



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL SOBRE LA TASA DE PREÑEZ
TRAS LA PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) UTILIZANDO
BAJAS DOSIS DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN EN VACAS *Bos
indicus* UTILIZANDO PROTOCOLOS DE IATF”.**

**Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de
Médicos Veterinarios.**

Autores:

Aimacaña Caisaluisa Natalia Lisbeth

Moreira Ponce Alejandro Ruben

Tutor:

Gutiérrez Reinoso Miguel Ángel

Latacunga – Ecuador
Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Aimacaña Caisaluisa Natalia Lisbeth, con cédula de ciudadanía No. 0504863341 y Moreira Ponce Alejandro Ruben, con cédula de ciudadanía No. 1726772153, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“EFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL SOBRE LA TASA DE PREÑEZ TRAS LA PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) UTILIZANDO BAJAS DOSIS DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN EN VACAS *Bos indicus* UTILIZANDO PROTOCOLOS DE IATF”**, siendo el Doctor, Ph.D. Miguel Ángel Gutiérrez Reinoso, 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, 04 de marzo del 2026

Natalia Lisbeth Aimacaña Caisaluisa

C.C: 0504863341

ESTUDIANTE

Alejandro Ruben Moreira Ponce

C.C: 1726772153

ESTUDIANTE

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 **AIMACAÑA CAISALUISA NATALIA LISBETH**, identificada con cédula de ciudadanía **0504863341** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA 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. - **LA 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 CONDICIÓN CORPORAL SOBRE LA TASA DE PREÑEZ TRAS LA PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) UTILIZANDO BAJAS DOSIS DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN EN VACAS *Bos indicus* UTILIZANDO PROTOCOLOS DE IATF**”, 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: Doctor, Ph.D. Miguel Ángel Gutiérrez Reinoso

Tema: “**EFFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL SOBRE LA TASA DE PREÑEZ TRAS LA PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) UTILIZANDO BAJAS DOSIS DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN EN VACAS *Bos indicus* UTILIZANDO PROTOCOLOS DE IATF**”.

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, **LA 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 **LA 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 **LA 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 **LA 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 solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 04 días del mes de marzo del 2026.

Natalia Lisbeth Aimacaña Caisaluisa
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

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 **MOREIRA PONCE ALEJANDRO RUBEN**, identificado con cédula de ciudadanía **1726772153** 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 CONDICIÓN CORPORAL SOBRE LA TASA DE PREÑEZ TRAS LA PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) UTILIZANDO BAJAS DOSIS DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN EN VACAS *Bos indicus* UTILIZANDO PROTOCOLOS DE IATF**”, 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: Doctor, Ph.D. Miguel Ángel Gutiérrez Reinoso

Tema: “**EFFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL SOBRE LA TASA DE PREÑEZ TRAS LA PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) UTILIZANDO BAJAS DOSIS DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN EN VACAS *Bos indicus* UTILIZANDO PROTOCOLOS DE IATF**”.

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 **EL 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 solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 04 días del mes de marzo 2026.

Alejandro Ruben Moreira Ponce
EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL SOBRE LA TASA DE PREÑEZ TRAS LA PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) UTILIZANDO BAJAS DOSIS DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN EN VACAS *Bos indicus* UTILIZANDO PROTOCOLOS DE IATF”, de Aimacaña Caisaluisa Natalia Lisbeth y Moreira Ponce Alejandro Ruben, 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 han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 04 de marzo del 2026

Dr. Miguel Ángel Gutiérrez Reinoso, Ph.D.

C.C: 0502236623

DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

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, los postulantes: Aimacaña Caisaluisa Natalia Lisbeth y Moreira Ponce Alejandro Ruben, con el título del Proyecto de Investigación: **“EFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL SOBRE LA TASA DE PREÑEZ TRAS LA PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) UTILIZANDO BAJAS DOSIS DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN EN VACAS *Bos indicus* UTILIZANDO PROTOCOLOS DE IATF”**, han 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 grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 04 de marzo del 2026

DMV. Edilberto Chacón Marcheco, Ph.D.

C.C: 1756985691

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Dra. Patricia Marcela Andrade Aulestia, Mg.

C.C: 0502237555

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Dr. Luis Alonso Chicaiza Sánchez, Mg.

C.C: 0501308316

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme sus puertas y brindarme la formación académica necesaria para convertirme en profesional. Cada enseñanza recibida durante la carrera de Medicina Veterinaria ha sido fundamental en mi crecimiento personal y profesional.

A mi tutor de tesis, Dr. Miguel Gutiérrez, gracias por su guía, su paciencia y por compartir sus conocimientos durante el desarrollo de este trabajo. Su orientación fue clave para poder culminar esta etapa con éxito.

A mis padres, por su apoyo incondicional tanto emocional como económico. Gracias por sostenerme en los momentos más difíciles, por creer en mí cuando yo misma dudaba y por recordarme siempre que rendirme no era una opción. Hubo momentos en los que pensé que no lo lograría, pero su confianza fue el impulso que necesitaba para continuar.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera formaron parte de este proceso. Esta meta alcanzada representa esfuerzo, sacrificio y perseverancia, pero también el acompañamiento de quienes estuvieron a mi lado en cada paso.

Natalia Lisbeth Aimacaña Caisaluisa

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme el espacio y las herramientas necesarias para formarme como profesional. A todos los docentes, por compartir su conocimiento, su ética en cada cátedra.

Un agradecimiento especial a mi tutor Dr. Miguel Gutiérrez, cuya dirección y consejos fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación. Gracias por su paciencia y por guiarme con rigor científico en este último peldaño de mi carrera."

A mi familia por sus palabras de aliento, su apoyo constante y por estar presentes en cada paso de este largo camino.

De manera muy especial, deseo agradecer a todos los animales con los que tuve el privilegio de aprender a lo largo de estos años. Gracias por ser mis maestros más pacientes, por enseñarme lo que los libros no pueden y por permitirme entender el verdadero valor de la empatía y el respeto hacia cada vida que ahora queda bajo mi cuidado.

Alejandro Ruben Moreira Ponce

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien fue mi fortaleza en los momentos en que el cansancio y la duda intentaron vencerme. En cada oración silenciosa encontré la fuerza para continuar y la esperanza para no rendirme. A mis padres, Blanca Caisaluisa y Humberto Aimacaña, por ser el pilar de mi vida. Su esfuerzo, su apoyo incondicional y la confianza que siempre depositaron en mí hicieron posible este sueño. Este logro también les pertenece, porque cada paso que di estuvo sostenido por su amor. A mis amigos Lisbeth, Fernanda, Diana y Alejandro, por acompañarme en esta etapa, por las risas en medio del estrés y por convertir los días difíciles en recuerdos inolvidables. La universidad me dio una profesión, pero también me regaló su amistad. Y a Princesa, mi perrita, quien despertó en mí el amor por los animales y le dio sentido a mi vocación. Aunque ya no esté conmigo, sigue siendo la razón más pura por la que elegí este camino. Todo lo que haga como profesional llevará siempre su esencia.

Natalia Lisbeth Aimacaña Caisaluisa

DEDICATORIA

A mis abuelitos y segundos padres, Ruben y Nancy, por su sabiduría, su amor infinito y por ser el motor de mis sueños y el sustento de mis esfuerzos; gracias por creer en mí y por darme las herramientas para alcanzar esta meta.

A mis padres Robert y María, por su apoyo incondicional y por ser mi mayor inspiración.

Y a mis fieles compañeros: Pelucho, Sam y Carly, quienes con su amor incondicional y compañía silenciosa en mis noches de estudio, me recordaron cada día la noble razón por la cual elegí esta hermosa profesión."

Alejandro Ruben Moreira Ponce

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “EFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL SOBRE LA TASA DE PREÑEZ TRAS LA PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) UTILIZANDO BAJAS DOSIS DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN EN VACAS *Bos indicus* UTILIZANDO PROTOCOLOS DE IATF.”

Autores:

Aimacaña Caisaluisa Natalia Lisbeth

Moreira Ponce Alejandro Ruben

RESUMEN

La eficiencia reproductiva en el ganado *Bos indicus* es un determinante clave de la productividad en sistemas ganaderos tropicales, donde el estado nutricional influye considerablemente en el rendimiento reproductivo. Este estudio evaluó el efecto del índice de condición corporal (CC) en la tasa de preñez después de la pre-sincronización del estro (Pre-Synch) utilizando dosis bajas de progesterona de acción prolongada antes de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). La investigación se llevó a cabo en condiciones de producción extensiva en el sur del Ecuador. Las vacas se clasificaron según su CC ($\leq 3,0$ y $>3,0$) y se asignaron a un protocolo convencional de IATF o a un grupo de tratamiento que recibió Pre-Synch seguido de IATF. El diagnóstico de preñez se realizó mediante ecografía transrectal, y la asociación entre la CC y la tasa de preñez se analizó mediante la prueba de Chi-cuadrado de Pearson ($p < 0,05$). El grupo tratado alcanzó una tasa de preñez general del 64,0%. Dentro de este grupo, las vacas con una CC $\leq 3,0$ mostraron una mayor tasa de preñez (73,7 %) en comparación con las vacas con una CC $>3,0$ (33,3 %). Se detectó una asociación estadísticamente significativa entre la CC y la tasa de preñez ($\chi^2 = 4,81$; $p = 0,028$), lo

que indica que la condición corporal influye significativamente en los resultados reproductivos bajo protocolos de pre-sincronización + IATF en sistemas de producción tropicales.

Palabras clave: condición corporal, tasa de preñez, pre-sincronización del estro, progesterona, inseminación artificial a tiempo fijo.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES
**TITLE: “EFFECT OF BODY CONDITION ON PREGNANCY RATE AFTER PRE-
SYNCHRONIZATION OF ESTRUS (PRE-SYNCH) USING LOW DOSES OF
LONG-ACTING PROGESTERONE IN *Bos indicus* COWS USING IATF
PROTOCOLS.”**

Authors:

Aimacaña Caisaluisa Natalia Lisbeth

Moreira Ponce Alejandro Ruben

ABSTRACT

Reproductive efficiency in *Bos indicus* cattle is a determinant key of productivity in tropical livestock systems, where nutritional status significantly influences reproductive performance. This study evaluated the effect of body condition score (BCS) on pregnancy rate after estrus pre-synchronization (Pre-Synch) using low doses of long-acting progesterone prior to timed artificial insemination (TAI). The research was conducted under extensive production conditions in southern Ecuador. Cows were classified according to their BCS (≤ 3.0 and > 3.0) and assigned to either a conventional TAI protocol or a treatment group receiving Pre-Synch followed by TAI. Pregnancy diagnosis was performed using transrectal ultrasound, and the association between BCS and pregnancy rate was analyzed using Pearson's chi-squared test ($p < 0.05$). The treatment group achieved an overall pregnancy rate of 64.0%. Within this group, cows with a body condition score (BCS) ≤ 3.0 showed a higher pregnancy rate (73.7%) compared to cows with a BCS > 3.0 (33.3%). A statistically significant association was found between BCS and pregnancy rate ($\chi^2 = 4.81$; $p =$

0.028), indicating that body condition significantly influences reproductive outcomes under pre-synchronization + timed artificial insemination (TAI) protocols in tropical production systems.

Keywords: body condition score, pregnancy rate, pre-synchronization of estrus, progesterona, timed artificial insemination.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	III
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	V
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	VII
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	VIII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
ÍNDICE DE CONTENIDO	XV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
3.1. Beneficiarios directos.....	3
3.2. Beneficiarios indirectos.....	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS.....	5
5.1 Objetivo general.....	5
5.2 Objetivos específicos.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
7. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.....	7
7.1. Hipótesis nula (H_0).....	7
7.2. Hipótesis de investigación (H_1).....	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7

8.1. Importancia reproductiva en la ganadería	7
8.2. Vacas <i>Bos indicus</i> y su importancia en sistemas de producción tropical	8
8.3. Fisiología de la reproducción bovina	8
8.3.1. Dinámica folicular	9
8.3.2. Particularidades de <i>Bos indicus</i> en relación con <i>Bos taurus</i>	10
8.3.3. Particularidades reproductivas en vacas <i>Bos indicus</i>	11
8.3.4. Mayor sensibilidad al estrés térmico y adaptación al ambiente tropical	12
8.3.5. Menor expresión conductual del celo	12
8.3.6. Anestro posparto más prolongado.....	13
8.4 Condición corporal como indicador metabólico y reproductivo	13
8.4.1 Evaluación de la condición corporal.....	14
8.4.2 Balance energético posparto.....	15
8.4.3 Regulación metabólica de la función ovárica.....	15
8.4.4 Efecto de la condición corporal en la dinámica folicular	16
8.4.5 Condición corporal y tasas de preñez en protocolos de IATF	16
8.4.6. Influencia de la condición corporal en protocolos de IATF y pre-sincronización ...	17
8.4.7. Impacto de la Condición Corporal en la Tasa de Preñez	17
8.5 Progesterona en la regulación del ciclo estral.....	18
8.5.1 Mecanismo de acción de la progesterona.....	19
8.5.2 Papel de la progesterona en la sincronización del celo.....	19
8.5.3 Comparación entre dosis altas y bajas de progesterona.....	20
8.6.1. Sincronización ovulatoria programada mediante inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)	21
9. METODOLOGÍA	24
9.1 Localización	24
9.2. Selección de animales	25
9.3 Variables del estudio.....	25
9.4. Procedimiento Experimental.....	26
9.4.1. Recursos y Materiales	26
9.4.2. Evaluación de Estructuras Ováricas.....	27
9.4.3. Registro de Datos.....	27
9.4.4. Implementación de protocolos.....	27
9.4.5. Diagnóstico de gestación.....	28
9.5. Análisis Estadístico	28

9.5.1. Análisis Inferencial	29
9.5.2. Criterios de Interpretación	29
10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	29
10.1 Caracterización basal de la condición corporal	29
10.2 Eficiencia del protocolo pre-synch con bajas dosis de progesterona según la condición corporal en el grupo tratado.	31
10.3. Relación estadística entre la condición corporal y la tasa de preñez.	32
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):	34
11.1. Impacto técnico.....	34
11.2. Impacto económico	34
11.3. Impacto social	35
11.4. Impacto ambiental.....	35
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
12.1. Conclusiones	35
12.2. Recomendaciones	36
13 Bibliografías	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades relacionadas a los objetivos planteados en la investigación.....	6
Tabla 2. Estadísticas descriptivas del puntaje de condición corporal por grupo experimental en vacas Bos indicus sometidas a protocolos IATF con progesterona de dosis baja Pre-Synch	30
Tabla 3. Tasa de preñez en vacas Bos indicus según categoría de condición corporal.....	31
Tabla 4. Tasa de preñez en vacas Bos indicus tratadas con bajas dosis de progesterona según categoría de condición corporal.	32
Tabla 5. Análisis de Chi-cuadrado sobre la relación entre Condición Corporal y Diagnóstico de Gestación en el grupo tratado.	33

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto: Efecto de la condición corporal sobre la tasa de preñez tras la pre-sincronización del celo (pre-Synch) utilizando bajas dosis de progesterona de larga duración en vacas *Bos Indicus* utilizando protocolos de IATF.

Fecha de inicio: 05-05-2025

Fecha de finalización: 05-12-2025

Lugar de ejecución: La presente investigación se realizó en la provincia de El Oro en el cantón Piñas, parroquia Saracay, sitio Camarones situada en el sur de la República del Ecuador en la zona Litoral o Costa

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

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:

- Aimacaña Caisaluisa Natalia Lisbeth
- Moreira Ponce Alejandro Ruben

Docente tutor:

- Dr. Gutierrez Reinoso Miguel Angel, Mg., PhD.

Área de conocimiento: Agricultura

Línea de investigación: Producción y biotecnología animal

Sublíneas de investigación de la carrera: Fisiología Animal y Reproducción.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En los sistemas de la producción bovina extensivos de la provincia de El Oro, Ecuador, la dinámica estacional propia del trópico condiciona la disponibilidad y calidad de forraje, generando, fluctuaciones en la parte nutricional ofreciendo a las hembras en etapa de posparto. Durante este periodo, caracterizado por elevadas demandas energéticas asociadas a la lactancia y a la recuperación uterina, es común la instauración de un balance energético negativo cuando la ingesta no cubre los requerimientos metabólicos. Es por ello que esta condición se asocia con la prolongación del anestro posparto y con un retardo en la reactivación de la actividad ovárica, lo que repercute directamente en los intervalos reproductivos y en la eficiencia del sistema productivo. En este escenario, la condición corporal del bovino se emplea como un indicador indirecto del estado energético y de las reservas corporales de la hembra, constituyéndose a una herramienta práctica para estimar su capacidad fisiológica para estimar su capacidad fisiológica de restablecer la función ovárica y mantener un desempeño reproductivo adecuado

La literatura científica en vacas *Bos indicus* demuestra que la CC al momento del servicio influye significativamente en la tasa de preñez obtenida mediante inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Se ha reportado que animales con CC inferior a 2.5 presentan tasas de gestación entre 40 % y 55 %, asociadas a menor pulsatilidad de LH y compromiso en el desarrollo folicular (1,2). Estos hallazgos confirman que el estado corporal modula la respuesta endocrina frente a los protocolos hormonales.

Por otra parte, la pre-sincronización con progesterona inyectable de larga duración ha sido planteada como alternativa para incrementar la proporción de vacas cíclicas previo a la IATF. No obstante, estudios recientes reportan resultados variables respecto a su efecto sobre la tasa de preñez, especialmente cuando se emplean dosis reducidas o se sustituyen dispositivos intravaginales tradicionales (3,4).

Estos hallazgos sugieren que la respuesta al protocolo depende no solo del tratamiento hormonal aplicado, sino también del estado fisiológico de cada vaca al inicio del tratamiento. En otras palabras, la eficacia podría variar en función de sus reservas corporales y su equilibrio metabólico en ese momento. Sin embargo, en sistemas extensivos de los Andes tropicales, aún no se ha establecido con precisión si la condición corporal inicial influye significativamente en la respuesta

a un protocolo de pre-sincronización con bajas dosis de progesterona de acción prolongada, seguido de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas *Bos indicus*. La falta de información específica en este contexto productivo dificulta la toma de decisiones técnicas destinadas a adaptar los programas de crianza al estado metabólico real de las hembras, lo que resalta la necesidad de investigaciones que aporten datos concretos en estas condiciones.

En consecuencia, la presente investigación se justifica al analizar de forma integrada la interacción entre condición corporal y respuesta reproductiva bajo un protocolo hormonal definido, generando evidencia aplicada que permita fundamentar técnicamente la selección y manejo de hembras en programas de sincronización reproductiva en sistemas bovinos tropicales.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios directos

Pequeños productores lecheros de la parroquia de Saracay, cantón Piñas, El Oro, que están involucrados directamente en la investigación.

3.2. Beneficiarios indirectos

Habitantes que consumen productos lácteos de origen ganadero y estudiantes que se beneficiarán de los hallazgos y conocimientos generados en el estudio.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La productividad y rentabilidad de las ganaderías bovinas en Ecuador, provincia de El Oro, dependen fundamentalmente de la capacidad fisiológica de las hembras para alcanzar un parto anual, condición necesaria para mantener intervalos entre partos cercanos a los 12 meses y garantizar una adecuada reposición y flujo productivo del hato. En este contexto, uno de los principales desafíos de la reproducción bovina es acortar el anestro posparto, fase durante la cual la actividad ovárica se suspende temporalmente. Durante este período, la baja frecuencia de secreción de la hormona luteinizante (LH) limita el crecimiento y la maduración de los folículos ováricos, impidiendo así la ovulación en el momento oportuno. En consecuencia, se retrasa la reanudación de los ciclos estrales y se alarga el intervalo entre el parto y la concepción, lo que perjudica la eficiencia reproductiva del sistema de producción (5).

Esta situación es aún más preocupante en las vacas *Bos indicus*, ampliamente utilizadas en sistemas tropicales debido a su rusticidad y notable adaptación a condiciones climáticas adversas. Sin embargo, estas hembras presentan características fisiológicas que influyen en su rendimiento reproductivo, incluyendo una mayor predisposición a un anestro posparto prolongado y una expresión conductual del estro menos pronunciada. Estas características dificultan la detección temprana del estro y pueden conducir a tasas de preñez más bajas, especialmente cuando no se implementan estrategias reproductivas adaptadas a su dinámica endocrina y metabólica (6). Desde un análisis productivo, esta situación aumenta los días abiertos y reduce la eficiencia reproductiva del sistema bovino.

En la práctica, si bien los protocolos de presincronización del estro y el uso de dosis bajas de progesterona de acción prolongada han demostrado ser eficaces para inducir la ciclicidad ovárica y promover una sincronización más precisa de la ovulación, su respuesta no siempre es uniforme entre animales. Factores como el estado nutricional, el posparto y la condición corporal inicial pueden influir en los resultados, lo que explica por qué, incluso con el mismo tratamiento hormonal, las tasas de preñez pueden variar dentro de un mismo rebaño. (7), su aplicación suele realizarse de manera estandarizada, sin una evaluación previa del estado corporal de las hembras.

Diversos estudios han señalado que vacas con adecuada condición corporal presentan mayores tasas de concepción (8). Ya que se ha reportado que vacas *Bos indicus* con condición corporal deficiente presentan tasas de gestación inferiores al 35%, mientras que aquellas en condiciones corporales adecuadas superan el 50% (9). Esta diferencia evidencia que el estado metabólico no es un factor secundario, sino un determinante potencial del éxito reproductivo; sin embargo, en sistemas extensivos tropicales es frecuente encontrar variabilidad significativa en el estado corporal, producto de fluctuaciones forrajera, alta demanda energética por lactancia y limitaciones nutricionales propias del entorno. Desde un análisis técnico, esta variabilidad puede alterar la dinámica folicular, reducir el diámetro del folículo dominante y limitar la producción de estradiol preovulatorio, comprometiendo la respuesta a los protocolos hormonales aun cuando estos estén correctamente aplicados.

Por esta razón, aunque los protocolos de pre-sincronización con bajas dosis de progesterona seguidos de inseminación artificial a tiempo fijo se aplican bajo esquemas estandarizados, los resultados reproductivos no siempre son consistentes dentro del mismo hato. No se ha establecido

con precisión si la condición corporal al inicio del tratamiento determina la respuesta al protocolo hormonal o si la variabilidad en la tasa de preñez depende de otros factores del manejo reproductivo. Esta falta de claridad mantiene una incertidumbre respecto al papel específico del estado metabólico en la eficacia del protocolo Pre-Synch + IATF en vacas *Bos indicus* bajo condiciones extensivas tropicales.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la condición corporal sobre la tasa de preñez en vacas *Bos indicus* sometidas a un protocolo de pre-sincronización del celo (pre-Synch) con bajas dosis de progesterona de larga duración, utilizando inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) ,a fin de contribuir a la optimización de la eficiencia reproductiva en sistemas de producción bovina tropical.

5.2 Objetivos específicos

1. Determinar la tasa de preñez en vacas *Bos indicus* clasificadas según su condición corporal, considerando dos categorías (≤ 3 y > 3), al ser sometidas a un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) que incorpora el uso de pre-Synch con bajas dosis de progesterona.
2. Evaluar la relación entre la condición corporal y la tasa de preñez en vacas *Bos indicus* que participan en un protocolo de IATF que incluye la pre-sincronización con bajas dosis de progesterona, con el propósito de identificar patrones que permitan una mejor gestión reproductiva.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

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

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
<p>Determinar la tasa de preñez en vacas <i>Bos indicus</i> clasificadas según su condición corporal, considerando dos categorías (≤ 3 y > 3), al ser sometidas a un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) que incorpora el uso de pre-Synch con bajas dosis de progesterona.</p>	<p>Diagnóstico de preñez</p>	<p>Ultrasonografía uterina día 40 post inseminación</p>	<p>% de animales preñados y vacíos</p>
OBJETIVO 2	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
<p>Evaluar la relación entre la condición corporal y la tasa de preñez en vacas <i>Bos indicus</i> que participan en un protocolo de IATF que incluye la pre-sincronización con bajas dosis de progesterona, con el propósito de identificar patrones que permitan una mejor gestión reproductiva.</p>	<p>Se realizará un estudio comparativo entre vacas con diferente condición corporal divididas en dos grupos: grupo control y grupo tratamiento. La evaluación se enfocará en determinar la tasa de preñez alcanzada después del servicio, considerando la condición corporal como una variable de análisis.</p>	<p>Se utilizará test de chi-cuadrado para comparar tasas de preñez entre categorías y grupos.</p>	<p>El grupo tratado podría presentar una tasa de concepción más alta que el grupo control. Las vacas con una condición corporal > 3 probablemente tengan una tasa de concepción ligeramente más alta que las vacas con una condición corporal < 3. La condición corporal de un animal puede influir significativamente en su respuesta al tratamiento reproductivo. Este estudio ayudará a optimizar las estrategias de manejo reproductivo basadas en la condición corporal en los sistemas de producción de carne de vacuno.</p>

Fuente: Elaboración propia

7. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

7.1. Hipótesis nula (H_0)

Se establece que no existe una asociación significativa de la condición corporal de las vacas *Bos indicus* sobre la tasa de preñez tras la aplicación de un protocolo de pre-sincronización del celo (Pre-Synch) con bajas dosis de progesterona de larga duración en el contexto de protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)

7.2. Hipótesis de investigación (H_1)

Se postula que, en vacas *Bos indicus*, existe una correlación significativa entre la condición corporal y la tasa de preñez tras la aplicación de un protocolo de pre-sincronización (Pre-Synch) con dosis bajas de progesterona de acción prolongada. Por lo tanto, las vacas con buena condición corporal deberían presentar tasas de preñez más altas en la inseminación artificial (IA) programada que aquellas con mala condición corporal.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Importancia reproductiva en la ganadería

La Eficiencia Reproductiva (ER) se define como la capacidad de un hato para producir crías en una unidad de tiempo, siendo un indicador esencial de la viabilidad económica en la ganadería (10). Los principales parámetros que configuran la ER incluyen la Tasa de Concepción (TC) y el Intervalo Entre Partos (IEP). Un IEP situado idealmente en cerca de 365 días es crítico para asegurar que cada vaca produzca un ternero por año, maximizando así la producción total de carne y leche (11). Un retraso en el IEP puede resultar en pérdidas económicas significativas (12).

La implementación de tecnologías reproductivas como la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) ha demostrado ser una estrategia efectiva para incrementar las tasas de preñez, al permitir una sincronización precisa de los estros y optimizar la utilización de toros con alto potencial genético, contribuyendo así al mejoramiento productivo del hato (13). En condiciones óptimas, los protocolos hormonales utilizados en la IATF pueden alcanzar tasas de concepción superiores al 60% (14).

8.2. Vacas *Bos indicus* y su importancia en sistemas de producción tropical

La elección de razas *Bos indicus* se fundamenta en su adaptabilidad a las condiciones tropicales, donde la resistencia al calor y a la humedad son cruciales para su supervivencia y productividad. Estas vacas muestran una capacidad excepcional para tolerar ambientes adversos y forrajes de baja calidad (15).

Las diferencias fisiológicas en el manejo reproductivo de *Bos indicus* son notables y requieren un enfoque adaptativo en los protocolos de inseminación (16). La Condición Corporal (CC) de las vacas juega un papel crítico en este proceso; aquellas con una adecuada CC suelen exhibir mejores tasas de concepción (17). Un estudio importante sobre la progesterona (hormona esteroidea clave en la gestación) en protocolos hormonales busca optimizar la respuesta reproductiva, especialmente en condiciones donde las reservas energéticas son limitadas (18).

8.3. Fisiología de la reproducción bovina

En la reproducción bovina, resulta evidente que se trata de un proceso fisiológico complejo, dado que depende de la interacción estrecha entre el sistema nervioso central y el sistema endocrino, los cuales regulan de manera coordinada el desarrollo folicular, la ovulación, la gestación y el retorno a la ciclicidad postparto. Por esta razón, el eje hipotálamo-hipófisis-ovario desempeña un papel central, ya que los estímulos internos y externos modulan la secreción hormonal necesaria para la correcta sincronización de los eventos reproductivos(19). Así, la hipófisis funciona como un centro integrador, respondiendo a señales neuroendocrinas provenientes del hipotálamo, el cual secreta de manera pulsátil la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) (20).

A partir de este mecanismo, la GnRH estimula la hipófisis anterior para liberar hormona folículo-estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH), que actúan de manera sincronizada, permitiendo el crecimiento y selección del folículo dominante, su maduración final, la ovulación y, posteriormente, la formación del cuerpo lúteo. Además, los ovarios producen los esteroides sexuales principales, estradiol y progesterona, los cuales regulan la actividad reproductiva a través de un sistema de retroalimentación altamente coordinado (21). Durante la fase folicular, el estradiol predomina, promoviendo la manifestación conductual del celo, induciendo la atresia de folículos

no dominantes y preparando el tracto reproductivo para la concepción. En contraste, tras la ovulación, la progesterona secretada por el cuerpo lúteo asegura la mantención de la gestación al inhibir la liberación de GnRH y LH, evitando la ovulación prematura (22).

Por consiguiente, el ciclo estral bovino, con una duración aproximada de 21 días, se organiza en fases bien definidas: la folicular, marcada por el crecimiento y selección del folículo dominante; el estro, caracterizado por la receptividad sexual y estimulado por el aumento de estradiol; y la fase lútea, durante la cual el cuerpo lúteo predomina con elevadas concentraciones de progesterona, prolongándose en ausencia de gestación. De esta manera, el ciclo endocrino coordinado asegura la reproducción eficiente y garantiza la continuidad de la función ovárica en el bovino (23).

8.3.1. Dinámica folicular

Durante el ciclo estral bovino, el desarrollo folicular se organiza en forma de ondas foliculares, las cuales representan la aparición secuencial de grupos de folículos que crecen de manera sincronizada (24,25). Cada onda incluye el reclutamiento de varios folículos antrales, de los cuales únicamente uno alcanza la condición de folículo dominante, mientras que los restantes sufren regresión o atresia debido a la falta de estimulación endocrina adecuada (25,26). Este patrón de dinámica folicular ha sido documentado mediante técnicas de ultrasonografía, permitiendo la observación del crecimiento y regresión folicular a lo largo de cada ciclo, con la mayoría de los ciclos presentando dos o tres ondas foliculares antes de la ovulación (24,25).

Por consiguiente, las diferencias en la tasa de crecimiento folicular y en el tamaño alcanzado por el folículo dominante inciden directamente sobre la calidad del oocito y, por ende, sobre la probabilidad de ovulación efectiva y fertilización exitosa (25,26). En este contexto, los cambios transitorios en las concentraciones séricas de hormona folículo-estimulante (FSH) permiten la emergencia de cada onda, mientras que un descenso posterior en FSH, mediado por la retroalimentación de estrógenos e inhibina secretados por los folículos en crecimiento, limita el reclutamiento continuo de nuevos folículos y asegura que solo uno persista (25,27). Además, el folículo dominante desarrolla una mayor sensibilidad a la hormona luteinizante (LH), lo que le confiere ventaja competitiva frente a los folículos subordinados que terminan en atresia (26,27).

De este modo, el control de las ondas foliculares está subordinado a la interacción compleja entre los niveles de FSH, LH y los esteroides ováricos circulantes, los cuales ejercen retroalimentación positiva y negativa sobre el eje hipotálamo-hipófisis, modulando la progresión de cada ola folicular y la selección del folículo dominante que eventualmente podrá ovular si se presenta el estímulo hormonal adecuado (24,26,27).

8.3.2. Particularidades de *Bos indicus* en relación con *Bos taurus*

Comparativamente, se han descrito diferencias fisiológicas entre *Bos indicus* y *Bos taurus* que influyen directamente en la eficiencia reproductiva y la respuesta a los protocolos de sincronización hormonal. En general, las hembras de *Bos indicus* alcanzan la pubertad más tarde, presentan signos conductuales de estro menos pronunciados y suelen ovular folículos de menor diámetro. Además, poseen una mayor población de folículos pequeños en su dinámica ovárica en comparación con *Bos taurus*, lo que puede afectar su perfil endocrino y la variabilidad de su respuesta a los tratamientos reproductivos. Estas características tienen implicaciones prácticas en la gestión reproductiva, ya que los programas de sincronización diseñados para *Bos taurus* pueden requerir ajustes para optimizar la respuesta en *Bos indicus*, considerando su fisiología ovárica y endocrina particular (28).

Asimismo, las condiciones ambientales propias de zonas tropicales, como el estrés térmico, interfieren con la función reproductiva al alterar la secreción hormonal y la función del cuerpo lúteo, reduciendo la producción de progesterona y la viabilidad embrionaria, lo que contribuye a menores tasas de concepción si no se aplican manejos adaptativos adecuados (29).

Por lo tanto, una comprensión profunda de la fisiología del eje hipotálamo-hipofisario-ovárico y de la dinámica folicular bovina es esencial para el diseño e implementación de protocolos de reproducción verdaderamente efectivos, adaptados a las características específicas de cada raza y sistema de producción. Esta base fisiológica garantiza la consistencia en la sincronización del estro y las estrategias de inseminación artificial programada, con el objetivo de reducir las limitaciones relacionadas con la detección imperfecta del estro, el anestro posparto y las diferencias endocrinas inherentes a cada genotipo, con el fin de mejorar la eficiencia reproductiva del rebaño (28,29).

8.3.3. Particularidades reproductivas en vacas *Bos indicus*

Desde una perspectiva comparativa, las vacas de la subespecie *Bos indicus*, de las cuales la raza Brahman sirve de referencia para la producción, presentan características reproductivas que las distinguen de las razas *Bos taurus*. Estas diferencias, vinculadas a su dinámica endocrina, la expresión de su estro y sus ciclos foliculares, influyen directamente en su rendimiento reproductivo en sistemas extensivos, especialmente en ambientes tropicales donde las condiciones climáticas y nutricionales son más exigentes. En este sentido, diversos estudios señalan que *Bos indicus* presenta un retraso en la edad de pubertad, ciclos estrales con menor expresión conductual del celo, ovulación de folículos de menor tamaño y una mayor población de folículos pequeños en comparación con *Bos taurus*, lo que refleja adaptaciones fisiológicas propias de su genotipo y ambiente (30,31).

Además, estas diferencias no solo tienen un origen genético, sino que están profundamente influenciadas por la adaptación fisiológica al ambiente tropical, donde factores como la temperatura y las condiciones de manejo inciden sobre la dinámica hormonal y ovárica de los animales, requiriendo ajustes en las estrategias de manejo reproductivo para interpretar resultados experimentales y optimizar respuesta a tratamientos hormonales (30).

8.3.3.1. Pubertad más tardía

La edad de pubertad en vacas *Bos indicus* tiende a ser más tardía que en las razas *Bos taurus*, lo cual obedece a diferencias fisiológicas y adaptativas entre genotipos. En este sentido, la literatura científica indica que las hembras de *Bos taurus* pueden alcanzar la pubertad en un rango más temprano de edad, asociado con un desarrollo corporal y endocrino más rápido bajo condiciones nutricionales adecuadas, mientras que en *Bos indicus* el inicio de la pubertad suele producirse a edades mayores debido a una combinación de factores genéticos y ambientales que retrasan la activación neuroendocrina necesaria para la aparición del primer celo ovulatorio (32,33).

Además, esta diferencia etaria se vincula con la sensibilidad del eje hipotálamo-hipófisis a la retroalimentación hormonal y con la necesidad de alcanzar umbrales más altos de peso corporal y condición corporal antes de que se establezca una secreción pulsátil eficaz de hormona liberadora de gonadotropinas, que estimule la producción de hormona luteinizante y folículo-estimulante esenciales para el desarrollo folicular y la ovulación (32). En particular, la bibliografía revisada

señala que las hembras de *Bos indicus* pueden presentar pubertad entre rangos amplios, influenciados por factores nutricionales y ambientales, reflejando una adaptación a sistemas de producción extensivos característicos de regiones tropicales y subtropicales (33).

8.3.4. Mayor sensibilidad al estrés térmico y adaptación al ambiente tropical

Aunque las vacas *Bos indicus* están adaptadas al calor tropical, lo que les confiere una mayor capacidad de regulación térmica y, por ende, una menor reducción de su función reproductiva bajo altas temperaturas en comparación con *Bos taurus*, el estrés térmico continúa afectando aspectos reproductivos claves. En este sentido, se ha evidenciado que la exposición a altas temperaturas puede comprometer la expresión del celo, la calidad folicular y la ovulación incluso en razas *Bos indicus*, reflejando que la adaptación al ambiente tropical no elimina por completo los efectos negativos del calor, sino que modula su impacto (34,35).

Asimismo, diversos estudios comparativos han demostrado que embriones y ovocitos de ganado *Bos indicus* presentan una mayor resistencia a los efectos deletéreos del estrés térmico durante el desarrollo embrionario temprano en comparación con embriones de ganado *Bos taurus*, lo cual se atribuye tanto a adaptaciones celulares como a respuestas biológicas específicas ante condiciones prolongadas de calor (34,35). Por otra parte, se ha descrito que las características fenotípicas de *Bos indicus*, como la mayor capacidad de disipación de calor debido a un pelaje más suave y la eficiencia de su termorregulación corporal, contribuyen a mantener la homeostasis en ambientes de altas temperaturas y humedad, reduciendo el impacto del estrés térmico en comparación con razas menos adaptadas (36).

8.3.5. Menor expresión conductual del celo

Se ha observado que las vacas *Bos indicus* exhiben una expresión conductual del celo menos intensa y de menor duración en comparación con las razas *Bos taurus*, lo cual tiene implicaciones importantes para la detección de estro en sistemas de manejo convencionales. En este sentido, diversos estudios han reportado que, aunque la duración promedio del estro en bovinos suele oscilar alrededor de 10 a 20 horas, las fases de estro en ganado *Bos indicus* tienden a ser más cortas y con signos de celo menos evidentes, presentando menor número de montas y actividad diurna reducida, lo que dificulta la identificación visual del celo (37,38).

Por consiguiente, esta menor y más breve manifestación de conducta estral en vacas *Bos indicus* puede contribuir a fallos en la detección de estro y a una reducción en las tasas de preñez cuando se confía exclusivamente en observación visual para programar la inseminación. Debido a esta particularidad conductual, se recomienda complementar la observación tradicional con herramientas de monitoreo más precisas o protocolos hormonales adaptados, especialmente en sistemas de producción donde la identificación adecuada del estro es crucial para la eficiencia reproductiva (37).

8.3.6. Anestro posparto más prolongado

El anestro posparto, entendido como el estado de ausencia de ciclicidad ovárica tras el parto, tiende a ser más prolongado en vacas *Bos indicus* que en otros genotipos bovinos, especialmente cuando estos animales se mantienen en sistemas de pastoreo con restricción nutricional o enfrentan una alta demanda energética por lactación. Este prolongado estado de ausencia de ciclos estrales posparto se considera una de las principales limitaciones a la eficiencia reproductiva, ya que extiende el intervalo entre parto y concepción y aumenta los días improductivos tras el parto, impactando negativamente los índices reproductivos del rebaño (39,40).

De igual manera, revisiones especializadas han señalado que la duración del anestro posparto en condiciones tropicales puede exceder ampliamente los umbrales considerados normales, con periodos que superan los 90 días y en muchos casos alcanzan o superan los 150 días en vacas *Bos indicus* bajo manejo extensivo. Estas prolongaciones están fuertemente asociadas con factores como el estado nutricional y el amamantamiento continuo, los cuales interfieren con la secreción pulsátil de hormona luteinizante y, por ende, retrasan la reanudación de la actividad ovárica y la selección de un folículo dominante con capacidad ovulatoria (39,40).

8.4 Condición corporal como indicador metabólico y reproductivo

la condición corporal (CC) se define como una medida subjetiva del estado energético de los bovinos, la cual refleja la cantidad de reservas de energía corporal disponibles en forma de grasa y tejido corporal, y se utiliza como un indicador metabólico fundamental para comprender y predecir el desempeño reproductivo de los animales. De hecho, la CC está estrechamente relacionada con procesos endocrinos que regulan la función ovárica y la ciclicidad reproductiva, ya que niveles

adecuados de reservas energéticas favorecen la secreción de hormonas como las gonadotropinas que promueven el crecimiento folicular y la ovulación (41,42).

Asimismo, evaluar la condición corporal y su evolución durante el periodo posparto permite identificar animales en riesgo de anestro y retrasos en la reanudación de la actividad ovárica, lo cual se traduce en menores tasas de concepción y un alargamiento del intervalo entre parto y concepción si no se adoptan manejos nutricionales y reproductivos apropiados. En este sentido, estudios han demostrado que vacas con un puntaje de condición corporal bajo al parto tienden a experimentar ciclos ováricos más tardíos o incluso ausencia de ciclicidad, lo que afecta negativamente la eficiencia reproductiva global del hato (43).

Por consiguiente, la CC se convierte en una herramienta indispensable en el manejo reproductivo bovino moderno, ya que permite monitorear el estado nutricional del animal y hacer ajustes oportunos en suplementación y manejo que favorezcan la recuperación de reservas energéticas y la reanudación de ciclos ováricos regulares, lo que contribuye a una mayor tasa de preñez y mejor desempeño reproductivo general (41,42).

8.4.1 Evaluación de la condición corporal

La evaluación de la condición corporal (ECC) se realiza mediante sistemas de puntuación estandarizados, generalmente en una escala del 1 al 5 o del 1 al 9. En estas escalas, una puntuación baja indica una reducción de las reservas energéticas, mientras que una puntuación alta refleja una mayor acumulación de grasa corporal. Este procedimiento, ampliamente utilizado en ganado de carne y leche, se basa en la observación visual complementada con la palpación de zonas anatómicas clave, como las costillas, el sacro y la región lumbar. Permite una estimación relativamente objetiva de la masa corporal y las reservas energéticas del animal, lo que facilita una clasificación uniforme de la condición corporal, tanto a nivel individual como en diferentes sistemas de producción. (43,44).

De igual manera, mantener una condición corporal adecuada después del parto se asocia con una reactivación más temprana de la actividad ovárica, intervalos parto-concepción más cortos y mayores tasas de preñez, tanto con inseminación artificial como con monta natural. Por el contrario, las vacas que llegan a su primera inseminación posparto con una condición corporal (CC) de 2.75 o menos tienen una menor probabilidad de concepción y un mayor riesgo de pérdida de preñez.

Por otro lado, mantener una CC entre 3.0 y 3.5 en la primera inseminación se asocia con mejores tasas de preñez y un rendimiento reproductivo general más favorable, lo que resalta el valor de la condición corporal como un indicador práctico y predictivo del éxito reproductivo (44,45).

8.4.2 Balance energético posparto

El balance energético constituye una medida crucial para comprender la interrelación entre nutrición y reproducción en bovinos, especialmente durante el periodo posparto. En este sentido, después del parto, la demanda de energía para la producción de leche suele exceder la ingesta de alimento, lo que conduce a un estado de balance energético negativo (BEN), en el cual la vaca moviliza reservas corporales para compensar el déficit, y esto se manifiesta en la pérdida de condición corporal (CC) (46,47).

Asimismo, este estado de BEN genera cambios metabólicos que afectan la función ovárica y retrasan la reanudación de ciclos estrales normales, ya que el organismo prioriza la producción de leche sobre los procesos reproductivos. En consecuencia, una pérdida excesiva de condición corporal durante las primeras semanas posparto se asocia con una mayor duración del anestro y con reducciones en las tasas de concepción temprana, debido a la disminución de señales metabólicas positivas hacia el eje hipotálamo-hipófisis-ovario (46,48).

Del mismo modo, se ha observado que la pérdida significativa de CC durante el primer mes posparto se correlaciona negativamente con la probabilidad de preñez dentro de los primeros 180 días posparto, pues las vacas que pierden unidades de BCS presentan mayor dificultad para concebir y requieren un mayor número de inseminaciones por gestación para lograr el éxito reproductivo, lo que refleja la importancia de mantener una nutrición adecuada para un retorno oportuno a la ciclicidad y una fertilidad óptima (46).

8.4.3 Regulación metabólica de la función ovárica

Las reservas energéticas del animal no sólo actúan como combustible físico, sino que están estrechamente vinculadas a un complejo sistema endocrino-metabólico que modula la reproducción. En este sentido, la hormona leptina, producida por el tejido adiposo, funciona como una señal de disponibilidad de energía hacia el hipotálamo y ejerce una influencia importante sobre la liberación de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), lo que modula la actividad de hormona luteinizante (LH) y hormona foliculo-estimulante (FSH) necesarias para

la reanudación de la ciclicidad posparto; por tanto, vacas con condición corporal baja presentan menores niveles circulantes de leptina, lo cual puede disminuir la frecuencia de pulsos de GnRH y retrasar la ovulación (49,50).

De igual manera, la insulina representa otro factor metabólico clave que refleja el estado nutricional y afecta de forma directa e indirecta la función ovárica al facilitar la sensibilidad de los tejidos reproductivos a las gonadotropinas y favorecer el crecimiento folicular, evidenciando la relación entre el estatus metabólico y la eficiencia reproductiva (50,51).

Paralelamente, el factor de crecimiento semejante a la insulina tipo 1 (IGF-1) ha sido identificado como una señal anabólica que modula tanto la función hipotalámica como ovárica, donde niveles más altos de IGF-1 durante periodos críticos se asocian a una reactivación más temprana del eje reproductivo posparto, facilitando la selección de folículos dominantes y la expresión de ciclos estrales regulares (49,50).

8.4.4 Efecto de la condición corporal en la dinámica folicular

La condición corporal (CC) influye de manera directa en la dinámica folicular posparto y, por ende, en la eficiencia reproductiva de la vaca. En este contexto, las vacas que experimentan una pérdida rápida de masa corporal presentan folículos de menor calidad y, con frecuencia, una mayor proporción de folículos que no alcanzan el tamaño ni las condiciones endocrinas necesarias para ovular. Como resultado, estos animales pueden presentar ciclos anovulatorios prolongados o fallas en la ovulación, lo que incrementa el intervalo entre parto y concepción y retrasa la recuperación reproductiva general del hato (39,45).

Por consiguiente, mantener una CC adecuada durante el periodo posparto es fundamental para asegurar la selección de folículos dominantes con potencial ovulatorio, promover la reanudación temprana de ciclos estrales regulares y mejorar los resultados reproductivos en sistemas de producción de carne o leche (39).

8.4.5 Condición corporal y tasas de preñez en protocolos de IATF

Durante la aplicación de protocolos de sincronización hormonal y de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), la condición corporal (CC) tiene un impacto significativo sobre la respuesta reproductiva de las vacas. Específicamente, aquellos animales con un estado corporal óptimo

responden con mayor regularidad a los estímulos hormonales, presentan un desarrollo folicular más adecuado y alcanzan ovulaciones de mayor calidad en comparación con vacas con CC deficiente. Como resultado, las vacas con condición corporal adecuada muestran mayores tasas de preñez y requieren un menor número de servicios por concepción durante los programas de IATF (45,52).

De igual manera, la integración de la evaluación de la condición corporal en el manejo reproductivo permite ajustar las estrategias nutricionales y los programas de sincronización según el estado metabólico de cada grupo de vacas. Esta integración facilita una toma de decisiones más precisa y rápida, mejora la respuesta a los protocolos aplicados y optimiza progresivamente los indicadores reproductivos del hato (52,53).

8.4.6. Influencia de la condición corporal en protocolos de IATF y pre-sincronización

La Condición Corporal (CC) es un factor predictivo fundamental en la tasa de preñez obtenida mediante Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF). En vacas *Bos indicus*, la tasa de gestación es directamente proporcional a una CC óptima al momento de la inseminación (54). Respuesta a la Progesterona en PRE-SYNCH: En protocolos que incluyen pre-sincronización (PRE-SYNCH) con P4 de larga duración, la CC determina la calidad de la respuesta luteal y folicular. Vacas con CC baja pueden no generar un cuerpo lúteo funcional o pueden experimentar una regresión prematura del mismo, independientemente del tratamiento con P4 (55). El éxito de 15 la IATF en estos casos depende de que la CC asegure la capacidad del animal para mantener la gestación temprana (56). La gestión de la CC en *Bos indicus* es una estrategia de manejo esencial para la eficiencia reproductiva en el trópico. La implementación de programas nutricionales enfocados en mantener la CC entre 3 y 4 durante el periodo de servicio maximiza la tasa de preñez y optimiza el retorno económico de la inversión en protocolos hormonales (57).

8.4.7. Impacto de la Condición Corporal en la Tasa de Preñez

Numerosos trabajos han documentado la influencia de la condición corporal en la tasa de preñez de las vacas. Butler (2003) encontró que las vacas clasificadas con una CC de 3 a 4 en una escala de 5 mostraban tasas de preñez significativamente más altas en comparación con aquellas que presentaban una CC inferior a 3. Este hallazgo sugiere que el bajo estado corporal puede estar

asociado con un incremento en la anoestrus y alteraciones en la ovulación (58). Risco et al. (2011) observaron que las vacas con CC óptima presentaban intervalos más cortos entre el parto y el primer celo, lo que resulta en una reducción del tiempo hasta la inseminación. Esto demuestra que un manejo nutricional que favorezca una buena CC puede mejorar la eficiencia reproductiva al aumentar la frecuencia de inseminaciones exitosas (59). Un estudio de Gilsanz et al. (2012) concluyó que las vacas con una CC mayor durante la implementación de protocolos de IATF mostraron tasas de preñez superiores y por el contrario las vacas que no alcanzaron o mantuvieron una condición corporal adecuada antes de la inseminación mostraron una respuesta reducida a los protocolos de sincronización, lo que resultó en tasas de preñez más bajas (60).

La relación entre el índice de condición corporal y la tasa de preñez no es uniforme en las distintas razas de ganado. En un estudio con vacas Brahman, Martin et al. (2010) observaron que el efecto del índice de condición corporal en la probabilidad de preñez era más pronunciado en las hembras con un intervalo posparto más largo. Estos resultados sugieren que la influencia del índice de condición corporal en la fertilidad puede ser modulada por factores genéticos y la etapa fisiológica del animal, lo que resalta la necesidad de integrar la genética y el manejo reproductivo en las estrategias destinadas a optimizar la eficiencia reproductiva (61). La revisión de la literatura sugiere que un enfoque holístico que integre la nutrición, el monitoreo de la CC, y la aplicación de protocolos de reproducción puede maximizar la tasa de preñez en los rebaños. Como argumenta De Rensis y Scaramuzzi (2003), la atención continua a la condición corporal es esencial para mejorar el rendimiento reproductivo y, por ende, la rentabilidad del negocio ganadero (62).

8.5 Progesterona en la regulación del ciclo estral

La progesterona es una hormona esteroidea cuya producción se concentra principalmente en el cuerpo lúteo (CL) tras la ovulación, desempeñando un papel central en la regulación de la fase lútea del ciclo estral bovino y en la preparación del útero para la implantación embrionaria y el mantenimiento de una posible gestación (63,64).

Asimismo, más allá de su función fisiológica natural, la progesterona se utiliza como componente clave en los protocolos de sincronización del celo, ya que permite controlar el momento de la ovulación y optimizar las tasas de concepción en programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). De este modo, su inclusión en esquemas hormonales facilita la planificación

reproductiva y aumenta la eficiencia de los programas de manejo reproductivo en bovinos de carne y leche (63,65).

8.5.1 Mecanismo de acción de la progesterona

Durante el ciclo estral bovino, tras la ovulación, las células de la granulosa y de la teca se reorganizan para formar el cuerpo lúteo (CL), el órgano encargado de sintetizar y secretar progesterona. En este contexto, las concentraciones de progesterona aumentan progresivamente entre los días 4 y 12 del ciclo, alcanzando su pico alrededor del día 10, y permanecen elevadas hasta que se produce la luteólisis inducida por prostaglandina F_{2α} entre los días 16 y 18 en ausencia de gestación (63).

Desde una perspectiva endocrina, la progesterona actúa mediante retroalimentación negativa sobre el eje hipotálamo-hipofisario. Al aumentar su concentración, disminuye la liberación de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) por el hipotálamo, lo que a su vez reduce la secreción de la hormona luteinizante (LH) por la hipófisis. Este efecto impide el pico preovulatorio de LH necesario para desencadenar la ovulación, manteniendo así al animal en un estado anovulatorio mientras los niveles de progesterona se mantienen elevados (64,65).

Del mismo modo, la progesterona prepara el endometrio y el ambiente uterino para la implantación y el mantenimiento de un concepto viable, promoviendo cambios en las células endometriales y modulando el balance de nutrientes para favorecer el crecimiento embrionario temprano y la implantación exitosa, siempre que ocurra la fertilización del ovocito (57,65).

8.5.2 Papel de la progesterona en la sincronización del celo

El uso de progesterona exógena en protocolos de sincronización del celo tiene como objetivo imitar la fase luteal natural del ciclo estral, lo que permite un control más preciso de la ovulación y la programación de inseminaciones artificiales. En este contexto, cuando se administra una fuente externa de progesterona como dispositivos intravaginales o inyecciones la hormona suprime la pulsatilidad de GnRH y LH, evitando la ovulación inmediata y estableciendo condiciones fisiológicas que permiten, tras el retiro del dispositivo, que se produzca una onda folicular sincronizada seguida de ovulación homogénea dentro del grupo tratado (68).

Asimismo, el uso de progesterona en los protocolos hormonales ofrece múltiples beneficios reproductivos. En primer lugar, permite un mejor control de las ondas foliculares, ya que regula el crecimiento del folículo dominante y garantiza que, al retirar el dispositivo o suspender el tratamiento, los folículos se encuentren en una etapa de desarrollo más homogénea, promoviendo así la ovulación sincronizada. En segundo lugar, ayuda a inducir la ciclicidad en vacas en anestro, ya que su administración modula la dinámica endocrina y estimula la reactivación del eje reproductivo, aumentando así la probabilidad de una ovulación exitosa tras la finalización del protocolo (68,67).

De igual manera, estudios recientes han demostrado que extender la exposición a progesterona, por ejemplo durante 10 días antes de iniciar un protocolo combinado con GnRH, puede incrementar el diámetro folicular pre-protocolo y mejorar las tasas de gestación en vacas anéstricas. Esto sugiere que la duración de exposición a progesterona constituye un factor determinante en la respuesta reproductiva a los esquemas hormonales (66,67).

8.5.3 Comparación entre dosis altas y bajas de progesterona

El uso de progesterona exógena en sincronización del celo puede variar en dosis y duración, dependiendo de los objetivos del protocolo reproductivo.

Por un lado, dosis altas o prolongadas de progesterona, administradas mediante dispositivos liberadores o formulaciones concentradas, producen una supresión más intensa del eje gonadotrófico, bloqueando de manera prolongada la pulsatilidad de LH. Esta estrategia es útil para garantizar un sincronismo ovulatorio más uniforme en animales ciclando, aunque si la retirada del implante no se realiza con una planificación endocrina adecuada, puede generar inhibición excesiva que retrase la respuesta ovulatoria e incluso comprometa la calidad folicular (65,67).

Además, el uso de dosis moderadas o bajas de progesterona induce una retroalimentación negativa menos intensa en el eje hipotálamo-hipofisario-ovárico, lo que puede ser ventajoso en vacas con baja condición corporal o con metabolismo alterado. Al no causar una supresión profunda de la actividad gonadotrófica, estas dosis permiten un control transitorio del eje reproductivo y promueven una reactivación más rápida de la dinámica ovárica tras la interrupción del tratamiento. Este principio se aplica en protocolos como el protocolo Pre-Synch, cuyo objetivo es regular o estabilizar la fase del ciclo estral antes de iniciar un protocolo completo de inseminación artificial

a tiempo fijo (IATF) basado en GnRH y PGF2 α , para optimizar la respuesta ovulatoria sin causar una supresión endocrina prolongada (66,67).

De manera complementaria, la diferencia entre dosis altas y bajas de progesterona no solo determina la duración del bloqueo del ciclo, sino que también influye en la regulación de receptores hormonales a nivel cerebral y ovárico, modulando la sensibilidad de los tejidos a las señales gonadotróficas y afectando, en consecuencia, el desarrollo de folículos dominantes durante la fase post progesterona (65,67).

8.6.1. Sincronización ovulatoria programada mediante inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)

El protocolo convencional de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se utiliza para programar y sincronizar la ovulación en vacas, lo que permite realizar la inseminación en un momento predeterminado sin depender de la detección visual del celo, promoviendo así mayores tasas de concepción. Este protocolo se organiza en una secuencia de días estratégicamente definidos, durante los cuales se administran combinaciones hormonales específicas para controlar la dinámica folicular y la función lútea.

Día 0: Se realiza la colocación de un dispositivo intravaginal de progesterona (PLUSELAR® 0,6 g; Calier, Argentina), que libera progesterona de manera continua. Este paso es esencial porque la progesterona suprime la actividad ovárica, ayudando a regular el ciclo estral (68). Simultáneamente, se aplica 2 mg de benzoato de estradiol por vía intramuscular (i.m.). La administración de estrógenos juega un papel fundamental en la preparación del sistema reproductivo, ya que ayuda a regular la dinámica folicular y promueve una sincronización más uniforme del desarrollo folicular, optimizando así las condiciones para una ovulación coordinada (69).

Día 8: En esta fase se retira el dispositivo intravaginal, paso clave en el protocolo, ya que al suspender el aporte exógeno de progesterona se elimina su efecto inhibitor sobre el eje reproductivo, permitiendo la reactivación de la actividad ovárica y la preparación para la ovulación. En este día, se aplican 500 μ g de D-cloprostenol (PGF2 α , i.m.), que induce la regresión del cuerpo lúteo si está presente, y así también previene la ovulación prematura (70). Además, se administra

400 UI de eCG (gonadotropina coriónica equina, i.m.), que estimula el crecimiento folicular y la ovulación. Adicionalmente, se agregan 1 mg de cipionato de estradiol (i.m.) para promover el desarrollo de los ovarios y sincronizar el comportamiento del celo (71).

Día 10: Se lleva a cabo la inseminación artificial a tiempo fijo. Este procedimiento se realiza 52 horas después de la retirada del dispositivo en vacas que manifiestan celo. Para vacas que no muestran signos de celo, la inseminación se efectúa a las 60 horas, complementada con una aplicación adicional de GnRH (2 500 UI, i.m.), lo cual asegura que las vacas ovulen incluso si no mostraron celo antes de la inseminación (72).

8.6.1.1. Protocolo experimental pre-synch + IATF

El protocolo experimental de Pre-Synch + IATF se utiliza para preparar a las vacas antes de la implementación del protocolo convencional de IATF. Este enfoque mejora la sincronización y aborda problemas de ciclo estral en vacas que pueden estar en anestro.

Día -8: Se realiza la aplicación de 100 mg de progesterona inyectable de larga duración por vía intramuscular. Este tratamiento inicial ayuda a inducir la ciclicidad en vacas que no han presentado celo, permitiendo que el sistema endocrino se prepare para la inseminación posterior (73).

Día 0 en adelante: Desde este día, se inicia la ejecución completa del protocolo convencional de IATF, siguiendo el esquema hormonal y de inseminación descrito para el grupo control, lo que permitirá evaluar la eficacia de la pre-sincronización en comparación con las vacas del grupo control que no recibieron tratamiento previo (61).

8.6.1.2. Efectos del pre-synch en vacas *Bos indicus*

La aplicación de protocolos de pre-sincronización ha mostrado resultados positivos, especialmente en vacas de razas *Bos indicus*, como la Brahman. Estas vacas poseen características fisiológicas y endocrinas que pueden modificar su respuesta a los tratamientos hormonales, por lo que su manejo reproductivo requiere consideraciones específicas y estrategias adaptadas, a diferencia de lo que habitualmente se aplica a las razas *Bos taurus*, donde la dinámica ovárica y la expresión del estro presentan comportamientos diferentes..

En vacas *Bos indicus*, la aplicación del protocolo Pre-Synch se ha asociado con mejoras significativas en el rendimiento reproductivo. Entre sus principales efectos se encuentra un aumento en la tasa de preñez, atribuible a una mejor organización del ciclo estral antes del inicio del programa de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Según Martin et al. (2010), las hembras tratadas con Pre-Synch tuvieron una tasa de concepción aproximadamente un 15 % mayor que la de las hembras que no recibieron este tratamiento, lo que sugiere que la estabilización previa de la dinámica folicular puede resultar en una respuesta ovulatoria más eficiente y mejores resultados reproductivos.(61). La eficacia del protocolo está estrechamente relacionada con la condición corporal de las vacas al inicio del tratamiento. Las hembras con una condición corporal adecuada, dentro de un rango intermedio que refleja un buen equilibrio entre las reservas energéticas y la masa corporal, responden mejor a los tratamientos hormonales, lo que resulta en mayores tasas de concepción. De hecho, un estado nutricional equilibrado promueve una mejor función endocrina y una dinámica ovárica más eficiente, elementos clave para el éxito de los programas de sincronización programada e inseminación artificial (74). Según Vasconcelos et al. (2009), existe una relación directa entre una buena condición corporal y un mejor rendimiento reproductivo. Las vacas que mantienen una buena condición corporal tienden a tener tasas de ovulación más altas y un entorno hormonal más estable y favorable, lo que aumenta sus posibilidades de llevar la preñez a término (75). En sistemas de producción 21 tropical, factores como el estrés térmico y las variaciones nutricionales pueden afectar la efectividad del Pre-Synch. Un manejo adecuado que contemple estas variaciones, combinado con la correcta implementación del protocolo de sincronización, puede resultar en un aumento significativo en la tasa de preñez en vacas *Bos indicus* (62).

9. METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó con un enfoque aplicado, tuvo como objetivo aportar evidencia para la toma de decisiones en el campo. Se analizaron las tasas de preñez en vacas *Bos indicus* sometidas a dos sistemas reproductivos: un protocolo convencional y otro que incorporaba pre-sincronización con bajas dosis de progesterona antes de la inseminación artificial programada, considerando la condición corporal como variable principal. El estudio fue prospectivo, con datos recopilados a lo largo del experimento, y transversal, con diagnóstico de preñez realizado en un solo momento después de la inseminación.

9.1 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 correspondientes al área de estudio se detallan a continuación:

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

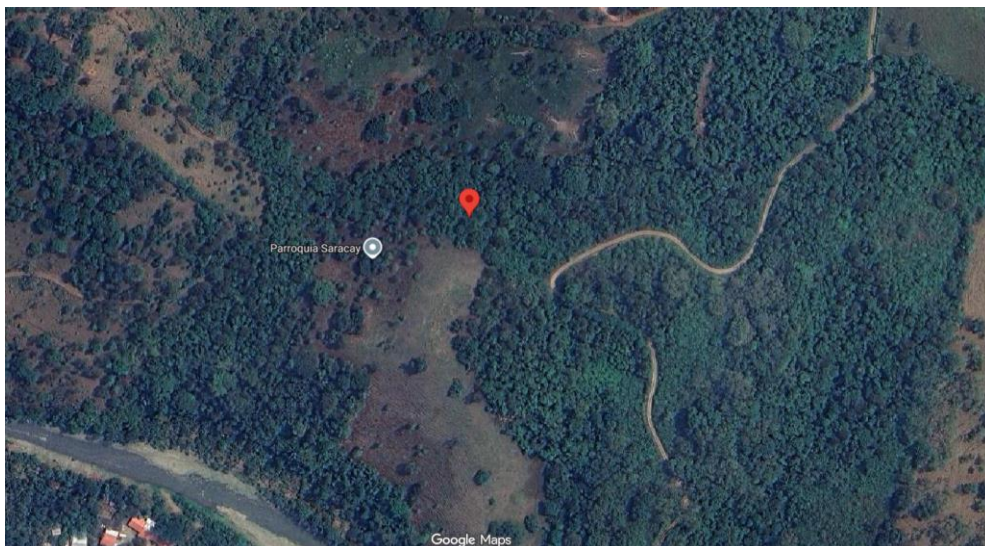


Ilustración: Ubicación del lugar de la investigación

Fuente: Google maps

El trabajo experimental tuvo una duración total de 60 días, abarcando todas las fases del protocolo de IATF y la aplicación del Pre-Synch.

9.2. Selección de animales

Se seleccionan 100 animales de la raza Brahman, con un peso vivo promedio de $500 \text{ kg} \pm 50 \text{ kg}$. La condición corporal de los animales se evalúa utilizando una escala de 1 a 5, donde 1 indica un estado extremadamente flaco y 5 un estado obeso, clasificándose en dos categorías:

- $CC \leq 3,0$
- $CC > 3,0$

La población animal se divide aleatoriamente en los siguientes grupos:

- **Grupo de Tratamiento:** 50 animales
 - T1: $n = 38$ ($CC \leq 3$)
 - T2: $n = 12$ ($CC > 3$)
- **Grupo de Control:** 50 animales
 - C1: $n = 26$ ($CC \leq 3$)
 - C2: $n = 24$ ($CC > 3$)

Todos los animales son mantenidos en condiciones homogéneas en términos de ambiente, nutrición y manejo bajo un régimen extensivo. Se aseguran las mismas rutinas de manejo, desparasitación y suplementación vitamínica antes del inicio del estudio.

9.3 Variables del estudio

- **Variables independientes:**
 - Condición corporal.
 - Tipo de protocolo hormonal (convencional vs. Pre-Synch).
- **Variable dependiente:**
 - Tasa de preñez (%).

9.4. Procedimiento Experimental

9.4.1. Recursos y Materiales

9.4.1.1. Recursos

- Tesista

- Transporte

- Registros

- Computadora

- Cámara

9.4.1.2. Materiales de campo

- Guantes ginecológicos y de manejo

- Gel Ecógrafo

- Ecógrafo

- Alcohol

- Sogas

- Medicamentos hormonales

- Catéteres de lavado

- Catéteres de inseminación

- Tijeras

- Termómetro

- Chamis

- Pajuelas

9.4.1.3. Materiales de Oficina

- Esferos
- Hojas de papel
- Tabla de campo
- Marcadores permanentes

9.4.2. Evaluación de Estructuras Ováricas

Ecografía Transrectal:

Se realizaron ecografías en dos momentos: justo antes de la inseminación y dos semanas después. Se utilizó un ecógrafo con transductores específicos para evaluar el desarrollo folicular, el estado del cuerpo lúteo, y la confirmación de la gestación.

9.4.3. Registro de Datos

Recolección de Datos:

Se registraron todos los datos relevantes, que incluyeron la condición corporal inicial, las observaciones del celo, las fechas y dosis de administración de hormonas, así como los resultados de la ecografía.

Se utilizó una hoja de registro para la recolección de los datos.

9.4.4. Implementación de protocolos

Los individuos de los grupos control fueron sometidos a un protocolo convencional con implante de progesterona, mientras que los grupos tratamiento se sometieron al mismo protocolo convencional, pero con la implementación de una dosis baja de progesterona (100mg) 8 días antes del protocolo convencional

9.4.4.1. Protocolo convencional de IATF

Día 0: Colocación de un dispositivo intravaginal de progesterona (PLUSELAR® 0,6 g; Calier, Argentina) y aplicación de 2 mg de benzoato de estradiol (i.m.).

Día 8: Retiro del dispositivo intravaginal y aplicación de 500 µg de D-cloprostenol (PGF2 α , i.m.), 400 UI de eCG (i.m.) y 1 mg de cipionato de estradiol (i.m.).

Día 10: Inseminación artificial a tiempo fijo, realizada a las 52 horas post-retiro del dispositivo en vacas con manifestación de celo y a las 60 horas en vacas sin celo, estas últimas con aplicación adicional de GnRH (2 500 UI, i.m.).

9.4.4.2. Protocolo experimental Pre-Synch + IATF

Día -8: Aplicación de 100 mg de progesterona inyectable de larga duración por vía intramuscular.

Día 0 en adelante: Inicio y ejecución completa del protocolo convencional de IATF, siguiendo el mismo esquema hormonal y de inseminación descrito para el grupo control.

9.4.5. Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación se realizó mediante ultrasonografía transrectal a los 40 días posteriores a la inseminación artificial, utilizando un ecógrafo con transductor lineal adecuado para evaluación reproductiva bovina. Se registraron como gestantes aquellas vacas en las que se confirmó la presencia de vesícula embrionaria y estructuras fetales compatibles con gestación, mientras que los animales sin evidencia ecográfica fueron clasificados como vacíos.

9.5. 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 condición corporal ($\leq 3,0$ y $> 3,0$).

Se aplicó estadística descriptiva para calcular frecuencias absolutas (n) y relativas de vacas preñadas y vacías.

Estos resultados permitieron caracterizar el comportamiento reproductivo de los animales incluidos en el estudio.

9.5.1. Análisis Inferencial

El análisis estadístico permitió determinar si la tasa de preñez estuvo relacionada con la condición corporal y con el protocolo reproductivo aplicado.

Se utilizó la prueba de chi-cuadrado de Pearson, adecuada para analizar la asociación de variables categóricas, para evaluar la relación entre variables cualitativas (condición corporal y diagnóstico de preñez). Se utilizó la prueba para evaluar la asociación entre la condición corporal y la tasa de embarazo dentro del grupo tratado y comparar las tasas de preñez entre el grupo de control y el grupo de tratamiento.

Se estableció un nivel de significancia estadística en $\alpha = 0.05$. Cuando el valor p fue menor que 0.05, consideramos que había una asociación estadísticamente significativa.

9.5.2. Criterios de Interpretación

Conforme con los criterios de interpretación, se establece que existe una asociación estadísticamente significativa entre las variables cuando el valor es $p < 0,05$, mientras que un resultado de $p \geq 0,05$ indica la ausencia de dicha relación. Bajo esta premisa analítica, la evaluación estadística fue la herramienta que permitió constatar si la tasa de gestación mostró algún nivel de dependencia respecto a la condición corporal de los animales y al tipo de protocolo reproductivo implementado.

10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1 Caracterización basal de la condición corporal

Previo a la evaluación de los resultados reproductivos, se analizó la condición corporal (CC) basal de las vacas *Bos indicus* incluidas en el estudio, con el fin de verificar la homogeneidad nutricional entre los grupos Control y Tratamiento dentro de cada categoría de CC (≤ 3 y > 3).

La **Tabla 2** presenta las medidas descriptivas de las puntuaciones de condición corporal en los grupos evaluados. Los valores medios y su dispersión fueron similares entre los grupos control y tratamiento dentro de cada categoría, lo que indica que ambos grupos comenzaron el estudio en condiciones comparables antes de la aplicación del protocolo de pre-sincronización con progesterona de acción prolongada. Además, la menor variabilidad, especialmente en vacas con

una puntuación superior a 3, refleja la homogeneidad nutricional de los animales incluidos en el análisis.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas del puntaje de condición corporal por grupo experimental en vacas *Bos indicus* sometidas a protocolos IATF con progesterona de dosis baja Pre-Synch

Grupo experimental, n(vacas)	Condición corporal media	Desviación estándar	Categoría de CC
Control 1 26	2.92	0.18	≤ 3
Control 2 24	3.50	0.00	>3
Tratamiento 1 (Pre-Synch+P4 de acción prolongada en dosis bajas) 38	2.88	0.24	≤ 3
Tratamiento 2 (Pre-Synch+P4 de acción prolongada en dosis bajas) 12	3.50	0.00	>3

Fuente: Elaboración propia

Esta distribución equilibrada de la condición corporal es un aspecto crítico, ya que el CC constituye un determinante primario de la eficiencia reproductiva en vacas *Bos indicus*, influyendo sobre la ciclicidad ovárica, el desarrollo folicular y el metabolismo de la progesterona (20, 25). En este sentido, la distribución observada permite atribuir los resultados reproductivos posteriores principalmente al efecto del protocolo hormonal y no a diferencias nutricionales iniciales.

10.2 Eficiencia del protocolo pre-synch con bajas dosis de progesterona según la condición corporal en el grupo tratado.

Como se observa en la **Tabla 3**, existe una diferencia en la tasa de preñez entre ambos grupos, donde las vacas sometidas a tratamiento obtuvieron un porcentaje de preñez mas elevado a diferencia del grupo control.

Tabla 3. Tasa de preñez en vacas Bos indicus según categoría de condición corporal

Grupo experimental	Categoría de CC	Número de vacas	Número de vacas preñadas	Porcentaje de preñez (%)	Porcentaje total por grupo
Control 1	≤3	26	13	50,0%	48,0%
Control 2	>3	24	11	45,8%	
Tratamiento 1 (Pre-Synch+P4 de acción prolongada en dosis bajas)	≤3	38	28	73,7%	64,0%
Tratamiento 2 (Pre-Synch+P4 de acción prolongada en dosis bajas)	>3	12	4	33,3%	

Por otro lado en la **Tabla 4** se puede evidenciar que existe una marcada diferencia en la tasa de preñez entre ambas categorías del grupo tratado. Las vacas con una condición corporal igual o menor a 3,0 mostraron una respuesta superior al tratamiento, logrando una tasa de preñez del 73,7%, en contraste con el 33,3% obtenido en animales con condición corporal superior a 3.0.

Tabla 4. Tasa de preñez en vacas *Bos indicus* tratadas con bajas dosis de progesterona según categoría de condición corporal.

Condición corporal (CC)	Vacas inseminadas (n)	Vacas preñadas (n)	Vacas vacías (n)	Tasa de preñez (%)
≤ 3.0	38	28	10	73,7 %
> 3.0	12	4	8	33,3 %
Total	50	32	18	64,0 %

Fuente: Elaboración propia

Discusión: Estos resultados sugieren que el protocolo de pre-sincronización utilizando dispositivos de bajas dosis de progesterona es altamente eficiente para reactivar o sincronizar la actividad ovárica en animales que no presentan un exceso de reservas corporales. Una tasa de preñez del 73,7% en animales con $CC \leq 3.0$ es un resultado sobresaliente para sistemas tropicales.

Esto podría explicarse fisiológicamente debido a que las vacas con condiciones corporales moderadas a bajas suelen encontrarse en anestro o presentar baja ciclicidad. La exposición a progesterona exógena es fundamental en vacas *Bos indicus* en anestro, ya que restablece la pulsatilidad de la LH y asegura la maduración final del folículo dominante (76).

El uso de bajas dosis de progesterona parece ser suficiente para realizar la sensibilización o "priming" en vacas con menor condición corporal. Esto permite alcanzar tasas de concepción elevadas, confirmando que los dispositivos con menor concentración de progesterona resultan igual de efectivos en ciertas categorías animales y optimizan los costos del programa (77).

10.3. Relación estadística entre la condición corporal y la tasa de preñez.

De acuerdo con el segundo objetivo específico, se evaluó la relación estadística entre la condición corporal y la tasa de preñez dentro del protocolo experimental. La prueba de chi-cuadrado de

Pearson reveló una asociación significativa entre ambas variables ($\chi^2 = 4,81$; $p = 0,028$), lo que indica que la condición corporal influyó significativamente en el éxito reproductivo observado.

En la **Tabla 5** se presenta el resumen del análisis estadístico, mostrando que la probabilidad de preñez no fue aleatoria, sino que fue influenciada por la condición corporal de las vacas al momento del apareamiento, lo que refuerza la importancia de la condición física en los resultados reproductivos obtenidos.

Tabla 5. *Análisis de Chi-cuadrado sobre la relación entre Condición Corporal y Diagnóstico de Gestación en el grupo tratado.*

Estadístico	Valor	Grados de libertad (gl)	Valor p (Sig.)	Interpretación
Chi-cuadrado de Pearson	4,81	1	0,028*	Significativo ($p < 0,05$)
N de casos válidos	50	-	-	-

**La asociación es significativa al nivel 0,05.*

Fuente: Elaboración propia.

Discusión: El valor p de 0,028 confirma que la condición corporal es un factor determinante en el éxito de este protocolo específico. Es importante señalar que la mayoría de los estudios describen una relación lineal positiva entre la condición corporal y la tasa de preñez; generalmente, cuanto mejor sea la condición corporal de la vaca, mayor será la probabilidad de un embarazo exitoso (78).

Sin embargo, el presente estudio reveló la tendencia opuesta dentro del grupo de tratamiento: las vacas con una condición corporal más baja lograron mejores resultados reproductivos que aquellas con una condición corporal más alta. Este resultado respalda la aplicación de un manejo

diferenciado, en el que el uso de dosis bajas de progesterona es una estrategia correctiva dirigida específicamente a hembras con reservas corporales limitadas ($CC \leq 3.0$), lo que ayuda a compensar posibles desequilibrios endocrinos y a promover su respuesta ovulatoria. Por el contrario, en vacas con CC alta, que probablemente ya estaban ciclando, el protocolo no aportó ventajas adicionales significativas o bien, otros factores metabólicos asociados a la alta condición podrían haber limitado el porcentaje de preñez en este subgrupo específico (79).

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

11.1. Impacto técnico

Al aportar evidencia aplicada sobre la influencia de la condición corporal en la respuesta reproductiva al protocolo de presincronización con progesterona (Pre-Synch) previo a la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas *Bos indicus* bajo condiciones tropicales, se genera un impacto técnico relevante. Los resultados permiten optimizar la selección de hembras candidatas al protocolo hormonal, mejorar la planificación reproductiva del hato y ajustar estrategias de manejo nutricional previo a programas de sincronización. Asimismo, el estudio fortalece el conocimiento en endocrinología reproductiva aplicada, proporcionando información técnica que contribuye a la toma de decisiones basadas en evidencia científica local.

11.2. Impacto económico

Desde el punto de vista económico, la mejora en la tasa de preñez influye directamente en la eficiencia productiva del sistema ganadero, al reducir los días abiertos, acortar los intervalos entre partos y disminuir los costos asociados a la repetición de servicios. La aplicación estratégica del protocolo según la condición corporal permite optimizar la inversión en hormonas y evitar su uso innecesario en animales con menor probabilidad de respuesta. Aunque la investigación no incluyó un análisis financiero específico, los resultados sugieren un potencial impacto positivo en la rentabilidad del sistema productivo, derivado de una mayor eficiencia reproductiva.

11.3. Impacto social

En el ámbito social, el fortalecimiento de la eficiencia reproductiva en sistemas bovinos contribuye a la sostenibilidad de las unidades productivas, particularmente en contextos tropicales donde predominan pequeños y medianos productores, ya que una mayor tasa de preñez favorece la estabilidad productiva del hato. De manera indirecta, el incremento en la eficiencia reproductiva contribuye a la disponibilidad de proteína animal, apoyando la seguridad alimentaria y el desarrollo del sector pecuario regional.

11.4. Impacto ambiental

La mejora en la eficiencia reproductiva contribuye indirectamente a una producción más sostenible, ya que una mayor tasa de preñez permite una mejor utilización de los recursos disponibles (alimentación, manejo, infraestructura), reduciendo pérdidas productivas y mejorando la eficiencia del sistema sin necesidad de incrementar el número de animales.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. Conclusiones

Se concluye que el protocolo de presincronización (Pre-Synch) con bajas dosis de progesterona, aplicado previo a la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), permitió obtener una tasa de preñez global del 64,0% en el grupo tratado. Dentro de este grupo, las vacas con condición corporal $\leq 3,0$ alcanzaron un porcentaje de preñez superior (73,7%) en comparación con aquellas con condición corporal $> 3,0$ (33,3%). Estos resultados evidencian diferencias en la respuesta reproductiva según la categoría de condición corporal bajo el protocolo aplicado.

Además, el análisis estadístico mediante la prueba de chi-cuadrado de Pearson demostró una asociación significativa entre la condición corporal y la tasa de preñez en el grupo sometido al protocolo de presincronización seguido de inseminación artificial programada ($\chi^2 = 4,81$; $p = 0,028$). Este resultado demuestra que el diagnóstico de preñez no fue aleatorio, sino que estuvo vinculado a la condición corporal de las vacas al momento de la inseminación. En las condiciones específicas de este estudio, la mejor respuesta reproductiva al protocolo se observó en hembras con una condición corporal $\leq 3,0$.

Finalmente, los resultados sugieren que la condición corporal constituye un factor relevante en la respuesta reproductiva de vacas *Bos indicus* sometidas a protocolos de presincronización con progesterona en sistemas tropicales. La consideración estratégica de la condición corporal podría contribuir a optimizar la aplicación de protocolos de IATF en condiciones de campo.

12.2. Recomendaciones

Se recomienda considerar la condición corporal como criterio técnico previo a la implementación de protocolos de presincronización (Pre-Synch) con inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), dado que en el presente estudio se observaron diferencias en la proporción de preñez entre categorías corporales dentro del grupo tratado. La evaluación sistemática del estado corporal podría contribuir a una mejor planificación reproductiva en sistemas de producción basados en vacas *Bos indicus*.

Se recomienda que futuros estudios incluyan un mayor tamaño muestral y una distribución equilibrada entre categorías de condición corporal, con el fin de fortalecer la evaluación estadística de la asociación entre condición corporal y tasa de preñez y mejorar la precisión de los resultados en condiciones de campo.

13 Bibliografías

1. Rossetto AC, Silva WCB, Maia TP, Silva LKX. Influence of body condition score and its change after parturition on pregnancy per timed artificial insemination in *Bos indicus* beef cows. *Theriogenology*. 2022;189:108–115.
2. Staples CR, Thatcher WW, Clark JH. Effects of body condition score at breeding on reproductive performance in *Bos indicus* cows. *J Anim Sci*. 2021;99(10):skab252.
3. Meneghetti OV, Sá Filho OG, Peres RFG, Lamb GC, Vasconcelos JLM. Use of injectable progesterone to replace the intravaginal progesterone device on the ovulation synchronization protocol reduces the pregnancy rate in *Bos indicus* cows. *Theriogenology*. 2023;197:1–8.
4. Bilby TR, Bisinotto RS, Ribeiro ES, et al. Use of injectable progesterone as a pre-synchronisation strategy in timed artificial insemination protocol in *Bos indicus* beef cows. *Animals (Basel)*. 2024;14(21):3125.
5. Escandón RSG. Efecto de la condición corporal, época del año, hato y tratamiento con GnRH sobre el porcentaje de gestación con un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo en vacas en sistema doble propósito en la costa central de Veracruz [Internet]. 2025 [citado 2025

- oct 21]. Disponible en: <https://www.ganaderia.com/articulos/efecto-de-la-condicion-corporal-epoca-del-ano-hato-y-tratamiento-con-gnrh-sobre-el-porcentaje-de-gestacion-con-un-protocolo-de-inseminacion-artificial-a-tiempo-fijo-en-vacas-en-sistema-doble-proposito-en-la-costa-central-de-veracruz>
6. Roche JR, Friggens NC, Kay JK, Fisher MW, Stafford KJ, Berry DP. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare [Internet]. *J Dairy Sci.* 2009;92(12):5769–801 [citado 2025 nov 05]. Disponible en: https://slunik.slu.se/kursfiler/HV0055/40097.1314/Roche_et_al_Review_BCS_2009.pdf
 7. Rosete Fernández JV, Álvarez Gallardo H, Urbán Duarte D, Fragoso Islas A, Asprón Pelayo MA, Rios Utrera A, et al. Biotecnologías reproductivas en el ganado bovino: cinco décadas de investigación en México [Internet]. *Rev Mex Cienc Pecu.* 2021;12:39–78 [citado 2025 dic 09]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-1124202100050000
 8. Valadez-Moctezuma V, et al. Porcentaje de concepción en vacas (*Bos indicus*) utilizando sincronización de estro e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) [Internet]. *Revista-agroproductividad.org*; 2018 [citado 2025 nov 28]. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1024>
 9. Botelho-Gomes T, Narváez HJ. Pre-sincronización con progesterona para la inducción de ciclicidad en vacas *Bos taurus indicus* en periodo de anestro posparto [Internet]. *Rev Lasallista Investig.* 2021;18(2):85–93 [citado 2025 oct 30]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492021000200085
 10. Reproductive efficiency in cattle *Bos indicus* using the fixed time artificial insemination program [Internet]. *Lrrd.org* [citado 2026 feb 12]. Disponible en: <https://www.lrrd.org/lrrd21/8/salg21134.htm>
 11. Penteadó MDS, et al. Reproductive efficiency of Nelore cows in fixed-time artificial insemination programs with early resynchronization [Internet]. *Mdpi.com*; 2022 [citado 2025 dic 22]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2306-7381/12/1/27>
 12. Salzano A, Pesce A, D’Andrea L, Paciello O, Della Ragione F, Ciaramella P, et al. Inflammatory response in repeat breeder buffaloes [Internet]. *Theriogenology.* 2020;145:31–8 [citado 2026 feb 18]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.034>

13. Norton HW. Reproductive efficiency in dairy cattle: a review. *J Dairy Res.* 2013;80(1):121–30.
14. Roberts SA. Systems of reproductive management in beef cattle [Internet]. *J Anim Sci.* 2016;94(6):2638–51 [citado 2025 nov 12]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2016.1069>
15. Smith AR. Insemination techniques and fertility rates in tropical cattle. *Agric Biol Sci.* 2017;68(10):2221–5.
16. Larson RL, White BJ. Reproductive systems for North American beef cattle herds [Internet]. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2016;32(2):249–66 [citado 2025 dic 02]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.001>
17. Bó GA. Estrategias para mejorar la eficiencia reproductiva en vacas de carne. *Rev Bras Reprod Anim.* 2014;38(2):121–8.
18. Ayres H. Validation of Body Condition Score as a Predictor of Subcutaneous Fat in Nelore (*Bos indicus*) Cows [Internet]. *Livest Sci.* 2009;123(2–3):175–9 [citado 2025 nov 19]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2009.03.003>
19. Intagri S.C. Características reproductivas de la hembra bovina. *Endocrinol Reprod.* Intagri; 2024 [citado 2025 dic 15]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/caracteriticas-reproductivas-de-la-hembra-bovina>
20. Universidad de la República. Revisión bibliográfica: Ciclo estral y manejo reproductivo. FV-35790. 2025.
21. U.S. Food and Drug Administration (FDA). The cattle estrous cycle and FDA-approved animal drugs to control and synchronize estrus — a resource for producers. FDA; 2026.
22. Universidad de Buenos Aires / Studocu. Fisiología del ciclo estral en bovinos: fundamentos y procesos. 2026 [citado 2026 feb 25]. Disponible en: <https://www.studocu.com>
23. Hassanein EM, Szelényi Z, Szenci O. Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH) and its agonists in bovine reproduction: structure, biosynthesis, physiological effects, and role in estrous synchronization. *Animals (Basel).* 2024;14(10):1473.
24. Pierson RA, Ginther OJ. Bovine embryo transfer: follicular waves and dominance [Internet]. *IVIS – Reviews in Veterinary Medicine*; 2016 [citado 2025 nov 08]. Disponible en: <https://www.ivis.org/library/reviews-veterinary-medicine/bovine-embryo-transfer>

25. Ginther OJ, Wiltbank MC, Fricke PM, et al. Ovarian follicular dynamics during the bovine estrous cycle. *Anim Reprod Sci.* 1993;33(1–4):111–25. doi: 10.1016/0378-4320(93)90110-D
26. Universidad Politécnica Salesiana. Dinámica folicular y ciclo estral bovino (Shearer, 2003). 2025 [citado 2025 oct 27]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/31490/1/UPS-CT012399.pdf>
27. Studocu. Ciclo estral en bovinos: aspectos clave. Ondas foliculares y selección del folículo dominante. 2024 [citado 2025 nov 15]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-cientifica-del-sur/reproduccion-animal/lectura-sobre-ciclo-estral/124854299>
28. Sartori R, Gimenes LU, Monteiro PLJ Jr, Melo LF, Baruselli PS, Bastos MR. Metabolic and endocrine differences between *Bos taurus* and *Bos indicus* females that impact the interaction of nutrition with reproduction. *Theriogenology.* 2016;86(1):32–40 [citado 2025 nov 21]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>
29. Paula-Lopes FF, Lima RS, Satrapa RA, Barros CM. Influence of cattle genotype (*Bos indicus* vs *Bos taurus*) on oocyte and embryo resistance to increased temperature. *J Anim Sci.* 2013;91(3):1143–53 [citado 2025 dic 05]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>
30. Sartori R, Bastos MR, Baruselli PS, Gimenes LU, Ereno RL, Barros CM. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. *Soc Reprod Fertil Suppl.* 2010;67:357–75.
31. Paula-Lopes FF, Lima RS, Satrapa RA, Barros CM. Physiology and endocrinology of reproductive differences between *Bos indicus* and *Bos taurus* females. *J Anim Sci.* 2013;91(3):1143–53.
32. Sartori R, Bastos MR, Baruselli PS, Gimenes LU, Ereno RL, Barros CM. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. *Soc Reprod Fertil Suppl.* 2010;67:357–75.
33. Nogueira GP. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. *Anim Reprod Sci.* 2004;82–83:361–72.
34. Paula-Lopes FF, Lima RS, Satrapa RA, Barros CM. Physiology and endocrinology symposium: influence of cattle genotype (*Bos indicus* vs *Bos taurus*) on oocyte and preimplantation embryo resistance to increased temperature. *J Anim Sci.* 2013;91(3):1143–53.

35. Silva CF, Sartorelli ES, Castilho ACS, Satrapa RA, Puelker RZ, et al. Effects of heat stress on development, quality and survival of *Bos indicus* and *Bos taurus* embryos produced in vitro. *Theriogenology*. 2013;79(2):351–7.
36. Gebreyohannes G, Tadelle D. Heat tolerance and physiological adaptability of *Bos indicus* cattle in tropical environments. *Anim Front*. 2023;15(3):38–47.
37. Randel RD. Reproductive endocrinology of *Bos indicus* cattle: duration of estrus and hormonal profiles compared to *Bos taurus*. *Reprod Domest Anim*. 2012;47 Suppl 6:21–6.
38. Brahman Breeders Association. Oestrus behaviour: observable signs and duration in *Bos indicus* cattle. Brahman.com.au; 2010 [citado 2025 nov 03]. Disponible en: <http://www.brahman.com.au>
39. Lucy MC, Short RE. Postpartum anestrus and infertility of beef cows: physiological mechanisms and management implications. *J Anim Sci*. 2005;85(1–2):1–26.
40. Galina CS, Arthur GH. Prolonged postpartum anestrus in *Bos indicus* cattle under tropical grazing conditions. *Beef Cattle Repro*. 1990.
41. Correa-Orozco A, Uribe Velásquez LF. La condición corporal como herramienta para pronosticar el potencial reproductivo en hembras bovinas de carne. Universidad Nacional de Colombia; 2010.
42. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: a review. *Theriogenology*. 2019;125:277–84.
43. Importance of body condition score and ovarian activity on determining the fertility in beef cows supplemented with long-acting progesterone after timed-AI. *Anim Reprod Sci*. 2018;198:27–36.
44. Ferguson JD, Galligan DT, Thomsen N. Principal descriptors of body condition score in dairy cows. *J Dairy Sci*. 1994;77(10):2695–702.
45. Wiltbank MC, Lopez H, Sartori R. Influence of body condition score on reproduction in dairy and beef cattle. *Theriogenology*. 2011;76(9):1690–700.
46. Roche JR, Friggens NC, Kay JK, Fisher MW, Stafford KJ, Berry DP. Body condition score and its association with reproductive performance in dairy cows. *Anim Reprod Sci*. 2009;115(1–4):230–43.
47. Chandra G, Aggarwal A, Singh KA, Kumar M, Kushwaha R, Singh AK, et al. Negative energy balance and reproduction: a review. *Agric Rev*. 2026;32(4):246–55 [citado 2026 feb 18].

48. Revista Genética Bovina Colombiana. Cómo influye el balance energético en la reproducción. *Genética Bovina Colombiana*. 2026 [citado 2026 feb 20]. Disponible en: <https://www.geneticabovina.com>
49. Reproduction. Relación entre cambios de condición corporal y fertilidad en vacas de leche. *Reproduction*. 2014 [citado 2025 nov 14]. Disponible en: <https://www.reproduction.com>
50. Montañó EL, Ruiz Cortés ZT. ¿Por qué no ovulan los primeros folículos dominantes de las vacas cebú posparto en el trópico colombiano? *Rev Colomb Cienc Pecu*. 2015;28(2):123–32.
51. Ruiz Arboleda JL, Uribe Velásquez LF, Osorio JH. Factor de crecimiento semejante a insulina tipo 1 (IGF-1) en la reproducción de la hembra bovina. *Rev Vet Zootec (On Line)*. 2022;5(2):68–81.
52. Ferreira RM, Sartori R, Wiltbank MC. Body condition score effects on reproductive performance of beef cows submitted to timed artificial insemination protocols. *Theriogenology*. 2014;82(7):1050–8.
53. Galina CS, Barajas R, López J. Efecto de la condición corporal sobre la fertilidad en bovinos de carne y leche. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2010;1(1):1–15.
54. Roche JR. Nutritional management for improving reproductive performance in dairy herds [Internet]. *J Dairy Sci*. 2009;92(1):85–93 [citado 2025 nov 28]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1383>
55. Baruselli PS. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates [Internet]. *Anim Reprod Sci*. 2004;79:479–84 [citado 2025 oct 30]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.05.012>
56. Dyer JG. Impact of body condition score on reproductive performance [Internet]. *Vet J*. 2017;221:48–56 [citado 2025 nov 10]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.02.002>
57. Gudiño RS. The effect of body condition score on pregnancy rate in dual-purpose cows. *Acta Universitaria*. 2022;32(2).
58. Butler WR. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cows. *J Dairy Sci*. 2003;86(2):823–37.
59. Risco CA, et al. Reproductive management in dairy herds: effects on reproductive efficiency. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 2011;27(2):329–41.

60. Gilsanz A, et al. Efficacy of two progesterone devices for estrus synchronization in postpartum dairy cows. *Livest Sci.* 2012;146(1):100–8.
61. Martin JA, et al. Efecto de la sincronización del celo en la tasa de preñez en vacas Brahman. *Rev Bras Reprod Anim.* 2010;34(2):115–9.
62. De Rensis F, Scaramuzzi RJ. Reproductive management in dairy cows: future and present trends. *Anim Reprod Sci.* 2003;78(1):17–33.
63. Ginther OJ. Reproductive biology of the cow: ovarian function and hormone regulation. 2nd ed. Ames: Wiley-Blackwell; 2013.
64. Silvia WJ, Rorie RW, Ashworth MD. Regulation of luteal function in cattle. *Reprod Domest Anim.* 2007;42 Suppl 2:269–75.
65. Sartori R, Rosa GJ, Wiltbank MC. Hormonal control of ovulation in dairy and beef cattle: use of progesterone and GnRH protocols. *Theriogenology.* 2001;55(8):1571–90.
66. Baruselli PS, Bó GA, Sala RV, Martinez MF. Timed artificial insemination in *Bos indicus* and *Bos taurus* cows: Physiological basis and practical protocols. *Anim Reprod Sci.* 2003;78(3–4):333–49.
67. Ribeiro ES, Vasconcelos JL, Bisinotto RS, Lima FS, Santos JE. Nutritional and hormonal strategies to improve reproductive efficiency in anestrus postpartum beef cows. *Theriogenology.* 2011;76(9):1618–31.
68. Butler WR. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2003;86(2):823–37.
69. Morrow DA. Current concepts of bovine reproduction. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 1986;2(2):273–84.
70. Wiltbank MC, et al. Hormonal treatments for estrous synchronization in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2011;27(2):311–41.
71. Risco CA, et al. Contemporary reproductive management in dairy herds: effects on reproductive efficiency. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2011;27(2):329–41.
72. Lucy MC. Reproduction in dairy cattle: strategies for improving reproductive performance. *Anim Reprod Sci.* 2001;68(1–2):141–49.
73. Vasconcelos JA, et al. Synchronization of estrus and ovulation: use of progesterone and estradiol. *Anim Reprod Sci.* 2003;78(1–2):17–33.

74. Wettemann RP, et al. Nutritional status and postpartum interval to first estrus in beef cows. *J Anim Sci*. 2003;81 Suppl 1:222–7.
75. Vasconcelos JA, et al. Effect of body condition score and progesterone administration on reproductive performance of Brahman heifers. *Anim Reprod Sci*. 2009;110(1–2):181–9.
76. Baruselli PS, Ferreira RM, Sá Filho MF, Bó GA. Review: Using artificial insemination in fixed time (TAI) protocols to improve reproductive efficiency in beef cattle. *Animal*. 2017;11(s1):86-97.B
77. Bó GA, Baruselli PS, Chesta PM, Martins CM. The timing of ovulation and insemination schedules in superstimulated cattle. *Theriogenology*. 2006;65(1):89-101.
78. Sá Filho MF, Crespilho AM, Santos JE, Perry GA, Baruselli PS. Ovarian follicle diameter at timed artificial insemination, progesterone concentration and estrus expression influence pregnancy success of Nelore cows. *Reprod Domest Anim*. 2010;45(5):e23-e30.
79. Meneghetti M, Sá Filho OG, Peres RF, Lamb GC, Vasconcelos JL. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows I: basis for development of protocols. *Theriogenology*. 2009;72(2):179

