipo de protocolo reproductivo (grupo control y grupo tratamiento).
- Categoría de edad (≤ 5 años y > 5 años)

9.3.1 Análisis inferencial

Para evaluar la relación entre variables cualitativas (categoría de edad y diagnóstico de preñez), así como entre tipo de protocolo reproductivo y resultado de preñez, se utilizó la prueba de Chi-cuadrado (χ^2) de Pearson, considerada apropiada para el análisis de asociación entre variables categóricas.

La prueba se aplicó con los siguientes fines:

- Analizar la asociación entre la categoría de edad (≤ 5 años y > 5 años) y la tasa de preñez.
- Comparar las proporciones de preñez entre el grupo control (IATF convencional) y el grupo tratamiento (Pre-Synch + IATF).
- Evaluar la posible interacción entre edad y tratamiento en el resultado reproductivo.

9.3.2 Criterios de interpretación

. Si $p < 0,05$: se consideró que existía una asociación estadísticamente significativa entre las variables analizadas.

. Si $p \geq 0,05$: se concluyó que no existía una asociación estadísticamente significativa entre las variables.

9.4 Procedimiento

Se realizó una selección de los animales que serán objetos de estudio seguido de la formación de grupos y la identificación, estos grupos de animales se realizó una evaluación de las estructuras ováricas mediante ecografía.

Posteriormente se realizó el protocolo experimental al grupo tratamiento con la aplicación de progesterona de larga duración a una dosis de 150 mg de forma intramuscular 8 días antes del tratamiento convencional de IATF, al grupo control se le mantiene con el protocolo convencional sin la aplicación de progesterona antes de los 8 días.

9.4.1 Descripción de datos utilizados en la investigación

Los datos de la investigación fueron tomados a medida que el proyecto avanzó en el campo de los cuales se ordenaron para hacer el análisis y discusión de los mismos

9.4.2 Variables de estudio

Variables independientes:

- Edad
- Tipo de protocolo hormonal (convencional vs. Pre-Synch).

Variable dependiente:

- Tasa de preñez (%).

Variables de control:

- Edad
- Manejo nutricional.
- Estado sanitario.

9.5 METODOLOGÍA DE CAMPO

Los animales asignados al **grupo control** fueron manejados mediante un protocolo convencional de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en el cual se usó un dispositivo intravaginal con progesterona. Por su parte, los animales pertenecientes al **grupo tratamiento** recibieron el mismo protocolo estándar; sin embargo, se incorporó previamente una dosis baja de progesterona (150 mg) administrada ocho días antes del inicio del esquema convencional, con el objetivo de generar un efecto de presincronización hormonal.

9.5.1 Protocolo convencional de IATF

Día 0: Inserción de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (PLUSELAR® 0,6 g; Calier, Argentina) junto con la administración intramuscular de benzoato de estradiol a una dosis de 2 mg.

Día 8: Retiro del dispositivo intravaginal junto a una dosis intramuscular de 500 µg de D-cloprostenol (PGF2α), 400 UI de eCG y 1 mg de cipionato de estradiol.

Día 10: Realización de la inseminación artificial a tiempo fijo. En las vacas que presentaron signos evidentes de celo, la IATF se efectuó a las 52 horas posteriores al retiro del dispositivo. En aquellas sin manifestación de celo, la inseminación se realizó a las 60 horas post-retiro, complementando con la administración intramuscular adicional de GnRH (2 500 UI) al momento del procedimiento.

9.5.2 Protocolo experimental Pre-Synch + IATF

Día -8: Aplicación intramuscular de 100 mg de progesterona inyectable de acción prolongada como estrategia de presincronización.

Día 0 en adelante: Desarrollo completo del protocolo convencional de IATF descrito previamente, manteniendo el mismo esquema de tratamientos hormonales y tiempos de inseminación establecidos para el grupo control.

9.5.3. Diagnóstico de gestación

La confirmación de la gestación se llevó a cabo mediante ultrasonografía transrectal a los 40 días posteriores a la inseminación artificial. Para ello, se empleó un ecógrafo equipado con transductor lineal adecuado para la evaluación reproductiva en bovinos. Se consideraron gestantes aquellas vacas en las que se evidenció ecográficamente la presencia de vesícula embrionaria y estructuras fetales compatibles con una gestación en curso. Los animales en los que no se detectaron dichas estructuras fueron clasificados como no gestantes.

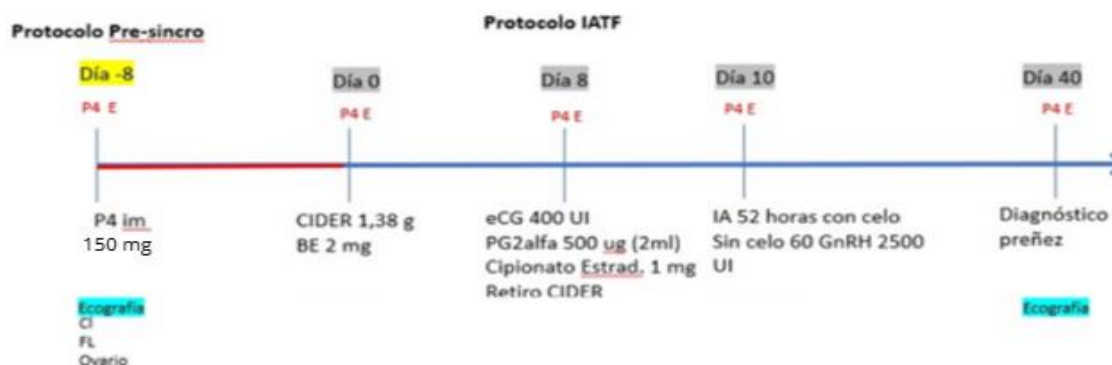


Figura 2. Protocolo experimental (presynch) en IATF mediante la incorporación de progesterona de larga duración

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 estadística inferencial de la edad por grupo experimental y categoría de edad

Dentro de cada categoría de edad, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la edad media entre el grupo Control y el grupo Tratamiento que recibió el protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada. Los resultados globales indicaron que la tasa de preñez fue mayor en el grupo de tratamiento con el protocolo Pre-Synch (66,7 %) en comparación con el grupo control (58,9 %). No obstante, el análisis estadístico mediante la prueba de chi-cuadrado no evidenció una asociación significativa entre el tratamiento y la condición reproductiva ($\chi^2 = 0,45$; $p = 0,50$), dando a conocer que la aplicación del protocolo Pre-Synch no produjo un incremento estadísticamente significativo en la tasa de preñez bajo las condiciones evaluadas.

N° vacas	preñadas	No preñadas	Porcentaje de preñez	de Porcentaje de no preñez
116	73	43	62.93%	37.07%

Tabla 2 Cantidad de vacas preñadas y porcentajes.

La ausencia de diferencias estadísticas sugiere que, en sistemas de producción extensivos y bajo condiciones de manejo homogéneas, la presincronización con progesterona de acción prolongada no garantiza por sí sola una mejora significativa en la tasa de preñez en vacas *Bos*

indicus. Sin embargo, el mayor porcentaje de preñez observado en el grupo tratado podría estar relacionado con una mejor sincronización del estro y una mayor uniformidad en la dinámica folicular, estos aspectos que han sido descritos en estudios previos como beneficios potenciales de los protocolos de presincronización. Estos resultados coinciden con investigaciones pasadas que reportan mejoras numéricas sin significancia estadística, particularmente cuando el tamaño muestral es limitado.

En vacas jóvenes, la tasa de preñez fue similar entre tratamientos.

En vacas adultas, el grupo tratado presentó una diferencia porcentual de aproximadamente 17 puntos porcentuales respecto al control, evidenciando una tendencia favorable del protocolo Pre-Synch en animales con mayor madurez reproductiva.

Aunque la prueba estadística no mostró significancia ($p > 0,05$), la magnitud de la diferencia sugiere un posible efecto biológico que podría confirmarse con un mayor tamaño muestral.

Edad	Control	%	Tratamiento	%
≤ 5 años	15/25	60,0	20/32	62,5
> 5 años	18/31	58,1	21/28	75,0

Tabla 3. Tasa de preñez según tratamiento y edad

Por lo tanto, la falta de sesgo relacionado con la edad observada en la Tabla 1 y 2 fortalece la validez interna del estudio y apoya la atribución de diferencias posteriores en las tasas de concepción principalmente al protocolo Pre-Synch utilizando progesterona de acción prolongada en lugar de a los efectos de confusión de la edad (82). Estudios previos han enfatizado consideraciones metodológicas similares, las cuales resaltan que una distribución equilibrada de la edad es esencial al evaluar las estrategias de sincronización hormonal en el ganado cebú (83).

Tratamiento	Preñadas (n)	Total (n)	Tasa de preñez (%)
Control (T0)	21	35	60,0
Pre-Synch (T1)	23	37	62,2
Total	44	72	—

$$\chi^2 = 0,00; \text{gl} = 1; p = 1,00$$

Tabla 4. Distribución de la preñez según tratamiento en vacas jóvenes (≤ 5 años)

Tratamiento	Preñadas (n)	Total (n)	Tasa de preñez (%)
Control (T0)	12	21	57,1
Pre-Synch (T1)	17	23	73,9
Total	29	44	—

$$\chi^2 = 0,73; \text{gl} = 1; p = 0,39$$

Tabla 5. Distribución de la preñez según tratamiento en vacas adultas (> 5 años)

10.2 Evaluar la influencia de la edad sobre la respuesta reproductiva a protocolos de IATF en vacas *Bos indicus*.

Tasa de preñez por grupo experimental y categoría de edad de las vacas *Bos indicus* inseminadas con protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Las tasas de preñez variaron de un mínimo de 57.1 a un máximo de 73.9 %, siendo numéricamente más elevadas las observadas en vacas inseminadas con el protocolo Pre-Synch que incluía progesterona de acción prolongada, en especial en la categoría de edad > 5 años. En el caso de las vacas jóvenes (≤ 5 años) las tasas de preñez y concepción fueron similares entre los grupos Control y Tratamiento (60.0 vs 62.2 %, respectivamente). En el caso de las vacas adultas (> 5 años) el grupo Tratamiento exhibió una tasa de preñez más alta (73.9 %) comparada con el grupo Control (57.1 %). Al analizar la respuesta reproductiva según la categoría etaria en vacas jóvenes (≤ 5 años) la tasa de preñez fue similar entre el grupo control (60,0 %) y el grupo tratado (62,2 %), sin diferencias estadísticas significativas ($\chi^2 = 0,00; p = 1,00$); en vacas adultas (> 5 años), el grupo tratado exhibió una tasa de preñez más alta (73,9 %) en comparación con el grupo control (57,1 %), aunque esta diferencia tampoco fue estadísticamente significativa ($\chi^2 = 0,73; p = 0,39$). No se objetivó interacción entre la categoría de edad y el tratamiento. En suma, los resultados expresan que el protocolo Pre-Synch tiende a mejorar los resultados reproductivos en vacas adultas, las diferencias observadas deben interpretarse como biológicamente sugerentes más que estadísticamente concluyentes (84). El protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada tendió a mejorar el rendimiento reproductivo en vacas *Bos indicus*, particularmente en animales adultos (> 5 años), aunque estas diferencias no alcanzaron significancia estadística. La tasa de preñez numéricamente más alta registrada en vacas adultas que recibieron el tratamiento Pre-Synch es biológicamente consistente con informes previos que demuestran que la exposición adecuada a la progesterona antes de la

ovulación mejora la competencia folicular, la función lútea y la receptividad uterina, aumentando así la probabilidad de establecimiento exitoso de la preñez (85).

La Tabla 3 presenta la distribución global de la tasa de preñez en vacas *Bos indicus* según el protocolo reproductivo aplicado. El grupo sometido al protocolo Pre-Synch (T1) presentó una tasa de preñez de 66,7 %, superior al grupo control (58,9 %), observándose una diferencia numérica de 7,8 puntos a favor del tratamiento aplicado con progesterona de acción prolongada.

No obstante, el análisis mediante prueba de Chi-cuadrado no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los aplicados tratamientos ($\chi^2 = 0,45$; $p = 0,50$), lo que indica que, bajo las condiciones experimentales del estudio, el protocolo Pre-Synch no modificó significativamente la tasa de preñez global.

Desde el punto de vista biológico, la tendencia favorable observada en el grupo tratado podría estar relacionada con una mejor sincronización folicular y mayor estabilidad luteal inducida por la exposición previa a progesterona. Sin embargo, el tamaño muestral y la variabilidad individual podrían haber limitado la detección de diferencias estadísticas.

Tratamiento	Preñadas (n)	Total (n)	Tasa de preñez (%)
Control (T0)	33	56	58,9
Pre-Synch (T1)	40	60	66,7
Total	73	116	—

$$\chi^2 = 0,45; \text{gl} = 1; p = 0,50$$

Tabla 6. Distribución global de la tasa de preñez según tratamiento

La Tabla 4 muestra las frecuencias observadas y esperadas en vacas jóvenes (≤ 5 años). En esta categoría etaria, el grupo control presentó 21 vacas preñadas, mientras que el grupo tratado registró 23 vacas preñadas, reflejando tasas de preñez similares entre ambos protocolos (60,0 % vs 62,2 %).

El análisis estadístico no manifestó asociación significativa entre tratamiento y resultado reproductivo en esta categoría ($\chi^2 = 0,00$; $p = 1,00$), lo que indica que la presincronización con progesterona no produjo un efecto diferencial en vacas jóvenes.

Biológicamente, este comportamiento podría explicarse porque las vacas jóvenes presentan, en general, una actividad ovárica más eficiente y una mejor competencia folicular basal, lo que reduce la necesidad de intervenciones hormonales adicionales para optimizar la respuesta a la IATF.

Tratamiento Estado reproductivo Observado (O) Esperado (E)			
Control	Preñadas	21	21,39
Control	No preñadas	14	13,61
Pre-Synch	Preñadas	23	22,61
Pre-Synch	No preñadas	14	14,39

Tabla 7. Frecuencias observadas y esperadas para el análisis χ^2 en vacas jóvenes (≤ 5 años)

La Tabla 5 presenta las frecuencias observadas y esperadas en vacas adultas (> 5 años). En esta categoría, el grupo tratado mostró una mayor proporción de vacas preñadas (17) en comparación con el grupo control (12), correspondiendo a tasas de preñez de 73,9 % y 57,1 %, respectivamente. La diferencia numérica fue de 16,8 puntos porcentuales a favor del protocolo Pre-Synch.

Sin embargo, el análisis de Chi-cuadrado no detectó significancia estadística ($\chi^2 = 0,73$; $p = 0,39$), lo que indica ausencia de asociación estadística entre tratamiento y preñez en esta categoría.

Desde una perspectiva fisiológica, la mejor respuesta observada en vacas adultas tratadas puede estar relacionada con una mayor estabilidad endocrina y mejor capacidad de respuesta al efecto modulador de la progesterona exógena. La exposición previa a progesterona podría haber optimizado la dinámica folicular, favoreciendo la ovulación sincronizada y la función lútea posterior.

Aunque estadísticamente no concluyente, la magnitud de la diferencia observada sugiere una tendencia biológicamente relevante que podría adquirir significancia con un mayor tamaño muestral.

Tratamiento Estado reproductivo Observado (O) Esperado (E)			
Control	Preñadas	12	13,84
Control	No preñadas	9	7,16
Pre-Synch	Preñadas	17	15,16
Pre-Synch	No preñadas	6	7,84

Tabla 8. Frecuencias observadas y esperadas para el análisis χ^2 en vacas adultas (> 5 años)

10.3 Evaluación del efecto del tratamiento, la categoría de edad y su interacción en el resultado de preñez

El modelo indicó que ni el tratamiento Pre-Synch con progesterona de acción prolongada ni la categoría de edad tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre la probabilidad de preñez ($p > 0,05$). Aunque el efecto del tratamiento mostró una razón de probabilidades mayor que 1, lo que sugiere una probabilidad numéricamente mayor de preñez en las vacas que recibieron el tratamiento del protocolo de Pre-Synch en comparación con el grupo Control, este efecto no obtuvo una significancia estadística. Además, el término de interacción entre el tratamiento y la categoría de edad no fue significativo, lo que indica que la respuesta al protocolo Pre-Synch fue consistente en todos los grupos de edad (86).

En general, estos resultados sugieren que, si bien el protocolo evaluado puede conferir una ventaja biológica, su efecto sobre el resultado de la preñez no fue estadísticamente concluyente en las condiciones del presente estudio (87). La ausencia de una interacción significativa Tratamiento \times Edad implica que la respuesta a la progesterona de acción prolongada fue relativamente uniforme en todas las categorías de edad, lo que respalda hallazgos previos que indican que los protocolos de sincronización basados en progesterona pueden mitigar la variabilidad relacionada con la edad en la respuesta endocrina en el ganado *Bos indicus* (88).

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Técnicos

El análisis integrado de los resultados presentados en las Tablas 1, 2 y 3, junto con su discusión, demuestra desde una perspectiva técnica, estos hallazgos refuerzan el valor de los protocolos

de presincronización basados en progesterona para estandarizar el estado ovárico y mejorar la predictibilidad de los resultados del IATF en condiciones de campo.

Económico

Económicamente, mejoras moderadas en la eficiencia reproductiva pueden conducir a una reducción de días abiertos, una mejor distribución de partos y un aumento de la productividad vitalicia por vaca, generando beneficios económicos tangibles a nivel de rebaño.

Social

En términos sociales, una mayor productividad reproductiva contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de producción ganadera, apoyando los medios de vida rurales y la seguridad alimentaria en regiones donde predomina el ganado *Bos indicus*.

Ambiental

En términos ambientales, una mayor eficiencia reproductiva reduce el número de animales improductivos y los recursos necesarios por ternero, contribuyendo así a sistemas ganaderos más sostenibles con una menor huella ambiental. En conjunto, estos impactos resaltan que la relevancia del protocolo evaluado va más allá de la significancia estadística, ofreciendo beneficios prácticos, escalables y sostenibles para el manejo reproductivo en sistemas de ganado vacuno de carne tropical.

12. CONCLUSIONES

- Las tasas de preñez obtenidas en vacas *Bos indicus* jóvenes y adultas evidencian que el protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada a dosis estándar es biológicamente eficaz y técnicamente aplicable en condiciones de campo. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las categorías de edad, lo que indica que la edad no influyó de manera significativa sobre la tasa de preñez bajo las condiciones evaluadas.

- En relación con la tasa de concepción, los resultados fueron comparables entre los grupos etarios, sin diferencias estadísticamente significativas según el análisis de regresión logística. La ausencia de una interacción significativa Tratamiento \times Edad demuestra que el efecto de la progesterona de acción prolongada fue consistente en vacas jóvenes y adultas, independientemente de la edad.

13. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar protocolos Pre-Synch con progesterona de acción prolongada como parte de programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas *Bos indicus*, especialmente en sistemas de producción tropicales, ya que las tendencias biológicas observadas indican mejores tasas de preñez y concepción sin introducir sesgo relacionado con la edad.

- Se recomienda realizar estudios longitudinales a lo largo de múltiples temporadas reproductivas para evaluar la consistencia de las respuestas reproductivas a los protocolos Pre-Synch en diversas condiciones ambientales y de manejo.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. D'ENJOY, D'Endel; CABRERA, Pedro; VIVAS, Isis y DIAZ, Thaís. Dinámica folicular ovárica durante el ciclo estral en vacas brahman. *Rev. Fac. Cienc. Vet.* [online]. 2012, vol.53, n.1 [citado 2026-01-28], pp.39-47. Disponible en: <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-65762012000100005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0258-6576ResearchGate. Follicular dynamics and pregnancy rate in Nellore heifers submitted to fixed-time artificial insemination protocols [Internet]. s.l.; s.f. [citado 16 jun 2025]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/362236165>
2. Marques M de O, Morotti F, da Silva CB, Júnior MR, da Silva RCP, Baruselli PS, et al. Influence of category--heifers, primiparous and multiparous lactating cows--in a large-scale resynchronization fixed-time artificial insemination program. *J Vet Sci* [Internet]. 2015;16(3):367–71. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4142/jvs.2015.16.3.367>
3. Sales JNS, Pereira RVV, Bicalho RC, Baruselli PS. Efecto de la inyección de cobre, selenio, zinc y manganeso en la tasa de preñez de novillas cruzadas (*Bos indicus*×*Bos taurus*) sincronizadas para la transferencia de embriones programada. *Livest Sci* [Internet]. 2011;142(1–3):59–62. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2011.06.014> }
4. Adams GP, Nasser LF, Bo GA, Garcia A, Del Campo MR, Mapletoft RJ. Respuesta superovulatoria de los folículos ováricos de la Ola 1 frente a la Ola 2 en novillas. *Theriogenology* [Internet]. 1994;42(7):1103–13. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/0093-691x\(94\)90858-3](http://dx.doi.org/10.1016/0093-691x(94)90858-3)
5. Salverson RR, de Campo en Vacas y Becerros. Extensión SDSU E. El Ciclo Estral en Bovinos [Internet]. Sdstate.edu. [citado el 7 de julio de 2025]. Disponible en: <https://extension.sdstate.edu/sites/default/files/2021-12/P-00167-S.pdf>
6. Baldassarre H, Currin L, Michalovic L, Bellefleur AM, Gutierrez K, Mondadori RG, et al. Intervalo de administración de gonadotropinas para la producción de embriones in vitro a partir de ovocitos recolectados de terneros Holstein de entre 2 y 6 meses de edad mediante laparoscopia repetida. *Theriogenology* [Internet]. 2018;116:64–70. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.05.005>

7. Moore SG, Hasler JF. Una revisión de 100 años: Tecnologías reproductivas en la ciencia láctea. *J Dairy Sci* [Internet]. 2017;100(12):10314–31. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13138>
8. Diaz-Quevedo C, Ramírez García A, Torres Bernal L, Cáceres Coral J, Ampuero Trigoso G, Saucedo-Uriarte JA. Efecto de diferentes protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo sobre el moco, el tamaño ovárico y la preñez de vacas mestizas en el trópico húmedo del Perú. *Vet Med Int* [Internet]. 2023;2023(1):9942021. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2023/9942021>
9. Pérez-Torres L, Rubio I, Corro M, Cohen A, Orihuela A, Galina CS, et al. A pre-synchronization program at early postpartum might increase the chances of *Bos indicus* cows cycling prior to 50 days regardless of the length of calf separation. *J Reprod Dev* [Internet]. 2015;61(3):199–203. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1262/jrd.2014-114>
10. Researchgate.net. [citado el 16 de julio de 2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/319176516_Effect_of_Flushed_Feeding_and_Age_on_Estrus_Synchronization_and_Conception_Rate_of_Holstein_Local_Crossbred_Cows_After_Using_Analogue_GnRH_and_Prostaglandin_F_2_a_Hormone?utm_source
11. Sá Filho MF, Santos JEP, Ferreira RM, Sales JNS, Baruselli PS. Importancia del estro en la gestación por inseminación en vacas *Bos indicus* amamantadas sometidas a protocolos de inseminación programada basados en estradiol/progesterona. *Theriogenology* [Internet]. 2011;76(3):455–63. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.02.022>
12. Animal-reproduction.org. [citado el 16 de julio de 2025]. Disponible en: https://www.animal-reproduction.org/article/66ab6dbea9539570a57bd825/pdf/animreprod-21-3-66ab6dbea9539570a57bd825.pdf?utm_source.
13. Leitman NR, Busch DC, Mallory DA, Wilson DJ, Ellersieck MR, Smith MF, et al. Comparación de protocolos a largo plazo basados en CIDR para sincronizar el estro en novillas de carne. *Anim Reprod Sci* [Internet]. 2009;114(4):345–55. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.10.014>
14. Ketchum JN, Quail LK, Epperson KM, Guy CP, Rich JJJ, Zoca SM, et al. Evaluación de dos protocolos de IA de tiempo fijo para vacas de carne que utilizan

- presincronización. *Theriogenology* [Internet]. 2024;213:59–65. Disponible en: https://utbeef.tennessee.edu/wp-content/uploads/sites/127/2023/12/Evaluation-of-Two-Beef-Cow-Fixed-time-AI-Protocols-that-Utilize-Presynchronization.pdf?utm_source
15. Romano JE. Control hormonal del estro en bovinos [Internet]. Manual veterinario Merck. 2021 [citado el 16 de julio de 2025]. Disponible en: https://www.merckvetmanual.com/management-and-nutrition/hormonal-control-of-estrus/hormonal-control-of-estrus-in-cattle?utm_source
 16. Bohlen J. Programas de sincronización de rebaños lecheros [Internet]. Uga.edu. 2025 [citado el 16 de julio de 2025]. Disponible en: https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B1227&title=dairy-herd-synchronization-programs&utm_source:
 17. Ginther OJ, Wiltbank MC, Fricke PM, Gibbons JR, Kot K. Selección del folículo dominante en el ganado. *Biol Reprod* [Internet]. 1996;55(6):1187–94. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1095/biolreprod55.6.1187>
 18. Ireland JJ, Mihm M, Austin E, Diskin MG, Roche JF. Perspectiva histórica de la renovación de folículos dominantes durante el ciclo estral bovino: conceptos clave, estudios, avances y términos. *J Dairy Sci* [Internet]. 2000;83(7):1648–58. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75033-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75033-8)
 19. Geary TW, Whittier JC, Downing ER, LeFever DG, Silcox RW, Holland MD, et al. Tasas de preñez de vacas de carne postparto sincronizadas mediante Syncro-Mate-B u Ovsynch. *J Anim Sci* [Internet]. 1998;76(6):1523–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2527/1998.7661523x>
 20. Diaz-Quevedo C, Ramírez García A, Torres Bernal L, Cáceres Coral J, Ampuero Trigoso G, Saucedo-Uriarte JA. Efecto de diferentes protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo sobre el moco, el tamaño ovárico y la preñez de vacas mestizas en el trópico húmedo del Perú. *Vet Med Int* [Internet]. 2023;2023(1):9942021. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2023/9942021>
 21. Portaluppi MA, Stevenson JS. Tasas de preñez en vacas lecheras lactantes tras la presincronización de los ciclos estrales y variaciones del protocolo Ovsynch. *J Dairy Sci* [Internet]. 2005;88(3):914–21. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72758-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72758-2)

22. El-Zarkouny SZ, Cartmill JA, Hensley BA, Stevenson JS. Preñez en vacas lecheras tras regímenes de ovulación sincronizada con o sin presincronización y progesterona. *J Dairy Sci* [Internet]. 2004;87(4):1024–37. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73248-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73248-8)
23. Compañía británica de reclamaciones. Editoriales académicas Nexus (NAP) [Internet]. [Nexusacademicpublishers.com](https://www.nexusacademicpublishers.com). [citado el 16 de julio de 2025]. Disponible en: https://www.nexusacademicpublishers.com/table_contents_detail/4%3B/377/html?utm_source
24. NC1006: Métodos para aumentar la eficiencia reproductiva en bovinos (rev. NC-113) – NIMSS [Internet]. [Nimss.org](https://nimss.org). [citado el 16 de julio de 2025]. Disponible en: https://nimss.org/projects/view/mrp/outline/2596?utm_source
25. .Bó, G. A., Cutaia, L., Peres, L. C., Pincinato, D., Maraña, D., & Baruselli, P. S. (2007). Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*, 67(1), 62–74.
26. Baruselli, P. S., Sales, J. N. S., Sala, R. V., Vieira, L. M., & Sá Filho, M. F. (2012). History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. *Animal Reproduction*, 9(3), 139–152.
27. Lamb, G. C., Dahlen, C. R., Larson, J. E., Marquezini, G., & Stevenson, J. S. (2010). Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle: A review. *Journal of Animal Science*, 88(13 Suppl), E181–E192.
28. Meneghetti, M., Sá Filho, O. G., Peres, R. F. G., Lamb, G. C., Vasconcelos, J. L. M., & Baruselli, P. S. (2009). Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*, 72(7), 907–915.
29. Sartori, R., & Barros, C. M. (2011). Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science*, 124(3–4), 244–250.
30. Biase FH, Moorey SE, Schnuelle JG, Rodning S, Ortega MS, Spencer TE. Extensive rewiring of the gene regulatory interactions between in vitro-produced conceptuses and endometrium during attachment. *PNAS Nexus* [Internet]. 2023;2(9):gad284. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad284>
31. Thomas JM, Locke JWC, Bishop BE, Abel JM, Ellersieck MR, Yelich JV, et al. Evaluation of the 14-d CIDR-PG and 9-d CIDR-PG protocols for synchronization of

- estrus in *Bos indicus*-influenced and *Bos taurus* beef heifers. *Theriogenology* [Internet]. 2017;92:190–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.01.020>
32. Cooke RF, Cardoso RC, Cerri RLA, Lamb GC, Pohler KG, Riley DG, et al. Cattle adapted to tropical and subtropical environments: genetic and reproductive considerations. *J Anim Sci* [Internet]. 2020;98(2). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/jas/skaa015>
33. Moorey SE, Biase FH. Beef heifer fertility: importance of management practices and technological advancements. *J Anim Sci Biotechnol* [Internet]. 2020;11(1):97. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s40104-020-00503-9>
34. Biase FH, Moorey SE, Schnuelle JG, Rodning S, Ortega MS, Spencer TE. Altered microRNA composition in the uterine lumen fluid in cattle (*Bos taurus*) pregnancies initiated by artificial insemination or transfer of an in vitro produced embryo. *J Anim Sci Biotechnol* [Internet]. 2024;15(1):130. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s40104-024-01083-8>
35. Franco GA, Peres RFG, Martins CFG, Reese ST, Vasconcelos JLM, Pohler KG. Sire contribution to pregnancy loss and pregnancy-associated glycoprotein production in Nelore cows. *J Anim Sci* [Internet]. 2018;96(2):632–40. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/jas/sky015>
36. Kasimanickam R, Kasimanickam V, Kappes A. Timed artificial insemination strategies with or without short-term natural service and pregnancy success in beef heifers. *Theriogenology* [Internet]. 2021;166:97–103. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.02.023>
37. Thomas JM, Poock SE, Ellersieck MR, Smith MF, Patterson DJ. Delayed insemination of non-estrous heifers and cows when using conventional semen in timed artificial insemination. *J Anim Sci* [Internet]. 2014;92(9):4189–97. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2014-7827>

38. Bishop BE, Thomas JM, Abel JM, Pooock SE, Ellersieck MR, Smith MF, et al. Split-time artificial insemination in beef cattle: II. Comparing pregnancy rates among nonestrous heifers based on administration of GnRH at AI. *Theriogenology* [Internet]. 2017;87:229–34. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.08.029>
39. Nakafeero A, Gonzalez-Bulnes A, Martinez-Ros P. Use of short-term CIDR-based protocols for oestrus synchronisation in goats at tropical and subtropical latitudes. *Animals (Basel)* [Internet]. 2024;14(11):1560. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ani14111560>
40. Sá Filho OG, Dias CC, Lamb GC, Vasconcelos JLM. Progesterone-based estrous synchronization protocols in non-suckled and suckled primiparous *Bos indicus* beef cows. *Anim Reprod Sci* [Internet]. 2010;119(1–2):9–16. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.12.011>
41. Sá Filho MF, Nasser LFT, Penteadó L, Prestes R, Marques MO, Freitas BG, et al. Impact of progesterone and estradiol treatment before the onset of the breeding period on reproductive performance of *Bos indicus* beef heifers. *Anim Reprod Sci* [Internet]. 2015;160:30–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.06.024>
42. Oosthuizen N, Fontes PLP, Sanford CD, Ciriaco FM, Henry DD, Canal LB, et al. Estrus synchronization and fixed-time artificial insemination alter calving distribution in *Bos indicus* influenced beef heifers. *Theriogenology* [Internet]. 2018;106:210–3. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.10.028>
43. Barros CM, Moreira MB, Figueiredo RA, Teixeira AB, Trinca LA. Synchronization of ovulation in beef cows (*Bos indicus*) using GnRH, PGF2alpha and estradiol benzoate. *Theriogenology* [Internet]. 2000;53(5):1121–34. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00257-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00257-0)
44. Xavier EG, Galina CS, Pimentel CA, Rechsteiner SF, Maquivar M. Calf presence and estrous response, ovarian follicular activity and the pattern of luteinizing hormone in

- postpartum *Bos indicus* cows. Anim Reprod [Internet]. 2018;15(4):1208–13. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR2017-0049>
45. Navarro Rojas L. INDUCCIÓN Y SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN GANADO *Bos indicus*, UTILIZANDO ACETATO DE MELENGESTROL COMBINADO CON PGF2? YGNRH [Internet]. Universidad Nacional, Costa Rica. 2007 [citado el 25 de enero de 2026]. Disponible en: <https://repositorio.una.ac.cr/items/53a16f94-286b-4cb5-bb2b-d89d759a9469>
46. Baruselli PS, Reis EL, Marques MO, Nasser LF, Bó GA. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. Anim Reprod Sci [Internet]. 2004;82–83:479–86. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.025>
47. Colazo MG, Kastelic JP, Mapletoft RJ. Effects of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular dynamics, synchrony of ovulation, and fertility in CIDR-based, fixed-time AI programs in beef heifers. Theriogenology [Internet]. 2003;60(5):855–65. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0093-691x\(03\)00091-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0093-691x(03)00091-8)
48. Martínez MF, Kastelic JP, Bó GA, Caccia M, Mapletoft RJ. Effects of oestradiol and some of its esters on gonadotrophin release and ovarian follicular dynamics in CIDR-treated beef cattle. Anim Reprod Sci [Internet]. 2005;86(1–2):37–52. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.06.005>
49. Williams SW, Stanko RL, Amstalden M, Williams GL. Comparison of three approaches for synchronization of ovulation for timed artificial insemination in *Bos indicus*-influenced cattle managed on the Texas gulf coast. J Anim Sci [Internet]. 2002;80(5):1173–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2527/2002.8051173x>
50. Sánchez-Zambrano JJ, Franco-Moreira IA, Velásquez-Zambrano ED, Zambrano-Pazmiño DE. Comparación de dos protocolos de iatf de proestro prolongado en vaquillas cíclicas de carne. RCS [Internet]. 2025 [citado el 25 de enero de

- 2026];8(16):538–51. Disponible en: <https://journalgestar.org/index.php/gestar/article/view/242>
51. Williams GL, Stanko RL. Pregnancy rates to fixed-time AI in *Bos indicus*-influenced beef cows using PGF2 α with (Bee Synch I) or without (Bee Synch II) GnRH at the onset of the 5-day CO-Synch + CIDR protocol. *Theriogenology* [Internet]. 2020;142:229–35. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.047>
52. Richardson BN, Hill SL, Stevenson JS, Djira GD, Perry GA. Expression of estrus before fixed-time AI affects conception rates and factors that impact expression of estrus and the repeatability of expression of estrus in sequential breeding seasons. *Anim Reprod Sci* [Internet]. 2016;166:133–40. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.01.013>
53. Bó GA, Baruselli PS, Martínez MF. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci* [Internet]. 2003;78(3–4):307–26. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-4320\(03\)00097-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-4320(03)00097-6)
54. de Sá Filho OG, Vasconcelos JLM. Treatments to optimize the use of artificial insemination and reproductive efficiency in beef cattle under tropical environments. *Vet Med Int* [Internet]. 2010;2011:923053. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4061/2011/923053>
55. Martins JH, Santos CS, Silva MAV, Aguiar HMVSB, França IG, Pereira HG, et al. Impact of puberty status and melengestrol acetate supplementation before the breeding period on reproductive efficiency of *Bos indicus* beef heifers. *J Anim Sci* [Internet]. 2015;93(6):2796–805. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2015-8799>
56. Mvz E, Ramón G, Reproducción. REPRODUCCIÓN BOVINA [Internet]. Com.ar. [citado el 25 de enero de 2026]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/245-Reproduccion_bovina.pdf

57. DeJarnette M. Anatomía y fisiología de la reproducción bovina. 1998 [citado el 25 de enero de 2026];29:8–12. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/97-fisiologia.pdf
58. D. y Bartolomé P, As. B. EVALUACIÓN DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE PRESINCRONIZACIÓN EN UN RODEO LECHERO CON SERVICIO ESTACIONADO [Internet]. Com.ar. [citado el 25 de enero de 2026]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/141-protocolos.pdf
59. Edu.ni. [citado el 25 de enero de 2026]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/4208/1/tnl53g216e.pdf>
60. Rodríguez-Martínez R, Chavarría Neri IC, Meza-Herrera CA, Alvarado-Espino AS, Morales Cruz JL, González-Álvarez VH, et al. Eficiencia reproductiva de Ovsynch + CIDR en vacas Holstein bajo un esquema de inseminación artificial a tiempo fijo en el norte de México. Rev Mex Cienc Pecu [Internet]. 2018;9(3):506–17. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v9n3/2448-6698-rmcp-9-03-506.pdf>
61. Jiménez A, Animal. CS. SISTEMA DE ALTA EFICIENCIA REPRODUCTIVA PARA EXPLOTACIONES DE VACUNO LECHERO DE ALTA PRODUCCIÓN [Internet]. Com.ar. [citado el 25 de enero de 2026]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/242-Alta_eficiencia.pdf
62. Monteros-Pazmiño J, Vargas-Tipan J, García-Herembás D, Parra-Matute M. Evaluación de la tasa de preñez en hembras bovinas repetidoras, mediante la aplicación de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo con semen fresco. 593 Digital Publisher CEIT [Internet]. 2025;10(1):995–1008. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9966667.pdf>
63. Ninabanda J. Evaluación de la tasa de preñez transferir al embriones bovinos utilizando dos métodos de sincronización. Rev Veterinario [Internet]. 2022;33(2):152–9. Disponible en: <https://www.scielo.org.ar/pdf/revet/v33n2/1669-6840-revet-33-02-152.pdf>

64. Aréchiga-Flores C, Cortés-Vidauri Z, Hernández-Briano P, Flores-Flores G, Rochín-Berumen F, Ruiz-Fernández E. Revisión: Función y regresión del cuerpo lúteo durante el ciclo estral de la vaca. *Abanico Vet* [Internet]. 2019 [citado el 25 de enero de 2026];9(1). Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322019000100224
65. Acosta E, Peña O, Naftolin F, Avila J, Palumbo A. La angiotensina II induce la apoptosis en células de luteína de la granulosa mural humana, pero no en células del cúmulo. *Fértil Esteril* [Internet]. 2009;91(5 suplementos):1984–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fertnstert.2008.04.026>
66. Diaz FJ, Anderson LE, Wu YL, Rabot A, Tsai SJ, Wiltbank MC. Regulation of progesterone and prostaglandin F₂alpha production in the CL. *Mol Cell Endocrinol* [Internet]. 2002;191(1):65–80. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0303-7207\(02\)00056-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0303-7207(02)00056-4)
67. Lamb GC, Mercadante VRG. Estrategias de sincronización e inseminación artificial en ganado vacuno de carne. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* [Internet]. 2016;32(2):335–47. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.006>
68. Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC. Sincronización de la ovulación en vacas lecheras mediante PGF₂α y GnRH. *Theriogenology* [Internet]. 1995;44(7):915–23. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/0093-691x\(95\)00279-h](http://dx.doi.org/10.1016/0093-691x(95)00279-h)
69. Busch DC, Schafer DJ, Wilson DJ, Mallory DA, Leitman NR, Haden JK, et al. Momento de la inseminación artificial en vacas de carne posparto tras la administración del protocolo CO-Synch + liberación controlada de fármacos. *J Anim Sci* [Internet]. 2008;86(7):1519–25. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2008-0925>
70. Santos JEP, Narciso CD, Rivera F, Thatcher WW, Chebel RC. Efecto de la reducción del período de dominancia folicular en un protocolo de inseminación artificial programada en la reproducción de vacas lecheras. *J Dairy Sci* [Internet]. 2010;93(7):2976–88. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2870>

71. Ahmed N, Kathiresan D, Ahmed FA, Lalrintluanga K, Mayengbam P, Gali JM. Patrón de estro inducido y tasa de concepción tras tratamientos con hormona liberadora de gonadotropina (GOH) y Ovsynch, iniciados el día 6 del ciclo estral en vacas cruzadas con reintervención. *Vet World* [Internet]. 2016;9(4):342–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14202/vetworld.2016.342-345>
72. Dirandeh E. El inicio del protocolo Ovsynch en el día 6 del primer ciclo estral posparto aumentó la fertilidad en vacas lecheras al afectar la respuesta ovárica durante el estrés por calor. *Anim Reprod Sci* [Internet]. 2014;149(3–4):135–40. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.07.018>
73. Hassanein EM, Szelényi Z, Szenci O. Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y sus agonistas en la reproducción bovina II: Diversas aplicaciones durante la inseminación, la postinseminación, la gestación y el posparto. *Animals (Basel)* [Internet]. 2024;14(11):1575. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ani14111575>
74. Pizzato BPGE. Introducción de la Inseminación Artificial utilizando sincronización de celos en un hato de ganado de carne [Internet]. Zamorano.edu. [citado el 25 de enero de 2026]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/7e8911ac-1bec-4996-abbd-57ce021ca42a/content>
75. Rigoglio NN, Fátima LA, Hanassaka JY, Pinto GL, Machado ASD, Gimenes LU, et al. La gonadotropina coriónica equina altera las características morfológicas de las células lúteas relacionadas con la síntesis de progesterona. *Teriogenología* [Internet]. 2013;79(4):673–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.11.023>
76. Lima FS, Ayres H, Favoreto MG, Bisinotto RS, Greco LF, Ribeiro ES, et al. Efectos de la hormona liberadora de gonadotropina al inicio del programa de inseminación artificial (IA) programada a 5 días y el momento de la inducción de la ovulación en relación con la IA sobre la dinámica ovárica y la fertilidad de novillas lecheras. *J Dairy Sci* [Internet]. 2011;94(10):4997–5004. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4240>

77. Rabaglino MB, Risco CA, Thatcher MJ, Kim IH, Santos JEP, Thatcher WW. Aplicación de una inyección de prostaglandina F(2 α) en el protocolo de cinco días Co-Synch+CIDR para la sincronización y resincronización estral de novillas lecheras. J Dairy Sci [Internet]. 2010;93(3):1050–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2675>
78. Small JA, Colazo MG, Kastelic JP, Mapletoft RJ. Efectos de la presincronización con progesterona y la eCG en las tasas de preñez tras la inseminación artificial programada basada en GnRH en ganado vacuno de carne. Theriogenology [Internet]. 2009;71(4):698–706. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.09.045>
79. de la Mata JJ, Núñez-Olivera R, Cuadro F, Bosolasco D, de Brun V, Meikle A, et al. Efectos de la prolongación de la duración del proestro en un programa de sincronización del estro basado en estradiol y progesterona sobre la función ovárica, el entorno uterino y el establecimiento de la gestación en novillas de carne. Reprod Fertil Dev [Internet]. 2018;30(11):1541–52. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1071/RD17473>
80. Alves RLOR, Silva MA, Consentini CEC, E Silva LO, Folchini NP, Oliva AL, et al. Combinaciones hormonales destinadas a mejorar los resultados reproductivos de vacas *Bos indicus* sometidas a protocolos de IA cronometrados basados en estradiol/progesterona. Teriogenología [Internet]. 2021;169:89–99. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.04.007>
81. Mallory DA, Nash JM, Ellersieck MR, Smith MF, Patterson DJ. Comparación de protocolos a largo plazo basados en progestina para sincronizar el estro antes de la inseminación artificial a tiempo fijo en novillas de carne. J Anim Sci [Internet]. 2011;89(5):1358–65. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2010-3694>
82. Mellado M, Lara LM, Veliz FG, Santiago MÁ de, Avendaño-Reyes L, Meza-Herrera C, et al. Tasa de concepción de vacas Holstein inseminadas artificialmente afectadas por moco vaginal turbio, en condiciones de calor intenso. Pesqui Agropecu Bras [Internet]. 2015;50(6):492–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2015000600008>

83. Dickinson S, Elmore M, Kriese L, Elmore J, Walker B, Dyce P. Evaluation of age, weaning weight, body condition score, and reproductive tract score in pre-selected beef heifers relative to reproductive potential. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2019; 18. [Consultado 28 enero 2026]. Disponible en: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-019-0329-6>.
84. Mohammed A. Artificial Insemination and its Economical Significancy in Dairy Cattle: Review. *International Journal of Research Studies in Microbiology and Biotechnology*. 2018;: p. 30-36. [Consultado 28 enero 2026]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20431/2454-9428.0401005>
85. Mulu M, Moges N, Adane M. Review on process, advantages and disadvantage of artificial insemination in cattle. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*. 2016; 3(6): p. 8-13. [Consultado 28 enero 2026]. Disponible en: <https://www.veterinarypaper.com/pdf/2018/vol3issue6/PartA/3-5-5-712.pdf>
86. Ruiz E. “Evaluacion de los protocolos de sincronizacion de celo ovsynch y cosynch en vacas de lidia con la aplicacion de inseminacion artificial a tiempo fijo [Tesis] Perú: Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco; 2022. [Consultado 10 jun 2023]. Disponible en: http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/7393/253T20220595_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
87. Ferré LB, Kjelland ME, Strøbech LB, Hyttel P, Mermillod P, Ross PJ. Revisión: Avances recientes en la producción de embriones bovinos in vitro: historia y métodos de la biotecnología reproductiva. *Animal* [Internet]. 2020;14(5):991–1004. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731119002775>
88. Driancourt MA. Regulación de la dinámica folicular ovárica en animales de granja. Implicaciones para la manipulación de la reproducción. *Theriogenology* [Internet]. 2001;55(6):1211–39. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00479-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00479-4)