



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

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

Autor:

Freire Iza Michael Yeffrey

Tutor:

Gutiérrez Reinoso Miguel Ángel

Latacunga – Ecuador

Marzo- 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Freire Iza Michael Yeffrey, con cédula de ciudadanía No. 0504429390, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“EFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS *BOS INDICUS*: PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) MEDIANTE EL USO DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN A DOSIS ESTÁNDAR Y SU EFECTO EN LA TASA DE PREÑEZ”**, siendo el **Doctor PhD. Miguel Ángel Gutiérrez Reinoso**, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 24 de febrero del 2026

Michael Yeffrey Freire Iza

CC: 0504429390

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 FREIRE IZA MICHAEL YEFFREY, identificado con cédula de ciudadanía 0504429390 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 EN PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS BOS INDICUS: PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) MEDIANTE EL USO DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN A DOSIS ESTÁNDAR Y SU EFECTO EN LA TASA DE PREÑEZ**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Dr. Miguel Ángel Gutiérrez Reinoso, PhD.

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

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

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **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 24 días del mes de febrero del 2026.

Michael Yeffrey Freire Iza

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

Latacunga, 24 de febrero del 2026

Dr. Miguel Ángel Gutiérrez Reinoso, PhD.

CI: 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, el postulante: Freire Iza Michael Yeffrey, con el título del Proyecto de Investigación: “ **EFEECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS *BOS INDICUS*: PRE-SINCRONIZACIÓN DEL CELO (PRE-SYNCH) MEDIANTE EL USO DE PROGESTERONA DE LARGA DURACIÓN A DOSIS ESTÁNDAR Y SU EFECTO EN LA TASA DE PREÑEZ**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 24 de febrero del 2026

Dr. Edilberto Chacón Marchecheo, PhD.

CC: 1756985691

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Dr. Rafael Garzón Jarrín, PhD.

CC: 0501097224

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Dr. Alonso Chicaiza Sánchez, Mg.

CC: 0501308316

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi padre y a mi madre por su apoyo emocional y económico, ya que sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

También agradezco a mi tutor y tribunal de titulación porque me guiaron en toda la redacción de este trabajo.

.

Michael Yeffrey Freire Iza

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

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

Autor:

Freire Iza Michael Yeffrey

RESUMEN

La eficiencia reproductiva en *Bos indicus* constituye un desafío en sistemas de producción tropicales debido a la corta y poco detectable expresión del celo y al prolongado anestro posparto. En este contexto, el estado nutricional, evaluado mediante la puntuación de condición corporal (PCC), influye en la regulación endocrina, la actividad ovárica y el éxito de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). El presente estudio evaluó el efecto de la PCC sobre la tasa de preñez en vacas *Bos indicus* sometidas a un protocolo de IATF que incluyó pre-sincronización estral (Pre-Synch) con progesterona de acción prolongada a dosis estándar. El ensayo se realizó en condiciones extensivas en el sur de Ecuador, utilizando una muestra de 116 vacas seleccionadas de una población de 1000 animales. Los animales se clasificaron según su PCC (≤ 3 y > 3 ; escala 1–5) y se asignaron a un grupo control o a un grupo tratamiento con Pre-Synch (150 mg de progesterona administrados ocho días antes del protocolo). El diagnóstico de gestación se efectuó a los 40 días mediante ecografía transrectal. Las tasas de preñez oscilaron entre 51,7 % y 80,6 %, con valores más altos en vacas con PCC > 3 sometidas al protocolo Pre-Synch. Aunque el análisis de regresión logística no evidenció diferencias significativas ($p > 0,05$), se observó una tendencia biológicamente relevante asociada con mejor condición corporal y pre-sincronización hormonal. Estos resultados resaltan la importancia del manejo nutricional para optimizar la fertilidad en sistemas ganaderos tropicales.

Palabras clave: Condición Corporal, IATF, Pre-sincronización, Progesterona, Tasa de preñez.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “EFFECT OF BODY CONDITION ON TIMED ARTIFICIAL INSEMINATION (TAI) PROTOCOLS IN *BOS INDICUS* COWS: PRE-SYNCHRONIZATION OF ESTRUS (PRE-SYNCH) USING LONG-ACTING PROGESTERONE AT STANDARD DOSES AND ITS EFFECT ON PREGNANCY RATE”

Author:

Freire Iza Michael Yeffrey

ABSTRACT

Reproductive efficiency in *Bos indicus* is a challenge in tropical production systems due to the short and zeal undetectable expression and prolonged postpartum antrum. In this context, nutritional status, assessed by body condition score (PCC), influences endocrine regulation, ovarian activity and the success of fixed-time artificial insemination (IATF). This study evaluated the PCC effect on the pregnancy rate in *Bos indicus* cows undergoing an IATF protocol that included estral pre-synchronization (Pre-Synch) with long-acting progesterone at standard doses. The test was conducted under extensive conditions in southern Ecuador using a sample of 116 cows selected from a population of 1000 animals. The animals were classified according to their PCC (3 and >3; scale 1-5) and assigned to a control group or a pre-synch treatment group (150 mg progesterone administered eight days before the protocol). The gestation diagnosis was made at 40 days by transrectal ultrasound. Pregnancy rates ranged from 51.7% to 80.6%, with higher values in cows with PCC >3 submitted to the Pre-Synch protocol. Although the logistic regression analysis showed no significant differences ($p>0.05$), a biologically relevant trend associated with better body condition and hormone pre-synchronization was observed. These results highlight the nutritional management importance to optimize fertility in tropical livestock systems.

Keywords: Body Condition, IATF, Pre-synchronization, Progesterone, Pregnancy rate.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
5. OBJETIVOS.....	5
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
6. ACTIVIDADES RELACIONADAS A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN LA INVESTIGACIÓN	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	6
8. HIPÓTESIS	18
9. METODOLOGÍA.....	18
10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	27
12. CONCLUSIONES.....	28
13. RECOMENDACIONES	28
14. BIBLIOGRAFÍA.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades relacionadas a los objetivos planteados en la investigación.....	5
Tabla 2 Puntaje de condición corporal por grupo experimental en vacas Bos Indicus sometidas a protocolos IATF.....	24
Tabla 3 Tasa de preñez (%) y tasa de concepción (%) por grupo experimental y puntaje de condición corporal en vacas Bos Indicus sometidas a protocolos IATF.....	25
Tabla 4 Efectos del tratamiento, la puntuación de la condición corporal y su interacción con la gestación.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema del ciclo estral.....	11
Figura 2 Protocolo convencional con DIV de P4.....	15
Figura 3 Ubicación del lugar de la investigación	19
Figura 4 Protocolo convencional con adición de la pre sincronización	23

1. INFORMACIÓN GENERAL

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

Fecha de inicio: 2025

Fecha de finalización: 2026

Lugar de ejecución: Provincia de El Oro, cantón Piñas, parroquia Saracay, en el sur de la República del Ecuador en la región 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:

Estudiante: Freire Iza Michael Yeffrey

Anexo 1

Tutor: Dr. Gutiérrez Reinoso Miguel Ángel, PhD.

Anexo 2

Área de Conocimiento: Agricultura

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

Sublínea de investigación de la Carrera: Fisiología Animal y Reproducción.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El ganado bovino es un pilar fundamental de la agricultura global, pues contribuye, del valor total de la producción agraria mundial, con el 38%. Este sector no solo asegura los recursos esenciales y la seguridad alimentaria para más de mil millones de personas, sino que también impulsa la economía circular y familiar al ofrecer diversas oportunidades de sustento. Además, la cría de ganado bovino es clave en la generación de empleo y en la reducción de la pobreza (1). La ganadería bovina es crucial para el sector agropecuario de Ecuador. No solo impulsa la economía rural, sino que también provee carnes y lácteos esenciales que aseguran la canasta básica y la seguridad alimentaria del país (2).

En Ecuador, el sector lechero tiene un gran impacto socioeconómico debido a su significativa contribución al valor agregado y a la producción agropecuaria nacional. A pesar de las condiciones productivas y la liberalización del mercado (que permite a cualquiera vender y comprar leche y productos lácteos), su importancia es innegable (1).

Con el aumento de la población y los cambios en las dietas que elevan el consumo de proteína animal, se proyecta que la demanda mundial de carne aumentará un 1.3% anualmente entre 2007 y 2050. Esto es un crecimiento significativamente mayor que el estimado para la producción agrícola general, que se espera crezca un 1.1% anual en el mismo periodo. (2).

El ganado *Bos indicus*, comúnmente conocido como Cebú, se distingue por la prominente joroba de tejido graso que poseen, característica que los hace especialmente aptos para climas cálidos. Estos bovinos, típicos de las regiones tropicales, también presentan una papada grande, orejas caídas y emiten un sonido más parecido a un gruñido que a un mugido. A diferencia del ganado *Bos taurus*, el Cebú muestra una mayor resistencia al calor, a diversas enfermedades y a parásitos. Estas adaptaciones los convierten en la elección predilecta para la ganadería en ambientes tropicales (3).

Las características reproductivas de la raza *Bos Indicus* son diferentes de las reportadas en ganado *Bos taurus*, como, por ejemplo, los signos característicos del estro, que pueden ser influenciados por la edad, la producción de leche, el medio ambiente e incluso entre grupos genéticos (*Bos indicus* y *Bos taurus*). Las vacas *Bos indicus* generalmente presentan estros más cortos que las vacas *Bos taurus*, además de que estos se presentan generalmente entre la tarde y noche. Estos factores, resultan perjudiciales para la detección del celo y por consecuencia

afectará a la eficacia de la inseminación artificial (4). La inseminación artificial es una técnica de reproducción asistida que consiste en recolectar espermatozoides de un macho, procesarlos, almacenarlos y luego introducirlos de forma artificial en el sistema reproductivo de una hembra para lograr que quede preñada (5).

La reproducción es el motor que mantiene vivo cualquier hato ganadero, y en nuestro día a día, es lo que realmente define si el negocio va a ser rentable o no. Tanto si producimos leche como si nos enfocamos en carne, una buena eficiencia reproductiva marca la diferencia entre ganar dinero o estar luchando todo el tiempo. Cuando las vacas no preñan o tardan demasiado en volver a ciclar, se resiente directamente la producción de leche, además baja el número de terneros que nacen cada año, y eso termina golpeando fuerte la producción total de carne, porque simplemente hay menos becerros llegando al destete. El sistema endocrino es el principal regulador del proceso reproductivo en los animales, pero las condiciones ambientales también juegan un papel crucial en su desarrollo (6).

La nutrición es un factor esencial al condicionar los aspectos fisiológicos reproductivos que condicionan la fertilidad (7). La condición corporal de una hembra es un indicador directo de su estado nutricional y de cómo este influye en sus procesos reproductivos. Esta relación es crucial, ya que la condición corporal afecta la secreción de hormonas clave como las gonadotropinas y la progesterona, así como la función ovárica, la calidad de los óvulos y embriones, la involución uterina y la tasa de concepción (8).

Evaluar el efecto en la tasa de preñez es crucial, ya que es el indicador final del éxito reproductivo y la eficiencia económica del protocolo. Por lo tanto, existe la necesidad de una mejor comprensión de cómo la Condición Corporal interactúa en un protocolo de IATF específico que incluye una pre-sincronización con progesterona de larga duración en vacas *Bos Indicus*, con el fin de optimizar la tasa de preñez y mejorar la eficiencia en los sistemas de producción de carne y/o leche en ganado *indicus*. Esta investigación permitirá estandarizar el protocolo para maximizar los resultados de la IATF, contribuyendo a una toma de decisiones más informada y a una mayor rentabilidad.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1 DIRECTOS

- Productores que se dedican a la ganadería con ganado *Bos Indicus*, que buscan una alternativa eficaz para mejorar la tasa de preñez dentro de sus hatos.
- Investigador principal del proyecto, en cumplimiento de los requisitos previos para la obtención del Título de Medicina Veterinaria.

3.2 INDIRECTOS

- Investigadores y estudiantes de carreras afines al área agropecuaria.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las vacas *Bos Indicus* (cebúes y sus cruces) son predominantes en muchas regiones tropicales y subtropicales, pero a menudo presentan particularidades reproductivas que las diferencian de las *Bos Taurus*. Su ciclo estral es más variable, y el celo (periodo de receptividad sexual) es más corto y menos visible, lo que dificulta su detección. Esta característica afecta negativamente la eficacia de los tratamientos reproductivos. Adicionalmente, las hembras *Bos Indicus* experimentan un anestro posparto más largo, es decir, tardan más en volver a ciclar después de dar a luz. Esto hace que la optimización de los protocolos de IATF sea aún más relevante y compleja en esta raza (9).

A pesar de que los protocolos de IATF son herramientas valiosas para la eficiencia reproductiva, las tasas de preñez obtenidas pueden ser variables y no siempre alcanzan su máximo potencial, ya que la fertilidad sigue siendo variable y dependiente de factores fisiológicos y de manejo. Esta variabilidad representa un desafío para los productores, sobre todo los pequeños y medianos productores, y puede limitar la rentabilidad del protocolo (10).

Existe un conocimiento general de que la condición corporal (CC) de la vaca al momento de la inseminación es un factor determinante en el éxito reproductivo. Sin embargo, la interacción específica de la CC con protocolos de pre-sincronización avanzados, como el uso de progesterona de larga duración, no siempre está completamente aclarada para las vacas *Bos Indicus*.

El uso de pre-synch con ayuda de progesterona de larga duración con una dosis estándar parece ser una estrategia prometedora para mejorar la sincronización y la respuesta ovárica. La problemática radica en determinar si la condición corporal impacta diferencialmente la eficacia de este protocolo particular, lo que podría llevar a resultados subóptimos si no se considera adecuadamente la CC.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto de la Condición Corporal sobre la tasa de preñez de vacas *Bos Indicus* sometidas a un protocolo de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) que incluye pre-sincronización del celo (pre-Synch) mediante el uso de progesterona de larga duración a dosis estándar para la mejora de la sincronización.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la tasa de preñez en vacas *Bos Indicus* con diferente condición corporal (≤ 3) y (> 3).
- Valorar la relación que existe entre la condición corporal y la tasa de preñez.

6. ACTIVIDADES RELACIONADAS A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

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

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Determinar la tasa de preñez en vacas <i>Bos Indicus</i> con diferente condición corporal (≤ 3) y (> 3).	Diagnóstico de preñez	Ultrasonografía uterina día 40 post inseminación	% de animales preñados y vacíos
OBJETIVO 2	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Valorar la relación que existe entre la condición	Se realizará un estudio comparativo entre vacas con diferente condición corporal divididas en dos grupos: grupo control y	Se utilizará T-Welch para comparar tasas de preñez entre categorías y grupos	El grupo tratamiento podría presentar una mayor tasa de concepción en comparación con el grupo control.

corporal y la tasa de preñez	grupo de tratamiento. La evaluación se enfocará en determinar la tasa de concepción alcanzada después del servicio, considerando la condición corporal como una variable de análisis.	Probablemente las vacas con condición corporal > 3 presenten una tasa de concepción ligeramente superior a las vacas con < 3 de condición corporal
------------------------------	---	--

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. GANADERÍA BOVINA

Muchas familias dependen día a día de la ganadería para salir adelante, porque a nivel mundial esta actividad no solo es un negocio, sino el sustento real de millones de personas, sobre todo en el campo, donde la gente vive de la tierra, debido a esto la vemos como una estrategia económica y sociocultural muy potente, ya que no solo genera ingresos y estabilidad, sino que también ayudan a mantener vivas las tradiciones, el tejido social y el bienestar general de las comunidades rurales que tanto la necesitan (11).

El ganado vacuno es la principal fuente de alimento (de carne y leche), mano de obra, ropa (de cuero) y combustible (de estiércol) en muchas culturas del mundo (12).

En América Latina la ganadería es una de las actividades que más mueve la economía, y no es para menos, porque contamos con extensiones enormes de pastizales, un clima que favorece mucho el crecimiento de forrajes y varios factores más que hacen que nuestras tierras sean ideales para criar ganado de forma eficiente. Aquí en Ecuador, la ganadería bovina se ha convertido en un pilar clave del sector agropecuario, ya que cubre alrededor del 95% de la demanda interna de alimentos que consume la gente todos los días, además genera empleo directo o indirecto para cerca del 25% de la población económicamente activa, y no solo eso, sino que también impulsa toda la dinámica de la economía campesina mediante el comercio de productos básicos como la carne y la leche, contribuyendo así a fortalecer la seguridad alimentaria del país entero (11).

7.2 TIPOS DE PRODUCCIONES GANADERA

7.2.1 GANADERÍA EXTENSIVA

La ganadería extensiva, es aquella que utiliza amplios terrenos, aprovechando recursos como pastos, prados, pastizales, hierbas propias o comunales, con el fin de alimentar el ganado (11).

Este tipo de ganadería se emplea en razas apropiadas o adaptadas a las condiciones del entorno. Tienen un nivel bajo de insumos externos, tanto materiales como energéticos; desarrollándose en condiciones de sostenibilidad (13).

7.2.2 GANADERÍA INTENSIVA

Se caracteriza por una mayor densidad de animales por hectárea, más alta que en el caso de la ganadería extensiva. La ganadería intensiva es un sistema de explotación ganadera altamente tecnificada, que al contrario de la extensiva no aprovecha los recursos naturales. Este tipo de ganadería ubica al ganado en condiciones que permitan lograr un máximo beneficio en el menor tiempo posible (11).

7.3 RAZAS DE GANADO BOVINO

7.3.1 *BOS TAURUS*

El éxito global de las estirpes *Bos taurus* radica en su excepcional capacidad para transformar forraje en carne de alta calidad y en el desarrollo acelerado de sus crías. Estas variedades, provenientes de Europa, son piezas clave en la industria ganadera por su precocidad sexual y productiva. Entre los ejemplos más destacados se encuentran razas de aptitud cárnica como el Angus, Hereford y Charolaise, así como líneas especializadas en leche, tales como la Pardo Suizo y Jersey (14).

7.3.2 *BOS INDICUS*

El ganado cebú (*Bos indicus*) se caracteriza por su enorme presencia en las regiones del trópico, donde se ha fomentado el cruce de ejemplares *Bos indicus* con razas criollas o *Bos taurus* para mejorar la resistencia. Entre sus variantes más emblemáticas se encuentran el Brahman, Nelore, Guzerat, Gyr e Indubrasil (15).

7.4 EJE METABÓLICO-REPRODUCTIVO

7.4.1 MECANISMOS ENDOCRINOS DE LA CONDICIÓN CORPORAL

Los cambios en la condición corporal (CC) de las vacas lecheras influyen de manera importante en la regulación hormonal y en los procesos reproductivos, particularmente en la manifestación del celo. Cuando las vacas experimentan variaciones en su condición corporal ya sea que aumenten, mantengan o pierdan peso se producen respuestas hormonales distintas que pueden impactar directamente en su desempeño reproductivo. En el caso de las vacas que mejoran su CC, suele observarse un incremento en los niveles de leptina debido al aumento del tejido adiposo. Esta hormona está asociada con la disponibilidad de energía en el organismo y envía señales de suficiencia energética, lo que favorece la activación de los mecanismos reproductivos, promoviendo una mayor actividad ovárica y mejores índices de fertilidad. En

cambio, cuando las vacas mantienen o reducen su condición corporal, los niveles de leptina tienden a ser más bajos, lo que puede afectar procesos como el desarrollo folicular y la ovulación, disminuyendo así la eficiencia reproductiva (16).

El desempeño reproductivo de las vacas suele estar vinculado con su peso corporal, las variaciones de peso y la condición corporal (CC), aunque esta relación no siempre es absoluta. Uno de los aspectos más relevantes es la reactivación de los ciclos estrales después del parto, proceso que está influenciado tanto por los cambios de peso durante el final de la gestación como por la condición corporal que presenta la vaca en el periodo posparto. En la práctica diaria vemos que las vacas que logran mantener una condición corporal por encima de 2,5 en una escala de 1 a 5 suelen volver al celo bastante más rápido después del parto, lo que hace todo el proceso reproductivo mucho más fluido. Por el lado opuesto, cuando una vaca pierde cerca del 10% de su peso vivo en las semanas siguientes al parto, el regreso a la actividad estral se atrasa de forma notable, y eso puede significar hasta 19 días extras antes de que vuelva a ciclar normalmente. Estas diferencias nos dejan clarísimo lo crucial que es cuidar la alimentación y mantener una buena condición corporal desde el principio, porque al final del día son esos detalles los que realmente impulsan una mejor eficiencia reproductiva en el hato. (17).

7.4.2 INTERACCIÓN NUTRICIÓN-HORMONAS

Tanto el tejido adiposo como la masa muscular son indicadores útiles para evaluar el estado metabólico de las vacas, ya que reflejan sus reservas energéticas y su nivel de balance nutricional. En este contexto, existe un conjunto de hormonas que participan en la regulación del complejo equilibrio entre producir (por ejemplo, leche) y reproducirse. Estas señales hormonales actúan como “mensajeras” del estado energético del animal y ayudan a coordinar procesos como el reinicio de la actividad ovárica, la manifestación del celo y la ovulación, de modo que la reproducción se favorezca cuando las condiciones metabólicas son adecuadas (16).

7.4.2.1 LEPTINA

El tejido adiposo no solo funciona como reserva de energía, sino que también se reconoce como un órgano con actividad endocrina. Entre las sustancias que produce, una de las más importantes es la leptina, hormona sintetizada y liberada principalmente por los adipocitos. La leptina cumple un papel clave como señal del estado energético del organismo: interviene en la modulación del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, lo que influye en la función reproductiva. Además, la leptina juega un papel clave en el control del apetito porque actúa como esa famosa “hormona de la saciedad”, enviando señales al cerebro para que reduzcamos lo que comemos justo cuando las reservas de energía ya están en buen nivel y no necesitamos más. De forma

complementaria, también ayuda a activar el metabolismo de manera más eficiente, y por eso está tan ligada a cosas como mantener un peso corporal estable o evitar que se acumule grasa de más (17).

Cuando los niveles de leptina suben bastante lo que suele pasar precisamente cuando hay más tejido adiposo en el cuerpo, el organismo recibe el mensaje claro de que ya tiene suficientes reservas energéticas guardadas, así que baja el hambre y ajusta todo para no seguir acumulando. Esa señal llega al cerebro y contribuye a disminuir el apetito, al mismo tiempo que favorece un mayor gasto de energía. Por ello, cualquier variación en la condición corporal se refleja en la secreción de leptina: a medida que aumenta la reserva energética, también tienden a elevarse sus concentraciones. Esta disponibilidad de energía no solo afecta el consumo y el metabolismo, sino que también puede influir en la función reproductiva, ya que la leptina participa en la regulación de la liberación de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) en el hipotálamo, un paso clave para la activación del eje reproductivo (16).

7.4.2.2 IGF-I

El IGF-I favorece la expresión y síntesis de receptores para FSH y LH en el folículo, lo que potencia la respuesta de las células foliculares a estas gonadotropinas. Como consecuencia, se incrementan procesos clave como la esteroidogénesis y la producción de inhibina dentro del ambiente folicular. Adicionalmente, el IGF-I activa el sistema de la aromatasa y, junto con la leptina, actúa como uno de los mediadores más relevantes del efecto de la FSH sobre la multiplicación y el desarrollo de las células de la granulosa. Este estímulo que se mantiene de manera constante es lo que realmente impulsa el crecimiento de los folículos de forma progresiva, porque poco a poco van avanzando por las distintas etapas hasta que finalmente logran formar ese espacio lleno de líquido que conocemos como el antro. (18).

La IGF-I tiene mucho que ver con que las vacas coman más y mantengan un balance energético positivo, y gracias a eso logran conservar una condición corporal decente sin caer en pérdidas drásticas. Cuando el estado nutricional de las vacas está en buen nivel, los valores de esta hormona suelen subir bastante, lo que a su vez impulsa tanto los procesos metabólicos como los reproductivos, ayudando a que todo funcione de manera más armónica en el hato. Por el contrario, cuando las vacas pierden condición corporal, suele producirse una disminución significativa tanto de IGF-I como de leptina. Esta reducción hormonal refleja un estado de menor disponibilidad energética y puede afectar directamente el funcionamiento del sistema reproductivo, comprometiendo procesos como el desarrollo folicular, la ovulación y, en consecuencia, la eficiencia reproductiva (17).

7.4.2.3 INSULINA

La insulina cuenta con receptores presentes en diversos tejidos del sistema reproductivo, entre ellos los ovarios, donde desempeña un papel importante en la regulación de la función ovárica y en la síntesis de hormonas esteroideas. Por eso mismo, cualquier cambio en los niveles de insulina o en cómo responden los tejidos del cuerpo a esta hormona termina afectando directamente la reproducción de las vacas. Estas alteraciones casi siempre van de la mano con problemas metabólicos, como cuando aparece resistencia a la insulina o el animal entra en un balance energético negativo que lo deja sin reservas suficientes. Y cuando la señal de la insulina no llega bien o se distorsiona, lo primero que se nota es que la actividad ovárica se desordena, además los ciclos estrales pierden esa regularidad que tanto necesitamos para que todo marche bien en el hato. En particular, una menor sensibilidad a la insulina puede limitar el crecimiento y la maduración de los folículos ováricos, lo que ocasiona retrasos o irregularidades en el ciclo estral y, en consecuencia, puede disminuir la eficiencia reproductiva y la fertilidad del animal (16).

7.5 CICLO ESTRAL DEL BOVINO

El ciclo estral es conocido como el evento que se da a cabo entre un celo y otro (19). En los bovinos, este período tiene una duración promedio de 21 días dividida en 2 etapas: la fase folicular y la fase lútea (20).

La fase folicular se da en el intervalo de tiempo que va antes del estro hasta la ovulación y se comprende de 3 etapas: proestro, estro y metaestro. El proestro puede durar de 2 a 3 días y en esta etapa se induce el rápido crecimiento de un folículo dominante gracias a la hormona folículo estimulante (FSH), por lo que se produce una alta concentración de estrógenos (E2). Se considera al estro como el comienzo del ciclo estral con una duración promedio de 16 horas, es la etapa donde aparecen los signos de celo y debería de ocurrir la cópula y existe una elevación en los niveles de la hormona luteinizante (LH) en respuesta al pico de estrógenos, que se elevaron anteriormente., debido a este aumento de la LH se produce la ovulación algunas horas después (metaestro). La ovulación marca el paso de la fase folicular a la fase lútea, también conocida como diestro (19).

El diestro tiene una duración de 14 a 18 días, siendo la más larga de todo el ciclo estral (21). En esta etapa, se forma un cuerpo lúteo a partir de los restos del folículo que ovuló y es la estructura encargada de producir progesterona (p4), la hormona que preparará el útero para una posible

preñez (19). El fin de la funcionalidad de este cuerpo lúteo se da cuando el endometrio comienza a secretar $\text{PGF2}\alpha$ (21). Debido a esto los niveles de FSH se elevarán y se dará lugar a un nuevo ciclo estral (19).

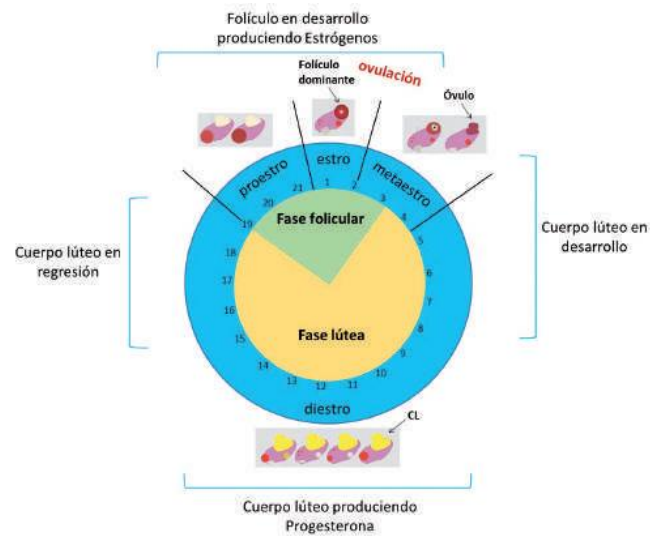


Figura 1 Esquema del ciclo estral.

Fuente: (19)

7.6 SELECCIÓN FOLICULAR (FOLICULOGÉNESIS)

La unidad estructural y funcional del ovario es el folículo, el cual proporciona un ambiente adecuado para el crecimiento y ovulación del ovocito que contiene y la posible formación de un embrión a partir de la fecundación (22).

La foliculogénesis es un proceso muy selectivo en el cual, por lo general, solo un folículo ovárico se vuelve dominante. Los demás folículos están destinados a desaparecer mediante un proceso llamado atresia, que ocurre por apoptosis (muerte celular programada). Las células de la granulosa son las principales afectadas por esta eliminación (23).

7.7 DINÁMICA FOLICULAR

La dinámica folicular se refiere al ciclo constante de desarrollo y degeneración que experimentan los folículos antrales. Este proceso continuo es fundamental porque permite la selección y el crecimiento de un único folículo preovulatorio, el cual será el que eventualmente libere un óvulo (24). Durante el ciclo estral, ocurren de 2 a 3 oleadas foliculares que tienen tres fases distintivas: emergencia, donde un grupo de folículos comienza a crecer; selección, en la que solo un folículo se convierte en el dominante; y finalmente, la ovulación de este folículo. Las hormonas LH y FSH son cruciales para regular tanto la foliculogénesis (el desarrollo folicular) como la esteroidogénesis (la producción de hormonas) durante todo este proceso (20).

Una onda de desarrollo folicular es cuando varios folículos antrales pequeños crecen de forma sincronizada. En promedio, hay alrededor de 24 folículos por onda, aunque este número puede variar entre 8 y 41. Este proceso se lleva a cabo en etapas interconectadas de reclutamiento (cuando los folículos empiezan a crecer), selección (cuando solo algunos continúan desarrollándose) y dominancia folicular (cuando uno o pocos folículos se vuelven los principales) (25). El reclutamiento es la etapa inicial donde un grupo de folículos comienza a madurar, impulsado por un suministro suficiente de gonadotrofinas, con el fin de eventualmente alcanzar la ovulación (26). Luego viene la selección, un proceso en el que solo un folículo logra escapar de la degeneración (atresia) y adquiere la capacidad de ser ovulado. Finalmente, la dominancia es cuando este folículo seleccionado frena el crecimiento de otros folículos, impidiendo que una nueva camada comience a desarrollarse (25).

7.8 FISILOGIA REPRODUCTIVA ESPECÍFICA DE LOS *BOS INDICUS*

Las vacas *Bos indicus* suelen tener un número de ondas foliculares que varía bastante de un ciclo estral a otro, y lo que más se ve en la práctica es que terminan presentando ciclos con tres ondas foliculares con mucha más frecuencia de lo que ocurre en las *Bos taurus*. El número de folículos reclutados en las cohortes foliculares es mayor en vacas y novillas *Bos indicus* que en *Bos taurus*. Las vacas *Bos indicus* tienen intervalos más reducidos desde el celo hasta la secreción de LH y desde la secreción de LH hasta la ovulación que las *Bos Taurus* (27).

7.8.1 VARIABILIDAD DEL CICLO ESTRAL

La dinámica folicular ovárica en *Bos indicus* caracteriza por la aparición de dos, tres o, a veces, cuatro ondas de desarrollo folicular. Aunque la dominancia es similar a la del *Bos taurus*, los diámetros máximos del folículo dominante y del CL son menores que los reportados en *Bos taurus* y probablemente se deben a una menor capacidad de secreción de LH que en *Bos taurus* (28).

El hipotálamo de *Bos indicus* genera pulsos menos frecuentes de GnRH, lo que reduce la liberación pulsátil de LH desde la hipófisis, resultando en intervalos más largos entre pulsos (cada 4-6 horas vs. 1-2 horas en *Bos taurus*) (27,28).

En las vacas *Bos indicus*, durante la salida de la primera onda folicular, lo que más se observa es que aparecen un montón de folículos pequeños en los ovarios, algo que se ha documentado bastante en estudios de campo (29). Estos folículos chiquitos producen muy poco estradiol, y por eso las vacas muestran signos de celo mucho más débiles, como montas que duran poquísimo o que apenas aceptan al toro (27). Además, en estas razas adaptadas al trópico, los niveles altos de insulina e IGF-1 terminan interfiriendo negativamente, porque reducen la fuerza

de los pulsos de LH y, al mismo tiempo, el hígado metaboliza los esteroides más rápido de lo normal, lo que hace que sea más difícil lograr esos picos preovulatorios fuertes que necesitamos para una ovulación efectiva (30).

7.8.2 EL ANESTRO POSTPARTO PROLONGADO

El anestro posparto se describe como el intervalo posterior al parto en el que las vacas no presentan manifestaciones conductuales de estro o celo. Durante este periodo, el sistema reproductivo aún no ha retomado completamente su actividad cíclica normal, por lo que no se observan signos evidentes de receptividad sexual. Este estado forma parte del proceso fisiológico de recuperación del organismo después del parto, mientras se restablece gradualmente la función ovárica y hormonal (31).

En esta fase del posparto, el aparato reproductivo de la vaca todavía no ha vuelto del todo a su ritmo normal de ciclos, así que no vas a ver ningún signo claro por fuera que muestre que ya está receptiva al toro o lista para montar. Sobre todo, en las vacas *Bos indicus* que se crían en el trópico con manejo extensivo y mientras siguen amamantando a sus terneros, lo que más se nota en los ovarios durante ese periodo es que aparecen varios folículos pequeños de entre 4 y 6 mm de diámetro, crecen un poco y luego se regresan sin llegar a ovular, algo que se repite varias veces antes de que el sistema empiece a recuperarse de verdad. En ocasiones se observa dominancia folicular a partir de los 26 días después del parto; sin embargo, el restablecimiento completo de la ciclicidad ovárica puede prolongarse considerablemente, alcanzando intervalos aproximados entre 217 y 278 días posparto (31). Esto quiere decir que la cría está directamente relacionada con el anestro posparto, ya que, en un estudio realizado por Vázquez Laguna F. (32), la media de la duración del anestro posparto de animales que perdieron la cría durante los dos primeros meses fue solo de 69,1 días comparado con la media de 182,48 días de vacas que amamantaron su cría durante 6 meses.

El amamantamiento influye directamente en la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios, ya que provoca una pobre liberación de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), lo que a su vez genera pulsos insuficientes de hormona luteinizante (LH). Como consecuencia, los folículos ováricos no logran completar su proceso de maduración ni llegar a la ovulación, debido a una síntesis inadecuada de estrógenos a nivel folicular (31).

Por otra parte, cuando la vaca entra en un balance energético negativo, el cuerpo tiene menos glucosa disponible en la sangre, así que empieza a tirar de las reservas de grasa y proteína que

tiene guardadas para seguir funcionando. En esa situación tan común después del parto, el organismo prioriza lo básico para sobrevivir y producir: primero mantiene el metabolismo basal encendido, luego soporta la actividad diaria, el crecimiento si todavía está en desarrollo y sobre todo la producción de leche para el ternero, y recién después, si sobra algo de energía, le da chance a los procesos reproductivos de reactivarse sin problemas, lo que retrasa el reinicio de la ciclicidad ovárica y el establecimiento de una nueva gestación (31).

Asimismo, cuando el consumo de nutrientes no cubre las demandas metabólicas del animal, se incrementa la probabilidad de prolongar el anestro posparto. Aunque la interacción entre los factores que intervienen en este proceso es compleja y aún no se comprende completamente, muchos de ellos parecen actuar a través de mecanismos hormonales (33).

Desde el descubrimiento de la leptina, ha surgido un gran interés por su papel como señal que informa al organismo sobre el estado de las reservas 27 9 energéticas. A nivel del hipotálamo, las señales provenientes de esta hormona se transforman en respuestas neuronales que regulan el consumo de alimento. En este proceso, el neuropéptido Y (NPY) desempeña un rol importante en el control del apetito; sin embargo, la leptina actúa inhibiendo las señales del NPY, lo que contribuye a disminuir la ingesta de alimento (31). Durante la gestación, los niveles de leptina suelen ser elevados, pero descienden de manera rápida después del parto, principalmente debido al alto gasto energético asociado con la producción de leche (34).

7.9 PROTOCOLOS DE IATF

La Inseminación Artificial (IA) es una técnica de reproducción donde el semen de un macho se recolecta y luego se introduce en el sistema reproductivo de una hembra utilizando instrumentos especiales, sin que haya contacto directo entre los dos animales (35). La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) es una estrategia innovadora que surge para resolver las dificultades de detectar el celo en el ganado. Con la IATF, ya no es necesario observar los signos de celo en las hembras para inseminarlas, lo que se traduce en un aumento tanto en la tasa de servicio como en la tasa de preñez. En pocas palabras, permite inseminar a las vacas de forma programada, sin depender de que muestren o se detecte el celo (36). En estudios generales, el porcentaje promedio de preñez con protocolos IATF suele estar cerca del 54% (37).

Los protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) utilizan hormonas para sincronizar el desarrollo de los folículos, inducir el celo (estro) y la ovulación en vacas aptas para la reproducción. Esto permite realizar la inseminación artificial en un momento preciso, eliminando la necesidad de detectar visualmente el celo en los animales (38).

7.9.1 PRE-SYNCH

El pre-synch se trata de un protocolo que usa hormonas antes de utilizar un protocolo de IATF. Su objetivo es preparar el ovario para que la vaca esté en un momento óptimo del ciclo estral cuando se inicie el protocolo de IATF permitiendo una respuesta más uniforme a la misma (39). La progesterona (P4) juega un rol crucial en la mejora de los programas de inseminación a término fijo. Esto se debe a que la P4 ayuda a inducir la ciclicidad en los animales (es decir, a regular sus ciclos reproductivos) y a optimizar el desarrollo folicular. Ambos efectos combinados resultan en un aumento significativo de la fertilidad (40).

7.9.2 CONVENCIONAL CON IMPLANTE DE PROGESTERONA

La progesterona es clave para la reproducción en vacas, ya que ayuda a sincronizar el celo, reiniciar el ciclo estral y aumentar la fertilidad. Una forma común de administrarla es mediante implantes que se colocan en el tercio medio de la parte posterior de la oreja, específicamente entre la piel y el cartílago. Estos implantes son especialmente útiles para corregir los niveles de progesterona en vacas que tienen dificultades para quedar preñadas repetidamente (41).

Se recomienda que la inseminación artificial se realice entre las 52 y 56 horas después de retirar el dispositivo. Este momento es clave porque la ovulación suele ocurrir entre las 64 y 72 horas posteriores al retiro. Al inseminar en este rango, se asegura que los espermatozoides y el óvulo tengan el mayor tiempo posible de contacto, lo que aumenta las posibilidades de una fecundación exitosa (42).

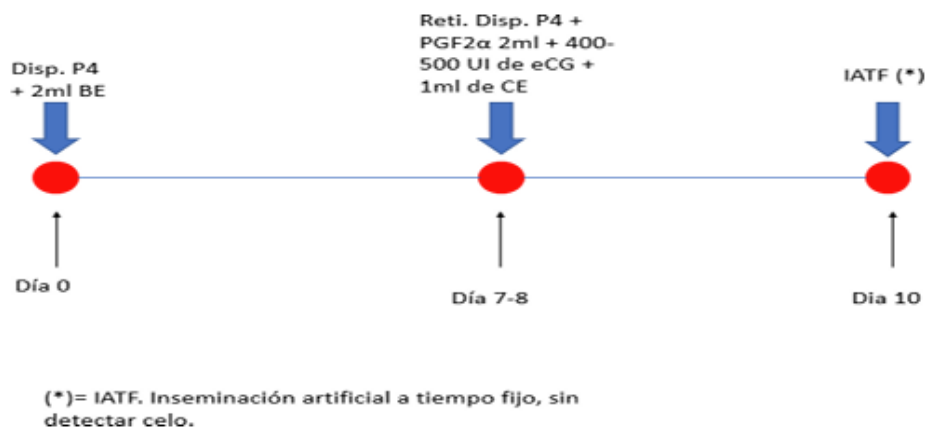


Figura 2 Protocolo convencional con DIV de P4

Fuente: (38)

7.10 PROGESTERONA

En las hembras bovinas, la progesterona se produce mayoritariamente en el cuerpo lúteo de los ovarios, a través de dos pasos enzimáticos: primero, el colesterol se convierte en pregnenolona en las mitocondrias, y luego, la pregnenolona se transforma en progesterona gracias a la enzima

3 β -hidroxiesteroide deshidrogenasa. Aunque el cuerpo lúteo es su principal fuente, esta hormona también puede ser sintetizada en otras partes del cuerpo, como las glándulas suprarrenales, la placenta y el cerebro (38).

La progesterona es fundamental para la reproducción en vacas, especialmente para que la gestación se inicie y se mantenga. Esto lo logra influenciando las características de los óvulos y actuando sobre el revestimiento del útero (endometrio). Si los niveles de progesterona bajan mientras los folículos están creciendo en el ovario, esto suele llevar a una disminución de la fertilidad. De manera similar, si hay poca progesterona después de la ovulación, se observa un menor desarrollo y tasas de preñez más bajas. Por otro lado, si las concentraciones de esta hormona aumentan después de la concepción, esto se asocia con una mayor producción de interferón- τ y, en algunos casos, con una mejor tasa de preñez (43).

7.10.1 DOSIS ESTÁNDAR, BAJA Y ALTA DE PROGESTERONA

La dosis de progesterona afecta directamente la dinámica folicular, las gonadotropinas y el éxito reproductivo, haciendo crucial su selección adecuada. Se clasifica en estándar, alta o baja según liberación y efecto fisiológico esperado (44).

La dosis estándar de progesterona, la más empleada en IATF, se aplica vía dispositivos intravaginales como CIDR o DIB (1,0-1,9 g), con liberación sostenida por 7-9 días (45). Esta dosis simula la fase lútea fisiológica, inhibe la ovulación, regula el desarrollo folicular y sincroniza eficientemente el estro al retirar el dispositivo. Se prefiere en vacas cíclicas de *Bos taurus* y *Bos indicus* (46).

Por su parte, las dosis bajas de progesterona generan concentraciones plasmáticas por debajo de las fisiológicas lúteas. Esto causa una inhibición parcial del eje hipotálamo-hipofisario-ovárico, elevando la frecuencia de pulsos de LH, lo que promueve el crecimiento excesivo del folículo dominante, ovulaciones asincrónicas o folículos persistentes que afectan la calidad ovocitaria y las tasas de preñez (47).

Las dosis altas de progesterona elevan las concentraciones plasmáticas más allá de un ciclo estral típico. Esto intensifica la inhibición de la LH, pudiendo suprimir en exceso la actividad folicular (48). En consecuencia, al retirar la progesterona, se puede observar un retraso en la ovulación o menor calidad del folículo ovulatorio. Las dosis altas no se recomiendan rutinariamente, ya que perjudican la fertilidad, sobre todo si se extiende la exposición hormonal (49). Gómez y Narváz 2021 han dejado muy claro que es fundamental ofrecer niveles altos de progesterona antes de la inseminación artificial, sobre todo cuando estamos lidiando con vacas que todavía no han retomado sus ciclos después del parto. La razón es sencilla: la progesterona

influye directamente en cómo se liberan los pulsos de LH, mejora la calidad de los ovocitos que se desarrollan y, al final, aumenta las chances de que el embrión sea más viable y termine en una preñez exitosa. (50).

7.11 GESTACIÓN Y TASA DE PREÑEZ

7.11.1 RECONOCIMIENTO MATERNO DE LA GESTACIÓN

La tasa de preñez se entiende como el porcentaje de vacas que logran quedar gestantes en relación con el total de animales seleccionados para ser inseminados durante un periodo específico de tiempo. Generalmente, este intervalo corresponde a 21 días, que es la duración promedio de un ciclo estral en bovinos (51).

Para estimar este indicador se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de preñez (TP, \%)} = \text{DC (\%)} \times \text{F (\%)} / 100 \quad (52).$$

Para aplicar este cálculo es necesario determinar previamente dos indicadores reproductivos. El primero es la tasa de detección de celos, que se obtiene dividiendo el número de vacas que fueron identificadas en celo y posteriormente inseminadas entre el total de vacas vacías elegibles que ya han superado el período de espera voluntario, multiplicado por 100 (51).

El segundo indicador corresponde a la tasa de fertilidad, la cual se calcula como el número de vacas que resultan preñadas dentro de un periodo de 21 días dividido entre el total de vacas inseminadas, considerando únicamente aquellas vacías y elegibles durante ese mismo periodo, multiplicado por 100 (52).

El reconocimiento materno de la gestación es la señal crucial que emite el embrión para asegurar su permanencia y desarrollo en el útero. Este mecanismo tan importante que ocurre en los primeros días después de la fecundación es el que evita que el cuerpo lúteo se regrese, lo mantiene vivo por más tiempo y abre camino para que la placenta se forme correctamente. Todo eso pasa porque se bloquea la liberación de prostaglandina $F2\alpha$, se cambia el ambiente dentro del útero para que sea más acogedor y se previene que el sistema inmune de la vaca rechace al embrión como si fuera algo extraño. En concreto, alrededor del día 16 del embarazo, las células mononucleares del trofoblasto del embrión empiezan a liberar interferón-tau, una sustancia clave que actúa como un escudo: baja la producción de receptores para estrógenos y oxitocina en el endometrio, y gracias a eso se reduce drásticamente la secreción de $PGF2\alpha$, lo que finalmente protege al cuerpo lúteo de destruirse y asegura que el embarazo siga adelante sin interrupciones (38).

7.11.2 PLACENTACIÓN

En el ganado bovino, la placentación es de tipo corioalantoidea y comienza a formarse alrededor del día 40 de gestación. Durante este proceso, la capa exterior del alantoides (una membrana fetal) se une con el corion (otra membrana fetal). Esta fusión permite que los vasos sanguíneos del alantoides se conecten directamente con las arterias y venas umbilicales, que se encuentran en el tejido conectivo entre el corion y el alantoides, facilitando así el intercambio de nutrientes y desechos entre la madre y el feto (53).

7.11.3 DIAGNÓSTICO DE LA GESTACIÓN

Actualmente, los métodos más comunes y efectivos para el control de gestación en el ganado bovino siguen siendo la palpación directa y la ecografía transrectal. Estas técnicas son económicamente atractivas y ofrecen buenos resultados. Sin embargo, tienen la desventaja de ser invasivas y requieren que el técnico que las realiza tenga cierta experiencia. Generalmente, se aplican a partir de la tercera o cuarta semana después de la inseminación artificial. Por otro lado, existen métodos indirectos de diagnóstico de gestación que son menos invasivos que los mencionados anteriormente (38).

Además de los métodos directos, existen técnicas indirectas para detectar la gestación en vacas. Una de ellas se basa en observar si la vaca no regresa al celo, lo que sugiere que está preñada. También hay técnicas bioquímicas indirectas que utilizan kits rápidos para medir sustancias que se producen temprano en la gestación. Las más comunes son la progesterona (P4) y las Glicoproteínas Asociadas a la Gestación (GPAG). Finalmente, hay métodos más novedosos y prometedores que aún están en fase de desarrollo. Estos buscan identificar otras moléculas importantes como el interferón tau (IFN τ), los micro-ARN (miARN) y los Factores de Gestación Temprana (26).

8. HIPÓTESIS

H0: La condición corporal no afecta la tasa de preñez.

H1: La condición corporal mejora la tasa de preñez.

9. METODOLOGÍA

9.1 LOCALIZACIÓN



Figura 3 Ubicación del lugar de la investigación

Fuente: (54)

- Provincia: El Oro
- Cantón: Piñas.
- Parroquia: Saracay
- Altitud: 450 msnm.
- Temperatura Promedio: 25°C

9.2 RECURSOS Y MATERIALES

9.2.1 RECURSOS

- Tesista
- Transporte
- Registros

9.2.2 INSTRUMENTAL DE CAMPO

- Guantes ginecológicos bovinos y guantes de manejo
- Gel para el ecógrafo
- Ecógrafo portátil
- Alcohol
- Sogas para manejo de bovino
- Manga
- Medicamentos hormonales
- Jeringas y agujas
- Termo criogénico de nitrógeno líquido

- Termo descongelador
- Papel secante
- Pistola de inseminación
- Pajuela
- Catéter de inseminación
- Chemís sanitario

9.3 MÉTODOS

9.3.1 FACTORES EN ESTUDIO

El efecto de la condición corporal en el protocolo convencional de IATF, evaluación de las estructuras ováricas, dosis estándar de progesterona de larga duración, valoración ecográfica transrectal, número de animales preñado y tasa de preñez.

9.3.2 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

- DE = desviación estándar
- % = Porcentaje
- OR = Odds ratios
- IC (95%) = intervalo de confianza

9.4 DISEÑO DEL ESTUDIO

Tras la revisión bibliográfica, el proceso inició con la clasificación de las vacas en grupos según su nivel de reservas corporales. Tras identificarlas, se utilizó ecografía para correlacionar dicha condición física con la presencia de estructuras en sus ovarios, fundamentando así la base del experimento.

El diseño experimental consistió en administrar 150 mg de progesterona de larga duración vía intramuscular al grupo tratamiento, ocho días previos al protocolo convencional de IATF. Por el contrario, el grupo control inició directamente el protocolo estándar de sincronización, permitiendo comparar la respuesta de ambos grupos según su condición corporal.

9.4.1 MUESTRA

De una población de 1000 vacas, se extrajo una muestra aleatoria de 116 individuos, obtenido a partir de la siguiente fórmula:

$$n = N * Z^2 * p * q / e^2 (N-1) + Z^2 * p * q$$

Donde:

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

$$n = 1000 * (1,96)^2 * 0,5 * 0,5 / (0,09)^2 (1000 - 1) + (1,96)^2 * 0,5 * 0,5$$

Al final, calculamos que con un grupo de 116 vacas Bos indicus ya teníamos una muestra estadísticamente sólida para representar fielmente al hato completo de 1000 animales, y eso nos da mucha confianza en los resultados que encontramos sobre cómo funcionó el tratamiento con progesterona en términos de efectividad real.

9.4.2 DETALLE DE LOS DATOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

La recolección de datos se realizó de forma sistemática durante el desarrollo de la fase de campo. Posteriormente, la información fue organizada y tabulada para facilitar el análisis estadístico y la discusión de cómo la condición corporal interactúa con el protocolo de progesterona.

9.4.3 VARIABLES

- Condición corporal
- Dosis estándar de progesterona
- Tasa de preñez
- Tasa de concepción

9.5 MANEJO DEL ENSAYO

Bajo un sistema de producción extensivo, se evaluó el impacto de la edad y el tipo de protocolo IATF en la fertilidad de vacas Bos indicus (Brahman). De un hato de 1,000 ejemplares, se seleccionó una muestra representativa de 116 animales mediante muestreo aleatorio, permitiendo analizar la tasa de preñez en función de su condición corporal en condiciones reales de campo.

Los animales que se seleccionaron para el estudio cumplieron con los siguientes criterios:

- Condición corporal entre $3,0 \pm 0,5$ (escala 1–5).

- Buen estado sanitario general,
- Ausencia de patologías reproductivas

Antes de iniciar con el estudio, a todos los animales de la muestra se les realizó una desparasitación, tanto interna como externa, además de una suplementación vitamínica. Todo esto con la finalidad de disminuir los factores de confusión relacionados con la sanidad.

Después de seleccionar los animales, estos fueron identificados individualmente y distribuidos de manera aleatoria a uno de los dos grupos experimentales:

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

A su vez, cada grupo se subdividió en dos subgrupos:

- Vacas con condición corporal ≤ 3 .
- Vacas con condición corporal > 3 .

La aplicación de medicamento hormonal se realizó a las 08h00 de la mañana.

En el grupo control (T0), el protocolo convencional de IATF siguió el siguiente esquema:

- Día 0: Se coloca un dispositivo intravaginal de progesterona (PLUSELAR® 0,6 g; Calier, Argentina) y se aplica 2 mg de benzoato de estradiol (I.M.).
- Día 8: Se retira el dispositivo intravaginal y se aplica 500 μ g de D-cloprostenol (PGF2 α , I.M), 400 UI de eCG (I.M) y 1 mg de cipionato de estradiol (I.M).
- Día 10: Se realiza la inseminación artificial a tiempo fijo, a las 52 horas después de retirar el dispositivo en vacas que manifiesten celo y a las 60 horas en vacas que no manifiesten celo, estas últimas con aplicación adicional de GnRH (2 500 UI, I.M).

El protocolo de este grupo control duró 10 días.

En el grupo tratamiento (T1), se aplicó el mismo protocolo convencional, con la inclusión previa de pre sincronización (presynch), que consistió en la aplicación de 150 mg de progesterona inyectable de larga duración por vía im 8 días antes del tratamiento convencional de IATF.

El protocolo de este grupo tratamiento duró 18 días.

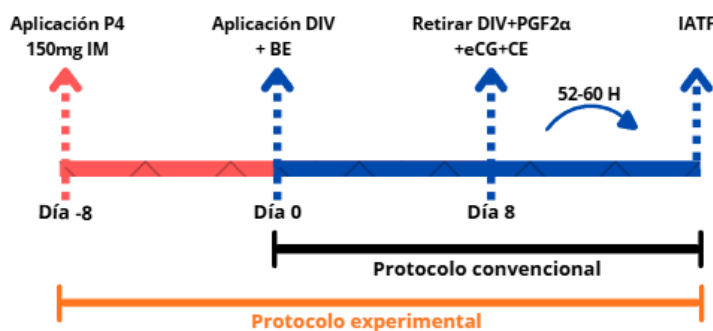


Figura 4 Protocolo convencional con adición de la pre sincronización

Fuente: (38)

Mediante el uso de ecografía transrectal, se verificó el estatus reproductivo de las hembras previo al estudio. El objetivo fue seleccionar únicamente animales con ovarios funcionales y tractos sanos, estandarizando así los grupos de condición corporal (≤ 3 y > 3) para el experimento.

En la inseminación artificial se utilizó semen congelado.

A los 40 días de la inseminación artificial se realizó el diagnóstico de gestación, mediante ultrasonografía transrectal y los resultados se registraron de manera individual para cada animal. Todos los datos obtenidos en el trabajo de campo, se registraron individualmente según correspondían: identificación del animal, condición corporal, grupo experimental y resultado de preñez. Gracias a estos registros se tuvo un control adecuado de los resultados del estudio, que sirvieron como base para el análisis estadístico posterior.

10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 HOMOGENEIDAD DE LA CONDICIÓN CORPORAL

En la Tabla 2 se puede ver de manera clara las estadísticas descriptivas del índice de condición corporal (CC) para cada uno de los grupos experimentales, todo esto correspondiente a las vacas *Bos indicus* que participaron en los diferentes protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) que aplicamos. Las vacas se estratificaron según las categorías de CC (≤ 3 y > 3) para caracterizar el estado nutricional basal antes del tratamiento reproductivo. Dentro de cada rango de condición corporal, los promedios de CC se mantuvieron muy parecidos entre el grupo Control y el grupo Tratamiento, y eso nos muestra que al empezar el protocolo todos los animales estaban bastante equilibrados en cuanto a su estado nutricional. Además, las desviaciones estándar fueron bajas en general, sobre todo en las vacas que tenían CC mayor a 3, lo que deja claro que la variabilidad nutricional era mínima entre las que incluimos en el

estudio. Gracias a esta distribución tan pareja de la condición corporal desde el principio, podemos confiar mucho más en los análisis que vinieron después, ya que evalúan el verdadero impacto del protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada en las tasas de preñez, y al mismo tiempo reducimos al mínimo la posibilidad de que el estado nutricional haya actuado como un factor que confunda los resultados.

Tabla 2 Puntaje de condición corporal por grupo experimental en vacas *Bos Indicus* sometidas a protocolos IATF.

Grupo experimental	Categoría PCC	n (vacas)	Media PCC	Desviación estándar
Control	≤ 3	29	2.97	0.13
Control	> 3	27	3.50	0.00
Tratamiento (Presynch+P4)	≤ 3	29	2.86	0.23
Tratamiento (Presynch+P4)	> 3	31	3.50	0.00

La condición corporal (CC) estuvo bien equilibrada entre los grupos en estudio dentro de cada categoría de CC (≤ 3 y > 3), lo que indica una adecuada homogeneidad nutricional basal antes de la aplicación de los protocolos del IATF.

Este resultado nos llama especialmente la atención porque, tal como lo han explicado Sartori y Barros en su trabajo (55), la condición corporal se convierte en uno de los factores más decisivos para que la reproducción funcione bien en las vacas *Bos indicus*, ya que afecta directamente la vuelta a los ciclos ováricos, el crecimiento adecuado de los folículos, la forma en que el cuerpo maneja la progesterona y hasta el ambiente que encuentra el embrión dentro del útero.

La baja variabilidad observada dentro de las categorías de CC, especialmente en vacas con CC > 3 , minimiza el posible efecto de confusión del estado nutricional en los resultados reproductivos y fortalece la interpretación de los análisis posteriores de la tasa de preñez. Estudios previos han demostrado consistentemente que las vacas con una condición corporal adecuada al inicio de los protocolos de sincronización presentan una mejor respuesta endocrina y mayor fertilidad en comparación con las vacas con un estado nutricional más deficiente (56). Por lo tanto, la distribución equilibrada de la CC observada en la Tabla 2 proporciona una base sólida para evaluar el efecto específico del protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada sobre los resultados de la gestación, lo que garantiza que las respuestas

reproductivas observadas se atribuyan principalmente a la estrategia hormonal y no a diferencias en las reservas corporales.

10.2 CONDICIÓN CORPORAL Y TASA DE PREÑEZ

El comportamiento de las tasas tanto de preñez y concepción por cada grupo experimental y categoría de puntaje de condición corporal (PCC) en vacas *Bos Indicus* sujetas a protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se describen en la Tabla 3. Las vacas se estratificaron en $PCC \leq 3$ y $PCC > 3$ para evaluar la influencia del estado nutricional en el rendimiento reproductivo. Las tasas de preñez variaron de 51.7 a 80.6 %, con los valores más altos observados en vacas con $PCC > 3$ que recibieron el protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada. Por el contrario, las vacas con $PCC \leq 3$ exhibieron tasas de preñez y concepción similares entre los grupos Control y Tratamiento. Aunque el análisis inferencial utilizando regresión logística binaria no detectó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), las tendencias numéricas observadas indican una mejora biológicamente relevante en los resultados reproductivos asociados con una condición corporal adecuada y pre-sincronización basada en progesterona.

Tabla 3 Tasa de preñez (%) y tasa de concepción (%) por grupo experimental y puntaje de condición corporal en vacas *Bos Indicus* sometidas a protocolos IATF.

Grupo experimental	Categoría PCC	n (vacas)	Preñada (n)	Tasa de preñez (%)	Tasa de concepción (%)
Control	≤ 3	29	15	51.7	51.7
Control	> 3	27	18	66.7	66.7
Tratamiento (Pre-Synch + larga acción P4)	≤ 3	29	15	51.7	51.7
Tratamiento (Pre-Synch + larga acción P4)	> 3	31	25	80.6	80.6

La condición corporal (CC) desempeña un papel biológicamente relevante en el rendimiento reproductivo de vacas *Bos Indicus* que se sometieron a protocolos de IATF. Las vacas con una $CC > 3$ mostraron tasas de preñez y concepción numéricamente más altas, especialmente cuando se trataron con el protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada, en comparación con las vacas con una $CC \leq 3$.

Estos hallazgos concuerdan con estudios previos que indican que unas reservas corporales adecuadas mejoran la ciclicidad ovárica, el crecimiento folicular y el metabolismo de la progesterona, mejorando así la receptividad uterina y la supervivencia embrionaria (55). Aunque el análisis de regresión logística no reveló efectos estadísticamente significativos, el aumento observado en la tasa de preñez en vacas con mayor CC que recibieron presincronización basada en progesterona respalda la premisa biológica de que el estado nutricional modula la respuesta endocrina a los protocolos de sincronización como ha sido descrito por Bó et.al. (57).

Algunos autores sugieren que, en condiciones de campo, donde múltiples factores interactuantes influyen en la fertilidad, estas tendencias biológicamente significativas pueden no siempre alcanzar la significación estadística, en particular en estudios con tamaños de muestra moderados (58, 59).

10.3 RELACIÓN ENTRE LA CC Y TASA DE PREÑEZ

En relación a los efectos del tratamiento, la puntuación de la condición corporal y su interacción con la preñez (Tabla 4), el modelo se ajustó para cuantificar la asociación entre la estrategia de manejo reproductivo y el estado nutricional con la probabilidad de preñez, controlando al mismo tiempo los posibles efectos de interacción. Los resultados se expresan como odds ratios (OR) con intervalos de confianza del 95 %, lo que proporciona una estimación de la magnitud y la dirección de los efectos. Este análisis permite una evaluación integral de si la respuesta al protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada se ve influenciada por la condición corporal al inicio del tratamiento.

Tabla 4 Efectos del tratamiento, la puntuación de la condición corporal y su interacción con la gestación.

Variable	OR	95 % IC	p-value
Tratamiento (Pre-Synch + larga acción P4 vs Control)	2.08	0.63 – 6.90	0.230
Puntuación de condición corporal (≤ 3 vs > 3)	0.54	0.18 – 1.58	0.258
Tratamiento \times PCC	0.48	0.10 – 2.33	0.362

Ajuste del modelo:

- Pseudo $R^2 = 0,051$
- Prueba de razón de verosimilitud: $p = 0,051$

Los análisis estadísticos nos muestran que ni el puntaje de condición corporal (PCC), ni el uso del protocolo Pre-Synch con progesterona de acción prolongada, ni siquiera la combinación de ambos factores lograron generar diferencias estadísticamente significativas en las tasas de preñez de las vacas *Bos indicus*. Sin embargo, al mirar más de cerca los números, la razón de probabilidades (odds ratio) salió mayor a uno para el efecto del tratamiento, lo que indica que, aunque no fue un resultado fuerte desde el punto de vista estadístico, numéricamente las vacas que recibieron el Pre-Synch tuvieron una probabilidad algo mayor de quedar preñadas, y esta tendencia se notó especialmente en las que tenían una condición corporal superior a 3.

Esta tendencia es biológicamente consistente con informes previos que demuestran que las reservas de energía adecuadas mejoran la respuesta endocrina a los protocolos de sincronización basados en progesterona, mejorando la competencia folicular, la función lútea y la receptividad uterina al momento de la inseminación (57, 59).

La falta de una relación significativa entre Tratamiento \times PCC, sugiere que la respuesta a la progesterona de larga duración fue relativamente consistente en todas las categorías nutricionales, aunque las vacas con mejor condición corporal parecieron beneficiarse más a nivel numérico. Se han reportado hallazgos similares en condiciones de campo, donde influencias multifactoriales como el estado nutricional, el intervalo posparto y el estrés ambiental pueden atenuar la significancia estadística a pesar de mejoras biológicamente significativas en la fertilidad (58, 60).

Por lo tanto, si bien el modelo de regresión no identificó predictores estadísticamente significativos, los resultados en la Tabla 4 respaldan la justificación biológica para integrar la evaluación de la condición corporal con estrategias de presincronización basadas en progesterona para optimizar la eficiencia reproductiva en el ganado *Bos Indicus*.

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

11.1 TÉCNICO

El estudio aporta conocimientos específicos sobre la reproducción del ganado *Bos Indicus* (Cebú), cuyas particularidades (celos cortos y poco visibles) dificultan la inseminación artificial convencional.

11.2 SOCIAL

La investigación tiene una repercusión directa en la calidad de vida de las comunidades rurales y la seguridad alimentaria.

11.3 ECONÓMICO

El impacto económico se centra en la rentabilidad y eficiencia reproductiva de las explotaciones ganaderas.

12. CONCLUSIONES

La tasa de preñez en vacas *Bos Indicus* sometidas a IATF con presincronización del estro con progesterona de acción prolongada fue numéricamente mayor en vacas con una condición corporal superior a 3, en comparación con las vacas con una condición corporal igual o inferior a 3. Aunque las diferencias que vimos no llegaron a ser estadísticamente significativas, los números apuntan claramente a una tendencia biológicamente positiva cuando las vacas empiezan el protocolo reproductivo con una condición corporal adecuada, porque ese buen estado nutricional inicial parece favorecer un mejor desempeño en la preñez, incluso si no se alcanzó el umbral de $p < 0,05$.

La condición corporal (CC) no apareció como un factor con asociación estadística fuerte en la regresión logística binaria para predecir la probabilidad de preñez, sin embargo, al revisar los odds ratios, se nota que las vacas que entraron al protocolo Pre-Synch con una mejor condición corporal terminaron mostrando un éxito biológico claramente superior, porque en la práctica la CC actúa como un modulador importante del desempeño reproductivo, aunque no haya cruzado el umbral de significancia estricta. En conjunto, los resultados subrayan la influencia biológica relevante de la CC en la respuesta a IATF con progesterona prolongada en *Bos indicus*; pese a la no significancia en este estudio, las tendencias enfatizan la necesidad de nutrición óptima y estudios futuros con muestras mayores para aclarar su impacto en la fertilidad

13. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda que los programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) que utilicen Pre-Synch con progesterona de acción prolongada prioricen a las vacas con una condición corporal adecuada (> 3), ya que estos animales mostraron tasas de preñez numéricamente más altas, lo que refleja una respuesta biológica más favorable al protocolo reproductivo.

Las investigaciones futuras deberían incluir muestras de mayor tamaño para aumentar la potencia estadística y permitir la detección de asociaciones estadísticamente significativas entre

el índice de condición corporal y la tasa de preñez, como sugieren las tendencias biológicas identificadas en el presente estudio.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. Andrade G, Andrade M, Suárez-Usbek A, Bautista-Espinoza H, Haro-Haro A. Impacto socioeconómico de la ganadería lechera en comunidades indígenas del Ecuador. *EASI: Ingeniería y Ciencias Aplicadas en la Industria*. 2023;2(1):34-43.
2. Cabrera KAT, Montealegre VJG, Campoverde JM, Romero HRC. Pronóstico de la demanda de carne de ganado vacuno en la provincia de El Oro, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2023;7(1):5468-82.
3. Alvarado Cabrera JM, Rodas Balseca AC. Caracterización morfométrica e índices zoométricos de los grupos raciales bovinos existentes en el cantón Cuenca [Tesis de grado]. Cuenca: Universidad de Cuenca; 2016.
4. Bó GA, editor. 10° Simposio Internacional de Reproducción Animal: resúmenes. 1a ed. Córdoba: Instituto de Reproducción Animal Córdoba; 2013.
5. Landeta Martínez RF. Factores que afectan la eficiencia de la inseminación artificial en el programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche en la provincia de Cotopaxi en el periodo de abril - agosto del 2023 [Proyecto de Investigación]. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2023.
6. Gasque Gómez R. Reproducción bovina [Internet]. En: *Reproducción 150*. BM Editores; 2016 [citado 2023 Oct 26]. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar>
7. Crowe MA, Hostens M, Opsomer G. Reproductive management in dairy cows: the future. *Irish Veterinary Journal*. 2018;71(1). doi: 10.1186/s13620-017-0112-y
8. Bustillo Parrado JC, Melo Colina JA. Parámetros reproductivos y eficiencia reproductiva en ganado bovino. Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia; 2020.
9. Portillo Martínez GE. Fisiología reproductiva y diferencias reproductivas entre el ganado europeo y cebú. En: *Manual de Ganadería Doble Propósito*. Maracaibo: Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia; 2005. p. 416-8.
10. Yáñez-Avalos DO, López-Parra JC, Moyano-Tapia JC, Quinteros-Pozo RO, Marini PR. Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas con proestro prolongado de 60 y 72 horas. *Agron Mesoam*. 2018;29(2):363-73. doi: 10.15517/ma.v29i2.29503

11. León-Rodríguez IC, Lituma-Zhunio NN, Veintimilla-Luna GE. Estudio situacional de la actividad ganadera en la parroquia Ayapamba, Cantón Atahualpa. Soc Tecnol. 2022;5(S2):443-57. doi: 10.51247/st.v5iS2.311
12. EBSCO Research Starters. Impactos ambientales de la cría de ganado [Internet]. Ipswich (MA): EBSCO; 2022 [citado 2026 Ene 25]. Disponible en: <https://www.ebsco.com/research-starters/environmental-sciences/environmental-impacts-raising-cattle>
13. Hernández G, Sánchez L, Carmona T, Pineda M, Cuevas R. Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques de la Sierra de Manantlán. Mader Bosques. 2000;6(2):13-28.
14. Gasque R, Posadas E. Diferencias entre bovinos cebú y europeo. Razas de Ganado Bovino en México [Internet]. 2001 [citado 2026 Ene 25]. Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/enlinea/bovinos/home.htm>
15. Diferencias entre Bos taurus y Bos indicus [Internet]. Generalidades de la ganadería bovina; 2012 [citado 2026 Ene 25]. Disponible en: <https://generalidadesdelaganaderiabovina.blogspot.com/2012/09/diferencias-entre-bos-taurus-y-bos.html>
16. García Á. Los cambios en la condición corporal y la dinámica hormonal [Internet]. Centro de Conocimiento Dellait; 2025 [citado 2026 Ene 25]. Disponible en: <https://dellait.com/es/como-afectan-los-cambios-en-la-condicion-corporal-a-la-dinamica-hormonal-dellait/>
17. Diéguez Juárez AJ, Escobar Cerrato RM. Efecto de la condición corporal sobre el porcentaje de preñez en vacas sincronizadas con dispositivos intravaginales DIV-B® [tesis]. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana; 2009.
18. Henaó G, Trujillo LE, Vásquez JF. Cambios en la dinámica folicular en vacas cebú anéstricas algunas veces a suspensión temporal de la lactancia. Rev Colomb Cienc Pecu. 2000;13:121-9.
19. Carvajal AM, Martínez ME, Tapia M. El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva. Osorno: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA); 2020. Informativo N° 246.
20. Chauca Guamán JE. Estimulación Folicular con FSH Recombinante Bovina Previo a la OPU en Vacas Holstein [Trabajo de Titulación]. Cuenca: Universidad Católica de Cuenca; 2024.

21. Anastacio Tigrero JP. Análisis ovárico de hembras bovinas en anestro post parto y respuesta reproductiva a la sincronización de celo [Tesis de grado]. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador; 2024.
22. Motta Delgado PA, Ramos Cuéllar N, González Sánchez CM, Castro Rojas EC. Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. *Vet Zootec*. 2011;5(2):88-99.
23. Hsueh AJW, Billing H, Tsafiri A. Ovarian follicle atresia: a hormonally controlled apoptotic process. *Endocr Rev*. 1994;15(6):707-25.
24. Uribe-Velásquez LF, Correa-Orozco A, Osorio JH. Características del crecimiento folicular ovárico durante el ciclo estral en ovejas. *Biosalud*. 2009;8(1):117-31.
25. Fernández Tubino A. Dinámica folicular: Funcionamiento y regulación [Internet]. Montevideo: Departamento de Reproducción Animal, Facultad de Veterinaria; 2003 [citado 2025 Jul 16]. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar>
26. Armijos Román JO. Protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo en vacas *Bos indicus*: efecto de la presincronización del celo presynch utilizando altas dosis de progesterona [Tesis de Maestría]. Loja: Universidad Nacional de Loja; 2024.
27. Henao Restrepo G. Algunos factores relacionados con la dinámica folicular en *Bos indicus*. *Rev Fac Nac Agron Medellín*. 2010;63(2):5577-86.
28. Bó GA, Baruselli PS, Martínez MF. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci*. 2003;78(3-4):307-26. doi: 10.1016/s0378-4320(03)00097-6
29. Valencia Gil LF, Sánchez C, Baldrich Romero NE. Ciclo reproductivo y dinámica folicular en ganado *Bos indicus*. *Rev Fac Cienc Agropec - FAGROPEC*. 2017;9(2):62-8.
30. Sartori R, Gimenes LU, Monteiro PL 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. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.04.016
31. Báez G, Grajales H. Anestro posparto en ganado bovino en el trópico. *Rev MVZ Córdoba*. 2009;14(3):1867-75.
32. Vázquez Laguna F. Anestro postparto de la vaca cebú. *An R Acad Cienc Vet Esp* [Internet]. 2010 [citado 2026 Ene 25];18:201-24. Disponible en: <https://www.racve.es/publicaciones/anestro-postparto-de-la-vaca-cebu/>

33. Jolly PD, McDougall S, Fitzpatrick LA, Macmillan KL, Entwistle KW. Efectos fisiológicos de la desnutrición en el anestro posparto en vacas. *J Reprod Fert.* 1995;49(Supl):477-92.
34. Block SS, Butler WR, Ehrhardt RA, Bell AW, Van Amburgh ME, Boisclair YR. Decreased concentration of plasma leptin in periparturient dairy cows is caused by negative energy balance. *J Endocrinol.* 2001;171(2):339-48.
35. Robson C, Aguilar D, López Valiente S, Calvi M, Cerlser R, Flores F, et al. *Inseminación Artificial en Bovinos.* Mercedes: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; 2004.
36. Guillén-Alvarado MC, Herrera-Muñoz JI, Arroyo-Oquendo C, Rojas-Salazar S, Molina-Coto R. Evaluación de protocolos de sincronización para inseminación artificial con y sin estrógenos en novillas. *Nutrición Animal Tropical.* 2025;19(1):91-124. doi: 10.15517/nat.v19i1.65028
37. García Melín AT. Evaluación de la eficiencia de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo aplicado al ganado bovino de carne perteneciente a la agricultura familiar campesina de la Provincia de Melipilla [Tesis]. Santiago: Universidad de Chile; 2015.
38. Aguirre Granda LC. Efecto de la presincronización del celo pre-synch utilizando bajas dosis de progesterona en vacas *Bos indicus* sometidas a protocolos de inseminación artificial [Tesis de Maestría]. Loja: Universidad Nacional de Loja; 2024.
39. Moreira F, Orlandi C, Risco CA, Mattos R, Lopes F, Thatcher WW. Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 2001;84(7):1646-59. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74600-0
40. Gomes TB, Narváez HJ. Pre-sincronización con Progesterona para la Inducción de Ciclicidad en Vacas *Bos taurus indicus* en Periodo de Anestro Posparto. *Rev Lasallista Investig.* 2021;18(2):85-93. doi: 10.22507/rli.v18n2a7
41. da Silva H, Aparecido M. Indução de ciclicidade e taxa de prenhez em novilhas nelore com utilização de progesterona injetável ou dispositivo intravaginal previamente ao protocolo de IATF. *Rev Ibero-Am Hum Ciênc Educ.* 2023;9(10):4218-27. doi: 10.51891/rease.v9i10.12307
42. Bó GA, Cutaia L, Tríbulo R. Tratamientos hormonales para inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos para carne: algunas experiencias realizadas en Argentina. *Taurus.* 2002;4(14):10-21.

43. Santos A, Ferreira E, Silva E. Reutilização do implante de progesterona em vacas holandesas submetidas à IATF. *Rev Científica Eletrônica Ciênc Apl FAIT*. 2020;1(1):1-12.
44. Nakafeero A, Gonzalez-Bulnes A, Martinez-Ros P. Use of short-term CIDR-based protocols for oestrus synchronisation in goats at tropical and subtropical latitudes. *Animals (Basel)* [Internet]. 2024 [citado 2026 Mar 04];14(11):1560. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ani14111560>
45. Sá Filho OG, Dias CC, Lamb GC, Vasconcelos JLM. Progesterone-based estrous synchronization protocols in non-suckled and suckled primiparous *Bos indicus* beef cows. *Anim Reprod Sci*. 2010;119(1-2):9-16. doi: 10.1016/j.anireprosci.2009.12.011
46. Sá Filho MF, Nasser LFT, Penteadó L, Prestes R, Marques MO, Freitas BG, et al. Impact of progesterone and estradiol treatment before the onset of the breeding period on reproductive performance of *Bos indicus* beef heifers. *Anim Reprod Sci*. 2015;160:30-9. doi: 10.1016/j.anireprosci.2015.06.024
47. Xavier EG, Galina CS, Pimentel CA, Rechsteiner SF, Maquivar M. Calf presence and estrous response, ovarian follicular activity and the pattern of luteinizing hormone in postpartum *Bos indicus* cows. *Anim Reprod*. 2018;15(4):1208-13. doi: 10.21451/1984-3143-AR2017-0049
48. Oosthuizen N, Fontes PLP, Sanford CD, Ciriaco FM, Henry DD, Canal LB, et al. Estrus synchronization and fixed-time artificial insemination alter calving distribution in *Bos indicus* influenced beef heifers. *Theriogenology*. 2018;106:210-3. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.10.028
49. Barros CM, Moreira MB, Figueiredo RA, Teixeira AB, Trinca LA. Synchronization of ovulation in beef cows (*Bos indicus*) using GnRH, PGF2alpha and estradiol benzoate. *Theriogenology*. 2000;53(5):1121-34. doi: 10.1016/S0093-691X(00)00257-0
50. Gomes TB, Narváez HJ. Pre-sincronización con Progesterona para la Inducción de Ciclicidad en Vacas *Bos taurus indicus* en Periodo de Anestro Posparto. *Rev Lasallista Investig*. 2021;18(2):85-93. doi: 10.22507/rli.v18n2a7
51. Club Ganadero. ¿Cómo mejorar la tasa de preñez en bovinos? [Internet]. Bogotá: Club Ganadero; 2023 [citado 2025 Feb 11]. Disponible en: <https://www.clubganadero.com/tasa-de-prenez-en-bovinos/>
52. Laboratorio Proagro. Calcule los días en producción y la tasa de preñez [Internet]. Buenos Aires: Laboratorio Proagro; 2009 [citado 2025 Feb 11]. Disponible en: <https://proagrolab.com.ar/calculador-de-dias-en-produccion-y-tasa-de-prenez/>

53. Palma M, Carreño M, Carreño N. Implementación de técnicas reproductivas para mejorar la eficiencia productiva en ganaderías del cantón Rocafuerte. *Polo del Conocimiento*. 2023;8(8):517-39. doi: 10.23857/pc.v8i8
54. Google Maps. 3°38'28.6"S 79°51'39.3"W, El Oro, Ecuador [Internet]. Mountain View (CA): Google; 2026 [citado 2026 Ene 26]. Disponible en: <https://www.google.com/maps?q=-3.641278,-79.860917>
55. Sartori R, Barros CM. Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci*. 2011;124(3-4):244-50.
56. Diskin MG, Kenny DA. Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal*. 2014;8(Supl 1):27-39.
57. Bó GA, Cutaia L, Peres LC, Pincinato D, Maraña D, Baruselli PS. Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*. 2007;67(1):62-74.
58. Lamb GC, Dahlen CR, Larson JE, Marquezini G, Stevenson JS. Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle. *J Anim Sci*. 2010;88(Supl 13):E181-92.
59. Baruselli PS, Sales JNS, Sala RV, Vieira LM, Sá Filho MF. History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. *Anim Reprod*. 2012;9(3):139-52.
60. Diskin MG, Kenny DA. Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal*. 2014;8(Supl 1):27-39.