

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



EFFECTO DE DOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN Y RESINCRONIZACIÓN DE  
CELO SOBRE EL DESARROLLO FOLICULAR Y LA PREÑEZ EN VACAS CEBUINAS  
DE CARNE

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

PRESENTADO POR:

PEREZ MACHACUAY YAJHAYRA LISDHAYI

Tingo María – Perú

2025




## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

A las 10:00 a.m. del 23 de diciembre de 2025, los que suscriben, Miembros del Jurado, se reunieron para calificar la Tesis titulada "EFECTO DE DOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN Y RESINCRONIZACIÓN DE CELO SOBRE EL DESARROLLO FOLICULAR Y LA PREÑEZ EN VACAS CEBUINAS DE CARNE", presentada por la Bachiller en Ciencias Pecuarias PÉREZ MACHACUAY, Yajhayra Lisdhayi.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara **APROBADA LA TESIS** con el calificativo de "EXCELENTE".

Tingo María, 30 de diciembre de 2025

  
.....  
**Ing. M. Sc. Marco Antonio Rojas Paredes**  
Presidente

  
.....  
**Dr. Jorge Ríos Alvarado**  
Miembro

  
.....  
**Ing. M. Sc. Elvis Huamán Calixto**  
Miembro

  
.....  
**Dr. Jorge Daniel Juárez Moreno**  
Asesor

  
.....  
**Dr. José Eduardo Hernández Guevara**  
Asesor

Copia : Archivo



UNAS

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N 022 - 2026 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

### Programa de Estudio:

Zootecnia

### Tipo de documento:

Tesis  X Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EFFECTO DE DOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN Y RESINCRONIZACIÓN DE CELO SOBRE EL DESARROLLO FOLICULAR Y LA PREÑEZ EN VACAS CEBUINAS DE CARNE	PÉREZ MACHACUAY YAJHAYRA LISDHAYI	06 % Seis	Menor a 20 %

Tingo María, 23 de enero de 2026.

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO  
  
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES  
JEFE

C.C. Archivo

## DEDICATORIA

A Dios Padre todopoderoso por darme vida, concederme salud, fuerza y perseverancia para seguir adelante y culminar esta bonita etapa.

A mi madre Maritza Magdalena Machacuay Caypane por darme la vida y con ello la oportunidad de brindarme educación, y enseñarme el valor de la resiliencia y la importancia de valorar cada logro alcanzado.

A mis tíos Ranforte Vargas Torrejon y Reina Trinidad Carbajal Krautschneider por su apoyo, respaldo, consejos y afecto, que han sido una guía fundamental para alcanzar este logro, y siempre llevaré en mi corazón su generosidad.

A mis hermanas Xania y Jakeline que a pesar de la distancia, representan para mí una motivación constante y un lazo familiar que siempre me acompaña.

A mi, por no rendirme cuando pensé que no podía, porque a pesar de las dudas, el cansancio y las caídas, tuve la valentía de levantarme, de seguir y de confiar en mi capacidad y por enseñarme que los límites solo existen cuando dejamos de soñar. Gracias a mi esfuerzo y constancia hoy celebro este resultado.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y, en especial, a la Facultad de Zootecnia, por brindarme las herramientas académicas, científicas y humanas necesarias para mi formación profesional.

A mis asesores de tesis, Dr. Jorge Daniel Juárez Moreno y Dr. José Eduard Hernández Guevara, por su dedicación, orientación y paciencia en cada etapa del desarrollo de este trabajo. Sus conocimientos, observaciones y recomendaciones fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos y lograr la culminación satisfactoria de esta investigación.

A los miembros del jurado, Ing. M. Sc. Marco Antonio Rojas Paredes, Dr. Jorge Ríos Alvarado y Ing. M. Sc. Elvis Huamán Calixto; quienes con su experiencia, observaciones y sugerencias enriquecieron de manera significativa el presente trabajo de investigación.

A todos los docentes de la Facultad de Zootecnia que formaron parte de mi trayectoria universitaria; cada experiencia, conocimiento y valores compartidos han dejado huella en mi formación académica y personal.

A mis amigas Jhoanna Tafur y Miluska Cajas, por su amistad sincera, por brindarme ánimo y comprensión en cada etapa de este proceso y por acompañarme en los momentos más importantes. Las admiro y quiero mucho; gracias por compartir conmigo desafíos, aprendizajes y logros durante nuestra formación profesional.

A mis amigos Enrique Zegarra, Alexander Huarcaya, Hector Campos y Jairo Soto, a quienes conocí en el transcurso de mi formación profesional. Su amistad, apoyo y compañía hicieron de esta etapa una experiencia más enriquecedora y significativa.

A la memoria de mi querido tío Ranforte Vargas Torrejon, cuyo apoyo y confianza fueron fundamentales en mi etapa académica. Aunque ya no esté físicamente para compartir este momento, sé que sus palabras, consejos y cariño siguen vivos en mí. Este trabajo es también un tributo a su recuerdo.

A mi tía Trini, mi madre y hermanas, gracias por confiar en mí.

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1.	Generalidades de los sistemas de Producción de carne en el trópico .....	3
2.2.	Programas de mejora en ganado cebuino .....	4
2.3.	Manejo reproductivo en ganado cebuino.....	5
2.4.	Ciclo estral.....	6
2.4.1.	Fases del ciclo estral .....	7
2.4.2.	Etapas del ciclo estral .....	9
2.5.	Endocrinología del ciclo estral .....	10
2.5.1.	Factores hipotalámicos y hormonas adenohipofisarias .....	11
2.5.2.	Hormonas ováricas .....	12
2.5.3.	Hormonas uterinas .....	13
2.6.	Protocolos de sincronización de celo.....	13
2.6.1.	Protocolo Convencional .....	13
2.6.2.	Protocolo Ovsynch .....	14
2.6.3.	Protocolo CO-Synch.....	14
2.6.4.	Protocolo J-Synch.....	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1.	Lugar de ejecución.....	16
3.2.	Tipo de investigación .....	16

3.3.	Animales en estudio .....	16
3.4.	Alimentación .....	16
3.5.	Instalaciones .....	16
3.6.	Sanidad .....	17
3.7.	VARIABLES INDEPENDIENTES .....	17
3.8.	VARIABLES DEPENDIENTES .....	17
3.9.	Metodología.....	17
3.10.	Análisis estadístico .....	21
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
4.1.	Tasa de detección de celo (TDC) y grado de expresión de celo en vacas cebuinas sometidas a dos protocolos de sincronización y resincronización de celo .....	22
4.2.	Tasa de concepción (TC) en vacas cebuinas sometidas a dos protocolos de sincronización y resincronización de celo .....	23
4.3.	Diámetro del folículo dominante preovulatorio a la inseminación artificial en los protocolos de sincronización y resincronización de celo en vacas cebuinas.....	29
V.	CONCLUSIONES.....	31
VI.	RECOMENDACIONES .....	32
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33
	ANEXOS.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Tasa de detección de celo (TDC) por protocolo de sincronización de celo y de acuerdo a la etapa del programa (Sincronización o Resincronización).....	22
2. Tasa de concepción (TC) en vacas cebuínas sometidas a dos protocolos de sincronización y resincronización de celo y a la presencia del cuerpo lúteo (CL) al inicio del protocolo .....	24
3. Tasa de concepción (TC) según el programa, el protocolo empleado y el grado de expresión de celo en vacas cebuinas .....	26
4. Tasa de concepción (TC) de acuerdo con la presencia o no de un cuerpo lúteo (CL) al inicio de ambos protocolos de sincronización de celo .....	26
5. Tasa de concepción (TC) de acuerdo con el grado de expresión de celo, según el porcentaje de raspado del parche detector de celo.....	27
6. Tasa de concepción (TC) según la etapa del programa, el protocolo empleado y el grado de expresión de celo en vacas cebuinas .....	28
7. Diámetro del folículo dominante al momento de la inseminación artificial según el protocolo de sincronización de celo y estado reproductivo logrado .....	29
8. Diámetro del folículo dominante (mm $\pm$ DE) al momento de la inseminación en cada etapa de cada protocolo de sincronización y resincronización.....	30
9. Datos del día de inicio de los protocolos de sincronización y resincronización de celo .	43
10. Datos del día de retiro del DIV de los protocolos de sincronización y resincronización de celo .....	45
11. Datos al día de la inseminación artificial y diagnóstico de preñez en función de los protocolos utilizados en las etapas de sincronización y resincronización de celo .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Esquema del protocolo de sincronización y resincronización de celo "Convencional" .....	18
2. Esquema del protocolo de sincronización y resincronización de celo "J-Synch" .....	19
3. Armado e implantación del DIP en el día 0 de inicio de los protocolos .....	40
4. Retiro del DIV en el día 6 ó 9 de los protocolos de sincronización .....	40
5. Colocación del parche detector de celo y evaluación de las estructuras ováricas en el día 6 ó 9 de los protocolos de sincronización .....	41
6. Retiro y lectura del parche detector de celo en el día 9 ó 11 de los protocolos de sincronización .....	41
7. Inseminación artificial .....	42

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación evaluó el efecto de la aplicación del protocolo J-Synch en comparación al Convencional sobre el desarrollo folicular y la tasa de concepción a la sincronización y resincronización en vacas cebuinas. Se desarrolló bajo condiciones de campo, utilizando un programa de inseminación artificial a tiempo fijo, con el fin de analizar la eficiencia reproductiva de ambos protocolos hormonales. Se utilizaron 29 vacas cebuinas distribuidas en dos tratamientos: protocolo Convencional y protocolo J-Synch. En ambos grupos se evaluó la tasa y el grado de expresión de celo mediante parches detectores, la tasa de concepción, y se registró el diámetro del folículo dominante previo a la inseminación artificial, mediante ultrasonografía. Los resultados mostraron tasas similares de detección y expresión de celo entre protocolos, con mayor expresión positiva durante la resincronización. El protocolo J-Synch presentó valores numéricamente mayores de preñez (55%) respecto al protocolo Convencional (44%), y la tasa de concepción acumulada entre sincronización y resincronización alcanzó valores elevados en ambos protocolos (73.33% en el Convencional y 78.57% en J-Synch), sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $p>0.05$ ). La presencia o ausencia de cuerpo lúteo al inicio del protocolo no influyó significativamente en la tasa de concepción. El diámetro del folículo dominante fue similar entre protocolos y etapas, manteniéndose dentro de rangos fisiológicamente adecuados. El protocolo J-Synch mostró valores superiores de preñez, sin embargo, estos no evidencian una ventaja reproductiva significativa sobre el protocolo Convencional.

**Palabras clave:** Sincronización de celo, J-Synch, tasa de concepción, desarrollo folicular y ultrasonografía.

The Effect of Two in Heat Synchronization and Resynchronization Protocols on the Follicular Development and Pregnancy of Zebu Meat Cows

**ABSTRACT**

In the present research work, the effect of the application of the J-Synch protocol was evaluated, in comparison to the conventional [protocol], for the follicular development and conception rate at synchronization and resynchronization in Zebu cattle. It was carried out under conditions out in the field, using an artificial insemination program for a fixed time period, with the goal of analyzing the reproductive efficiency of both hormonal protocols. Twenty nine Zebu cattle were used [and were] distributed between two treatments: conventional protocol and J-Synch protocol. For both groups the rate and degree of signs of being in heat were evaluated using detector patches, the conception rate [was recorded] and the diameter of the dominant follicle before the artificial insemination was registered using an ultrasound. The results revealed similar rates between the protocols for the detection and the signs of being in heat, with more positive signs during the resynchronization. The J-Synch protocol presented greater numerical values for pregnancy (55%) in comparison to the conventional protocol (44%), and the accumulated conception rate between synchronization and resynchronization reached elevated values for both protocols (73.33% in the conventional and 78.57% in J-Synch); however, no significant statistical differences were observed between the treatments ( $p>0.05$ ). The presence or absence of corpus luteum at the beginning of the protocol did not significantly influence the conception rate. The diameter of the dominant follicle was similar between protocols and stages, staying within the adequate ranges physiologically. The J-Synch protocol had higher pregnancy rates; however, these did not evidence a significant reproductive advantage over the conventional protocol.

**Keywords:** In heat synchronization, J-Synch, conception rate, follicular development, ultrasound

## I. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina en el Perú es una de las actividades agropecuarias que cumple un rol importante en el abastecimiento de carne, la generación de empleo y el desarrollo económico en zonas rurales. En este contexto, los sistemas de producción de carne basado en ganado cebuino adquiere mayor importancia, debido a su notable adaptabilidad a condiciones propias de la región amazónica, tales como: temperaturas elevadas, alta humedad relativa, presencia de parásitos y pasturas de calidad variable, condiciones que favorecen la implementación de sistemas extensivos de crianza.

La eficiencia reproductiva constituye un pilar esencial para la sostenibilidad y rentabilidad dentro de la ganadería de carne. Factores como un intervalo prolongado entre partos, bajas tasas de concepción o la presentación irregular del celo repercuten negativamente en la producción. En consecuencia, el control y manejo reproductivo representan desafíos prioritarios para los productores y profesionales del sector pecuario.

El manejo reproductivo se ha favorecido con la implementación de biotecnologías reproductivas como la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Esta técnica permite la inseminación de grandes grupos de vacas en un momento programado, independientemente de la manifestación del celo. Sin embargo, a pesar de los avances logrados con los protocolos de IATF tradicionales, se ha observado que la tasa de preñez no siempre alcanza los niveles esperados, por lo que se han desarrollado nuevas variantes de sincronización como el protocolo J-Synch, que se caracteriza por una reducción del número de intervenciones, menor uso de estrógenos y un período de proestro más prolongado, lo que incrementa las concentraciones de estradiol y por ende, mejoraría la fertilidad. Dicho protocolo ha demostrado resultados prometedores en diferentes estudios, al simplificar el manejo y aumentar la eficiencia reproductiva sin comprometer las tasas de preñez.

A pesar de la adopción de protocolos mejorados, la proporción de vacas que no logran preñarse en el primer intento permanece elevada (50%). Situación que ha impulsado la implementación de estrategias adicionales, como la resincronización de celo, que consiste en aplicar un nuevo tratamiento hormonal en aquellas vacas que no resultaron gestantes tras la primera inseminación; contribuye así, a mejorar la eficiencia reproductiva y la rentabilidad de la unidad ganadera.

Analizar el impacto de diferentes protocolos de sincronización y resincronización de celo sobre el desarrollo folicular y la tasa de preñez es fundamental. Entender como estos tratamientos afectan la dinámica folicular, la ovulación y la concepción permitirá ajustar los protocolos de sincronización, optimizando la eficiencia de la IATF y la productividad de los sistemas ganaderos amazónicos.

Por lo mencionado se plantea la presente investigación con el propósito de indagar; ¿Cuál será el efecto de la aplicación del protocolo J-Synch comparado al Convencional sobre el desarrollo folicular y la tasa de preñez a la sincronización y resincronización de celo en vacas cebuinas?, planteándose la siguiente hipótesis:

Con la aplicación del protocolo J-Synch se logrará un mayor desarrollo folicular y una mayor tasa de concepción a la sincronización y resincronización que el programa tradicional de IATF en vacas cebuinas.

**Objetivo general:**

Evaluar el efecto de la aplicación del protocolo J-Synch en comparación al Convencional sobre el desarrollo folicular y la tasa de concepción a la sincronización y resincronización en vacas cebuinas.

**Objetivos específicos:**

Determinar la tasa de detección de celo en vacas cebuinas sometidas a dos protocolos de sincronización y resincronización de celo.

Determinar el grado de expresión de celo en vacas cebuinas sometidas a dos protocolos de sincronización y resincronización de celo.

Determinar la tasa de concepción en vacas cebuinas sometidas a dos protocolos de sincronización y resincronización de celo, con un protocolo de corta duración (J-Synch) en comparación con un protocolo convencional.

Registrar el tamaño del folículo preovulatorio previo a la inseminación artificial en los protocolos de sincronización y resincronización de celo en vacas cebuinas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades de los sistemas de Producción de carne en el trópico

Todo sistema tiene una estructura por sus elementos y una función asociada a su forma de operar. En la producción animal, estos sistemas son complejos, al estar conformados y condicionados por factores biológicos, climáticos, sociales, culturales y económicos (León, 1980). Las zonas tropicales albergan gran parte del hato mundial y presentan un gran potencial de producción, siempre que se implementen tecnologías apropiadas y estrategias de manejo eficientes (Robinson et al., 2011).

En los países en desarrollo una de las principales actividades agropecuarias es la producción de carne en climas tropicales, que se caracterizan por diversos sistemas de producción y factores ambientales. Las altas temperaturas y las precipitaciones estacionales afectan la disponibilidad y la calidad de los recursos de pastoreo, que repercute directamente sobre la productividad ganadera. El ganado *Bos indicus* predominan debido a su capacidad para aprovechar forrajes de baja calidad, su resistencia al calor y a las enfermedades parasitarias, cualidades esenciales para la sostenibilidad de la ganadería tropical (FAO, 2020).

Los sistemas de producción de carne en el trópico se clasifican en intensivos, semi-intensivos y extensivos. El sistema extensivo es el más común, basado en el pastoreo constante en grandes áreas de pastos naturales con pocos suplementos y bajas densidades de ganado. Los sistemas semi-intensivos buscan aumentar las tasas de reproducción y producción mejorando las pasturas y la administración de suplementos en estación seca. Los sistemas intensivos, menos usados por su costo, se logran un mayor aumento de peso y una producción más eficiente con dietas equilibradas y confinamiento parcial o total de animales (Benu et al., 2021).

Las principales dificultades de la ganadería tropical son la baja calidad nutricional de los pastos en época seca, las enfermedades, el parasitismo y el estrés calórico, que afectan la eficiencia reproductiva. La estacionalidad del forraje impacta en la condición corporal, que afecta adversamente la ciclicidad ovárica y fertilidad. Para mantener la productividad anual, se recomienda la suplementación alimentaria, el uso de leguminosas forrajeras y la adopción de reservas de alimento como el heno y ensilado (Barbero et al., 2021).

Para tener una mayor capacidad productiva con resistencia fisiológica, se hicieron cruzamientos entre las razas cebuinas con *Bos taurus*, con el objetivo de adquirir una gran relevancia genética en los sistemas tropicales, pero a pesar de esta ventaja, la eficiencia reproductiva sigue siendo uno de los aspectos más importantes de la producción cárnica tropical. Con el fin de aumentar las tasas de concepción y acortar los intervalos entre partos en las vacas de carne, los métodos reproductivos, como la inseminación artificial, la sincronización y resincronización del celo y el diagnóstico precoz de la gestación, se han convertido en herramientas esenciales (Rodríguez et al, 2019). Optimizar la reproducción mediante protocolos de sincronización y resincronización del celo representa una estrategia esencial para aumentar la eficiencia reproductiva del hato y, por ende, la rentabilidad y sostenibilidad de la ganadería tropical .

Con los avances en fisiología reproductiva, ahora existen opciones tecnológicas para mejorar el comportamiento reproductivo bovino en las explotaciones ganaderas tropicales. Se producen animales más adaptados, mediante el cruce de *Bos taurus x Bos indicus*, y el uso de tecnologías reproductivas como la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), transferencia de embriones (TE) y la fecundación in vitro (FIV) con semen sexado para mejorar rápidamente la calidad de los animales. Además, de aplicar buenas prácticas de alimentación y el destete temporal para reanudar la actividad ovárica materna, para así ayudar a mejorar el comportamiento reproductivo del ganado cruzado criado en este entorno (Huanca, 2012).

## **2.2. Programas de mejora en ganado cebuino**

Mediante la selección de animales con características superiores en cuanto a crecimiento, fertilidad, capacidad maternal y calidad de la canal, los proyectos de mejora genética del ganado cebú tienen como objetivo aumentar la eficiencia productiva y reproductiva. Anteriormente la selección solía basarse en datos fenotípicos, pero con los avances en genética molecular se han incorporado pruebas de progenie, marcadores genómicos y evaluaciones genéticas que utilizan modelos BLUP (Best Linear Unbiased Prediction). Estos instrumentos permiten identificar animales genéticamente superiores y acelerar el avance genético dentro de los hatos (Ferraz & Elar, 2019).

Los programas de mejora genética en ganado cebuíno incorporan de manera progresiva el uso de diversas biotecnologías reproductivas, entre las que destacan la inseminación artificial, la transferencia de embriones, la fertilización in vitro y los protocolos

hormonales de sincronización del celo, las cuales son fundamentales para acelerar el progreso genético y optimizar la eficiencia reproductiva de los hatos. La aplicación integrada de estas técnicas posibilita la multiplicación de genes provenientes de individuos con alto valor genético, al tiempo que contribuye a la reducción de los intervalos entre partos y al incremento de las tasas de concepción. La implementación de protocolos de sincronización y resincronización de celo en vacas cebúinas ha cobrado especial relevancia, ya que permite contrarrestar limitaciones fisiológicas propias de las hembras adaptadas al trópico, como la baja manifestación de celo y la anovulación posparto, factores que muchas veces han restringido la eficiencia reproductiva en sistemas de producción tropicales (Vasconcelos et al., 2013).

### **2.3. Manejo reproductivo en ganado cebuino**

Las hembras cebuinas suelen presentar expresión de estro más breve y mayor incidencia de anestro posparto comparadas con *Bos taurus*, factores que junto con el estrés térmico y la estacionalidad forrajera reducen la probabilidad de concepción si no se implementan estrategias específicas de manejo (de Sá Filho & Vasconcelos, 2011; Bó et al., 2013). Por tanto, la base del manejo reproductivo efectivo combina evaluación y mantenimiento de la condición corporal, control sanitario y nutricional estratégico, y la aplicación selectiva de biotecnologías reproductivas que se ajusten a las condiciones productivas del sistema tropical (Copley et al., 2022).

La condición corporal (BCS) y el balance energético posparto son determinantes críticos del retorno a la ciclicidad y del éxito de las intervenciones reproductivas en vacas cebúinas. Numerosos estudios muestran una relación clara entre BCS al servicio y tasas de concepción: vacas con BCS subóptima presentan mayor probabilidad de anovulación y menores probabilidades de preñez, lo que hace imprescindible incorporar metas nutricionales y seguimiento del BCS dentro del programa reproductivo (Centurión-Castro et al., 2013). Así, la planificación nutricional pre y posparto incluyendo suplementación proteico-energética en la época seca y la utilización de leguminosas forrajeras o reservas aumenta la eficacia de los protocolos hormonales y reduce pérdidas reproductivas asociadas a deficiencias nutricionales.

Los protocolos de sincronización de celo, como el Ovsynch/Co-Synch y variantes que integran dispositivos de progesterona (CIDR) o secuencias Pre-Synch/Double-Ovsynch, han sido ampliamente adaptados para su uso en *Bos indicus* con el objetivo de permitir la inseminación a tiempo fijo (IATF) y disminuir la dependencia de la observación del

celo, práctica que es menos eficiente en hembras cebúinas (Bó et al., 2013; Mercadante et al., 2024). Estudios recientes y metaanálisis demuestran que protocolos modificados como el Double-Ovsynch o inclusión de progesterona intravaginal, pueden mejorar la tasa de concepción en vacas cebuinas, especialmente cuando se combinan con un adecuado manejo nutricional y sanitario (Jeong et al., 2022; Sales et al., 2025).

La resincronización para las novillas o vacas que no resultaron preñadas tras un servicio, es una herramienta práctica para aumentar la tasa anual de preñez y la eficiencia de uso de IA a nivel de hato. Trabajos en sistemas de carne indican que la resincronización reduce el tiempo abierto promedio y aumenta la tasa de preñez acumulada cuando se diseña para minimizar interferencia con diagnósticos de gestación y optimizar el intervalo entre servicios (Pessoa et al., 2018; Vazquez-Lopez et al., 2024)). No obstante, la efectividad real de la resincronización depende de la correcta identificación de hembras no preñadas (diagnóstico temprano o manejo por calendario), la condición corporal, y de la ausencia de patologías reproductivas; por tanto, su implementación debe ir acompañada de registros reproductivos y capacitación técnica del personal.

Según estudios, se recomienda adaptar los protocolos de sincronización de celo a la fisiología del *Bos indicus*, incorporar estrategias de resincronización cuando convenga y emplear indicadores como BCS, tasa de preñez al servicio y días abiertos para evaluar y ajustar el programa reproductivo de forma continua (Mercadante et al., 2024).

#### **2.4. Ciclo estral**

El ciclo estral es un proceso biológico cíclico en el cual se desarrollan de manera ordenada una serie de cambios fisiológicos, endocrinos y conductuales destinados a regular la actividad reproductiva. Suele durar entre 18 y 24 días, con una media de 21 en el caso de la especie bovina. El ciclo estral es una secuencia de cambios hormonales mediados por un eje que une la hipófisis, el ovario y el hipotálamo, provoca diversas manifestaciones fisiológicas y de comportamiento; este consta de una fase ovulatoria, un periodo estral o sexual receptivo y modificaciones adaptativas necesarias para proteger al embrión en caso de concepción (Carvajal et al., 2020).

En condiciones normales, su duración promedio es de 21 días, aunque puede variar según la raza, el estado nutricional y el ambiente. Durante este periodo, las variaciones en la secreción de estrógenos, progesterona, hormona luteinizante (LH) y hormona folículo

estimulante (FSH) regulan los procesos de crecimiento folicular, ovulación y formación del cuerpo lúteo (Bó & Baruselli, 2014; Diskin & Kenny, 2016).

El ciclo estral se divide en fases bien definidas: proestro, estro, metaestro y diestro, cada una con funciones endocrinas y fisiológicas específicas. En el proestro, los folículos ováricos crecen bajo el estímulo de la FSH, aumentando los niveles de estrógenos; en el estro, ocurre la manifestación del celo y la ovulación; en el metaestro se forma el cuerpo lúteo, y durante el diestro, la progesterona alcanza su máxima concentración, preparando el útero para una posible implantación embrionaria. Si no ocurre fecundación, la liberación de prostaglandina F<sub>2</sub>α (PGF<sub>2</sub>α) induce la regresión del cuerpo lúteo y reinicia el ciclo (Senger & TO, 2012; Ginther, 2018). La duración y expresión de estas fases pueden verse afectadas por factores ambientales, nutricionales y fisiológicos, especialmente en razas cebúinas, donde la detección de celo resulta más difícil debido a la menor expresión conductual del estro (Baruselli et al., 2018).

#### **2.4.1. Fases del ciclo estral**

Este ciclo se divide en dos fases; fase folicular o estrogénica y fase lútea o progestacional, que dependen de las estructuras ováricas y del ambiente hormonal que producen (Jiménez, 2019).

Según la clasificación fisiológica, estas dos fases principales del ciclo se clasifican en: proestro, estro, metaestro y diestro, que se correlacionarían con la fase folicular y la fase lútea, respectivamente, de los cuales están encargados cuatro órganos (hipotálamo, hipófisis, ovario y útero) en actuar en cada uno de los estadios; asimismo todo el proceso se ve facilitado por un sistema neuroendocrino extremadamente complejo, donde cada uno de estos órganos secreta una o más hormonas (Rusiñol, 2020).

##### **a. Fase estrogénica (folicular)**

Consta de dos etapas, que es el momento donde se produce el desarrollo folicular (proestro y estro). En la etapa de proestro se da una reducción de los niveles de progesterona, del crecimiento folicular y un aumento de los niveles de estradiol en sangre. En este punto, la liberación de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) por parte del hipotálamo estimula la producción de la hormona foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) por parte de la glándula pituitaria (Do Valle, 1991). Los niveles elevados de

FSH en la sangre hacen que los folículos crezcan y trabajen en conjunto con la LH para acelerar su maduración, y a medida que el folículo crece, produce más estradiol, en una concentración particular, el estradiol hace que los folículos produzcan mucho calor y liberen LH, lo que inicia la segunda etapa. Además, los niveles elevados de estradiol también hacen que el cuello uterino se dilate, se produzca y secrete moco vaginal y que los espermatozoides sean transportados a través del canal reproductivo femenino. La hembra experimenta inquietud, monta y cede a ser amamantada por otras vacas, disminuye su apetito, produce menos leche y presenta flujo vaginal claro y viscoso cuando está en celo. El mayor indicio de celo es cuando un toro, una vaca o un rufián la monta, incluso si la vulva y la vagina parecen hinchadas y rojas debido al aumento del flujo sanguíneo (Do Valle, 1991).

#### **b. Fase progestacional (lútea)**

La fase lútea, también conocida como período durante el cual se desarrolla el cuerpo lúteo, comienza cuando finaliza la manifestación de calor. Las dos etapas de esta fase son: metaestro y diestro; la característica clave del metaestro es que dura de 2 a 3 días, y ahí se presencia la ovulación o la liberación del óvulo del folículo. La ovulación en el ganado bovino suele ocurrir entre 12 y 16 horas después del final del estro, después de la ruptura folicular, el óvulo es transportado a la sección media del oviducto para su fertilización, donde las células de la pared interna proliferan para crear una nueva estructura conocida como corpus luteum o cuerpo amarillo. La hormona llamada progesterona, que mantiene preñez, es producida por el cuerpo lúteo (Do Valle, 1991).

El término diestro se refiere al momento en que el cuerpo lúteo comienza a funcionar, como lo demuestra la síntesis y liberación de altas cantidades de progesterona; esta etapa dura alrededor de 15 días, y es la más larga del ciclo estral entre las demás. Los niveles de progesterona se mantendrán altos durante el preñez si el óvulo es fertilizado y el cuerpo lúteo sobrevive, y puede comenzar un nuevo ciclo estral si la fertilización no tiene éxito, porque el cuerpo lúteo se reducirá (aproximadamente 17 días después del estro) y los niveles de progesterona en sangre disminuirán. El útero produce una sustancia química conocida como prostaglandina F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>), que es uno de los procesos responsables de la destrucción del cuerpo lúteo (luteólisis) (Do Valle, 1991).

## **2.4.2. Etapas del ciclo estral**

### **a. Proestro**

Durante el proestro, etapa que precede a la manifestación del celo, ocurre un crecimiento activo de los folículos ováricos bajo la acción de la FSH secretada por la hipófisis anterior. Este desarrollo folicular estimula la producción de estrógenos, especialmente el estradiol-17 $\beta$ , lo que genera cambios fisiológicos en el tracto reproductor, como el aumento de la vascularización uterina y la proliferación del epitelio endometrial. Además, la progesterona secretada por el cuerpo lúteo en regresión disminuye progresivamente, permitiendo que los estrógenos ejerzan su efecto dominante sobre el comportamiento reproductivo (Ginther et al., 2018; Diskin & Kenny, 2016).

### **b. Estro**

El estro marca el inicio del ciclo estral, considerado como el día cero de este. Durante esta fase se manifiestan los primeros signos de receptividad sexual en la hembra bovina, momento en el que ocurre normalmente la cópula. La duración de esta etapa puede variar entre individuos, aunque se estima un promedio de 16 horas, con una posible diferencia de aproximadamente  $\pm 4$  horas. En este periodo, los niveles de hormona luteinizante (LH) comienzan a incrementarse en respuesta al pico máximo de estrógenos, lo que provoca la ovulación pocas horas después, dando paso a la fase siguiente del ciclo conocida como metaestro (Carvajal et al., 2020).

El estro muestra plena receptividad sexual y alcanza su mayor potencial de fertilidad en la hembra bovina. Durante este periodo, la elevada concentración de estrógenos estimula los comportamientos característicos del celo y favorece las condiciones fisiológicas necesarias para la ovulación. Asimismo, ocurre el pico preovulatorio de la hormona luteinizante (LH), responsable de provocar la ruptura del folículo dominante y la liberación del ovocito. En vacas de carne, esta etapa suele extenderse entre 12 y 18 horas, aunque en razas cebuinas tiende a ser de menor duración debido a una manifestación conductual menos evidente (Bó & Baruselli, 2014; Baruselli et al., 2018).

### **c. Metaestro**

Con una duración de 4 a 5 días, esta etapa es consecutivo del estro, en este tiempo se produce la ovulación y el cuerpo lúteo empieza a desarrollarse, posterior a la

ovulación, la ubicación del folículo ovulatorio muestra una depresión conocida como depresión ovulatoria, seguida por el cuerpo hemorrágico (el cuerpo lúteo en desarrollo). En esta etapa las concentraciones de progesterona aumentan, y el cuerpo lúteo alcanza su madurez cuando supera un nivel mayor al 1 ng/ml, para lo cual se utiliza un criterio fisiológico para indicar el final del metaestro y el inicio del diestro cuando las concentraciones de progesterona superan 1 ng/ml; y se puede observar la presentación del pico postovulatorio de FSH, que inicia la ola de crecimiento folicular, que es un evento hormonal notable durante este tiempo; cabe mencionar que en algunas vacas se puede presenciar que están en esta etapa cuando se les presenta un tipo de sangrado que es conocido como la hemorragia metastral (Hernández, 2016).

#### **d. Diestro**

El diestro es la etapa de mayor duración del ciclo estral, de 12 a 14 días. Durante esta etapa el cuerpo lúteo sigue funcionando plenamente, lo que se manifiesta en los niveles de progesterona en la sangre por encima de 1 ng/mL, adicionalmente, en este periodo pueden observarse folículos de varios tamaños como resultado de las oleadas foliculares. Después de 12-14 días de exposición a la progesterona, el endometrio comienza a secretar PGF2 $\alpha$  en un patrón pulsátil, el cual termina con la vida del cuerpo lúteo y con el diestro (da Silva & Da Silva, 2021). En términos endocrinos, el proestro empieza y el diestro termina cuando la funcionalidad del cuerpo lúteo se pierde, lo que significa que los niveles de progesterona bajan por debajo de 1 ng/mL. Cabe señalar que, en este periodo, la LH se secreta con una frecuencia muy baja y la FSH presenta aumentos que son los causantes de las oleadas foliculares (Colazo & Mapletoft, 2014).

### **2.5. Endocrinología del ciclo estral**

La expresión del celo, o estro, y la liberación del folículo preovulatorio de un ovocito maduro (ovulación), que es el evento clave del ciclo biológico reproductivo en el ganado, se conoce como ciclo estral. Esto denota el patrón cíclico de actividad ovárica en las hembras entre un ciclo reproductivo no receptivo y un estado receptivo que eventualmente permite el apareamiento y el posterior establecimiento de la concepción (Pinel & Pérez, 2017).

En el ovario tienen lugar los procesos que conforman la foliculogénesis, que se producen a lo largo de todo el ciclo estral. Estos procedimientos están íntimamente relacionados con la endocrinología del ciclo estral porque los procesos de biosíntesis de péptidos y esteroides

están regulados por la interacción entre los componentes intra y extraováricos y las hormonas que interfieren en el ciclo (Adams et al., 2008).

### **2.5.1. Factores hipotalámicos y hormonas adenohipofisarias**

La hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) es una hormona hipotalámica que regula la secreción hipofisaria de gonadotropinas; debido a que no existe una técnica especializada y sensible para este fin, el patrón de secreción de este factor aún no está completamente establecido en el vacuno. Se sabe que se libera en pulsos, cada uno de los cuales coincide con la secreción de la LH. Las principales gonadotropinas adenohipofisarias del ciclo estral bovino son LH y FSH (Pinel & Pérez, 2017).

La hormona foliculoestimulante (FSH) inicia el crecimiento folicular, promoviendo asimismo el desarrollo de receptores de LH en las células foliculares. Al inicio del celo, el pico preovulatorio de LH y el pico plasmático de FSH coinciden. Un segundo pico, aunque menor, aparece alrededor de un día después, coincidiendo con un descenso de los niveles sanguíneos de inhibina, una glucoproteína liberada por las células foliculares de la granulosa que suprime la liberación de FSH. También se aprecian otras variaciones que corresponden a picos de crecimiento folicular durante la fase lútea del ciclo. La FSH se secreta de forma pulsátil durante todo el ciclo estral, aproximadamente cada hora (Aerts & Bols, 2010). La LH estimula tanto el desarrollo y mantenimiento del cuerpo lúteo, como la madurez y ruptura del folículo de Graff. Además, se ha demostrado que cada liberación pulsátil de LH se corresponde con un pulso en la liberación de 17 $\beta$ -estradiol (Aerts & Bols, 2010).

La fase lútea del ciclo estral presenta concentraciones medias de LH comparativamente bajas. Como se ha mencionado anteriormente, la ovulación se produce unas 24 a 30 horas después del gran pico de esta hormona y de la hormona precedente, lo que coincide con el inicio del estro (Forde et al., 2011). Se cree que la principal hormona luteotrópica en vacas no gestantes, si no la única, es la LH. Sin embargo, hay datos que sugieren que la producción de progesterona luteínica puede estar regulada por la FSH. En las vacas, la prolactina no parece tener un efecto luteotrópico. Aunque la concentración plasmática de prolactina alcanza su máximo durante el celo, aún se desconoce su importancia exacta (Aerts & Bols, 2010; Adams et al., 2008).

### 2.5.2. Hormonas ováricas

Las cuatro hormonas ováricas principales que intervienen en el ciclo estral de la vaca son la oxitocina, la progesterona, la inhibina y el 17 $\beta$ -estradiol (Pinel & Pérez, 2017).

Se ha demostrado la producción de oxitocina en el cuerpo lúteo de ovejas y vacas (Fields et al., 1992). Se sabe desde hace tiempo que la oxitocina exógena provoca luteólisis en las vacas, y las nuevas investigaciones indican que la luteólisis puede tener una función fisiológica al provocar la liberación de prostaglandina F<sub>2</sub> (PGF<sub>2</sub> $\alpha$ ). Las células endometriales tienen receptores en sus membranas celulares que son exclusivos de la oxitocina. La célula endometrial convierte el ácido araquidónico en prostaglandina F<sub>2</sub> $\alpha$  cuando la oxitocina luteínica se une a este receptor. Al principio del ciclo estral, la concentración del receptor de oxitocina es baja; pero, más adelante en el ciclo, aumenta en respuesta a la estimulación de la fase lútea de la liberación de estradiol a partir de las ondas de crecimiento folicular (Aerts & Bols, 2010).

Las células del cuerpo lúteo liberan progesterona. El crecimiento, mantenimiento y regresión del cuerpo lúteo se reflejan en las concentraciones plasmáticas de la hormona. Antes del estro y la ovulación, las concentraciones descienden a niveles basales tras aumentar desde el día 4 del ciclo hasta alcanzar un pico entre los días 8 y 16. Al disminuir la frecuencia de los pulsos de LH y alterar la terminación del pico preovulatorio de 17 $\beta$ -estradiol, esta hormona ejerce una influencia retrofuncional negativa sobre la liberación de GnRH y LH. La progesterona presenta también un patrón pulsátil de secreción, coincidiendo en la fase luteínica con los pulsos de FSH (Fields et al., 1992).

Las células foliculares de la granulosa secretan inhibina, un inhibidor no esteroideo de la liberación de FSH. Esta hormona es una glicoproteína con un peso molecular de unas 32.000 KDa que se ha aislado del líquido folicular de las vacas. Se compone de dos subunidades: a y b. Parece que la inhibina actúa de dos maneras. Los dos primeros efectos son la inhibición de la liberación de FSH de la adenohipófisis y la unión de la FSH a las células foliculares de la granulosa. Es posible plantear la hipótesis de que durante la fase preovulatoria, el folículo dominante segrega inhibina, que inhibe la liberación de FSH y detiene el desarrollo de otros folículos (Pinel & Pérez, 2017; Adams et al., 2008).

A lo largo de la fase lútea del ciclo, los niveles basales de 17 $\beta$ -estradiol se mantienen. Sin embargo, tras el inicio de la luteólisis, los niveles aumentan y alcanzan una meseta aproximadamente 26 horas antes del inicio del estro. Las concentraciones de 17 $\beta$ -estradiol en plasma muestran un pico muy alto antes del estro y un segundo pico alrededor de los días 5-6 del ciclo. El crecimiento del folículo ovulatorio durante la fase preovulatoria del ciclo está relacionado con este aumento de las concentraciones de 17 $\beta$ -estradiol (Jo et al., 2002). Mediante un mecanismo de retrofuncionalidad positiva, el aumento de las concentraciones de 17 $\beta$ -estradiol estimula los picos preovulatorios de gonadotropinas, aumentando así la sensibilidad de la adenohipófisis (secreción de FSH y LH) a la acción de la GnRH e induciendo simultáneamente la liberación de este factor por el hipotálamo (Adams et al., 2008).

### **2.5.3. Hormonas uterinas**

Las prostaglandinas, en particular la prostaglandina F $_{2\alpha}$  (PGF $_{2\alpha}$ ), que se genera en el útero, son cruciales en el control del ciclo estral bovino. Se ha sugerido que la PGF $_{2\alpha}$  se transfiere del útero al ovario a través de una ruta contracorriente que va de la vena uterina a la arteria ovárica ipsilateral. En un plazo de 24 a 36 horas, la secreción de PGF $_{2\alpha}$  por el útero provoca el retroceso del cuerpo lúteo (proceso conocido como luteólisis) (Pinel & Pérez, 2017).

La progesterona y la oxitocina del cuerpo lúteo se mezclan con el estradiol de los folículos ováricos para producir esta hormona, que es secretada por el endometrio. La producción de PGF $_{2\alpha}$  requiere que el útero haya estado expuesto previamente a la progesterona. Los estrógenos aceleran el desarrollo de receptores uterinos de oxitocina y estradiol. La secreción posterior de oxitocina luteínica se ve estimulada por la PGF $_{2\alpha}$ , liberada por el útero en respuesta a la oxitocina del cuerpo lúteo (Pinel & Pérez, 2017).

## **2.6. Protocolos de sincronización de celo**

### **2.6.1. Protocolo Convencional**

Este protocolo prevé la inserción de un dispositivo de liberación interna controlada de droga, “Controlled Internal Drug Release” (CIDR) y la administración de benzoato de estradiol (BE) el día 0 (el primer día de tratamiento con progesterona (P4)) a una dosis total de 2 mg, intramuscular (IM) (Bó et al., 2016). Se ha demostrado que el BE es más eficaz en los procedimientos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) debido a su vida

media más corta en comparación con el  $17\beta$  estradiol (E- $17\beta$ ). Para garantizar la regresión del cuerpo luteo (CL) que se ha desarrollado después de la ovulación tras el tratamiento inicial con estrógeno (E2) (días 7, 8 o 9, si hay CL), también se administra PGF $2\alpha$  en el momento de la retirada de CIDR (Bó et al., 2013). La IATF puede llevarse a cabo entre 30 y 34 horas después de administrar la segunda dosis de BE, y puede administrarse una dosis total de 1 mg de BE 24 horas después de concluir el tratamiento con P4 para sincronizar la ovulación (Pinel & Pérez, 2017).

### **2.6.2. Protocolo Ovsynch**

Pursley et al., (1995) proporcionaron detalles sobre el procedimiento de sincronización de la ovulación, mediante este protocolo; que implica la administración intramuscular de GnRH de manera independiente del día del ciclo estral en el que se encuentra la hembra. El procedimiento implica la administración de 100  $\mu$ g de GnRH, una dosis de PGF $2\alpha$  siete días después y una segunda dosis de GnRH 48 o 56 horas después de la PGF $2\alpha$ , lo que permite la realización de la IATF 16 a 18 horas más tarde (Martinez et al., 1999).

La estimulación de la ovulación en un folículo dominante es un prerrequisito para que la primera dosis de GnRH en el protocolo Ovsynch sea efectiva para iniciar una nueva onda folicular. El folículo ovulatorio durante la segunda inyección de GnRH será un folículo viejo fecundado con fertilidad disminuida si la primera inyección ocurre durante el metaestro. No se inducirá ni un folículo fresco ni un folículo ovulatorio (Pursley et al., 1995).

### **2.6.3. Protocolo CO-Synch**

El día 0 comienza con la aplicación de una dosis de GnRH. El día 7, se administra PGF $2\alpha$  y, 48 horas más tarde, otra dosis de GnRH y se lleva a cabo la inseminación artificial (IA). La ovulación es inducida por un pico de LH desencadenado por la GnRH. Sin embargo, en las primeras investigaciones en vacas con cría al pie revelaron que Ovsynch producía mayores porcentajes de preñez (57%) que Co-Synch 48 (GnRH e IA 48 horas después de PGF $2\alpha$ ) (Geary et al., 1998)

#### **2.6.4. Protocolo J-Synch**

El protocolo J-Synch se basó en el uso de BE y un dispositivo de progesterona durante 6 días en lugar de 7 u 8 días como en los tratamientos estándar, y GnRH como inductor de la ovulación 72 horas después de retirar el DIB (De la Mata, 2016); permitiendo así un menor tiempo de dominancia y un proestro más largo, ya que se ha demostrado que cuando la dominancia de un folículo ovulatorio aumenta en más de 1, a 5 días (Cerri et al., 2009), la prolongación del proestro se correlaciona con mayores concentraciones séricas de estradiol, aumentando la fertilidad en la IATF (Bridges et al., 2008).

Las investigaciones indican que este protocolo en particular alarga el proestro significativamente más que otros protocolos de sincronización, aumentando el potencial esteroidogénico del folículo en el ambiente uterino; y como consecuencia, aumentan las concentraciones séricas de estrógeno y las tasas de preñez se ven afectadas positivamente (Pilla et al., 2023).

En comparación con el protocolo convencional de 7 u 8 días, este tiene más éxito porque hace que el folículo ovulatorio produzca más estradiol, crece rápidamente cada día (crece más sin progesterona) y tiene un efecto positivo sobre la actividad lútea, porque las concentraciones de progesterona son más altas y el tamaño del cuerpo lúteo es más grande (Menchaca et al., 2017).

Con el tiempo, se han realizado varios ajustes al protocolo J-Synch con la finalidad de incrementar el porcentaje de la tasa de concepción, pero sin cambiar el procedimiento original; es así como se planteó utilizar dos hormonas para iniciar una nueva onda folicular, la particularidad que tienen estas hormonas es de actuar durante 6 días en el animal, el primer día se utiliza un DIB impregnado con P4 y se administra de 2 ml de BE (Spencer et al., 2006).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo entre los meses de marzo y agosto del año 2025, en el “Fundo Sungaro” del Centro de Investigación Producción Tulumayo anexo la Divisoria - Puerto Sungaro (CIPTALD-PS), de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), sector Tambo Largo, caserío de Pueblo Libre, Centro Poblado de Sungaroyacu, distrito y provincia Puerto Inca, región Huánuco. Esta área se encuentra ubicada en coordenadas (UTM WGS 84, Zona 18 L) 502959.00 m E ,8976924.00 m S, a una altitud de 205 m.s.n.m.

#### 3.2. Tipo de investigación

La investigación corresponde al tipo experimental.

#### 3.3. Animales en estudio

Los animales en estudio fueron 29 vacas cebuinas Brahman (*Bos indicus*) multíparas del “Fundo Sungaro” del Centro de Investigación Producción Tulumayo anexo la Divisoria - Puerto Sungaro (CIPTALD-PS), de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

Del total de animales se hizo la separación del ganado para cada protocolo de evaluación, 15 vacas para el protocolo Convencional y 14 vacas para el protocolo J-Synch.

#### 3.4. Alimentación

La alimentación de los animales fue al pastoreo con pasto colombiano (*Bothriochloa pertusa*) y brachiaria (*Brachiaria brizantha*), con la suplementación de un preparado de sales minerales compuesto de 1 kg de sales minerales (MONTANA) más 3kg de sal común.

#### 3.5. Instalaciones

El “Fundo Sungaro” cuenta con instalaciones adecuadas para el manejo de los animales; como corral de manejo, corral de aparto, manga y brete, lugar donde se realizarán las diferentes actividades de evaluación reproductiva, implantación de dispositivos intravaginales (DIV), aplicación de hormonas, inseminación artificial y diagnósticos de preñez.

### **3.6. Sanidad**

Previo al inicio con el trabajo de investigación, los animales fueron desparasitados (parásitos internos y externos) con Dectomax (Doramectina, ZOETIS) vía subcutánea, con una dosis de 1 mL/50 kg de p.v; asimismo, fueron vitaminizados con A, D y E (Vigantol® ADE, BAYER), un regulador orgánico con complejo de vitaminas E, D, B12, aminoácidos y minerales (CrecEcor®, LAB. SERVINSUMOS) y fósforo orgánico mineralizante (Microfos, MICROSULES) vía intramuscular profunda (IM) según las indicaciones del fabricante.

### **3.7. Variables independientes**

- Protocolos: Convencional y J-Synch

### **3.8. Variables dependientes**

- Tasa de detección de celo (TDC)
- Grado de expresión de celo
- Tasa de concepción (TC)
- Tamaño folicular (TF)
- Tamaño del cuerpo lúteo (CL):

### **3.9. Metodología**

Los animales en estudio se seleccionaron un mes antes de iniciar con el protocolo. Se separaron del hato a todas las vacas entre primíparas y multíparas de segundo hasta cuarto parto, con cría al pie, entre 60 a 120 días post parto y con condición corporal (CC) entre 2.5 – 3.5 (escala de 1-5) (Wagner et al., 1988).

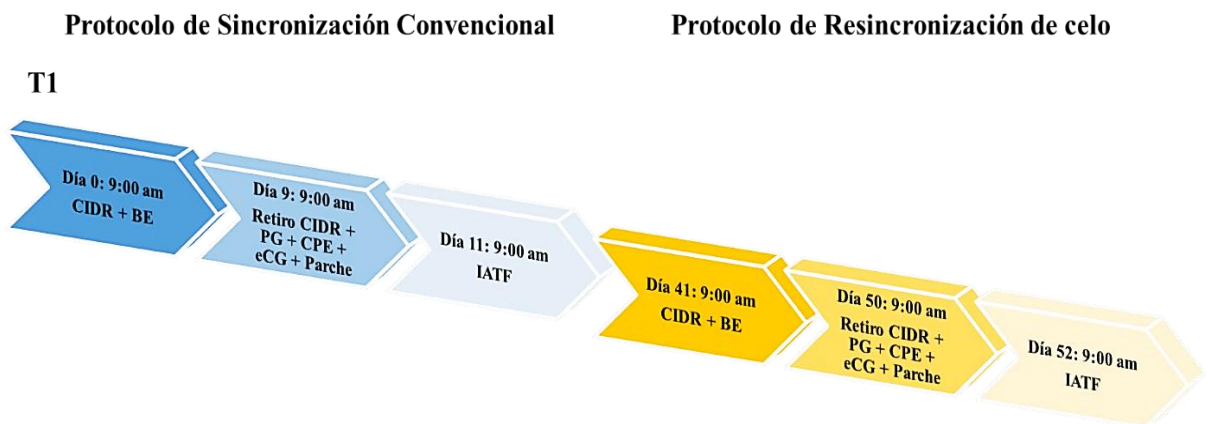
El proceso de selección se realizó entre los 4-6 meses luego de haber retirado al padrillo reproductor, realizándose el diagnóstico de preñez con el uso de ecógrafo con sonda lineal rectal multifrecuencia de 6.5 – 8 MHz (PROVETSCAN SR-2C, New VeTec S.L.), seleccionando a las vacas vacías.

De todas las vacas vacías seleccionadas, se dividieron entre los dos grupos de tratamiento diseñados (protocolos), los protocolos implementados fueron los siguientes:

### Tratamiento 1 (Protocolo Convencional):

Las hembras seleccionadas fueron sometidas al mismo protocolo, tanto para la sincronización y resincronización, esta última, en caso que no hayan quedado gestante a la sincronización.

A continuación, se detalla de manera gráfica el protocolo de sincronización y resincronización para el T1:



**Figura 1.** Esquema del protocolo de sincronización y resincronización de celo "Convencional"

El día 0 a las 9:00 am, se insertó el dispositivo intravaginal de progesterona (DIP) (PRIMER, Tecnopec-Agener União-Brasil) y se le inyectó 2 ml de Benzoato de Estradiol (BE) (RIC-BE, Tecnopec- Agener União-Brasil) vía intramuscular (IM) profunda.

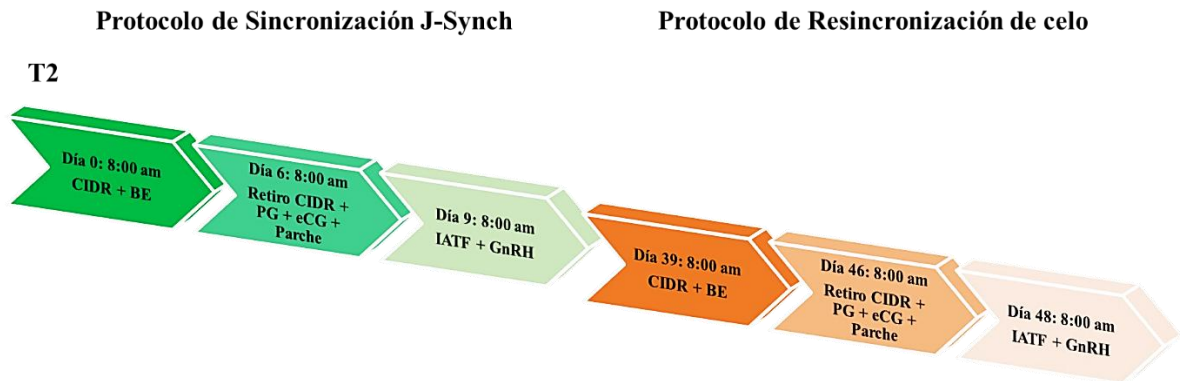
El día 9 a las 9:00 am, se retiró el DIP, se inyectó 2 ml de Cloprostenol sódico (PG) (ESTRON, Tecnopec-Agener União-Brasil), 0.5 ml de Cipionato de Estradiol (CPE) (Cipiotec, Tecnopec-Agener União-Brasil) y 1.6 ml (400UI) de Gonadotropina sérica equina (eCG) (Sincro eCG® 600, Ourofino-Brasil). Además se colocó un parche detector de celo (ESTROTECT™, MAI ANIMAL HEALTH-USA) en la zona sacrocoxígea (base de la cola) que nos sirvió para determinar la presencia e intensidad del celo.

El día 11 a las 9:00 am; se realizó la IATF.

Treinta días después se realizó la resincronización con el mismo protocolo de inicio a las vacas que resultaron con diagnóstico negativo de preñez por ultrasonografía, para lo cual se utilizó un ecógrafo con sonda lineal rectal indicado, asimismo este equipo fue utilizado para la medición de las estructuras ováricas.

## Tratamiento 2 (Protocolo J-Synch):

Las hembras seleccionadas para este protocolo; denominado J-Synch, también fueron sometidas al mismo protocolo tanto para la sincronización y resincronización. A continuación se detalla de manera gráfica el protocolo de sincronización y resincronización para el T2:



**Figura 2.** Esquema del protocolo de sincronización y resincronización de celo “J-Synch”

El día 0 a las 8:00 am, se les insertó el DIP y se inyectó 2 ml de Benzoato de Estradiol (BE) vía IM profunda.

El día 6 a las 8:00 am, a la misma hora del inicio del protocolo, se retiró el DIP, se inyectó 2 ml de Cloprostrenol Sódico (PG, Prostaglandina sintética) y 1.6 ml (400UI) de Gonadotrofina Corionica Equina (eCG). Así mismo se colocó un parche en la zona sacrocoxigea (base de la cola), que nos sirvió para determinar la presencia e intensidad del celo.

El día 9 a las 8:00 am, se realizó la IATF a la misma hora de haber el protocolo, y se les aplicó 2.5 ml de Análogo de la GnRH a base de Buserelina acetato (Pluserelina, Calier-Argentina).

Treinta días después se realizó la resincronización con el mismo protocolo de inicio a las vacas que resultaron con diagnóstico negativo de preñez por ultrasonografía.

La medición de las estructuras ováricas (Cuerpo Lúteo (CL) o Folículo Dominante (FD), mayor a 8 mm) se realizaron en tres etapas del protocolo: al inicio del protocolo de sincronización y resincronización (Día 0), al retiro del implante (Día 6 ó 9) y al momento de la IA (Día 9 u 11).

Para determinar las variables independientes se tuvieron en cuenta la siguiente metodología:

- **Tasa de detección de celo (TDC):** La tasa de detección de celo se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$TDC (\%) = \frac{N^{\circ} \text{ animales en estro}}{N^{\circ} \text{ total de animales}} \times 100$$

Para visualizar la presencia de celo se usó parches detectores de celo, que es sello tipo calcomanía autoadhesivo, colocado en la superficie de la grupa de las vacas (entre la cadera y la cola); la vaca al ser montada por las compañeras la superficie plateada y negra del indicador es removida quedando la base del parche de color anaranjado brillante, indicativo que el animal está en celo. Se midió el grado de expresión anaranjado del parche en porcentaje (%), permitiéndonos así, medir la tasa de detección de celo y el grado de expresión de celo sobre la tasa de preñez, el porcentaje de desgaste de los parches que fue considerado entre < a 25, 25 - 50, 51 - 75 ó > 75 % según como se haya pintado; una vaca con desgaste de 75% a más, queda definida como celo (Morales-Piñeyrúa, 2019).

Al momento de la inseminación, se tuvo en cuenta la presencia del flujo cervical.

- **Grado de expresión de celo:** La expresión de celo visible se evaluó con la tolerancia a la monta de la hembra utilizando parches detectores de celo. El grado o el porcentaje de desgaste del parche que fue mostrando un color anaranjado es cuanto mas montaron a esa hembra, para ello se clasificó la intensidad del celo en cuatro categorías (A: 0-25%, B: 25-50%, C: 50-75% y D: 75-100%), considerándose esta última (D) como expresión positiva de celo (Morales-Piñeyrúa, 2019).
- **Tasa de concepción (TC):** Para determinar la tasa de concepción se utilizó la siguiente fórmula:

$$TC (\%) = \frac{N^{\circ} \text{ animales preñados al diagnóstico}}{N^{\circ} \text{ animales inseminados}} \times 100$$

- **Tamaño folicular (TF):** Mediante el uso de un ecógrafo con sonda rectal se midió la longitud del folículo más grande (mm).
- **Tamaño del cuerpo lúteo (CL):** Mediante el uso de un ecógrafo con sonda rectal se midió la longitud del CL (mm).

### **3.10. Análisis estadístico**

Se utilizó estadística descriptiva de porcentajes, para determinar la tasa de detección de celo (TDC) y la tasa de concepción (TC).

Asimismo, se utilizó la prueba de independencia de la distribución  $X^2$  (chi-cuadrado), para determinar si hay independencia o no entre los protocolos, la TDC y TC; y la Prueba T para comparar el diámetro folicular entre los protocolos evaluados y entre los animales que preñaron y no preñaron.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Tasa de detección de celo (TDC) y grado de expresión de celo en vacas cebuinas sometidas a dos protocolos de sincronización y resincronización de celo

La TDC en la etapa de sincronización muestra porcentajes similares en el grupo D (celo positivo) con el grupo de las vacas con nula expresividad del celo (A), sin embargo para la etapa de resincronización los porcentajes para el grupo D se ven incrementado en ambos protocolos de sincronización, mientras en el grupo A este decrece.

El grupo de animales que presentó un expresividad de celo marcada (D) para ambas etapas llega a ser un poco mas del 50% (51.11%), sin embargo, se tuvo un grupo significativo de vacas que no expresaron celo (37.78%), cabe destacar que la cantidad de vacas que presentaron celo y las que no lo expresan son similares en las vacas del protocolo J-Synch.

**Tabla 1.** Tasa de detección de celo (TDC) por protocolo de sincronización de celo y de acuerdo a la etapa del programa (Sincronización o Resincronización)

Etapa	Parche	Protocolo de Sincronización, %		Total
		Convencional	J-Synch	
Sincronización	A	40.00 (6/15)	42.86 (6/14)	41.38 (12/29)
	B	6.67 (1/15)	14.29 (2/14)	10.34 (3/29)
	C	6.67 (1/15)	0.00 (0/14)	3.45 (1/29)
	D	46.67 (7/15)	42.86 (6/14)	44.83 (13/29)
	<b>TOTAL</b>	<b>100.00 (15)</b>	<b>100.00 (14)</b>	<b>100.00 (29)</b>
Resincronización	A	20.00 (2/10)	50.00 (3/6)	31.25 (5/16)
	B	0.00 (0/10)	0.00 (0/6)	0.00 (0/16)
	C	10.00 (1/10)	0.00 (0/6)	6.25 (1/16)
	D	70.00 (7/10)	50.00 (3/6)	62.50 (10/16)
	<b>TOTAL</b>	<b>100.00 (10)</b>	<b>100.00 (6)</b>	<b>100.00 (16)</b>
<b>TDC</b>	<b>D</b>	<b>56.00 (14/25)</b>	<b>45.00 (9/20)</b>	<b>51.11 (23/45)</b>

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Morales-Piñeyrúa (2019), quien destaca que las vacas con un desgaste del parche superior al 75% presentan mayor

probabilidad de ovulación efectiva y, en consecuencia, mayores tasas de concepción, ya que estos parches constituyen una herramienta confiable para identificar el comportamiento de celo, aunque la intensidad no siempre se correlaciona directamente con la ovulación o la fertilización exitosa. Asimismo, estudios de Baruselli et al., (2014) y Prata et al., (2020) destacan que factores como el manejo, la condición corporal y el nivel de estrés pueden influir en la expresión del celo, incluso cuando la respuesta ovárica es adecuada. Es por ello que, la interpretación conjunta de la tasa de detección de celo y la tasa de concepción permite comprender mejor la eficiencia reproductiva de los protocolos aplicados.

Asimismo, estudios realizados por Madureira et al. (2020) y Baruselli et al. (2014) mencionan que la detección visual o indirecta del celo a través de dispositivos como los parches detectores de celo autoadhesivos constituye una herramienta confiable para evaluar la respuesta a protocolos de sincronización, especialmente en *Bos indicus*, donde la manifestación del celo suele ser menos evidente que en las razas europeas. En este sentido, los resultados del presente estudio confirman que el grado de expresión del celo es un indicador útil de la eficiencia reproductiva y puede ser empleado como criterio complementario para la evaluación de los protocolos de sincronización.

#### **4.2. Tasa de concepción (TC) en vacas cebuinas sometidas a dos protocolos de sincronización y resincronización de celo**

Los resultados muestran que no hubo diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre los protocolos evaluados. Por lo tanto, ambos protocolos mostraron una eficacia comparable en la inducción de la preñez (**Tabla 2**).

En la tabla 2 se muestra la tasa de preñez teniendo en cuenta el estado ovárico al inicio del proceso de sincronización; las vacas que no presentaron cuerpo lúteo (CL) al inicio, el 53 % preñaron y el restante quedaron vacías (47%). Por otro lado, las vacas que sí presentaron CL al inicio del protocolo, la tasa de preñez fue menor (38%) en comparación al porcentaje de vacas vacías (61%). En términos generales, se observa que tanto las vacas con CL como sin CL pueden responder al tratamiento hormonal y lograr preñeces.

**Tabla 2.** Tasa de concepción (TC) en vacas cebuínas sometidas a dos protocolos de sincronización y resincronización de celo y a la presencia del cuerpo lúteo (CL) al inicio del protocolo

PROTOCOLO	Vacía	TC	Total
<b>Convencional</b>	56.00 (14/25)	44.00 (11/25)	100.00 (25)
<b>J-Synch</b>	45.00 (9/20)	55.00 (11/20)	100.00 (20)
<b>Total</b>	<b>51.11 (23/45)</b>	<b>48.89 (22/45)</b>	<b>100.00 (45)</b>
<b>Presencia CL Inicial</b>			
<b>No</b>	46.88 (15/32)	53.13 (17/32)	100.00 (32)
<b>Si</b>	61.54 (8/13)	38.46 (5/13)	100.00 (13)
<b>Total</b>	<b>51.11 (23/45)</b>	<b>48.89 (22/45)</b>	<b>100 .00 (45)</b>

Los resultados obtenidos concuerdan en parte con los hallazgos de Bó & Baruselli, (2014), quienes destacan que la eficacia de los protocolos de sincronización de celo, presentan tasas de concepción que están entre un rango de 45% y 60%, dependiendo del estado fisiológico de las hembras, la presencia de cuerpo lúteo al inicio del tratamiento y la eficiencia del manejo reproductivo. En el presente estudio, la tasa de concepción fue de 48.89%, valor que se encuentra dentro del rango descrito por dichos autores, tanto para el protocolo Convencional (44%) como para el protocolo J-Synch (55%).

Prata et al. (2020), señalan que en vacas cebuínas sometidas a protocolos de sincronización de celo, la presencia de un cuerpo lúteo funcional al inicio del tratamiento suele asociarse con tasas de concepción cercanas o superiores al 50%, debido a una mejor respuesta ovárica y sincronización folicular. No obstante, en el presente estudio, las vacas sin presencia de CL inicial mostraron una mayor tasa de concepción (53.13%) en comparación con aquellas con CL (38.46%), lo que podría atribuirse a variaciones en la respuesta individual, al tamaño muestral o a la dinámica folicular inducida por el protocolo hormonal.

En consecuencia, ambos protocolos deben considerarse como alternativas viables para optimizar la eficiencia reproductiva en vacas cebuínas de carne; sin embargo, se recomienda la realización de estudios con mayor tamaño muestral, variedad de condiciones ambientales y seguimiento de variables adicionales (como condición corporal, intervalo post-parto, estado de la dinámica folicular) para confirmar o descartar la posible superioridad biológica del protocolo J-Synch sobre el Convencional.

La evaluación de la tasa de preñez teniendo en cuenta cada etapa del experimento (Sincronización o Resincronización) y comparandolo entre los protocolos, mostró diferencias estadísticas no significativas ( $P>0.05$ ), sin embargo se observa una tendencia con el protocolo Convencional de elevar el porcentaje de preñez a la Resincronización, al parecer la sincronía es mas eficiente. Mientras que en el protocolo J-Synch no varía en mayor medida la tasa de preñez, se mantiene siempre cercano al 50% (**Tabla 2**).

También en estos resultados obtenidos se puede evidenciar que la presencia de cuerpo lúteo al inicio del protocolo no fue un factor determinante para el logro de la preñez en las vacas evaluadas, lo cual coincide con estudios de Bó & Baruselli, (2014) que señalan que la respuesta a los protocolos de sincronización depende de múltiples factores fisiológicos y de manejo, y no solo del estado de las estructuras ováricas. Si bien se observó una tendencia hacia mayores tasas de preñez en vacas sin CL inicial, esta diferencia careció de significancia estadística, lo que sugiere que las hormonas administradas durante el protocolo lograron inducir efectivamente el control folicular y la ovulación, aun en animales sin actividad lútea previa. Esta situación es especialmente relevante en razas Bos indicus, donde la incidencia de anestro posparto es alta y puede comprometer la eficiencia reproductiva; sin embargo, en este caso, la respuesta podría ser porque algunas vacas que entraron a la evaluación estaban con cria al pie y otras recién destetadas.

En cada protocolo y en cada etapa del experimento los porcentajes de preñez tienden al 50%, pero la tasa de preñez acumulada entre ambas etapas, alcanza un 75% de tasa de preñez global, así para el protocolo convencional fue de 73.33% (11/15) y para J-Synch 78.57% (11/14), que sería una de las mayores utilidades de los programas de IATF con resincronización de celos.

**Tabla 3.** Tasa de concepción (TC) según el programa, el protocolo empleado y el grado de expresión de celo en vacas cebuinas

<b>Etapa</b>	<b>PROTOCOLO</b>	<b>Vacía</b>	<b>TC</b>	<b>Total</b>
<b>Sincronización</b>	Convencional	66.67 (10/15)	33.33 (5/15)	100.00 (15)
	J-Synch	42.86 (6/14)	57.14 (8/14)	100.00 (14)
	<b>Total</b>	55.17 (16/29)	44.83 (13/29)	100.00 (29)
<b>Resincronización</b>	Convencional	40.00 (4/10)	60.00 (6/10)	100.00
	J-Synch	50.00 (3/6)	50.00 (3/6)	100.00
	<b>Total</b>	43.75 (7/16)	56.25 (9/16)	100.00

En la tabla 4 se muestra la presencia del CL al inicio del protocolo Convencional, donde se evaluaron 25 vacas, con presencia o ausencia de este al inicio del tratamiento. De las 16 vacas que no presentaron CL al inicio, 9 no lograron preñarse, mientras que 7 sí lo hicieron, evidenciando una tasa de preñez del 43.7%. Por otro lado, entre las 9 vacas que sí presentaron CL al inicio, 5 resultaron no preñadas y 4 lograron preñez, alcanzando una tasa de preñez del 44.4%. Estos resultados muestran que la respuesta reproductiva fue muy similar entre animales con y sin CL inicial, ya que prácticamente la misma proporción de vacas logró preñarse independientemente de su estado luteal al comenzar el protocolo.

**Tabla 4.** Tasa de concepción (TC) de acuerdo con la presencia o no de un cuerpo lúteo (CL) al inicio de ambos protocolos de sincronización de celo

<b>PROTOCOLO</b>	<b>Presencia CL Inicial</b>	<b>Vacía</b>	<b>TC</b>	<b>Total</b>
<b>Convencional</b>	<b>NO</b>	56.00 (9/16)	44.00 (7/16)	100.00 (16)
	<b>SI</b>	56.00 (5/9)	44.00 (4/9)	100.00 (9)
	<b>Total</b>	56.00 (14/25)	44.00 (11/25)	100.00 (25)
<b>J-Synch</b>	<b>NO</b>	37.50 (6/16)	62.50 (10/16)	100.00 (16)
	<b>SI</b>	75.00 (3/4)	25.00 (1/4)	100.00 (4)
	<b>Total</b>	45.00 (9/20)	55.00 (11/20)	100.00 (20)

Los resultados obtenidos (**Tabla 4**) muestran que la presencia o ausencia de cuerpo lúteo al inicio del protocolo Convencional no tuvo un efecto significativo en las tasas de preñez, lo cual coincide con reportes que indican que, bajo tratamientos con progesterona

exógena, el estado del CL previo, no necesariamente condiciona la respuesta ovulatoria ni la fertilidad final (Baruselli et al., 2016). En sistemas donde se emplean DIV de progesterona y protocolos bien estructurados, el soporte hormonal proporcionado durante el tratamiento puede compensar la falta de CL inicial, asegurando un ambiente endocrino adecuado para el desarrollo folicular y la ovulación sincronizada.

En la evaluación de la tasa de preñez, teniendo en cuenta la expresividad del celo (**Tabla 5**), las tasas de preñez fueron similares ( $P>0.05$ ) para las cuatro categorías (A, B, C, D), sin embargo las vacas que tuvieron menos del 25% de raspado (A) son las que expresaron una menor tasa de preñez. Pero al comparar entre el grupo que no expresó celo (A) y los que expresaron celo muy notorio (D) los porcentajes son mayores en el grupo D.

**Tabla 5.** Tasa de concepción (TC) de acuerdo con el grado de expresión de celo, según el porcentaje de raspado del parche detector de celo

<b>PARCHE</b>	<b>Vacía</b>	<b>TC</b>	<b>Total</b>
<b>A</b>	76.47 (13/17)	23.53 (4/17)	100.00 (17)
<b>B</b>	33.33 (1/3)	66.67 (2/3)	100.00 (3)
<b>C</b>	50.00 (1/2)	50.00 (1/2)	100.00 (2)
<b>D</b>	34.78 (8/23)	65.22 (15/23)	100.00 (23)
<b>Total</b>	51.11 (23/45)	48.89 (22/45)	100.00 (45)

Para determinar el efecto de la presencia de un celo expresivo sobre la tasa de preñez, se dividieron los grupos en vacas con celo muy expresivo (D) y los menos expresivos (A, B y C), tanto en la sincronización y resincronización para cada protocolo de sincronización de celo (**Tabla 6**). Las tasas de preñez en la etapa de sincronización al parecer se mantienen iguales sin importar el grado de expresión de celo y el protocolo usado.

**Tabla 6.** Tasa de concepción (TC) según la etapa del programa, el protocolo empleado y el grado de expresión de celo en vacas cebuinas

Etapa	PROTOCOLO	TC		Total
		Grado de expresión de celo		
		ABC	D	
<b>Sincronización</b>	Convencional	53.33 (8/15)	46.67 (7/15)	100.00 (15)
	J-Synch	57.14 (8/14)	42.86 (6/14)	100.00 (14)
	<b>Total</b>	<b>55.17 (16/29)</b>	<b>44.83 (13/29)</b>	<b>100.00 (29)</b>
<b>Resincronización</b>	Convencional	30.00 (3/10)	70.00 (7/10)	100.00 (10)
	J-Synch	50.00 (3/6)	50.00 (3/6)	100.00 (6)
	<b>Total</b>	<b>37.50 (6/16)</b>	<b>62.50 (10/16)</b>	<b>100.00 (16)</b>

Aun así, los resultados respaldan la idea de que, en este caso, el protocolo Convencional fue capaz de inducir respuestas reproductivas comparables tanto en vacas cíclicas como acíclicas, destacando su utilidad práctica en hatos heterogéneos desde el punto de vista fisiológico.

Los resultados tienen relación a lo mencionado por Bó et al., (2016) quienes describen que los protocolos de sincronización modernos, incluido el J-Synch y sus variaciones, están diseñados para controlar el desarrollo folicular y la ovulación aun en animales anovulatorios o sin cuerpo lúteo funcional. Estos autores enfatizan que, gracias al manejo hormonal, las vacas sin CL pueden responder adecuadamente y alcanzar tasas de preñez comparables a las que sí presentan actividad lútea, así como se puede ver en la tabla 6, donde las vacas sin CL inicial mostraron buena respuesta al protocolo. Asimismo, De la Mata (2016) reporta que la manipulación del proestro y el manejo de progesterona permiten optimizar la sincronización incluso en hembras con distintos estados ováricos, reforzando la idea de que la presencia de un CL al inicio no siempre determina la eficiencia del protocolo. En conjunto, ambas evidencias bibliográficas respaldan el protocolo J-Synch puede minimizar las diferencias entre animales con y sin CL inicial, lo que explica la ausencia de asociación estadística observada en este estudio.

#### 4.3. Diámetro del folículo dominante preovulatorio a la inseminación artificial en los protocolos de sincronización y resincronización de celo en vacas cebuinas

Previo a la inseminación artificial, mediante ultrasonografía se determinó el diámetro del folículo dominante, cabe mencionar que los datos sólo muestran las mediciones en las vacas que hubo. El diámetro no varió entre los protocolos evaluados, ambos teniendo diámetros cercanos a 11 mm, que suele ser un diámetro aceptable en hembras cebuinas.

Del mismo modo se evaluó el tamaño de folículo dominante sobre si la vaca se preñaba o no, no habiendo diferencias en este parámetro ( $P>0.05$ ), sólo se aprecia un tamaño ligeramente superior para las vacas que llegaron a preñar.

**Tabla 7.** Diámetro del folículo dominante al momento de la inseminación artificial según el protocolo de sincronización de celo y estado reproductivo logrado

<b>PROTOCOLO</b>	<b>n</b>	<b>Diámetro Folicular (mm)</b>
Convencional	25	10.90 ± 2.22
J-Synch	19	10.97 ± 2.30
p-valor		0.92
<b>ESTADO REPRODUCTIVO</b>		
Vacía	22	10.86 ± 2.32
Preñada	22	11.00 ± 2.19
p-valor		0.84

El tamaño folicular comparado dentro de cada protocolo y de acuerdo con cada etapa del programa, refleja similitudes en el tamaño de los folículos dominantes al momento de la inseminación, se observa solamente un ligero incremento en la etapa de resincronización (**Tabla 8**). Los folículos pueden llegar a tener hasta 16 mm.

**Tabla 8.** Diámetro del folículo dominante (mm  $\pm$  DE) al momento de la inseminación en cada etapa de cada protocolo de sincronización y resincronización

PROTOCOLO	Etapa	n	Media
<b>Convencional</b>	Sincronización	10	10.73 $\pm$ 2.32
	Resincronización	10	10.79 $\pm$ 2.12
<b>J-Synch</b>	Sincronización	6	9.12 $\pm$ 4.89
	Resincronización	6	10.85 $\pm$ 2.58

El diámetro del folículo dominante previo a la inseminación artificial no mostró diferencias significativas entre los protocolos Convencional y J-Synch, manteniéndose alrededor de 11 mm. Este valor coincide con lo reportado como adecuado para la ovulación y la fertilidad en hembras cebuinas (Sartori & Barros, 2011; Carvalho et al., 2018). Esto sugiere que ambos protocolos inducen un desarrollo folicular preovulatorio similar y fisiológicamente óptimo.

Asimismo, no se observaron diferencias significativas en el tamaño folicular entre vacas preñadas y no preñadas. No obstante, la ligera tendencia hacia un mayor diámetro en las vacas que lograron gestación es coherente con estudios que indican que folículos más grandes suelen asociarse con una mejor competencia del oocito y un ambiente endocrino más favorable para la fertilización (Perry et al., 2005; Revah & Butler, 1996).

La comparación entre las etapas de sincronización y resincronización mostró valores similares dentro de cada protocolo, lo cual concuerda con lo descrito por Bó et al. (2016), quienes señalan que los programas modernos de sincronización permiten un control eficiente y predecible de la dinámica folicular.

En conjunto, los resultados sugieren que, bajo las condiciones del estudio, el diámetro del folículo dominante no fue un determinante directo de la fertilidad, pero sí se mantuvo dentro de los rangos fisiológicos considerados favorables para obtener preñez.

## V. CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis, ya que el protocolo J-Synch no presentó diferencias estadísticamente significativas en el desarrollo folicular preovulatorio ni en la tasa de concepción durante la sincronización y resincronización, en comparación con el protocolo Convencional. Si bien el protocolo J-Synch mostró valores superiores de preñez, estos no evidencian una ventaja reproductiva significativa sobre el protocolo Convencional.
- La tasa de detección de celo y el grado de expresión de celo fueron similares entre los protocolos Convencional y J-Synch tanto en la sincronización como en la resincronización.
- El protocolo J-Synch presentó valores numéricamente mayores de preñez (55%) respecto al protocolo Convencional (44%).
- La tasa de concepción acumulada entre sincronización y resincronización alcanzó valores elevados en ambos protocolos (73.33% en el Convencional y 78.57% en J-Synch).
- El diámetro del folículo dominante previo a la inseminación artificial fue similar entre protocolos y etapas, con valores cercanos a 11 mm.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Hacer previa evaluación de los animales antes de comenzar con los protocolos de sincronización, realizando ultrasonografía para así poder optimizar el manejo reproductivo.
- Considerar indicadores complementarios de fertilidad, como condición corporal, estado nutricional, estrés térmico y calidad seminal utilizada en la inseminación.
- Ampliar el tamaño muestral y repetir el estudio en distintas épocas del año, considerando la influencia del ambiente sobre la dinámica folicular y la tasa de preñez.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, G. P., Jaiswal, R., Singh, J., & Malhi, P. (2008). Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle. *Theriogenology*, 69(1), 72-80. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X07005961>
- Aerts, J. M., & Bols, P. E. (2010). Ovarian follicular dynamics: a review with emphasis on the bovine species. Part I: Folliculogenesis and pre-antral follicle development. *Reproduction in domestic animals.*, 45(1), 171-179. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-0531.2008.01302.x>
- Barbero, R. P., Malheiros, E. B., Acedo, T. S., Ferreira, L. C., & Reis, R. A. (2021). Production potential of beef cattle in tropical pastures: Challenges and opportunities. *Animal Feed Science and Technology*, 276, 114936. <https://www.scielo.br/j/cab/a/GzSvKgfT4jRCMYqS7jb8rCg/?lang=en>
- Baruselli, P. S., Ferreira, R. M., Colli, M. H., Elliff, F. M., Sá Filho, M. F., Vieira, L., & De Freitas, B. G. (2018). Timed artificial insemination: current challenges and recent advances in reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. *Animal Reproduction (AR)*, 14(3), 558-571. <https://www.animal-reproduction.org/article/doi/10.21451/1984-3143-AR999>
- Benu, I., Callaghan, M. J., Tomkins, N., Hepworth, G., Fitzpatrick, L. A., & Parker, A. J. (2021). The effects of feeding nitrate on the development of methaemoglobinaemia in sedentary *Bos indicus* cattle. *Animal Production Science*, 61(16), 1680–1685. <https://doi.org/10.1071/AN20148>
- Bó, G. A., & Baruselli, P. S. (2014). Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*, 8(s1), 144-150. <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/article/synchronization-of-ovulation-and-fixed-time-artificial-insemination-in-beef-cattle/47782D68923BCBE487953521D2FC920C>
- Bó, G. A., Baruselli, P. S., & Mapletoft, R. J. (2013). Synchronization techniques to increase the utilization of artificial insemination in beef and dairy cattle. *Animal Reproduction*,

- 10(3), 137-142. <https://animal-reproduction.org/journal/animreprod/article/5b5a6048f7783717068b468a>
- Bó, G. A., De la Mata, J. J., Baruselli, P. S., & Menchaca, A. (2016). Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology*, *86*(1), 388-396. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X16300929>
- Bridges, G. A., Helser, L. A., Grum, D. E., Mussard, M. L., Gasser, C. L., & Day, M. L. (2008). Decreasing the interval between GnRH and PGF2 $\alpha$  from 7 to 5 days and lengthening proestrus increases timed-AI pregnancy rates in beef cows. *Theriogenology*, *69*(7), 843-851. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X08000022>
- Carvajal, A. M., Martínez, E., Tapia, M. M., & Ayke, I. T. (2020). El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, *246*, 1-4. <https://www.researchgate.net/publication/344452990>
- Carvalho, P. D., Santos, V. G., Giordano, J. O., Wiltbank, M. C., & Fricke, P. M. (2018). Development of fertility programs to achieve high 21-day pregnancy rates in high-producing dairy cows. *Theriogenology*, *114*, 165-172. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X18301274>
- Centurión-Castro, F., Orihuela-Porcayo, J., Aké-López, R. J., & Magaña-Monforte, J. (2013). Effect of body condition score on estrus and ovarian function characteristics of synchronized beef-master cows. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *16*(2), 193-199. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93928324008>
- Cerri, R. L., Rutigliano, H. M., Chebel, R. C., & Santos, J. E. (2007). Period of dominance of the ovulatory follicle influences embryo quality in lactating dairy cows. *Reproduction*, *137*(5), 813. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Santos-49/publication/23994508\\_Period\\_of\\_dominance\\_of\\_the\\_ovulatory\\_follicle\\_influences\\_embryo\\_quality\\_in\\_lactating\\_dairy\\_cows/links/59e820ea458515c3630fd9b2/Period-of-dominance-of-the-ovulatory-follicle-influence](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Santos-49/publication/23994508_Period_of_dominance_of_the_ovulatory_follicle_influences_embryo_quality_in_lactating_dairy_cows/links/59e820ea458515c3630fd9b2/Period-of-dominance-of-the-ovulatory-follicle-influence)
- Colazo, M., & Mapletoft, R. J. (2014). Fisiología del ciclo estral bovino. *Ciencia Veterinaria*, *16*(2), 31-46. <https://ojs.unlpam.edu.ar/ojs/index.php/veterinaria/article/view/1702>

- Copley, J. P., Engle, B. N., Ross, E. M., Speight, S., Fordyce, G., Wood, B. J., & Hayes, B. J. (2022). Environmental variation effects fertility in tropical beef cattle. *Translational Animal Science*, 6(2). <https://academic.oup.com/tas/article-abstract/6/2/txac035/6556070>
- da Silva, E. I., & Da Silva, E. I. (2021). *Fisiologia do Estro e do Serviço na Reprodução Bovina*. <https://philpapers.org/rec/DASFDE>
- De la Mata, J. J. (2016). *Prolongación del proestro y reducción del periodo de inserción del dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne inseminadas a tiempo fijo*. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <https://iracbiogen.com/wp-content/uploads/2021/06/PROLON1.pdf>
- de Sá Filho, O. G., & Vasconcelos, J. L. (2011). Treatments to Optimize the Use of Artificial Insemination and Reproductive Efficiency in Beef Cattle under Tropical Environments. *Veterinary medicine international*, 2011(1), 923053. <https://doi.org/10.4061/2011/923053>
- Diskin, M. G., & Kenny, D. A. (2016). Managing the reproductive performance of beef cows. *Theriogenology*, 86(1), 379-387. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X16300917>
- Do Valle, E. R. (1991). *O ciclo estral de bovinos e métodos de controle*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/321570>
- FAO. (2020). *Ganadería tropical sostenible: Estrategias de intensificación ecológica en sistemas de carne y leche*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/>
- Ferraz, J. B., & Elar, J. P. (2019). Genetic improvement of beef cattle in tropical regions: Lessons from Brazil. *Animal Frontiers*, 1(9), 42–49. <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>
- Fields, M. J., Barros, C. M., Watkins, W. B., & Fields, P. A. (1992). Characterization of large luteal cells and their secretory granules during the estrous cycle of the cow. *Biology of reproduction*, 46(4), 535-545. <https://academic.oup.com/biolreprod/article-abstract/46/4/535/2763189>

- Forde, N., Beltman, M. E., Lonergan, P., Diskin, M., Roche, J. F., & Crowe, M. A. (2011). Oestrous cycles in *Bos taurus* cattle. *Animal reproduction science*, *124*(3-4), 163-169. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378432010004094>
- Geary, T. W., Pas, J. W., Thrift, F. A., & Dolezal, S. L. (1998). Effects of a timed insemination following synchronization of ovulation using the Ovsynch or CO-Synch protocol in beef cows. *The Professional Animal Scientist*, *14*(4), 217-220. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1080744615318325>
- Ginther, O. J. (2018). Spontaneous switching of future dominance to a smaller follicle: commonality among monovular species. *Biology of Reproduction*, *99*(6), 1129-1136. <https://academic.oup.com/biolreprod/article-abstract/99/6/1129/5047299>
- Hernández, J. (2016). *Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos Lecheros*. Universidad Nacional Autónoma de México. [https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia\\_Clinica.pdf](https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia_Clinica.pdf)
- Huanca, W. (2012). *Alternativas para mejorar el comportamiento reproductivo en ganado bovino cruzado (Bos taurus x Bos indicus)*. Arch. Latinoam. Prod. Anim. [www.alpa.org.ve/ojs.index/php](http://www.alpa.org.ve/ojs.index/php)
- Jeong, J. K., Kim, U. H., & Kim, I. H. (2022). Efficacy of a modified Double-Ovsynch protocol for the enhancement of reproductive performance in Hanwoo cattle. *Animal bioscience*, *36*(4), 591. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9996272/>
- Jiménez, A. (5 de Abril de 2019). *BM Editores*. El ciclo estral bovino: <https://bmeditores.mx/ganaderia/el-ciclo-estral-bovino/>
- Jo, M., Komar, C. M., & Fortune, J. E. (2002). Gonadotropin surge induces two separate increases in messenger RNA for progesterone receptor in bovine preovulatory follicles. *Biology of reproduction*, *67*(6), 1981-1988. <https://academic.oup.com/biolreprod/article-abstract/67/6/1981/2683876>
- León Velarde, C. U. (1980). *Manejo de sistemas de Producción de carne en el trópico*. [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2962/Manejo\\_de\\_sistemas\\_de\\_Produccion\\_de\\_carne\\_en\\_el\\_tropico.pdf?sequence=1](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2962/Manejo_de_sistemas_de_Produccion_de_carne_en_el_tropico.pdf?sequence=1)

- Martinez, M. F., Adams, G. P., Bergfelt, D. R., Kastelic, J. P., & Mapletoft, R. J. (1999). Effect of LH or GnRH on the dominant follicle of the first follicular wave in beef heifers. *Animal Reproduction Science*, 57(1-2), 23-33. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378432099000573>
- Menchaca, A. N.-O., García-Pintos, C., Cuadro, F., Bosolasco, D., Fabini, F., & Bó, G. A. (2017). *Efecto de la prolongación del proestro en la fertilidad de los programas de IATF*. Villa María: Universidad Nacional de Villa María. [http://biblio.unvm.edu.ar/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=1568](http://biblio.unvm.edu.ar/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1568)
- Mercadante, V. R., Even, F., Tabatabai, N., & Vidlund, T. (2024). *Recent developments in estrus synchronization programs*. [https://beefrepro.org/wp-content/uploads/2024/08/Mercadante\\_ARSBBC-2024.pdf](https://beefrepro.org/wp-content/uploads/2024/08/Mercadante_ARSBBC-2024.pdf)
- Morales-Piñeyrúa, J. T. (2019). Eficiencia de tres herramientas de detección de celo en vaquillonas Holando. *Agrociencia (Uruguay)*, 23(2), 53-61. <https://doi.org/10.31285/AGRO.23.84>
- Perry, G. A., Lucy, M. C., Green, J. A., Parks, T. E., MacNeil, M. D., Roberts, A. J., & Geary, T. W. (2005). Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(14), 5268-5273. <https://doi.org/10.1073/pnas.0501700102>
- Pessoa, G. A., Martini, A. P., Sá Filho, M. F., & Rubin, M. I. (2018). Resynchronization improves reproductive efficiency of suckled *Bos taurus* beef cows subjected to spring-summer or autumn-winter breeding season in South Brazil. *Theriogenology*, 122, 14-22. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X18306873>
- Pilla, M., Yáñez-Avalos, D. O., Ortega-Coello, M., Aragadvay, R., & Roberto, P. (2023). Evaluación del efecto de dos protocolos de sincronización sobre los niveles de estradiol y progesterona en vacas doble propósito en la Amazonia Ecuatoriana. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 33(1). [https://www.researchgate.net/profile/Pablo-Marini/publication/366691639\\_Evaluacion\\_del\\_efecto\\_de\\_dos\\_protocolos\\_de\\_sincronizacion\\_sobre\\_los\\_niveles/links/63aed921097c7832ca798397/Evaluacion-del-efecto-de-dos-protocolos-de-sincronizacion-sobre-los-niveles](https://www.researchgate.net/profile/Pablo-Marini/publication/366691639_Evaluacion_del_efecto_de_dos_protocolos_de_sincronizacion_sobre_los_niveles/links/63aed921097c7832ca798397/Evaluacion-del-efecto-de-dos-protocolos-de-sincronizacion-sobre-los-niveles).

- Pinel, R. M., & Pérez, P. S. (2017). *Fundamentos de fisiología y endocrinología reproductiva en animales domésticos*. RIL editores. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=NY8kEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=Fundamentos+de+fisiolog%C3%ADa+y+endocrinolog%C3%ADa++reproductiva+en+animales+dom%C3%A9sticos.&ots=KO35COlh\\_u&sig=UIL5da-cPkAk\\_Bb08-1heMAs8ys](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=NY8kEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=Fundamentos+de+fisiolog%C3%ADa+y+endocrinolog%C3%ADa++reproductiva+en+animales+dom%C3%A9sticos.&ots=KO35COlh_u&sig=UIL5da-cPkAk_Bb08-1heMAs8ys)
- Prata, A. B., Madureira, G., Robl, A. J., Ribeiro, H. S., Sagae, M., Elias, M. C., & Sartori, R. (2020). Progesterone-based timed AI protocols for *Bos indicus* cattle III: comparison of protocol lengths. *Theriogenology*, *152*, 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.04.020>
- Pursley, J. R., Mee, M. O., & Wiltbank, M. C. (1995). Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 $\alpha$  and GnRH. *Theriogenology*, *44*(7), 915-923. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0093691X9500279H>
- Revah, I., & Butler, W. R. (1996). Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes. *Reproduction*, *106*(1), 39-47. [https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/106/1/jrf\\_106\\_1\\_006.xml](https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/106/1/jrf_106_1_006.xml)
- Robinson, T., Thornton, P., Franceschini, G., Kruska, R., Chiozza, F., Notenbaert, A., . . . & See, L. (2011). *Global livestock production systems*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and International Livestock Research Institute.
- Rodríguez, F. M., Sánchez, J. A., & Herrera, A. L. (2019). Estrategias reproductivas para mejorar la eficiencia en vacas de carne en regiones tropicales. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, *11*(2), 85–97.
- Rusiñol, C. H. (14 de Junio de 2020). *Revista Genética Bovina Colombiana*. Ciclo estral de la hembra bovina: <https://revistageneticabovina.com/reproduccion/ciclo-estral-de-la-hembra-bovina/>
- Sales, J. N., Carvalho, L. R., Simões, L. M., Lemos, L. A., Vicente, M. P., Silva, R. R., & Souza, J. C. (2025). New perspectives and evolution of ovulation synchronization protocols in bovine females. *Animal Reproduction*, *22*(3). <https://www.scielo.br/j/ar/a/JkMxk9bFBKyb8rm4SZ8fcWR/?lang=en>

- Sartori, R., & Barros, C. M. (2011). Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science*, 124(3-4), 244-250. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378432011000352>
- Senger, P. L., & TO, P. (2012). *Pathways to pregnancy and parturition 3rd edition*. Redmond OR: Current Conceptions. <https://vbook.pub/documents/pathways-to-pregnancy-and-parturition-3rd-edition-1w9jve5lze2p>
- Spencer, T. E., Johnson, G. A., Bazer, F. W., Burghardt, R. C., & Palmarini, M. (2006). Pregnancy recognition and conceptus implantation in domestic ruminants: roles of progesterone, interferons and endogenous retroviruses. *Reproduction, fertility and development*, 19(1), 65-78. <https://www.publish.csiro.au/rd/RD06102>
- Vasconcelos, J. L., de Sá Filho, O. G., & Cooke, R. F. (2013). Impacts of reproductive technologies on beef production in South America. In *Current and future reproductive technologies and world food production*, 161-180. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-8887-3\\_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-8887-3_8)
- Vazquez-Lopez, S., Hernández-Coronado, C. G., Calderón-Robles, R. C., Rosales-Torres, A. M., Faustino-Carmona, R., Sanchez-Hernandez, F., & Guzman, A. (2024). CO-Synch as a cheap fixed-time artificial insemination protocol to improve pregnancy rate in cow-calf production systems. *Large Animal Review*, 30(4), 85-92. <https://www.largeanimalreview.com/index.php/lar/article/view/751>

## ANEXOS

## Anexo A. Panel fotográfico del trabajo en campo



**Figura 3.** Armado e implantación del DIP en el día 0 de inicio de los protocolos



**Figura 4.** Retiro del DIV en el día 6 ó 9 de los protocolos de sincronización



**Figura 5.** Colocación del parche detector de celo y evaluación de las estructuras ováricas en el día 6 ó 9 de los protocolos de sincronización



**Figura 6.** Retiro y lectura del parche detector de celo en el día 9 ó 11 de los protocolos de sincronización



**Figura 7.** Inseminación artificial

## Anexo B. Registro de datos

Tabla 9. Datos del día de inicio de los protocolos de sincronización y resincronización de celo

N°	ARETE	PROTOCOLO	ETAPA	CC	DIA	CL_Ini	FO_Ini	OD_CL_D(mm)	OD_FO_D(mm)	OI_CL_D(mm)	OI_FO_D(mm)
1	11877	Convencional	1	3	0	SI	SI	21.70	12.30	0.00	0.00
2	11847	Convencional	1	3	0	NO	SI	0.00	11.40	0.00	0.00
3	11696	Convencional	1	2.5	0	SI	SI	18.90	13.20	0.00	0.00
4	11753	Convencional	1	3.5	0	SI	SI	0.00	6.60	16.90	0.00
5	11772	Convencional	1	2.5	0	NO	SI	0.00	6.90	0.00	0.00
6	11691	Convencional	1	2.5	0	NO	SI	0.00	8.20	0.00	0.00
7	11736	Convencional	1	2.5	0	NO	SI	0.00	9.70	0.00	0.00
8	11932	Convencional	1	2.5	0	NO	NO	0.00	0.00	0.00	0.00
9	11929	Convencional	1	3	0	NO	SI	0.00	15.10	0.00	0.00
10	11876	Convencional	1	3.5	0	NO	SI	0.00	9.10	0.00	0.00
11	11687	Convencional	1	2.5	0	NO	SI	0.00	6.70	0.00	8.80
12	6962	Convencional	1	2.5	0	NO	SI	0.00	12.70	0.00	0.00
13	11714	Convencional	1	3	0	SI	NO	15.70	0.00	0.00	0.00
14	7034	Convencional	1	3.5	0	SI	NO	0.00	0.00	16.90	0.00
15	11741	Convencional	1	3	0	NO	SI	0.00	12.10	0.00	0.00
16	11910	J-Synch	1	3	0	NO	SI	0.00	0.00	0.00	6.00
17	7036	J-Synch	1	3	0	SI	SI	14.40	0.00	0.00	10.30
18	11792	J-Synch	1	2.5	0	NO	SI	0.00	14.40	0.00	0.00
19	11825	J-Synch	1	2.5	0	NO	SI	0.00	11.00	0.00	7.50
20	11841	J-Synch	1	3	0	SI	SI	14.00	0.00	0.00	10.00
21	11838	J-Synch	1	3	0	NO	NO	0.00	0.00	0.00	0.00
22	11712	J-Synch	1	2.5	0	NO	SI	0.00	0.00	0.00	20.30
23	11727	J-Synch	1	3.5	0	NO	SI	0.00	0.00	0.00	6.50

24	11830	J-Synch	1	3.5	0	NO	SI	0.00	11.60	0.00	8.80
25	11694	J-Synch	1	3.5	0	NO	SI	0.00	0.00	0.00	7.50
26	11806	J-Synch	1	3	0	NO	SI	0.00	8.20	0.00	0.00
27	7039	J-Synch	1	3	0	NO	SI	0.00	10.20	0.00	0.00
28	7038	J-Synch	1	3	0	NO	SI	0.00	0.00	0.00	12.50
29	7029	J-Synch	1	3	0	NO	SI	0.00	8.20	0.00	0.00
30	11877	Convencional	2	2.6	0	SI	NO	13.10	0.00	0.00	0.00
31	11772	Convencional	2	2.6	0	NO	NO	0.00	0.00	0.00	0.00
32	11691	Convencional	2	2.8	0	NO	NO	0.00	0.00	0.00	0.00
33	11932	Convencional	2	3	0	NO	SI	0.00	0.00	0.00	8.90
34	11929	Convencional	2	2.8	0	NO	SI	0.00	7.60	0.00	0.00
35	11876	Convencional	2	3	0	SI	NO	0.00	0.00	12.10	0.00
36	6962	Convencional	2	2.5	0	NO	SI	0.00	5.00	0.00	0.00
37	11714	Convencional	2	3	0	SI	SI	0.00	7.50	18.00	0.00
38	7034	Convencional	2	3.5	0	NO	SI	0.00	0.00	0.00	7.80
39	11741	Convencional	2	3	0	SI	SI	13.50	11.60	0.00	6.40
40	11792	J-Synch	2	2.5	0	NO	SI	0.00	9.10	0.00	0.00
41	11727	J-Synch	2	3.5	0	SI	NO	18.06	0.00	0.00	0.00
42	11830	J-Synch	2	3.5	0	NO	SI	0.00	15.50	0.00	0.00
43	11806	J-Synch	2	3	0	SI	SI	24.40	0.00	0.00	9.06
44	7039	J-Synch	2	3	0	NO	SI	0.00	13.40	0.00	0.00
45	7036	J-Synch	2	3	0	NO	SI	0.00	10.80	0.00	0.00

---

1 Sincronización, 2 Resincronización

**Tabla 10.** Datos del día de retiro del DIV de los protocolos de sincronización y resincronización de celo

N°	ARETE	PROTOCOLO	ETAPA	CC	DIA	OD_CL_D(mm)	OD_FO_D(mm)	OI_CL_D(mm)	OI_FO_D(mm)
1	11877	Convencional	1	3	9	14.20	0.00	0.00	0.00
2	11847	Convencional	1	3	9	11.40	8.60	0.00	0.00
3	11696	Convencional	1	2.5	9	10.02	8.90	0.00	0.00
4	11753	Convencional	1	3.5	9	0.00	8.00	0.00	6.30
5	11772	Convencional	1	2.5	9	0.00	11.30	0.00	0.00
6	11691	Convencional	1	2.5	9	0.00	10.30	0.00	0.00
7	11736	Convencional	1	2.5	9	0.00	9.90	0.00	0.00
8	11932	Convencional	1	2.5	9	0.00	0.00	0.00	5.90
9	11929	Convencional	1	3	9	0.00	13.40	0.00	0.00
10	11876	Convencional	1	3.5	9	0.00	10.50	0.00	0.00
11	11687	Convencional	1	2.5	9	0.00	7.90	0.00	8.20
12	6962	Convencional	1	2.5	9	0.00	12.10	0.00	9.10
13	11714	Convencional	1	3	9	0.00	0.00	0.00	8.40
14	7034	Convencional	1	3.5	9	0.00	12.50	0.00	0.00
15	11741	Convencional	1	3	9	0.00	0.00	0.00	12.50
16	11910	J-Synch	1	3	6	0.00	0.00	0.00	0.00
17	7036	J-Synch	1	3	6	0.00	6.50	0.00	14.20
18	11792	J-Synch	1	2.5	6	0.00	0.00	0.00	0.00
19	11825	J-Synch	1	2.5	6	0.00	11.90	0.00	8.80
20	11841	J-Synch	1	3	6	0.00	0.00	0.00	10.50
21	11838	J-Synch	1	3	6	0.00	9.30	0.00	0.00
22	11712	J-Synch	1	2.5	6	0.00	0.00	14.90	0.00
23	11727	J-Synch	1	3.5	6	0.00	0.00	0.00	7.50

24	11830	J-Synch	1	3.5	6	0.00	10.80	0.00	9.90
25	11694	J-Synch	1	3.5	6	0.00	0.00	0.00	8.00
26	11806	J-Synch	1	3	6	0.00	8.50	0.00	0.00
27	7039	J-Synch	1	3	6	0.00	10.30	0.00	0.00
28	7038	J-Synch	1	3	6	0.00	0.00	0.00	12.90
29	7029	J-Synch	1	3	6	0.00	8.30	0.00	0.00
30	11877	Convencional	2	2.6	9	0.00	0.00	0.00	0.00
31	11772	Convencional	2	2.6	9	0.00	0.00	0.00	0.00
32	11691	Convencional	2	2.8	9	0.00	0.00	0.00	0.00
33	11932	Convencional	2	3	9	0.00	0.00	0.00	12.10
34	11929	Convencional	2	2.8	9	0.00	0.00	0.00	14.70
35	11876	Convencional	2	3	9	0.00	0.00	0.00	9.90
36	6962	Convencional	2	2.5	9	0.00	14.90	0.00	0.00
37	11714	Convencional	2	3	9	0.00	8.40	0.00	0.00
38	7034	Convencional	2	3.5	9	0.00	13.60	0.00	0.00
39	11741	Convencional	2	3	9	0.00	15.00	0.00	0.00
40	11792	J-Synch	2	2.5	6	0.00	10.20	0.00	0.00
41	11727	J-Synch	2	3.5	6	0.00	10.00	0.00	0.00
42	11830	J-Synch	2	3.5	6	0.00	10.30	0.00	0.00
43	11806	J-Synch	2	3	6	0.00	0.00	0.00	10.90
44	7039	J-Synch	2	3	6	20.30	6.70	0.00	0.00
45	7036	J-Synch	2	3	6	0.00	8.80	0.00	0.00

---

1 Sincronización, 2 Resincronización

**Tabla 11.** Datos al día de la inseminación artificial y diagnóstico de preñez en función de los protocolos utilizados en las etapas de sincronización y resincronización de celo

N°	ARETE	PROTOCOLO	ETAPA <sup>1</sup>	CC	DIA	OD_CL_D(mm)	OD_FO_D(mm)	OI_CL_D(mm)	OI_FO_D(mm)	PARCHE	TC <sup>2</sup>	TDC <sup>3</sup>
1	11877	Convencional	1	3	11	0.00	16.10	0.00	0.00	D	0	1
2	11847	Convencional	1	3	11	0.00	6.60	0.00	7.30	A	1	0
3	11696	Convencional	1	2.5	11	0.00	3.50	0.00	13.40	D	1	1
4	11753	Convencional	1	3.5	11	0.00	11.20	0.00	0.00	A	1	0
5	11772	Convencional	1	2.5	11	0.00	10.00	0.00	0.00	A	0	0
6	11691	Convencional	1	2.5	11	0.00	8.30	0.00	0.00	A	0	0
7	11736	Convencional	1	2.5	11	0.00	0.00	0.00	12.70	D	1	1
8	11932	Convencional	1	2.5	11	0.00	9.70	0.00	10.30	D	0	1
9	11929	Convencional	1	3	11	0.00	12.90	0.00	0.00	D	0	1
10	11876	Convencional	1	3.5	11	0.00	0.00	0.00	8.70	B	0	0
11	11687	Convencional	1	2.5	11	0.00	0.00	0.00	13.10	C	1	0
12	6962	Convencional	1	2.5	11	0.00	10.61	0.00	0.00	A	0	0
13	11714	Convencional	1	3	11	0.00	0.00	0.00	9.00	A	0	0
14	7034	Convencional	1	3.5	11	0.00	10.00	0.00	0.00	D	0	1
15	11741	Convencional	1	3	11	0.00	0.00	0.00	11.40	D	0	1
16	11910	J-Synch	1	3	9	0.00	0.00	0.00	11.00	D	1	1
17	7036	J-Synch	1	3	9	0.00	8.00	0.00	0.00	A	0	0
18	11792	J-Synch	1	2.5	9	0.00	12.00	0.00	0.00	A	0	0
19	11825	J-Synch	1	2.5	9	0.00	6.40	0.00	0.00	B	1	0
20	11841	J-Synch	1	3	9	0.00	0.00	0.00	12.60	B	1	0
21	11838	J-Synch	1	3	9	0.00	8.90	0.00	0.00	D	1	1
22	11712	J-Synch	1	2.5	9	0.00	0.00	0.00	13.70	D	1	1
23	11727	J-Synch	1	3.5	9	0.00	0.00	0.00	10.30	A	0	0
24	11830	J-Synch	1	3.5	9	0.00	0.00	0.00	14.00	D	0	1

25	11694	J-Synch	1	3.5	9	0.00	0.00	0.00	10.80	D	1	1
26	11806	J-Synch	1	3	9	0.00	10.40	0.00	0.00	A	0	0
27	7039	J-Synch	1	3	9	0.00	0.00	0.00	0.00	A	0	0
28	7038	J-Synch	1	3	9	0.00	13.30	0.00	0.00	D	1	1
29	7029	J-Synch	1	3	9	0.00	11.50	0.00	0.00	A	1	0
30	11877	Convencional	2	2.6	11	0.00	8.50	0.00	0.00	A	0	0
31	11772	Convencional	2	2.6	11	0.00	9.30	0.00	10.70	D	1	1
32	11691	Convencional	2	2.8	11	0.00	12.30	0.00	0.00	C	0	0
33	11932	Convencional	2	3	11	0.00	0.00	0.00	13.70	D	1	1
34	11929	Convencional	2	2.8	11	0.00	0.00	0.00	12.00	D	1	1
35	11876	Convencional	2	3	11	0.00	6.80	0.00	4.60	A	0	0
36	6962	Convencional	2	2.5	11	0.00	12.30	0.00	0.00	D	0	1
37	11714	Convencional	2	3	11	0.00	8.80	0.00	8.40	D	1	1
38	7034	Convencional	2	3.5	11	0.00	11.60	0.00	0.00	D	1	1
39	11741	Convencional	2	3	11	0.00	11.20	0.00	0.00	D	1	1
40	11792	J-Synch	2	2.5	9	0.00	7.10	0.00	0.00	D	1	1
41	11727	J-Synch	2	3.5	9	0.00	14.60	0.00	0.00	A	0	0
42	11830	J-Synch	2	3.5	9	0.00	9.80	0.00	0.00	D	1	1
43	11806	J-Synch	2	3	9	0.00	12.30	0.00	0.00	A	0	0
44	7039	J-Synch	2	3	9	0.00	11.60	0.00	0.00	A	1	0
45	7036	J-Synch	2	3	9	0.00	9.70	0.00	0.00	D	0	1

<sup>1</sup> 1 Sincronización, 2 Resincronización, <sup>2</sup> 0 Vacía, 1 Preñada, <sup>3</sup> 0 Celo no positivo, 1 Celo positivo