UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS PECUARIAS, MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE

EVALUACIÓN DE DOS PROTOCOLOS DE INSMINACIÓN ARTIFICAL A TIEMPO FIJO EN GANADO GYR LECHERO Y SUS CRUCES, EN LA SELVA DE LA REGIÓN DE SAN MARTÍN.

Tesis

Para optar el grado académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS PECUARIAS MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE

PRESENTADO POR:

RONALD WILL VASQUEZ TARRILLO

Tingo María Perú

2024.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Nro. 004-2024-UPG-FZ-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las **08:00 p.m.**, del lunes 11 de noviembre de 2024, reunidos en la sala de Posgrado de la UNAS, se instaló el jurado calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada: *"EVALUACIÓN DE PROTOCOLOS DE IATF EN GANADO GYR LECHERO Y SUS CRUCES, EN LA SELVA ALTA DE LA REGIÓN DE SAN MARTÍN."*. A cargo del candidato al grado de Maestro en Ciencias Pecuarias, Mención: Producción Animal Sostenible; *VASQUEZ TARRILLO, RONALD WILL.* Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el jurado calificador procedió a emitir su fallo declarando APROBADO con el calificativo de EXCELENTE.

Acto seguido, a horas **9:30 pm**. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

Tingo María, 19 de diciembre de 2024.

.....
Dr. Jorge Ríos Alvarado
Presidente del Jurado

.....
Ing. M. Sc. Miguel A. Pérez Olano
Miembro del Jurado

.....
Ing. M. Sc. Marco A. Rojas Paredes
Miembro del Jurado

.....
Dr. Jorge Juárez Moreno
Asesor

.....
José E. Hernández Guevara
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 033 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación 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% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Maestría en Producción Animal Sostenible

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EVALUACIÓN DE DOS PROTOCOLOS DE INSMINACIÓN ARTIFICAL A TIEMPO FIJO EN GANADO GYR LECHERO Y SUS CRUCES, EN LA SELVA DE LA REGIÓN DE SAN MARTÍN	RONALD WILL VASQUEZ TARRILLO	11 % Once

Tingo María, 29 de enero de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

Escaneado con CamScanner

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS PECUARIAS
MENCIÓN PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE

EVALUACIÓN DE DOS PROTOCOLOS DE INSMINACIÓN ARTIFICAL A TIEMPO FIJO EN GANADO GYR LECHERO Y SUS CRUCES, EN LA SELVA DE LA REGIÓN DE SAN MARTÍN.

Autor : Ing. VASQUEZ TARRILLO, Ronald Will

Asesor (es) : Dr. JUAREZ MORENO, Jorge Daniel

Dr. HERNANDEZ GUEVARA, José Eduard

Programa de investigación : Producción animal sostenible

Línea de investigación : Producción, reproducción y mejoramiento genético

Eje temático : Reproducción animal

Lugar de ejecución : Tingo María

Duración : 12 meses

Financiamiento : Instituto Nacional de Innovación Agraria

Tingo María – Perú

2024

DEDICATORIA

A Dios, por cada bendición, por guiarme y fortalecerme en todo momento. Gracias por tu infinito amor y misericordia y por nunca apartarte de mi lado.

A mi esposa María del Pilar y mis hijos, Joseph Antoine, Kiara Michelle, Kahory Fabiana y Diego Alexander, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi fuerza en cada paso. Gracias por estar siempre a mi lado y compartir conmigo cada momento de esta vida

A mis hermanos Francisco Agustín, Aguedita, Juana, José, Rosalía, Salvador, Yon Fran y Jimmy, por estar siempre al pendiente de mí. Agradezco su apoyo incondicional y la cercanía que me brindan en cada momento.

A mis sobrinos, que este esfuerzo sea un pequeño aporte que inspire y ayude a cristalizar las metas que se han propuesto en sus vidas

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi alma mater, por brindarme la oportunidad de recorrer el valioso camino del aprendizaje superior y formar parte de mi crecimiento personal y profesional.

A los docentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, especialmente a los de la Maestría en Ciencias Pecuarias. Gracias por compartir sus valiosos conocimientos y experiencias, contribuyendo a mi formación profesional.

Al Dr. Jorge Daniel Juárez Moreno y al Dr. José Eduard Hernández Guevara, por sus magnifico aportes y sugerencias en el presente trabajo de investigación.

A los miembros del Jurado de Tesis: Dr. Jorge Ríos Alvarado, MSc. Miguel Pérez Olano y MSc. Marco Rojas Paredes, por sus invaluables aportes, sugerencias y recomendaciones, que enriquecieron y mejoraron significativamente la realización de este trabajo

A todas las personas que contribuyeron de manera desinteresada en el desarrollo del trabajo en especial a los Ingenieros Benjamín Depaz, Marlene Durand, Gustavo Ampuero, Jaime Linares, Enrique Watanabe, Annie Poclin y al técnico Jhan Fasabi.

A mis amigos, quienes de diversas maneras contribuyeron a que esta meta se materializara, y que a lo largo de los años han demostrado su calidad humana y profesional.

ÍNDICE

Página
1

I. INTRODUCCIÓN 1

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 3

2.1. Particularidades de la raza Gyr lechero 3

2.2. Fisiología reproductiva de la hembra bovina. 4

2.3. Consideraciones para realizar IATF. 6

2.4. Protocolos de sincronización artificial a tiempo fijo. 7

2.5. Protocolos de sincronización celo Convensional 7

2.6. Protocolo de Sincronización de celo proestro prolongado (J-Synch). 9

2.7. Impacto del ITH en la manifestación de celo y la preñez en ganado bovino. 11

III. MATERIALES Y MÉTODOS. 13

3.1. Lugar de ejecución 13

3.2. Periodo de estudio. 14

3.3. Tipo de investigación. 14

3.4. Población y muestra. 14

3.5. Instalaciones. 14

3.6. Animales experimentales. 14

3.7. Alimentación. 15

3.8. Sanidad. 15

3.9. Metodología 15

3.9.1. Selección de vacas 15

3.9.2. Preparación de vacas. 16

3.9.3. Protocolos en estudio. 17
3.9.4. Distribución animales 18
3.9.5. Sincronización de celo. 18
3.9.6. Detección de celos. 18
3.9.7. Inseminación artificial. 19
3.9.8. Diagnóstico de gestación 19
3.9.9. Determinación de la influencia de los factores ambientales. 20
3.10. Variable independiente. 22
3.11. Variables intervinientes. 22
3.12. Variables dependientes. 22
3.13. Análisis estadístico. 22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÒN 24
4.1. Presencia de celo 24
4.1.1. Presencia de celo considerando los dos protocolos de IATF evaluados. .. 24
4.1.2. Presencia de celo considerando el grado de pureza de las vacas evaluadas. 25
4.1.3. Presencia de celo considerando la época/año en donde las vacas fueron evaluadas 26
4.1.4. Presencia de celo considerando la presencia del cuerpo lúteo al inicio de los protocolos de sincronización evaluados. 28
4.2. Porcentaje de preñez. 29
4.2.1. Porcentaje de Preñez considerando los dos protocolos de IATF evaluados. 29
4.2.2. Porcentaje de Preñez considerando el grado de pureza de las vacas evaluadas. 30
4.2.3. Porcentaje de preñez considerando la época/año en donde las vacas fueron evaluadas. 32

4.2.4. Porcentaje de preñez considerando la presencia del cuerpo lúteo al inicio de los protocolos de sincronización evaluados. 33

4.2.1. Relación entre la manifestación de celo y porcentaje de preñez. 34

4.3. Influencias de las variables ambientales en el porcentaje de preñez..... 36

4.3.1. Influencia de las variables ambientales durante el año 36

4.3.2. Influencia del ITH 42 días antes a 31 días después de la IATF 37

4.3.3. Influencia del ITH considerando siete periodos de desarrollo de la IATF.39

V. CONCLUSIONES. 43

VI. RECOMENDACIONES 43

VII. REFERENCIAS 44

Anexo 57

ÍNDICE DE TABLA

Tabla Página

1. Alimento balanceado con la composición proteica, utilizado en la alimentación de las vacas. 15
2. Distribución de las vacas en los trabajos de IATF. 16
3. Distribución de los animales por época y protocolo de IATF. 18
4. Protocolos de sincronización usados en la IATF. 18
5. Presencia de celo en vacas Gyr lechero y sus cruces, considerando protocolos IATF. 24
6. Presencia de celo en vacas sometidas a protocolos de sincronización de celo, considerando el grado de pureza. 25
7. Presencia de celo en vacas Gyr lechero y sus cruces, sometidas a protocolos de sincronización celo en diferentes épocas. 27
8. Presencia de celo en vacas Gyr lechero y sus cruces, sometidas a protocolos de sincronización del ciclo estral, considerando la presencia o ausencia de cuerpo lúteo al inicio del protocolo de IATF. 28
9. Preñez en vacas Gyr Lechero y sus cruces bajo dos Protocolos de IATF 29
10. Preñez en vacas sometidas a protocolos de sincronización de celo, considerando el grado de pureza 31
11. Preñez en vacas Gyr lechero y sus cruces, sometidas a protocolos de sincronización celo en diferentes periodos. 32
12. Preñez en vacas Gyr lechero y sus cruces sometidas a protocolos de sincronización, según la presencia de cuerpo lúteo al inicio del tratamiento. 33
13. Relación entre la manifestación de celo y porcentaje de preñez en vacas sometidas a protocolos de IATF. 35
14. Temperatura ambiental (C), humedad relativa (%) e índice de temperatura-humedad (ITH), mínima, media y máxima de setiembre del 2021 a agosto del 2022. 36
15. Relación entre el índice de temperatura y humedad (ITH) y los porcentajes de celo y preñez en diferentes épocas de sincronización de celo en vacas Gyr Lechero 38

16. Influencia del Estrés por ITH en la Manifestación de Celo y Preñez en Vacas Bajo Protocolos J-Synch y PC-9 40

ÍNDICE DE FIGURA

Figura Página

1. Ubicación geográfica de la EEA El Porvenir 13

2. Diagrama del protocolo convencional (PC9). 17

3. Diagrama del protocolo proestro prolongado (J-SYNCH6)..... 17

RESUMEN

La presente investigación evaluó la eficacia de dos protocolos de sincronización de celo para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas Gyr lecheras y sus cruces, desarrollados en el distrito de Juan Guerra, región San Martin, entre octubre de 2021 y septiembre de 2022. Se trabajó con 159 vacas multíparas en lactación de 90 a 180 días abiertos, manejadas en un sistema semi intensivo, distribuidas en dos grupos: protocolo convencional (PC9) y protocolo de proestro prolongado (J-Synch6). Se analizaron la manifestación de celo, la tasa de preñez y la influencia del índice de temperatura-humedad (ITH) en ambos parámetros. No se observaron diferencias significativas en la manifestación de celo (60% J-Synch6 vs. 59.6% PC9), ni en el porcentaje de preñez (42.5% J-Synch6 vs. 39.2% PC9), lo que indica que ambos protocolos son igualmente efectivos para inducir celo y lograr la concepción. Sin embargo, la presencia de cuerpo lúteo al inicio del protocolo resultó ser un factor importante para mejorar las tasas de preñez. En condiciones de estrés térmico (ITH > 76), ambos protocolos mostraron una disminución en la manifestación de celo (47.2% y 47.6%) y preñez (42.9% y 33.3%) indicando que el protocolo J-Synch6 presentó una ligera ventaja en el porcentaje de preñez, especialmente en animales con mayor influencia genética de Gyr lechero. En conclusión, ambos protocolos son viables para IATF, siendo crucial considerar tanto factores reproductivos como ambientales para maximizar su éxito.

Palabras clave: Protocolo Convensional, proestro prolongado, eficiencia reproductiva, índice de temperatura humedad.

ABSTRACT

This research evaluated the effectiveness of two estrus synchronization protocols for fixed-time artificial insemination (IATF) in dairy Gyr cows and their crosses, developed in the Juan Guerra district, San Martin region, between October 2021 and September 2022. We worked with 159 multiparous cows in lactation from 90 to 180 days open, managed in a semi-intensive system, distributed in two groups: conventional protocol (PC9) and prolonged proestrus protocol (J-Synch6). The manifestation of heat, the pregnancy rate and the influence of the Temperature-Humidity index (ITH) on both parameters were analyzed. No significant differences were observed in the manifestation of heat (60% J-Synch6 vs. 59.6% PC9), nor in the pregnancy percentage (42.5% J-Synch6 vs. 39.2% PC9), indicating that both protocols are equally effective in inducing heat and achieving conception. However, the presence of corpus luteum at the beginning of the protocol turned out to be an important factor to improve pregnancy rates. Under heat stress conditions (ITH > 76), both protocols showed a decrease in the manifestation of heat (47.2% and 47.6%) and pregnancy (42.9% and 33.3%) indicating that the J-Synch6 protocol presented a slight advantage in the pregnancy percentage, especially in animals with greater genetic influence of dairy Gyr. In conclusion, both protocols are viable for IATF, being crucial to consider both reproductive and environmental factors to maximize its success.

Keywords: Conventional Protocol, prolonged proestrus, reproductive efficiency, temperature humidity index.

I. INTRODUCCIÓN

La selva peruana, con sus condiciones climáticas adversas como temperatura ambiental y humedad relativa elevada, representa un desafío significativo para el desarrollo de la ganadería. En este contexto, las razas cebuínas han demostrado ser las más adaptadas, debido a sus características fenotípicas como el pelaje corto, la piel oscura y una mayor superficie corporal, que les permiten soportar mejor el estrés térmico y mantener su eficiencia productiva. Entre estas razas, el Gyr lechero destaca por su excelente rusticidad y adaptabilidad, convirtiéndose en una raza clave para la producción de leche cuando se cruzan con razas europeas lecheras, estos cruzamientos combinan la adaptabilidad del Gyr lechero con la alta productividad de las razas europeas.

En estos lugares se debe tener en cuenta, las condiciones ambientales, particularmente la alta temperatura y humedad relativa, ya que pueden influir negativamente en la salud y el potencial reproductivo del ganado provocando anovulación, reducción de la calidad de los ovocitos o disminución de la capacidad reproductiva del ambiente uterino

El uso biotecnologías reproductivas ha permitido mejorar la eficiencia reproductiva, e incrementar la productividad y rentabilidad de los hatos ganaderos. No obstante, la adopción de estas tecnologías en la selva del Perú ha enfrentado varios obstáculos, como resistencia de ganaderos a adoptar nuevas prácticas, el escaso conocimiento en manejo y mejoramiento genético del ganado, además de ello, las razas cebuinas, presentan signos de estro poco evidentes, de menor duración y que a menudo ocurren durante la noche, complicando aún más su uso.

Ante este contexto; la alternativa más útil podría ser la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Este procedimiento permite sincronizar y programar la inseminación de un gran número de animales simultáneamente, eliminando la necesidad de detección de celo y mejorando la eficiencia del proceso reproductivo. Actualmente se viene utilizando un protocolo de sincronización de celo de once (11) días de duración (protocolo convencional), que ha reportado buenas tasas de preñez (50% aproximadamente), protocolo originalmente diseñado para ganado taurino. Sin embargo, se ha empezado a utilizar un nuevo protocolo de sincronización de celo, de menor duración, favoreciendo tener un proestro más prolongado, conocido como J-Synch; siendo

aún necesario su puesta en práctica y validación con el propósito de promover su utilización de forma masiva en condiciones de selva peruana.

En ese sentido, se planteó los siguientes problemas de investigación ¿Cuál será el efecto de dos protocolos de IATF (Convencional y Proestro prolongado conocido como J-Synch), en vacas de la raza Gyr lechero y cruces sometidas a IATF?

El protocolo J-Synch, tendrá una mejor respuesta en el porcentaje de celo, y porcentaje de preñez debido a que permite un mejor desarrollo folicular y una mayor liberación de estrógenos en el momento de la IATF, favoreciendo la fertilización e implantación embrionaria. Ante este contexto se planteó el siguiente objetivo:

Objetivo general

- Evaluar la eficacia de dos protocolos de sincronización celo para IATF (convencional y J-sinch) en vacas Gyr lechero y sus cruces en la selva de la región de San Martín.

Objetivo especifico

- Determinar el porcentaje de expresión de celo del protocolo convencional y protocolo J-Synch en vacas Gyr lechero y sus cruces, en la selva de la región de San Martín
- Comparar el porcentaje de preñez entre protocolo convencional y protocolo J-Synch en vacas Gyr lechero y sus cruces, en la selva de la región de San Martín
- Analizar la influencia de factores ambientales (temperatura y humedad relativa) sobre la tasa de expresión de celo y la tasa de preñez de un protocolo convencional y protocolo J-Synch en la selva de la región San Martin.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Particularidades de la raza Gyr lechero

La raza Gyr, originaria de la península de Katiawar en el oeste de India, fue introducida a Brasil en 1906, donde se seleccionó y desarrolló principalmente por su potencial lechero, dando lugar al Gyr Lechero. Esta raza es ampliamente valorada por su adaptación a las condiciones tropicales y su rusticidad, lo que la hace ideal para la producción bajo estrés climático (Ledic, 2013). Gracias a estas características, el Gyr lechero puede mantener una producción de leche aceptable incluso en ambientes cálidos y húmedos (Prata et al., 2014)

El peso al nacer de los terneros Gyr varía entre 23 y 26 kg, alcanzando los 138 kg al primer año de vida (Ledic, 2013). Las vacas adultas pesan entre 450 y 500 kg, mientras que los toros pueden llegar a los 800 kg (Talledo et al., 2020). La primera monta en hembras suele ocurrir a los 38 meses, y la primera parición a los 50 meses, con un intervalo entre partos de aproximadamente 423 días (Prata et al., 2014). Estos animales pueden producir hasta 2,063 litros de leche en un periodo de lactancia de 326 días, destacando también por su buen contenido de sólidos totales (Ledic, 2013; Prata et al., 2014; Gaur et al., 2003).

El ganado Bos índicus, al cual pertenece el Gyr, se caracteriza por un temperamento nervioso, lo que lo hace particularmente vulnerable al estrés. Esta condición afecta negativamente el rendimiento reproductivo, especialmente en sistemas de manejo intensivo (Galina et al., 2021). El estrés compromete la fertilidad al alterar la secreción pulsátil de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y de la hormona luteinizante (LH), lo que impacta directamente en la eficiencia reproductiva (Dobson y Smith, 2000; Huber et al., 2020). Los principales factores desencadenantes de estrés incluyen el confinamiento prolongado, la presencia de animales extraños, y el uso de herramientas aversivas como la picana (Jardim, 2022; Mota-Rojas et al., 2024)

Para maximizar la tasa de preñez, es crucial mitigar estos factores estresantes, especialmente durante la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y en las actividades de manejo previas y posteriores a este procedimiento (Mäntysaari et al., 2019). La implementación de prácticas de manejo que reduzcan el estrés, como una manipulación cuidadosa y el uso de entornos

tranquilos, contribuyen significativamente a mejorar los resultados reproductivos (Rault, et al., 2020).

2.2. Fisiología reproductiva de la hembra bovina.

El ciclo estral en el ganado bovino está regulado por un complejo sistema de mecanismos endocrinos y neuroendocrinos, en el cual participan hormonas hipotalámicas, gonadotropinas y esteroides ováricos que interactúan entre sí (Hassanein et. Al., 2024; Bates & Bowling, 2013).

Las principales hormonas involucradas en la regulación del ciclo estral en bovinos son: la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), secretada por el hipotálamo, que estimula la liberación de gonadotropinas; la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH), producidas por la hipófisis anterior, que regulan el desarrollo folicular y la ovulación; el estradiol, la inhibina y la progesterona, secretadas por los ovarios, que coordinan los cambios cíclicos del sistema reproductivo; y la prostaglandina F2α (PGF2α), producida por el útero, que induce la regresión del cuerpo lúteo (Crowe & Mullen., 2013; Haughian et al., 2013). Además, otras hormonas como la prolactina que juega un rol importante en el desarrollo folicular y la ovulación, inhibiendo la secreción de estrógenos, FSH y GnRH (Evans et al., 2022)

El crecimiento folicular en las hembras bovinas ocurre de manera dinámica en ondas, un proceso conocido como foliculogénesis ondulatoria. Durante cada ciclo estral, se presentan de dos a tres ondas de crecimiento folicular, cada una caracterizada por el reclutamiento, selección y dominancia de un folículo (Crowe & Mullen., 2013), este es proceso que ocurre a lo largo de toda su vida reproductiva del animal, desde la pubertad hasta el inicio de la senescencia ovárica (Evans et al., 2022; Crowe & Mullen., 2013)

Una onda folicular se caracteriza por el desarrollo simultáneo de varios folículos con un diámetro mayor a 4 mm durante un periodo de dos a tres días. De estos folículos, uno es seleccionado para convertirse en el folículo dominante, mientras que los demás se convierten en folículos subordinados, los cuales pasan por un proceso de atresia y regresión (Townson & Combelles, 2012; Sunderland et al., 1994).

Se ha demostrado que existen diferencias en la dinámica folicular entre las razas Bos taurus y Bos índicus, especialmente en el número de ondas de crecimiento folicular por ciclo estral, la producción de LH, y los diámetros del folículo dominante, del folículo preovulatorio y del cuerpo

lúteo. Estas variaciones en la dinámica folicular están influenciadas por factores como la nutrición, el manejo, la producción láctea y los períodos de lactación y posparto (Baldrighi et al., 2022; Sartori & Barros, 2011)

En cada ciclo estral, generalmente se presentan dos o tres ondas de crecimiento folicular. El folículo dominante de la primera onda, que se desarrolla durante la fase lúteal entre los días 0 y 6 del ciclo, no llega a ovular. La segunda onda ocurre durante una fase estática, normalmente entre los días 6 y 12 del ciclo. La tercera onda folicular se presenta a partir del día 12, durante la regresión del cuerpo lúteo (Adams & Singh, 2021; Juengel et al., 2021).

Cuando el folículo dominante alcanza un diámetro de 8.5 mm y el folículo subordinado mide 7.2 mm, los niveles de FSH (hormona folículo estimulante) ya no son suficientes para estimular el desarrollo de los folículos subordinados, los cuales sufren atresia. En contraste, el folículo dominante continúa creciendo a pesar de los bajos niveles de FSH, debido a su mayor sensibilidad a esta hormona y a la producción de otras hormonas como la LH (Sartori et al., 2004).

Aunque la mayoría de los animales presentan ciclos estrales de dos o tres ondas, existen casos en que se observan ciclos con hasta cuatro ondas foliculares (Sirois & Fortune, 1988).

En los ciclos de dos ondas, la regresión del cuerpo lúteo ocurre alrededor del día 16, mientras que, en los ciclos de tres ondas, la regresión se da cerca del día 19. En los animales *Bos índicus* que presentan una cuarta onda folicular, esta se inicia entre los días 20 y 21, y la ovulación ocurre entre los días 24 y 25 del ciclo; un folículo dominante adquiere la capacidad de ovular cuando supera el diámetro de desviación, que es de más de 8.5 mm (Sartori et al., 2001).

Según Okouyi et al. (2015), el diámetro del folículo preovulatorio alcanza un promedio de 11.3 mm durante la primera onda folicular y 12.1 mm durante la segunda onda. En contraste, en vacas de la raza *Bos taurus*, el diámetro del folículo preovulatorio es significativamente mayor, alcanzando 17.1 mm en la primera onda folicular y 16.5 mm en la segunda onda. Estas diferencias en el tamaño del folículo preovulatorio entre las razas *Bos índicus* y *Bos taurus* reflejan variaciones en la dinámica folicular y en la regulación hormonal de ambos tipos de ganado (Sohail et al., 2023; Bonato et al.,2022; Adams et al., 2008).

2.3. Consideraciones para realizar IATF.

La IATF, al ser una biotecnología reproductiva, permite incrementar los parámetros productivos cuando se aplica correctamente (Rosete Fernández et al., 2021). Los factores determinantes incluyen la categoría del animal, la condición corporal, la calidad del semen, el manejo y el estado fisiológico (Smith et al., 2013).

El éxito en los programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) está influenciado por una variedad de factores. La condición corporal juega un rol crucial, ya que vacas con una condición corporal óptima (entre 2.5 y 3.5 en una escala de 5) tienen mayores probabilidades de presentar una respuesta hormonal adecuada, lo que favorece la ovulación. (Cardoso Consentini, et al., 2021). La alimentación es otro factor determinante, ya que una dieta equilibrada en nutrientes garantiza que los animales mantengan un adecuado balance energético, lo que es importante para la reproducción (Lucy, 2001). El manejo incluye prácticas como la administración correcta de las hormonas, la observación del comportamiento estral, y el manejo del estrés, ya que el estrés térmico o social puede reducir las tasas de preñez. Finalmente, la genética también es importante, ya que algunas razas y líneas genéticas tienen mejor respuesta a los tratamientos hormonales y mejores tasas de preñez, siendo especialmente relevante en animales *Bos índicus* y sus cruces (Bó et al., (2018).

La raza influye directamente en los resultados de la IATF. El ganado cebú, por ejemplo, muestra una pubertad más tardía y estructuras ováricas más pequeñas, lo que requiere ajustes en los protocolos utilizados para mejorar las tasas de preñez (Sartori et al., 2013; Baruselli et al., 2004). Además, el ganado Índicus es más susceptible al estrés, lo que puede afectar negativamente la fertilidad (Galina et al., 2021). Es esencial minimizar el estrés durante la IATF para evitar alteraciones hormonales que puedan reducir la fertilidad (Dobson y Smith, 2000; Huber et al., 2020).

La fertilidad es crucial, y se recomienda realizar la inseminación de 12 a 18 horas después de iniciado el celo, ya que los espermatozoides tardan entre 12 y 14 horas en llegar al sitio de fertilización, mientras que la ovulación ocurre entre 24 y 30 horas después del inicio del celo (López-Gatius, 2022; Marques et al., 2023).

2.4. Protocolos de sincronización artificial a tiempo fijo.

En programas de IATF, es clave asegurar que el folículo preovulatorio se desarrolle adecuadamente para optimizar su fertilización. Estrategias como la sincronización del crecimiento folicular y la ovulación, con el uso de hormonas, promueven un mayor diámetro folicular (Crowe & Mullen, 2013). Esto favorece la formación de un cuerpo lúteo más funcional, mejorando la tasa de gestación y reduciendo pérdidas embrionarias temprana (Jeyakumar et al., 2022;). Un folículo más grande y mejor desarrollado genera un cuerpo lúteo más funcional, con mayor capacidad para producir progesterona, lo que favorece la implantación y el mantenimiento de la gestación (Mlyczyńska et al., 2022; Jeyakumar et al., 2022).

Es fundamental diseñar y aplicar tratamientos de sincronización de la ovulación que permitan un control efectivo de la dinámica folicular. La gonadotropina coriónica equina (eCG) es frecuentemente incorporada en los protocolos de IATF debido a su capacidad para mejorar el desarrollo del folículo preovulatorio y, en consecuencia, optimizar la función del cuerpo lúteo (Bó et al., 2018; Tortorella et al., 2013).

La eCG es un potente estimulador de la actividad folicular, imitando las funciones de las hormonas FSH y LH, esenciales para la maduración del folículo preovulatorio (Ferraz et al., 2019). Su aplicación en protocolos de sincronización ha mostrado aumentar la tasa de desarrollo folicular y la frecuencia de ovulaciones múltiples, esto genera mayores niveles de progesterona circulante posterior a la ovulación generando una mayor luteinización favoreciendo de manera significativa en las tasas de preñez (Baruselli et al., 2018; Núñez-Olivera et al., 2020). El uso de eCG en animales en anestro aumenta la tasa de preñez y la concentración de progesterona circulante siete días después de la IATF. En el caso del ganado cebuino (Baruselli et al., 2004).

2.5. Protocolos de sincronización celo Convensional

Actualmente, los dispositivos de progesterona disponibles en el mercado son altamente eficientes en la sincronización del ciclo estral de bovinos. Estos dispositivos intravaginales se colocan la vaca y permanecen durante 7, 8 o 9 días, proporcionando una liberación controlada de progesterona. Este método permite controlar el ciclo reproductivo de manera precisa, facilitando la sincronización de la ovulación y mejorando las tasas de concepción en programas IATF (Santos et al., 2018; Bó et al., 2001a).

El protocolo consiste en la inserción de un dispositivo intravaginal de progesterona junto con la administración de 2 mg de BE por vía intramuscular (día 0). Entre los días 7, 8 o 9, se retira el dispositivo de progesterona y se administra una dosis de 0.150 mg de prostaglandina (PGF2α, 24 horas después, se inyecta 1 mg de BE por vía intramuscular. La IATF, se realiza entre 48 y 56 horas después de retirar el dispositivo de progesterona (López-Gatius et al., 1015; Garcia-Ispierto et al., 2010). También es posible reemplazar el BE por 1 mg de cipionato de estradiol (CE), administrado el día de la retirada del dispositivo de progesterona (Sales et al., 2012).

El uso de CE en el momento del retiro del dispositivo es actualmente el método más utilizado, ya que reduce el número de encierros de los animales (Bó et al., 2014). El CE tiene una vida media más larga que el BE, lo que prolonga su acción y provoca una menor, pero más sostenida concentración de estradiol en la sangre. Esto permite adelantar la administración de estradiol sin afectar negativamente la ovulación (e Silva et al., 2019; Sales et al., 2012)

La administración de estrógenos al inicio del protocolo de sincronización, junto con la inserción del dispositivo de progesterona, tiene el objetivo de promover la atresia de los folículos presentes en los ovarios y prevenir la formación de folículos persistentes. Los estrógenos inducen la atresia de los folículos dominantes, permitiendo una regulación más eficiente del ciclo estral (Feltrin et al., 2022; Bó et al., 2002a; Bó et al., 2002b)

Aproximadamente cuatro días después de la administración del BE, se produce la emergencia de una nueva onda folicular (Adams & Singh., 2021), lo que permite que el folículo alcance la fase preovulatoria con un óvulo viable (Bó et al., 2002a). La administración de BE al momento del retiro del dispositivo induce una retroalimentación positiva sobre la GnRH, lo que aumenta la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH, estimulando la ovulación en un corto período (Stevenson et al., 2016)

En el protocolo convencional, la ovulación ocurre en promedio 66 horas después de retirar el dispositivo de progesterona (Lauber et al., 2020; Abdalla et al 2020). Es importante considerar que los espermatozoides tardan entre 8 y 12 horas en llegar al ámpula (Waberski et al., 2022) por lo que se sugiere realizar inseminación artificial entre 48 y 56 horas después del retiro del dispositivo (Ayres et al., 2018).

Menchaca et al. (2013), realizaron un experimento con 8,712 vacas para determinar el mejor momento para realizar la IATF, comparando la inseminación a las 48 y 54 horas después del retiro del dispositivo de progesterona. No encontraron diferencias significativas entre ambos momentos, por lo que la inseminación puede realizarse a partir de las 48 horas posteriores al retiro del dispositivo.

Los protocolos que combinan dispositivos de progesterona con sales de estradiol como inductores de la ovulación han demostrado ser eficaces para lograr altos porcentajes de celo. En este contexto, Parra (2017) reportó tasas de celo que oscilaron entre el 90% y el 100% al utilizar compuestos de cipionato y benzoato de estradiol. En tanto Ittig (2020) encontró tasas de detección de celo superiores al 70%, de igual modo de la Mata et al. (2013) lograron porcentajes que superaron el 65%. Cabe destacar que la tasa de detección de celo depende directamente de la observación continua y de la implementación de métodos auxiliares que faciliten este proceso.

Menchaca et al. (2013) compararon dos inductores de ovulación: GnRH administrado 48 horas después del retiro del dispositivo y compuestos de estradiol (CE) aplicados el mismo día del retiro. Los resultados de su estudio no revelaron diferencias significativas entre ambos tratamientos. En otra investigación, Bó et al. (2005) analizaron la efectividad del benzoato de estradiol (BE) y el CE como inductores de ovulación, concluyendo que no había diferencias significativas en las tasas de preñez entre los tratamientos. Sin embargo, Uslenghi et al. (2014) reportaron tasas de preñez inferiores al utilizar CE.

Dávila et al. (2022) reportaron tasas de preñez del 48%, con un mayor éxito en vacas de primer parto. De manera similar, Williams Zambrano y Trujillo Vera (2022), Monteiro et al. (2015), Pérez et al. (2015), Cesaroni et al. (2007) y Parra (2017) lograron tasas de preñez superiores al 40%. Además, el uso de compuestos de estradiol (CE) como inductor de ovulación no solo reduce los días de encierro, sino que también disminuye el estrés en los animales, como señalaron López et al. (2014).

2.6. Protocolo de Sincronización de celo proestro prolongado (J-Synch).

De la Mata y Bó (2012) desarrollaron el protocolo J-Synch, que incluye la aplicación de benzoato de estradiol (BE) y la inserción de un dispositivo de progesterona en el día 0. En lugar del retiro del dispositivo en el día 7 u 8, como se establece en los protocolos convencionales, el protocolo J-Synch lo realiza en el día 6. Tras retirar el dispositivo, se administra una dosis de

prostaglandina y eCG, seguida de una dosis de GnRH como inductor de ovulación 72 horas después del retiro del dispositivo. Este protocolo prolonga el proestro y el tiempo de dominancia del folículo, logrando un proestro de 95 a 97 horas (De la Mata et al., 2015). La prolongación del proestro se ha asociado con mejoras en las tasas de gestación (Bó et al., 2016; Bó et al., 2018) y una correlación positiva con las concentraciones de estradiol, lo que aumenta la fertilidad en los programas de IATF (Bridges et al., 2008; Bridges et al., 2010).

De la Mata (2016) sugirió que la prolongación del proestro y la reducción del período de inserción del dispositivo de progesterona en vaquillonas para carne podrían incrementar las tasas de preñez, denominando posteriormente a este protocolo como J-Synch.

Macagno et al. (2023) hallaron un 85% de porcentaje de detección de celo y un 35% de porcentaje de preñez utilizando el protocolo J-Synch. López (2016) reportó un 78,2% de expresión de celo con el protocolo J-Synch, en comparación con el 93% al 100% de los protocolos convencionales que emplearon BE y cipionato de estradiol (CE) como inductores de ovulación; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de preñez. De igual modo, Ittig (2020) encontró menores porcentajes de manifestación de celo con el protocolo J-Synch (46,5%) en comparación con el protocolo convencional (74,7%), sin diferencias significativas en el porcentaje de preñez.

De la Mata y Bó (2012) no hallaron diferencias significativas en la tasa de preñez (50% frente a 57%) al comparar el protocolo J-Synch con el protocolo Co-Synch de 5 días en vaquillonas de carne. Reineri et al. (2020) obtuvieron porcentajes de preñez de 44,28% y 42,48% al comparar el protocolo J-Synch de 6 días con el protocolo convencional de 7 días en vaquillas Bradford.

Pilla-Campaña et al. (2023) realizaron un experimento en vacas multíparas de las razas Pardo Suizo y sus cruces con Bos índicus ordeñadas con cría al pie, y encontraron porcentajes de expresión de celo del 67% y 91% con el protocolo J-Synch de 6 días, frente al protocolo convencional de 8 días. En cuanto a los porcentajes de preñez, no se encontraron diferencias significativas (56% frente a 54%). Resultados similares fueron obtenidos por (Ré et al., 2014) en vacas Holstein.

Bó et al. (2022) compararon el protocolo J-Synch de 7 días con los protocolos Co-Synch de 6 días y de 5 días en vacas lactantes Bos índicus. Los resultados mostraron que no había

diferencias significativas en el porcentaje de manifestación de celo; sin embargo, el porcentaje de preñez fue superior con el protocolo J-Synch de 7 días (55,0%), seguido por el Co-Synch de 6 días (45%) y el Co-Synch de 5 días (38,5%). Esto demuestra que el protocolo J-Synch es eficiente y comparable a los protocolos convencionales.

2.7. Impacto del ITH en la manifestación de celo y la preñez en ganado bovino.

El estrés térmico, provocado por la combinación de altas temperaturas y elevada humedad, se mide a través del índice de temperatura-humedad (ITH), una herramienta fundamental para monitorear las condiciones de estrés en el ganado (Roth, 2020). De acuerdo con los parámetros de Armstrong (1994), un ITH entre 72 y 78 indica un nivel de "alerta", mientras que valores entre 78 y 83 señalan "peligro", y aquellos superiores a 83 representan una situación de emergencia. Estos niveles críticos de temperatura y humedad tienen un impacto considerable en la producción y reproducción del ganado bovino (Polsky & von Keyserlingk, 2017).

El estrés térmico tiene un impacto negativo en el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, interrumpiendo la reanudación de la actividad ovárica (Roth, 2020) e inhibiendo el desarrollo y la maduración de los ovocitos. Esto conduce a una manifestación deficiente del estro y afecta el desarrollo embrionario temprano, así como la formación fetal y la placentación (Díaz et al., 2020).

La exposición al estrés térmico se ha vinculado a períodos prolongados de anestro, que se caracterizan por niveles bajos de progesterona (P4 < 1 ng/mL), ciclos estrales más cortos y alteraciones en el desarrollo embrionario (Lacetera, 2019; Rhoads et al., 2009). Estos efectos adversos pueden comprometer la fertilidad y la eficiencia reproductiva en el ganado bovino. Por lo tanto, es fundamental implementar estrategias que gestionen el estrés térmico y minimicen sus impactos negativos en la reproducción (Mader et al., 2006; West, 2003).

El estrés calórico afecta la reserva folicular en la corteza ovárica bovina, lo que repercute negativamente en el desempeño y la vida reproductiva del ganado (Cardone et al., 2022; Rhoads et al., 2009). Las altas temperaturas y la humedad también deterioran la calidad de los ovocitos recuperados. En este sentido, los ovocitos de vacas de la raza *Bos taurus* son menos competentes en el desarrollo embrionario in vitro en comparación con los de Bos índicus, que presentan una morfología normal y una mayor capacidad de producción de embriones (Khan et al., 2023; Yadav et al., 2018).

En vacas Holstein, un índice de temperatura-humedad (ITH) superior a 75 puede afectar negativamente varios índices reproductivos, incluyendo la tasa de preñez, el intervalo entre partos y la tasa de retorno de celo (Kilany et al., 2023). Por otro lado, en vacas Gyr, el estrés térmico tiene un efecto adverso y retardado sobre la dinámica folicular, la concentración hormonal y la competencia de los ovocitos. Este impacto se manifiesta en alteraciones en el desarrollo de los folículos, desequilibrios hormonales y una disminución en la calidad de los ovocitos, lo que puede comprometer significativamente la fertilidad y el éxito reproductivo en esta raza (Lacetera, 2019; De Rensis, 2021).

Varios estudios han demostrado que las vacas con una mayor proporción de sangre Holstein presentan tasas de preñez más bajas en comparación con aquellas que tienen una mayor proporción de sangre Gyr lechero. Esta diferencia se atribuye a que los animales de origen Bos índicus, como el Gyr lechero, poseen una mejor capacidad de termorregulación en condiciones de estrés térmico, lo que les permite mantener una mayor eficiencia reproductiva bajo temperaturas elevadas (Rhoads et al., 2009; e Silva et al., 2013).

El estrés térmico, tanto antes como después del servicio, está asociado con una disminución de la fertilidad en las vacas (Al-Katanani et al., 1999). Las tasas de preñez en vacas lecheras pueden verse gravemente afectadas por el estrés calórico; cuando el índice de temperatura-humedad (ITH) supera 73 entre los días 21 y 1 previos al servicio de inseminación artificial, las tasas de preñez pueden reducirse del 31% al 12% (Schuller et al., 2014). Además, si el ITH excede 72 desde 35 días antes hasta 6 días después del servicio de inseminación artificial, el porcentaje de preñez puede disminuir en un 30% en comparación con las vacas inseminadas bajo un ITH menores a 72 (Morton et al., 2007). Jordan (2003) sugiere que el efecto nocivo del estrés calórico puede evidenciarse desde 42 días antes hasta 40 días después de la inseminación artificial. Mellado et al. (2012) también informan que el estrés térmico afecta la respuesta superovulatoria en vacas Holstein y sus cruces cuando el ITH supera 72, siendo aún más severo con valores superiores a 77.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Agraria El Porvenir del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicada en el distrito de Juan Guerra, provincia y región de San Martín. La estación se encuentra ubicada geográficamente en las coordenadas 06°36'15" Latitud Sur y 76°21'15" Longitud Oeste, a una altitud de 225 metros sobre el nivel del mar. Esta área presenta un clima húmedo y cálido durante todo el año, con una humedad relativa promedio de 81.3%, una temperatura promedio de 26°C y una precipitación pluvial anual que varía entre 790 y 1200 mm/año. El trabajo se desarrolló en el periodo comprendido de setiembre del 2021 a octubre del 2023.

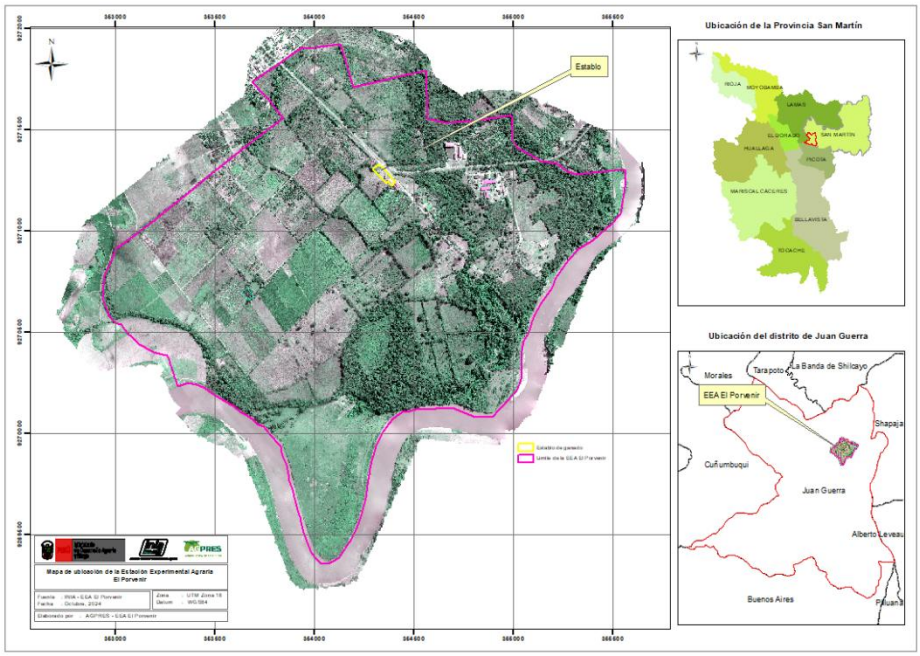

Figura 1. Ubicación geográfica de la EEA El Porvenir

3.2. Periodo de estudio.

El trabajo se desarrolló en cuatro épocas enmarcados en las siguientes fechas:

Época 1: 20 setiembre a 03 diciembre 2021

Época 2: 04 enero – 19 marzo 2022

Época 3: 19 abril – 02 julio 2022

Época 4: 19 julio – 01 de octubre 2022

3.3. Tipo de investigación.

El estudio es de tipo experimental, dado que se realizó la manipulación controlada de variables independientes, con el fin de observar sus efectos directos sobre las variables dependientes y establecer relaciones causales entre ellas.

3.4. Población y muestra.

Para el estudio, se seleccionaron 159 vacas del Programa Nacional de Bovinos de la Estación Experimental El Porvenir – INIA. El programa contaba con una población total de 420 bovinos, que incluye la raza Gyr lechero y sus cruces con razas europeas (Holstein y Brown Swiss).

3.5. Instalaciones.

Se emplearon las instalaciones de la Estación Experimental Agraria El Porvenir – INIA, el cual contaba con corrales de manejo, manga y guillotina de sujeción. Las instalaciones estaban diseñadas para realizar dosificación, evaluación reproductiva, inseminación artificial y diagnósticos de gestación de manera segura.

3.6. Animales experimentales.

Se utilizaron 159 vacas multíparas (dos a 6 partos) las cuales 80 fueron de la raza Gyr lechero y 79 Gyr lechero cruzado con razas europeas. Los animales tenían un peso vivo promedio de 380 Kg y condición corporal de 2.5 a 3.5 (escala 1 a 5, 1: flaca y 5: obesa). Las vacas eran ordeñadas con ordeñadora mecánica dos veces al día con ternero al pie y tenían entre 90 a 180 días abiertos.

3.7. Alimentación.

La alimentación de los animales fue a base de pasturas cultivadas compuestas por gramíneas *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, además de pasturas naturales (torurco) Axonopus scoparius y *Paspalum conjugatum*, Así mismo las vacas fueron suplementadas con una ración balanceada a base de polvillo de arroz, maíz, torta de soya y sales minerales, a razón de 1.5 Kg animal/día.

Tabla 1. Alimento balanceado con la composición proteica, utilizado en la alimentación de las vacas.

Insumos	Proteína insumos (%)	Cantidad (Kg)	Proteína ración (%)
Polvillo de arroz	12.00	56.00	6.72
Torta de soya	44.00	11.00	4.84
Harina de maíz	9.00	31.00	2.79
Sal Yodada	0.00	1.00	0.00
Sal mineral	0.00	1.00	0.00
Total	0.00	100.00	14.35

3.8. Sanidad.

Las vacas estaban libres de enfermedades (brucelosis y tuberculosis), y contaban con un esquema de vacunación que incluía protección contra carbunclo sintomático y rabia bovina.

3.9. Metodología

3.9.1. Selección de vacas

La selección se realizó 20 días antes de iniciar los protocolos de IATF, para ello se utilizaron los registros reproductivos de cada animal. Los criterios de selección fueron:

Paridad: Multíparas, con 2 a 6 partos previos.

Días post parto: 90 a 180 días post parto.

Condición corporal: Entre 2.5 y 3.5 en una escala de 1 a 5 (Nielsen et al., 2001)

La evaluación reproductiva se llevó a cabo de manera cuidadosa mediante palpación rectal y apoyado de ultrasonido (ecógrafo iScan - Draminski). Este procedimiento permitió realizar una revisión detallada de los siguientes aspectos:

Salud general del tracto reproductivo: Se examinó el útero desde la cérvix, cuerpo y cuernos uterinos con el fin de evaluar la salud general y detectar cualquier anomalía que pudiera afectar la reproducción. Estructuras Ováricas: Se identificaron y evaluaron las estructuras ováricas, incluyendo el cuerpo lúteo y folículos, para verificar su desarrollo y funcionalidad adecuada. La evaluación reproductiva garantizó las vacas con condiciones reproductivas óptimas fueran seleccionadas para el estudio.

Tabla 2. Distribución de las vacas en los trabajos de IATF.

Época/año	**Protocolos de IATF**	**Número animales**
Época Nº 1 octubre-noviembre 2021	PC9	21
	J-Synch6	21
Época Nº 2 enero – febrero 2022	PC9	13
	J-Synch6	15
Época Nº 3 mayo – junio 2022	PC9	23
	J-Synch6	22
Época Nº 4 agosto – setiembre 2022	PC9	22
	J-Synch6	22
Total		159

3.9.2. Preparación de vacas.

El día que se realizó la selección, las vacas fueron sometidas a un tratamiento integral de desparasitación que incluyó: Tratamiento para el control de parásitos externos e internos

utilizando Doramectina al 1% (Dectomax), a razón de 1 ml/50 kg de peso vivo. Además, se inyectó una dosis de vitaminas AD3E (Vigantol ADE) y suplemento mineral (fósforo, selenio, zinc y yodo - Fertimin), a razón de 6 ml y 15 ml/vaca, respectivamente. Estos tratamientos aseguraron que las vacas estuvieran en óptimas condiciones de salud antes de iniciar los protocolo de IATF.

3.9.3. Protocolos en estudio.

3.9.3.1. Protocolo convencional (PC9).

Día cero, se realizó la inserción intravaginal de un dispositivo de progesterona (DIV) de 1.2 g (de segundo uso) junto con una inyección intramuscular (i.m.) de 2 mg de BE. Al día nueve, se retiró el DIV y se administraron 0.150 mg de Cloprostenol sódico (equivalente a PGF2α) i.m., 400 UI de eCG i.m., y 1.0 mg de CE i.m, el día 11, 48 horas después del retiro del DIV, se realizó la IATF a todas las vacas.

Figura 2. Diagrama del protocolo convencional (PC9).

3.9.3.2. proestro prolongado (J-SYNCH6).

Día cero: Se insertó un dispositivo intravaginal de progesterona (DIV) de 1.2 g (de segundo uso) y se administró una inyección intramuscular (i.m.) de 2 mg de BE. Al día seis, se retiró el DIV y se aplicaron 0.150 mg de Cloprostenol sódico (PGF2α) i.m., 400 UI de eCG i.m., y 1.0 mg de CE i.m, el día 06, 72 horas después del retiro del DIV, se realizó la inseminación artificial en todas las vacas y se inyecto 0.01 mg Acetato de Buserelina a las vacas que no mostraron celo visible.

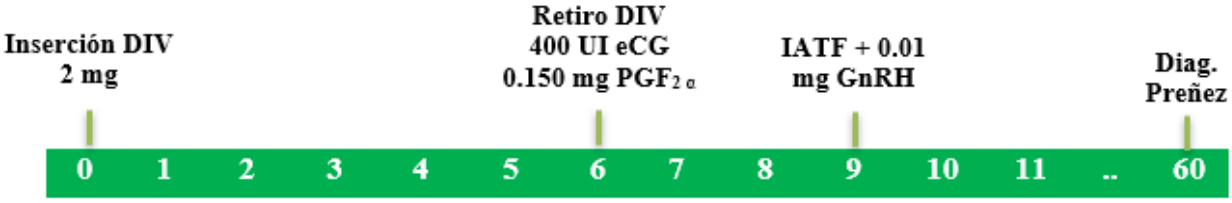

Figura 3. Diagrama del protocolo proestro prolongado (J-SYNCH6).

3.9.4. Distribución animales

Los animales fueron distribuidos en cuatro periodos detallados en la tabla 3.

Tabla 3. Distribución de los animales por época y protocolo de IATF.

Protocolos	Época 1	Época 2	Época 3	Época 4
Convencional (PC9)	21	13	23	22
J-Synch (J-Synch6)	21	15	22	22

3.9.5. Sincronización de celo.

El desarrollo de los protocolos de sincronización se realizó de acuerdo a la tabla 4.

Tabla 4. Protocolos de sincronización usados en la IATF.

Protocolos de sincronización	
PC-9	**J-synch-6**
- **Día 0**: Inserción del DIV + administración de 2 mg de BE i.m.	- **Día 0**: Inserción del DIV + administración de 2 mg de BE i.m.
- **Día 9**: Retiro del DIV + administración de 1 mg de cipionato de estradiol + 0.150 mg de cloprostenol sódico + 400 UI de eCG + inserción de parche detector de celo.	- **Día 6**: Retiro del DIV + administración de 0.150 mg de cloprostenol sódico + 400 UI de eCG + inserción de parche detector de celo.
- **Día 11**: IATF (48 horas después del retiro del DIV).	- **Día 9**: IATF (72 horas después del retiro del DIV) + inyección de 0.01 mg de acetato de Buserelina en vacas que no manifestaron celo.
- **Día 60**: Diagnóstico de gestación con ultrasonido.	- **60**: Diagnóstico de gestación con ultrasonido.

3.9.6. Detección de celos.

Para la detección de celo, se emplearon parches detectores de celo (ESTROTECT™), que son calcomanías autoadhesivas colocadas transversalmente entre la cadera y la base de la cola, el día del retiro del dispositivo de progesterona. Estos parches tienen

una superficie plateada y negra que se remueve cuando las vacas son montadas por otras, dejando visible una base de color rojo brillante. Este cambio de color indica que el animal ha mostrado celo. El grado de cambio de color se midió en porcentaje (%). Se consideró vaca en celo cuando el parche mostró un cambio de color ≥ 75% (Morales-Piñeyrúa, 2019). La detección del celo se realizó 24 h después del retiro del dispositivo, por la mañana y por la tarde.

3.9.7. Inseminación artificial.

La inseminación artificial se realizó usando semen congelado descongelado de 3 toros de la raza Gyr lechero usado en cantidades similares para todos los grupos. El semen estaba envasado en pajillas de 0.5 ml y tenían una concentración aproximada de 30 millones de espermatozoides por pajilla. Luego de ser descongelados a 37 ºC. Las pajillas tenían motilidad individual superior al 40%, el cual garantizó la calidad del semen y la efectividad de la inseminación artificial (Viotti, 2011).

3.9.8. Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación se realizó a los 60 días después de la inseminación artificial (IATF) utilizando un ecógrafo con sonda rectal lineal con 7.5 MHz en Modo B (iScan, Draminski). Este equipo permitió realizar la evaluación precisa del estado gestacional imágenes en tiempo real. Durante el procedimiento, se verificó la presencia del feto y la confirmación del latido cardíaco fetal.

3.9.8.1. Determinación del porcentaje de detección de celo (TDC)

Para determinar la tasa de detección de celo se utilizó la siguiente fórmula.

$$PDC = \frac{\text{Número de animales que expresaron celo}}{\text{Número total de animales sincronizados}} \times 100$$

3.9.8.2. Determinación del porcentaje de Preñez (TP)

Para determinar la tasa de preñez se utilizó la siguiente fórmula

$$PP = \frac{\text{Número de animales preñadas al diagnóstico}}{\text{Número total de animales sincronizados}} \times 100$$

3.9.9. Determinación de la influencia de los factores ambientales.

3.9.9.1. Recopilación de información meteorológica.

Para analizar la influencia de factores ambientales en el porcentaje de expresión de celo y en el porcentaje de preñez, se usaron datos meteorológicos proporcionados por la Estación Meteorológica El Porvenir, situada a 100 metros del lugar donde se realizó la investigación. Esta información está disponible en la página del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) en https://www.senamhi.gob.pe/site/descarga-datos/. La información recopilada fueron datos de temperatura ambiental (TA) y humedad relativa (HR), registros por hora correspondientes al periodo de setiembre 2021 a octubre del 2022

3.9.9.2. Determinación del ITH.

El Índice de Temperatura y Humedad (ITH) es una herramienta que permite integrar la temperatura ambiental (TA) y la humedad relativa (HR) en un valor único, facilitando la evaluación del estrés térmico en animales de granja. Este índice es crucial para analizar el impacto de las condiciones climáticas en el bienestar animal y en aspectos de salud reproductiva (Kadzere et al., 2002; Polsky & von Keyserlingk, 2017).

Para calcular el ITH, se utilizó la ecuación propuesta por (Armstrong. 1994), el cual integra los dos parámetros para proporcionar una medida del estrés calórico potencial. La ecuación específica es la siguiente:

$$ITH = (1.8 * TA + 32) - [(0.55 - 0.55 * HR/100) * (1.8 * Ta - 26)]$$

Donde:

ITH= Índice temperatura humedad

TA= Temperatura ambiental en grados Celsius (°C).

HR = Humedad relativa en porcentaje (%)

Para evaluar el impacto del estrés térmico en los animales, se utilizó la clasificación del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) basada en los umbrales definidos por Armstrong (1994). La clasificación es la siguiente:

Categoría 0: ≤ 72 Normal

Categoría 1: 72 - 78 Alerta

Categoría 2: 78 - 83 Peligro

Categoría 3: ≥ 83 Emergencia

Para analizar la asociación entre el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) con la expresión de celo y el porcentaje de preñez se adoptó la metodología de Schüller (2014). considerando siete períodos críticos en torno al día de la IATF:

Período 1: Desde el día 42 hasta el día 1 antes de la IA. Este período se eligió porque el folículo que ovula en el día del servicio se desarrolla como un folículo antral 42 días antes, y el estrés calórico puede reducir la viabilidad del ovocito, que se recupera tras dos o tres ciclos estrales.

Período 2: Desde el día 21 hasta el día 1 antes de la IA. Se considera que el estrés por calor en el ciclo de celo anterior puede disminuir el número de folículos y, por lo tanto, la concentración de estrógenos, afectando el desarrollo del folículo dominante.

Período 3: Desde el día 2 hasta el día 1 antes de la IA. El THI promedio en estos dos días se relaciona con la tasa de preñez.

Período 4: El día de la IA. El estrés térmico en el día del servicio se asocia con una menor tasa de preñez.

Período 5: Desde el día 1 hasta el día 3 después de la IA. Investigaciones previas han demostrado que el estrés calórico en este período impide la concepción.

Período 6: Desde el día 1 hasta el día 21 después de la IA. La implantación del feto ocurre entre los días 19 y 21 después de la fecundación, y el estrés en este período crítico puede afectar la implantación.

Período 7: Desde el día 1 hasta el día 31 después de la IA. A los 31 días, el feto ha pasado por varios eventos críticos en su desarrollo, susceptibles al estrés calórico.

Se analizaron los datos para evaluar el comportamiento espacial y temporal del ITH en estos períodos, determinando el número de horas en que el ITH supera el

umbral de confort animal y la duración de las “rachas” (periodos de tiempo en que el ITH se mantiene por encima de 72 (López et al., 2016).

3.10. Variable independiente.

Protocolo convencional (PC-9)

Protocolo con proestro prolongado (J-synch-6).

3.11. Variables intervinientes.

Índice temperatura humedad (ITH).

3.12. Variables dependientes.

Porcentaje (%) de detección de celo

Porcentaje (%) de preñez a los 45 a 60 días

3.13. Análisis estadístico.

Se utilizó la prueba de chi-cuadrado para evaluar si existe una dependencia significativa entre los protocolos de sincronización (Convencional y J-SINCH-6) y las variables de interés (DC y PP). Esto permitirá determinar si las diferencias observadas en la DC y PP se deben a los diferentes protocolos o si son independientes de ellos.

Prueba de Independencia

Cálculo del Chi Cuadrado (X^2):

$$X^2cal = \frac{(Oi-ei)^2}{Ei}$$

Donde:

X^2 cal = Chi cuadrado calculado

Oi = Frecuencia observada de la clase o categoría.

ei = Frecuencia esperada.

Para encontrar la frecuencia esperada:

$$ei = \frac{FxC}{N}$$

ei = Frecuencia esperada.

F = Suma total de las variables a probar.

C = Suma total de los resultados obtenidos.

n = Número total de muestras

El grado de libertad será:

gl. = (f -l) (c-1)

Donde:

gl = Grados de libertad.

f = Número total de las variables.

c = Número de los resultados.

Para analizar cómo el ITH afectan el porcentaje de detección de celo y porcentaje de preñez a los 45 a 50 días, se usó estadística descriptiva con el fin de determinar el promedio y rango de horas en que el ITH superó el umbral de confort (ITH > 72) para cada período, además se evaluó las horas del día en las que el ITH superó el umbral.

Los análisis se realizarán por medio del software estadístico InfoStat/P (Di Rienzo et al., 2017), usando un nivel de significancia de 0,05.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÒN

4.1. Presencia de celo

4.1.1. Presencia de celo considerando los dos protocolos de IATF evaluados.

De 159 vacas tratadas, el 59.7% mostraron signos de celo. Al analizar los resultados considerando los protocolos utilizados, se observó que tanto el protocolo convencional 59.5% (47/79) como el protocolo J-Synch 60.0% (48/80) tienen la capacidad similar para inducir la manifestación de celo en vacas Gyr lechero y vacas cruzadas (Gyr lechero x europeo) p = 0.9481. (Tabla 5).

Tabla 5. Presencia de celo en vacas Gyr lechero y sus cruces, considerando protocolos IATF.

Tratamiento	Nº animales	Con celo	Sin celo
Convencional	79	47(59.5%)	32(40.5%)
J- Synch	80	48(60.0%)	32(40.0%)
Total	159	95(59.7%)	64(40.3%)

El alto porcentaje de manifestación de celo observado en ambos grupos sugiere que tanto el protocolo convencional como el protocolo J-Synch son igualmente efectivos para sincronizar el celo en vacas cebuinas y sus cruces, respaldando así su eficacia en condiciones de trópico. Esta efectividad coincide con los hallazgos de diversas investigaciones. De la Mata et al. (2013) reportaron tasas de detección de celo superiores al 65% al utilizar protocolos hormonales. Al comparar la manifestación de celo entre protocolos, Parra (2017) encontró porcentajes de detección de celo de entre el 90% y el 100% al aplicar protocolos convencionales a base de benzoato de estradiol (BE) y cipionato de estradiol (CE), respectivamente. En cuanto al protocolo J-Synch, Macagno et al. (2023) reportaron porcentajes de manifestación de celo del 85%, mientras que López (2017) obtuvo un porcentaje del 78.2%. Estos valores son ligeramente superiores a los encontrados en la presente investigación.

Por otro lado, Ittig (2020) encontró una 46.5% de manifestación de celo cuando el protocolo J-Synch (46,5%) y 74,7% cuando usó el protocolo convencional, De igual modo, Pilla-Campaña et al. (2023) encontraron porcentajes de manifestación de celo del 67% con el protocolo J-Synch y de 91% cuando uso el protocolo convencional de 8 días. Los resultados en diversos estudios, la expresión de celo con el protocolo J-Synch es moderadamente menor que el protocolo convencional. esto podría influir en la elección del protocolo de IATF, aunque no necesariamente en el porcentaje de preñez.

El comportamiento homogéneo entre protocolos indica que ambos protocolos no solo son efectivos, sino también muy confiables para lograr una sincronización del ciclo estral. Esto, a su vez, facilita la aplicación de la IATF con un alto grado de precisión y éxito, mejorando así la eficiencia reproductiva en la población estudiada y su aplicación práctica para mejorar la productividad y eficiencia de la ganadería en condiciones de trópico (Bó et al., 2016; Bó & Baruselli, 2014).

4.1.2. Presencia de celo considerando el grado de pureza de las vacas evaluadas.

El 64.5% de las vacas Gyr lechero presentaron signos de celo, en comparación con el 55.4% de las vacas cruzadas (Gyr lechero x europeo). Aunque se observa una diferencia numérica entre ambos grupos, esta diferencia no resultó ser estadísticamente significativa ($p = 0.2450$).

Tabla 6. Presencia de celo en vacas sometidas a protocolos de sincronización de celo, considerando el grado de pureza.

Grado de Sangre	Nº animales	Con celo	Sin celo
Gyr Lechero	76	49(64.5%)	27(37.5%)
Cruces Gyr lechero	83	46(55.4%)	37(44.6%)
Total	159	95(59.7%)	64(40.3%)

Los resultados demuestran que las vacas Gyr lecheras mostraron una tendencia hacia un mayor porcentaje de manifestación de celo en comparación con las vacas cruzadas; sin embargo, esta diferencia no fue lo suficientemente marcada como para ser estadísticamente significativa.

Los resultados obtenidos en esta investigación son congruentes con los reportados por Averanga Aro y Aliaga Álvarez (2019), quienes demostraron que no existe diferencia significativa en la expresión de celo al comparar protocolos en vacas Cebú y vacas cruzadas (Cebú x europeo). De manera similar, Bó et al. (2022) no encontraron diferencias significativas en la manifestación de celo al comparar el protocolo J-Synch de 7 días con los protocolos Co-Synch de 6 y 5 días en vacas cebuinas y vacas cruzadas con razas europeas. Estos hallazgos refuerzan la eficacia de los protocolos evaluados para sincronizar el celo en distintas poblaciones de ganado bajo condiciones tropicales.

La semejanza en la expresión de celo en ambos grupos podría atribuirse a factores como la homogeneidad en la respuesta hormonal y la similar adaptación de ambos grupos a las condiciones ambientales de la zona de estudio. Esto sugiere que el manejo reproductivo basado en estos métodos es igualmente efectivo para ambos tipos de ganado. Aunque la pureza genética es un factor importante en la gestión reproductiva de los hatos en condiciones tropicales, estos resultados indican que tanto las vacas Gyr puras como sus cruces responden de manera similar a los protocolos de sincronización evaluados, destacando la eficacia de estos protocolos en diferentes genotipos bajo condiciones ambientales similares.

4.1.3. Presencia de celo considerando la época/año en donde las vacas fueron evaluadas

A pesar de las variaciones numéricas observadas en la expresión de celo entre las épocas evaluadas, no se encontró una diferencia estadística significativa ($p = 0.1530$). Esto sugiere que, aunque existan fluctuaciones en los porcentajes de manifestación de celo a lo largo del tiempo, estas no son lo suficientemente marcadas como para ser consideradas relevantes desde el punto de vista estadístico.

Tabla 7. Presencia de celo en vacas Gyr lechero y sus cruces, sometidas a protocolos de sincronización celo en diferentes épocas.

Época/año	**Nº animales**	**Con celo**	**Sin celo**
Época 1	42	20(47.6%)	22(52.4%)
Época 2	28	15(53.6%)	13(46.4%)
Época 3	45	31(68.9%)	14 (31.1%)
Época 4	44	29(65.9%)	15(34.1%)
Total	159	95(59.7%)	64(40.3%)

Al parecer las vacas de las épocas 3 y 4 mostraron un mayor porcentaje de manifestación de celo (68.9% y 65.9%), respectivamente en comparación con los periodos 1 y 2 (47.6% y 53.6%) respectivamente, Sin embargo, no se encontró diferencia estadística significativa entre grupos (p=0.1530).

Las diferencias numéricas observadas en la expresión de celo pueden atribuirse a factores como el manejo de los animales en cada época y a condiciones ambientales imprevistas (Dobson y Smith, 2000; Huber et al., 2020). Estas variaciones no necesariamente indican una verdadera diferencia en la eficiencia de los protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF). Además, es probable que el número de animales utilizados en cada periodo de estudio no sea lo suficientemente grande para determinar diferencias estadísticas significativas entre las épocas de evaluación.

Cabe destacar que la respuesta individual de cada vaca tuvo una influencia considerable, incluso mayor que la época misma del estudio (Sartori et al., 2013; Baruselli et al., 2004; Galina et al., 2021). Por lo tanto, es crucial considerar factores como la condición corporal, la alimentación, la genética, el manejo y las condiciones ambientales al iniciar los protocolos de IATF (Cardoso et al., 2020; Smith et al., 2013; de la Mata et al., 2015).

4.1.4. Presencia de celo considerando la presencia del cuerpo lúteo al inicio de los protocolos de sincronización evaluados.

De las 65 vacas que presentaron cuerpo lúteo al inicio del protocolo, el 64.6% manifestaron celo, mientras que de las 94 vacas que no presentaron cuerpo lúteo al inicio del protocolo, el 56.4% manifestaron celo. El análisis estadístico indica que no hay una diferencia significativa en la manifestación de celo entre los grupos con cuerpo lúteo presente y aquellos sin cuerpo lúteo al inicio del protocolo de IATF ($p = 0.2980$). Esto sugiere que la presencia o ausencia del cuerpo lúteo en uno de los ovarios no influye de manera estadísticamente relevante en la capacidad de las vacas para expresar celo durante el protocolo de sincronización.

Tabla 8. Presencia de celo en vacas Gyr lechero y sus cruces, sometidas a protocolos de sincronización del ciclo estral, considerando la presencia o ausencia de cuerpo lúteo al inicio del protocolo de IATF.

Estructura ovárica	Nº animales	Con celo	Sin celo
Con cuerpo lúteo	65	42(44.2%)	23(35.9%)
Sin cuerpo lúteo	94	53(55.8%)	41(64.1%)
Total	159	95(59.7%)	64(40.3%)

La presencia de cuerpo lúteo no es un factor determinante en la expresión de celo dentro de este contexto. Esto puede indicar que otros factores, posiblemente relacionados con la individualidad de cada animal, tienen una mayor influencia en la respuesta al protocolo de sincronización. La presencia de un cuerpo lúteo antes del inicio del protocolo de IATF podría implicar que la vaca se encuentra ciclando lo que podría favorecer en la sincronización de ciclo estral de las vacas, pero en el estudio demuestra que tanto las vacas con presencia o ausencia de cuerpo lúteo responden al protocolo de IATF con una manifestación de celo similar. Esto hace indicar que los protocolos utilizados en el estudio son eficaces para sincronizar celo en presencia o ausencia de cuerpo lúteo al inicio de protocolo de IATF, siendo esto de vital importancia para asegurar un porcentaje de sincronización uniforme de celo en un grupo de animales con características fisiológicas y reproductivas diferentes. Aunque la presencia de cuerpo lúteo no parece influir directamente en la manifestación de celo, es esencial considerar la presencia de

cuerpo lúteo al inicio de los protocolos de IATF ya que indica están en un estado reproductivo optimo y que podría influir de manera significativa en la preñez (Cardoso et al., 2020; Smith et al., 2013). Es fundamental considerar que las condiciones ambientales, y la variabilidad genética dentro de la población estudiada (Sartori et al., 2013; Baruselli et al., 2004) y la interacción de estos factores puede haber enmascarado cualquier efecto potencial del cuerpo lúteo.

4.2. Porcentaje de preñez.

4.2.1. Porcentaje de Preñez considerando los dos protocolos de IATF evaluados.

De las 159 vacas inseminadas, el 40.9% resultaron preñadas. Al analizar los protocolos de IATF, el protocolo J-Synch presentó un porcentaje de preñez ligeramente superior (42.5%) en comparación con el protocolo convencional (39.2%). Sin embargo, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre ambos protocolos (p = 0.6759), Tabla 9

Tabla 9. Preñez en vacas Gyr Lechero y sus cruces bajo dos protocolos de IATF

Tratamiento	Nº animales	Preñadas	No preñadas
Convencional	79	31(39.2%)	48(60.8%)
J-Synch	80	34(42.5%)	46(57.5%)
Total	159	65(40.9%)	94(59.1%)

Los resultados obtenidos en esta investigación son consistentes con los reportados por Reineri et al. (2020), quienes observaron porcentajes de preñez del 44.28% y 42.48% para el protocolo J-Synch de 6 días y el protocolo convencional de 7 días, respectivamente. Sin embargo, estos resultados son ligeramente inferiores a los obtenidos por De la Mata y Bó (2012), quienes reportaron porcentajes de preñez del 50% y 57% al utilizar el protocolo J-Synch y el protocolo Co-Synch de 5 días, respectivamente. Asimismo, se encuentran por debajo de los reportados por Pilla-Campaña et al. (2023), quienes alcanzaron porcentajes de preñez del 56% y 54% entre el protocolo J-Synch de 6 días y el protocolo convencional de 8 días, respectivamente.

En el contexto de la selva alta de San Martín, la efectividad de los protocolos de IATF puede verse influenciada por diversos factores ambientales y de manejo aplicados antes, durante y después del desarrollo de los protocolos. Además, es crucial considerar aspectos como

la condición corporal de los animales y su manejo nutricional durante el proceso de sincronización (Cardoso et al., 2020; Díaz et al., 2020) para lograr resultados más consistentes y confiables.

Si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los protocolos evaluados, el protocolo J-Synch podría ofrecer ciertas ventajas en situaciones donde se requiere un control más preciso del tiempo de manifestación del celo (Bó et al., 2016; Bó et al., 2018). Sin embargo, para recomendar de manera concluyente su uso sobre el protocolo convencional, se necesitarían estudios adicionales con un mayor número de animales, así como un análisis exhaustivo de los factores económicos y de manejo involucrados.

Aunque no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los protocolos, el J-Synch podría ofrecer ventajas en situaciones donde se busca un control más preciso del tiempo de manifestación del celo (Bó et al., 2016; Bó et al., 2018). No obstante, para recomendar su uso sobre el protocolo convencional, se necesitarían más estudios con un mayor número de animales y un análisis exhaustivo de aspectos económicos y de manejo.

El éxito de cualquier protocolo de sincronización depende no solo de las características del protocolo en sí, sino también de su correcta implementación, la selección adecuada de las vacas y la adaptación a las condiciones locales. La elección del protocolo debe basarse en una evaluación integral que considere todos estos factores y que se ajuste a las necesidades específicas de cada explotación ganadera.

4.2.2. Porcentaje de Preñez considerando el grado de pureza de las vacas evaluadas.

De 80 vacas Gyr lechero sometidas a protocolos de IAT El 48.7% lograron quedar preñadas, mientras que de 79 vacas cruzadas (Gyr lechero x europeo) sometidas a IATF solo un 33.7% lograron confirmar preñez. Aunque se observó una diferencia numérica notable entre los grupos raciales, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0.0555$). Esto indica que, si bien las vacas Gyr lechero parecen tener una mayor respuesta en términos de porcentaje de preñez, dicha diferencia no es suficiente para ser concluyente desde el punto de vista estadístico.

Tabla 10. Preñez en vacas sometidas a protocolos de sincronización de celo, considerando el grado de pureza

Tratamiento	Nº animales	Preñadas	No preñadas
Gyr Lechero	76	37(48.7%)	39(51.3%)
Cruces Gyr lechero	83	28(33.7%)	55(66.3%)
Total	159	65(40.9%)	94(59.1%)

Los resultados muestran que las vacas Gyr lechero alcanzaron un porcentaje de preñez superior al de las vacas cruzadas. El valor de p (0.0555), que se encuentra muy próximo al umbral de significancia comúnmente aceptado (0.05), sugiere una tendencia hacia una mayor preñez en el grupo Gyr lechero. Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa, lo cual implica que la variación observada podría deberse a múltiples factores y no necesariamente a diferencias inherentes entre los grupos raciales. Esto subraya la necesidad de considerar otras variables, como el manejo reproductivo y las condiciones ambientales, antes de atribuir el resultado únicamente a las características raciales.

La diferencia del porcentaje de preñez entre grupos raciales, podría estar relacionado con la variabilidad genética de las vacas cruzadas, además a la adaptabilidad de la raza Gyr lechero a las condiciones específicas del entorno de la selva alta de la región San Martín. Demostrando que las vacas Gyr lechero pueden tener una mayor predisposición o mejor adaptación a los protocolos de sincronización de celo utilizados en este estudio.

Es importante considerar que la eficacia de los protocolos de sincronización puede verse influenciada por factores como ambientales, además de factores de manejo que pueden recibir los animales al momento del desarrollo de los protocolos de (Cardone et al., 2022). Las vacas Gyr lechero, al ser una raza adaptada a condiciones específicas, podrían estar mejor preparadas para enfrentar las variaciones ambientales en comparación con las vacas cruzadas (Ledic, 2013; Torres-Júnior et al., 2008). La genética de las vacas también puede jugar un papel crucial en la tasa de preñez (Rocha et al., 1998).

4.2.3. Porcentaje de preñez considerando la época/año en donde las vacas fueron evaluadas.

A pesar de las variaciones numéricas observadas en el porcentaje de preñez entre las distintas épocas, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa (p = 0.9171). Esto sugiere que, aunque existen fluctuaciones en los porcentajes de preñez entre épocas, estas no son lo suficientemente marcadas como para ser consideradas relevantes desde un punto de vista estadístico, como se observa en la Tabla 11.

Tabla 11. Preñez en vacas Gyr lechero y sus cruces, sometidas a protocolos de sincronización celo en diferentes periodos.

Época/año	Nº animales	Preñada	No Preñada
Época 1	42	16(38.1%)	26(61.9%)
Época 2	28	12(42.9%)	16(57.1%)
Época 3	45	20(44.4%)	25(55.6%)
Época 4	44	17(38.6%)	27(61.4%)
Total	159	65(40.9%)	94(59.1%)

. Estos resultados indican que las variaciones estacionales pueden no tener un impacto significativo en la eficacia de los protocolos de IATF en las condiciones evaluadas.

Los resultados indican que en la época 3 se alcanzó el porcentaje de preñez más alto, con un 44.4%, mientras que las épocas 1 y 4 mostraron los porcentajes más bajos, con 38.1% y 38.6%, respectivamente. La época 2 se ubicó en un nivel intermedio, con un 42.9% de preñez. Aunque estas diferencias numéricas entre periodos sugieren variaciones en los resultados, no lograron demostrar una diferencia estadística significativa entre épocas.

Estos hallazgos son similares a los reportados por Taponen (2009), quien encontró porcentajes de preñez del 53.3% y 49.1% en estudios de IATF realizados en verano e invierno, respectivamente. Sin embargo, investigaciones más recientes, como las de Xie et al. (2024), han demostrado que la preñez puede verse influenciada por la temporada en la que se realizan los

procedimientos de IATF, y esta variabilidad es aún mayor en el caso de transferencia de embriones producidos mediante fertilización in vitro.

La ligera variación en los porcentajes de preñez en las épocas de estudiados podría indicar que la eficacia de los protocolos de IATF, puede verse afectada por factores temporales asociados con cada época, además de los factores propios de cada animal o factores de grupo que también puede influir en los porcentajes de preñez.

Los factores ambientales, como la temperatura y la humedad, pueden influir significativamente en la eficacia de los protocolos de IATF, por lo que es esencial considerarlos en el manejo reproductivo (De Rensis & Scaramuzzi, 2003; Hansen, 2007). Además, la variabilidad en el tamaño de la muestra entre épocas puede afectar la interpretación de los resultados, ya que esta diversidad influye en la precisión de las estimaciones. Por ejemplo, en el periodo 3 se contó con una mayor cantidad de animales (45), mientras que en el periodo 2 se tuvo un número menor (28), lo que limita la consistencia de los hallazgos y reduce la confiabilidad de las comparaciones entre épocas.

4.2.4. Porcentaje de preñez considerando la presencia del cuerpo lúteo al inicio de los protocolos de sincronización evaluados.

De los 65 animales con cuerpo lúteo, el 56.9% logró quedar preñadas, por otro lado, de 94 vacas que no presentaron cuerpo lúteo al inicio del protocolo, solo lograron quedar preñadas un 29.8%. Estos resultados sugieren que la presencia de cuerpo lúteo al inicio del protocolo es un factor determinante en la preñez. Estos resultados indican que existen una diferencia altamente significativa en los porcentajes de preñez según la ciclicidad ovárica de las vacas tratadas (P = 0.0006).

Tabla 12 Preñez en vacas Gyr lechero y sus cruces sometidas a protocolos de sincronización, según la presencia de cuerpo lúteo al inicio del tratamiento.

Estructura ovárica	Nº animales	Preñadas	No preñadas
Con cuerpo lúteo	65	37(56.9%) [a]	28(43.1%)
Sin cuerpo lúteo	94	28(29.8%) [b]	66(70.2%)
Total	159	65(40.9%)	94(59.1%)

Esta diferencia estadísticamente significativa podría estar relacionada con la falta de actividad cíclica en las vacas sin cuerpo lúteo, lo que limita su capacidad para responder adecuadamente al tratamiento hormonal y disminuye las probabilidades de éxito reproductivo. El porcentaje preñez en vacas con cuerpo lúteo es significativamente mayor en comparación con aquellas sin esta estructura ovárica

Los resultados confirman que la presencia de cuerpo lúteo es un factor clave para el éxito reproductivo en programas de IATF, lo que indica que la ciclicidad ovárica influye positivamente en la fertilidad. Esto resultados son respaldados por estudiados realizados por (Baruselli et al., 2018; Bó & Baruselli, 2014). donde demuestran que vacas con actividad cíclica tienen mejores resultados en cualesquiera programas de IATF.

El cuerpo lúteo al inicio del protocolo de IATF hace indicar que la vacas están ciclando con concentración hormonal adecuada además el ambiente uterino está preparado para el proceso de fertilización e implantación embrionaria; reforzando de esa manera la importancia de realizar evaluaciones ginecológicas previas al tratamiento hormonal.

El bajo porcentaje de preñez en animales sin cuerpo lúteo subraya la necesidad de realizar ajustes adicionales en el manejo reproductivo de vacas en anestro o con problemas de ciclicidad. Estrategias como la mejora en la alimentación y el uso de tratamientos hormonales específicos para inducir la ciclicidad pueden incrementar los porcentajes de preñez. Es fundamental realizar una selección rigurosa de las vacas antes de aplicar protocolos de IATF, ya que el estado ovárico impacta significativamente en el éxito del proceso. Estos resultados son valiosos para optimizar los protocolos reproductivos en razas adaptadas a condiciones tropicales, como el Gyr lechero, que suelen enfrentar desafíos en cuanto a la ciclicidad ovárica y el rendimiento reproductivo. Por lo tanto, es necesario considerar la ciclicidad al momento de seleccionar animales para la IATF (Toro-Ospina et al., 2023).

4.2.1. Relación entre la manifestación de celo y porcentaje de preñez.

El 34% de las vacas que manifestaron celo lograron quedar preñadas, mientras que solo el 6.9% de las vacas que no manifestaron celo de celo alcanzaron la preñez. Estos resultados evidencian una relación altamente significativa entre la manifestación de celo y el porcentaje de preñez en vacas tratadas con protocolos de IATF (p= 0.0001).

Tabla 13. Relación entre la manifestación de celo y porcentaje de preñez en vacas sometidas a protocolos de IATF.

Preñada/no preñada	Nº animales	Con celo	Sin celo
Preñadas	65	54(34.0%) [a]	11(6.90%) [b]
No preñadas	94	41(25.8%) [a]	53(55.8%) [b]
Total	159	95(59.7%)	64(40.3%)

Los resultados reflejan que la manifestación de celo es un indicador confiable de la adecuada respuesta ovárica a los protocolos de IATF. Este hallazgo podría estar relacionado con la actividad hormonal y la ciclicidad ovárica.

Las vacas que muestran signos de celo generalmente tienen una adecuada función del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, lo que favorece la sincronización de la ovulación y la implantación embrionaria posterior a la inseminación (Diskin & Morris, 2008; Santos et al., 2004). Por otro lado, el bajo porcentaje de preñez en vacas que no manifestaron celo podría atribuirse a una falta de respuesta ovárica adecuada, posiblemente relacionada con anovulación o baja actividad lúteal, lo cual reduce las chances de quedar preñada cuando se utiliza protocolos de IATF (Wiltbank et al., 2016; Demetrio et al., 2007).

Es probable que las vacas no quedaron preñadas requieren tratamientos adicionales que promuevan la actividad ovárica previa al protocolo de IATF, la administración de suplementos hormonales, evaluación ecográfica previa del estado ovárico (presencia de cuerpo lúteo) puede mejorar la tasa de éxito reproductivo (Bó et al., 2003; Wiltbank et al., 2006). Además, se es necesario considerar ajustes en el manejo nutricional, ya que vacas con deficiencias en la alimentación o condición corporal baja tienden a una baja respuesta a los protocolos de IATF (Santos et al., 2004).

4.3. Influencias de las variables ambientales en el porcentaje de preñez.

4.3.1. Influencia de las variables ambientales durante el año

En la Tabla 14 se presentan los datos ambientales recolectados durante el periodo de investigación, de septiembre de 2021 a agosto de 2022. En este periodo, se registró una temperatura ambiental promedio de 26 °C, una humedad relativa media del 81.3% y un ITH de 76

Tabla 14. Temperatura ambiental (C), humedad relativa (%) e índice de temperatura-humedad (ITH), mínima, media y máxima de setiembre del 2021 a agosto del 2022.

	Temperatura (C)			**Humedad Relativa (%)**			**ITH**		
Mes	**Min**	**Media**	**Max**	**Min**	**Media**	**Max**	**Min**	**Media**	**Max**
Setiembre	19.6	26.0	36.9	37.0	80.0	100.0	67.0	76.0	87.0
Octubre	20.2	26.9	37.5	40.0	80.2	100.0	68.4	77.6	90.2
Noviembre	20.0	27.0	36.7	43.0	77.2	100.0	68.0	77.0	86.7
Diciembre	20.6	27.2	36.4	42.0	78.6	100.0	69.1	77.5	87.3
Enero	20.7	26.5	36.0	37.0	79.2	100.0	69.3	76.5	82.5
Febrero	20.1	26.7	35.6	37.0	79.4	100.0	68.2	77.0	85.4
Marzo	19.9	25.3	34.3	49.0	86.8	100.0	67.8	75.7	84.9
Abril	20.5	25.4	32.7	55.0	87.1	100.0	68.9	76.0	84.9
Mayo	19.8	25.0	33.2	51.0	86.6	100.0	67.3	75.2	84.5
Junio	17.2	24.3	32.8	49.0	85.9	100.0	63.0	73.8	83.0
Julio	19.3	26.0	35.0	42.0	79.5	100.0	66.7	75.7	83.8
Agosto	14.8	25.2	36.1	31.0	74.8	100.0	58.6	73.6	84.6
Total	19.4	26.0	35.3	42.8	81.3	100.0	66.9	76.0	85.4

Estos indicadores ambientales resultan relevantes, ya que pueden influir en los resultados reproductivos y la manifestación de celo en las vacas Gyr lechero y sus cruces bajo protocolos de IATF, al tratarse de factores que afectan la regulación térmica y el confort de los animales.

La temperatura y humedad relativa observadas pueden tener implicaciones significativas sobre la fisiología del ganado, especialmente en relación con la termorregulación y el estrés por calor. El ITH, que es un indicador clave del estrés por calor, mostró valores promedios altos en todo el período, con un máximo en octubre (77.6) y un mínimo en junio (73.8). Los meses de octubre y diciembre son de particular interés debido a los picos en el ITH máximo, superaron los 87, lo que indica que las vacas podrían haber experimentado un estrés térmico severo, afectando potencialmente la eficiencia reproductiva y la producción láctea (Roth, 2020; Díaz et al., 2020).

Analizando los valores de ITH promedio en los meses del año, se mantuvo en niveles considerados críticos, indicando que el ganado en estudio estuvo sometido a condiciones de estrés térmico en toda la investigación; evento que puede disminuir el potencial de reproductivo de las hembras bovinas (Mellado et al., 2012).

La exposición prolongada a temperaturas y niveles de humedad altos puede influir negativamente en la manifestación del celo y la tasa de preñez en el ganado bovino (Gutiérrez Abad, 2018; Hansen, 2009; Nasser et al., 2004; López et al., 2016). Esto es particularmente relevante en el contexto de estudios sobre la IATF, donde las condiciones ambientales extremas pueden reducir la eficiencia de los protocolos de sincronización (Roman-Ponce et al., 1978; Rivera et al., 2001). Por lo tanto, es fundamental considerar estos factores al analizar los resultados de los protocolos de IATF y las tasas de preñez en diferentes épocas del año. En el presente estudio, aunque los animales estuvieron sometidos a cierto nivel de estrés térmico, es probable que esto no haya influido significativamente, ya que las razas de sangre Bos índicus, como las utilizadas en esta investigación, poseen una mayor capacidad de termorregulación bajo condiciones de calor (Da Costa et al., 2015; Rocha et al., 1998).

4.3.2. Influencia del ITH 42 días antes a 31 días después de la IATF

En la Tabla 15, se presentan valores de ITH máximo, mínimo y promedio correspondientes a las cuatro épocas. Los valores considerados fueron correspondiente a 41 días antes del servicio de IATF hasta 31 días después del servicio, este intervalo incluye fases importantes del ciclo reproductivo de las vacas, como la fase previa, sincronización del ciclo estral, inseminación, fertilización hasta los días iniciales de la gestación, donde el estrés térmico puede influir considerablemente en la eficiencia reproductiva de las vacas.

Tabla 15. Relación entre el índice de temperatura y humedad (ITH) y los porcentajes de celo y preñez en diferentes épocas de sincronización de celo en vacas Gyr Lechero.

Época/año	ITH Mínimo	ITH Promedio	ITH Máximo	Desviación estándar	%Celo	% Preñez
Época Nº 1	67.8	76.9	90.2	4.5	47.6	38.1
Época Nº 2	67.8	76.5	85.4	4.0	53.6	42.9
Época Nº 3	59.0	74.7	84.9	4.6	68.9	44.9
Época Nº 4	58.6	75.3	86.6	5.2	65.9	38.6

Los valores de ITH en cada época oscilan entre un mínimo de 58.6 y un máximo de 90.2. Según la literatura, un ITH superior a 72 ya indica condiciones de estrés térmico moderado en ganado bovino, lo que puede afectar negativamente la fisiología reproductiva (Hansen, 2019).

El ITH afectó tanto la manifestación de celo como las tasas de preñez en las vacas sometidas a protocolos de IATF. Se observa que en las épocas con ITH promedio de 76 como en la época 1 (76.9) y época 2 (76.5), la expresión de celo es relativamente baja (47.6% y 53.6%,) respectivamente. Estos resultados indican que el estrés térmico tiene un impacto negativo en la manifestación de celo, posiblemente debido a alteraciones en la secreción hormonal, como una reducción en los niveles de estradiol. El estrés térmico puede interferir con la capacidad del hipotálamo para liberar GnRH de manera adecuada, lo que a su vez afecta la liberación de LH necesaria para la ovulación y la expresión completa del celo (Díaz et al., 2020; Roth, 2020).

Asimismo, los porcentajes de preñez son más bajas en las mismas épocas (38.1% y 42.9%), lo que refleja que el estrés térmico también influye en la calidad del ovocito, la fertilización y la supervivencia del embrión en los primeros días de gestación; se ha demostrado que un ITH elevado reduce la funcionalidad del cuerpo lúteo, disminuyendo la producción de progesterona, hormona clave para el mantenimiento de la gestación en sus primeras etapas. (Lacetera, 2019; Rhoads et al., 2009

Por otro lado, en la época 3, donde el ITH promedio fue de 74.7, se observó una mejora significativa en la expresión de celo (68.9%) y porcentaje de preñez (44.9%), lo que permite afirmar que un ambiente térmico más favorable mejora la respuesta reproductiva. Esto es debido a que el estrés térmico es menor y permitiendo mejorar los mecanismos endocrinos, como la secreción de estradiol y la respuesta del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, funcionan de manera más eficiente, facilitando la ovulación y la concepción. (Mader et al., 2006; West, 2003).

En la época 4 se observa una situación interesante: a pesar de un ITH moderado de 75.3 y un alto porcentaje de celo (65.9%), la tasa de preñez es relativamente baja (38.6%). Esta discrepancia podría estar asociada a fluctuaciones térmicas durante el periodo post-servicio, así como a otros factores de manejo que podrían influir en la calidad del folículo ovulatorio, la funcionalidad del cuerpo lúteo o la eficiencia en la implantación embrionaria (Khodaei-Motlagh et al., 2011). Estos hallazgos sugieren que, además de los niveles de ITH, la estabilidad térmica y otros factores fisiológicos desempeñan un papel crucial en el éxito reproductivo, influyendo potencialmente en la eficacia de los protocolos de sincronización y en los resultados de preñez en el ganado.

Valores elevados de ITH (>76) tienen un efecto adverso sobre la expresión de celo y la preñez, debido a los efectos del estrés térmico en la función hormonal y la calidad del ovocito y del cuerpo lúteo. Un ambiente térmico más favorable, con ITH cercanos a 74, parece mejorar las respuestas reproductivas, aunque factores adicionales como la estabilidad térmica y la funcionalidad del cuerpo lúteo también deben ser considerados para optimizar el éxito de los protocolos de IATF en ambientes tropicales (Polsky & von Keyserlingk. 2017).

4.3.3. Influencia del ITH considerando siete periodos de desarrollo de la IATF.

La tabla 16, se presenta la influencia del estrés asociado al ITH en la manifestación de celo y el porcentaje de preñez en vacas Gyr y cruces sometidas a dos protocolos de sincronización. Donde se evalúan los niveles de estrés en diferentes periodos, medidos en horas y porcentajes, y se correlacionan con los porcentajes de celo y preñez observados en cada protocolo.

Los datos están organizados en cuatro secciones, cada una correspondiente a las 4 épocas de desarrollados la investigación. En cada caso se detallan las horas y porcentajes de tiempo que los animales estuvieron expuestos a condiciones de estrés en siete periodos específicos. Además, se incluye el porcentaje de animales que mostraron celo y el porcentaje de preñez.

Tabla 16. Influencia del Estrés por ITH en la Manifestación de Celo y Preñez en Vacas Bajo Protocolos J-Synch y PC-9

Época	Protocolo	Nº de horas y porcentaje tiempo que los animales estuvieron sometidos a estrés								
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	Periodo 7	% Celo	% Preñez
1	J-Synch (1)	866 (88%)	447 (93.1%)	41 (85.4%)	19 (79.2%)	72 (100%)	468 (92.9%)	696 (93.5%)	47.62% p=0.82	42.86% p=0.51
	PC-9 (1)	866 (88%)	442 (92.1%)	43 (89.6%)	24 (100%)	72 (100%)	468 (92.9%)	689 (92.6%)	47.62% p=0.82	33.3% p= 0.12
2	J-Synch (2)	899 (91.4%)	427 (89.0%)	38 (79.2%)	24 (100%)	67 (93.1%)	473 (93.8%)	663 (89.1%)	46.67% p=0.8	40.0% p=0.43
	PC-9(2)	901 (91.6%)	437 (91%)	48 (100%)	24 (100%)	68 (94.4%)	474 (94%)	682 (91.7%)	61.54% p=0.4	46.15% p=0.78
3	J-Synch (3)	818 (83.1%)	397 (82.7%)	31 (64.6%)	18 (75%)	58 (88.6%)	369 (73.2%)	512 (68.8%	63.65% p=0.20	45.45% p=0.66
	PC-9 (3)	814 (82.7%)	392 (82%)	38 (79.2%)	22 (91.7%)	55 (76.4%)	353 (70%)	501 (67.3%)	73.91% p=0.022	43.48% p=0.53
4	J-Synch (4)	686 (69.7%)	302 (62.9%)	32 (66.7%)	8 (33.3%)	44 (61.1%)	367 (72.8%)	548 (73.7%)	77.21% p=0.021	40.91% p=0.39
	PC-9(4)	673 (68.4%)	285 (59.4%)	22 (45.8%)	14 (58.3%)	51 (70.8%)	380 (75.4%)	556 (74.7%)	54.55% p=0.7	35.36% p=0.20

Los animales estuvieron en estrés por periodos largos de tiempo, variando desde un 33.3% en el periodo 4 del protocolo J-Synch (4) hasta un 100% en varios periodos. Estos altos porcentajes de tiempo bajo estrés están asociados con ITH elevados (Polsky & von Keyserlingk. 2017; Al-Katanani et al., 1999)

El porcentaje de celo varía en los diferentes periodos y protocolos, pero una observación clave es que en general, cuando las vacas estuvieron con niveles moderados de estrés, se observó una mayor manifestación del celo. Por ejemplo, en el periodo 4 del protocolo J-Synch de la época 4, las vacas estuvieron estrés el 33.3% del tiempo y alcanzaron un porcentaje de celo del 77.21% (p=0.021). Esta tendencia es consistente en otros periodos con niveles reducidos de estrés, indicando que el estrés térmico influye directamente en la capacidad de las vacas para expresar celo de manera adecuada (Díaz et al., 2020; Lacetera, 2019; Rhoads et al., 2009)

En contraste, en periodos con niveles más altos de estrés, como el periodo 1 con el protocolo J-Synch de la época 1, donde las vacas estuvieron en estrés el 88% del tiempo, el porcentaje de celo fue significativamente más bajo (47.62%, p=0.82). Esta diferencia en la manifestación del celo parece estar relacionada con el efecto negativo del estrés térmico sobre la regulación hormonal del ciclo estral, que inhibe la expresión visible del celo (Cardone et al. 2022; Rhoads et al., 2009)

El impacto del estrés sobre el porcentaje de preñez es menos evidente en comparación con el celo. En varios periodos, los altos niveles de estrés no necesariamente condujeron a una reducción significativa en la preñez. Por ejemplo, en el periodo 6 del protocolo J-Synch de la época 1, donde las vacas estuvieron bajo estrés el 92.9% del tiempo, el porcentaje de preñez fue de 42.86% (p=0.51). A pesar del alto nivel de estrés, la tasa de preñez no fue considerablemente baja en comparación con otros periodos con menor estrés, esto es debido que la preñez también puede estar influenciado por otros factores como el metabolismo, la fisiología y enfermedades (Lucy. 2019). Es importante recalcar que los animales con sangre de origen Bos índicus, como el Gyr lechero, poseen una mejor capacidad de termorregulación en condiciones de estrés por calor, lo que les permite mantener una mayor eficiencia reproductiva bajo temperaturas elevadas (Rhoads et al., 2009; Silva et al., 2013).

Sin embargo, en algunos casos en los que la reducción del estrés parece haber favorecido un mejor desempeño reproductivo. En el periodo 3 del protocolo PC-9 de la época 3,

con 79.2% de tiempo en estrés, el porcentaje de preñez fue de 43.48% (p=0.53), aunque no es estadísticamente significativo, muestra una tendencia hacia mejores resultados en comparación con otros periodos de mayor estrés (Mader et al., 2006; West, 2003; Schuller et al., 2014).

Cuando comparamos los protocolos (J-Synch y PC-9), es evidente que ambos reaccionan de manera diferente al estrés térmico. En general, el protocolo J-Synch parece ser más resistente a los efectos negativos del estrés, con un porcentaje de celo y preñez más estable en varios periodos, incluso bajo condiciones de alto estrés. Por ejemplo, en el periodo 7 del protocolo J-Synch de la época 4, las vacas estuvieron bajo estrés el 73.7% del tiempo, pero el porcentaje de preñez alcanzó solo un 40.91% (p=0.39), lo que muestra una capacidad de recuperación razonable a pesar del estrés térmico, esto es debido que el protocolo J-Synch por tener un proestro prolongado permite un mejor desarrollo del folículo dominante que puede dar paso a un ovulo con mejor condiciones de ser fertilizado, lograr su implantación y permitir un gestación segura (De la Mata 2016; Bó et al. (2022)

Por otro lado, el protocolo PC-9 muestra una mayor variabilidad en la respuesta a las condiciones de estrés, con algunos periodos en los que las tasas de preñez son significativamente más bajas. En el periodo 4 del protocolo PC-9 de la época 4, a pesar de un 58.3% de tiempo en estrés, la tasa de preñez fue solo del 35.36% (p=0.20). Esto sugiere que la implementación del protocolo PC-9 podría ser más susceptible a las variaciones en el ITH, afectando de manera negativa los resultados reproductivos en vacas bajo condiciones de alto estrés, esto se debe que la administración de sales de estradiol al momento del retiro del dispositivo induce una retroalimentación positiva sobre la GnRH, lo que aumenta la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH, estimulando la ovulación en un corto período y por el efecto del estrés térmico el folículo no se desarrolla en su totalidad afectando en la fertilización (Stevenson et al., 2016)

Este análisis refuerza la importancia de implementar estrategias de manejo que reduzcan el estrés térmico en los animales para optimizar los resultados reproductivos, particularmente en sistemas de producción en zonas tropicales. Es necesario aumentar el número de observaciones con la finalidad de disminuir la variabilidad en los datos, lo que permite obtener estimaciones más precisas en relación entre el estrés y la respuesta reproductiva de las vacas.

V. CONCLUSIONES.

Los protocolos de sincronización evaluados (convencional y J-Synch) mostraron respuestas similares en cuanto al porcentaje de expresión de celo (59.5% y 60%) y porcentaje de preñez (39.2% y 31.8%), respectivamente, lo que indica que ambos son eficaces para su uso en IATF.

Los dos protocolos estudiados mostraron comportamientos similares en el porcentaje de expresión de celo con 59.5% protocolo convencional y 60% para el protocolo J-Synch. Estos resultados indican que ambos protocolos son igualmente adecuados para la inducción de celo en vacas Gyr lecheras y sus cruces en la selva de la región de San Martín.

Ambos protocolos mostraron respuestas similares en el porcentaje de preñez, con un 39.2% para el protocolo convencional y un 42.5% para el protocolo J-Synch. Estos resultados sugieren que los dos protocolos son igualmente recomendables para su aplicación en vacas Gyr lecheras y sus cruces en la selva de la región de San Martín.

Cuando el ITH fue superior a 76, se observó un efecto negativo en los porcentajes de expresión de celo (47.2% y 47.6%) y porcentaje de preñez (42.9% y 33.3%). El protocolo J-Synch fue ligeramente superior en el porcentaje de preñez.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar evaluaciones reproductivas previas, especialmente la presencia de cuerpo lúteo al inicio de los protocolos, para mejorar los porcentajes de preñez en la IATF

Implementar medidas de enfriamiento o prácticas de manejo para reducir el impacto del calor, especialmente en períodos críticos de ITH.

En zonas o épocas de alta temperatura y humedad, priorizar el uso del protocolo J-Synch, ya que mostró una ligera ventaja en situaciones de estrés térmico.

Se sugiere llevar a cabo investigaciones adicionales para analizar la interacción entre el ITH y otras variables reproductivas, con el objetivo de adaptar los protocolos de IATF de forma más precisa a las condiciones ambientales de la región.

VII. REFERENCIAS

Adams, G. P., & Singh, J. (2021). Ovarian follicular and luteal dynamics in cattle. *Bovine* reproduction, (Pp 292-323).

Adams, G. P., & Jaiswal, R. (2008). Follicular dynamics in cattle: historical overview and research update.

Al-Katanani, YM, Webb, DW y Hansen, PJ (1999). Factores que afectan la variación estacional en la tasa de no retorno al primer servicio a los 90 días en vacas Holstein lactantes en un clima cálido. Revista de ciencia láctea, 82 (12), (Pp 2611-2616).

Armstrong, D. (1994. Heat) Stress Interaction with Shade and Cooling. Journal of Dairy Science, 77(7), 2044-2050. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6

Ayres, H., Martins, C. M., Ferreira, R. M., Mello, J. E., Dominguez, J. H., Souza, A. H., ... & Baruselli, P. S. (2008). Effect of timing of estradiol benzoate administration upon synchronization of ovulation in suckling Nelore cows (Bos indicus) treated with a progesterone-releasing intravaginal device. Animal Reproduction Science, 109(1-4), (Pp 77-87).

Baruselli, P. S., Sales, J. N. S., Sala, R. V., Vieira, L. M., & Sá Filho, M. F. D. (2018). History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. Animal Reproduction (AR), 9(3), (Pp 139-152).

Baruselli, P. S., Reis, E. L., Marques, M. O., Nasser, L. F., & Bó, G. A. (2004). The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrous beef cattle in tropical climates. Animal reproduction science, 82, (Pp 479-486).

Baldrighi, J. M., Sá Filho, M. F. D., Siqueira, A. F., Visintin, J. A., Baruselli, P. S., & Assumpção, M. E. O. A. (2022). Temporal evaluation of follicular dynamics and endocrine patterns of Holstein (Bos taurus), Gir (Bos indicus), and Murrah (Bubalus bubalis) heifers kept under the same nutritional, management and environmental conditions. Theriogenology, 190, (Pp 8-14).

Bates, G. W., & Bowling, M. (2013). Physiology of the female reproductive axis. Periodontology 2000, 61(1), (Pp 89-102).

Bó, G. A., Cutaia, L., Brogliatti, G. M., Medina, M., Tríbulo, R., & Tríbulo, H. (2001). Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado bovino utilizando progestágenos y estradiol. In Resúmenes Cuarto Simposio Internacional de Reproducción Animal, Huerta Grande, Córdoba (Pp. 117-136).

Bó G.A. y Baruselli P.S. (2002) a. Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en el Ganado Bovino en Regiones Subtropicales y Tropicales. Capítulo XXXI. En: Avances en la Ganadería doble propósito, C. González- Stagnaro, Eleazar Soto Belloso y Lílido Ramírez Iglesia (Editores); Fundación Girarz, Maracaibo, Venezuela, (Pp. 499 – 514).

Bó G.A., Baruselli P.S., Moreno D., Cutaia L., Caccia M., Tríbulo R., Tríbulo H. and Mapletoft R.J. (2002) b. The control of follicular wave development for self - appointed embryo transfer programs in cattle. Theriogenology; 57: (Pp 53 – 72).

Bó, G. A., Baruselli, P. S., & Mapletoft, R. J. (2018). Synchronization techniques to increase the utilization of artificial insemination in beef and dairy cattle. Animal Reproduction (AR), 10(3), (Pp 137-142).

Bó GA, Pinargote L., Bernal B., Mendoza B., Ocampo V., Cedeño AV (2022) 184 Características foliculares y tasas de preñez en vacas lactantes Bos indicus sincronizadas con protocolos a base de estradiol o de hormona liberadora de gonadotrofina con un proestro prolongado. Reproducción, Fertilidad y Desarrollo.

Bonato, D. V., Ferreira, E. B., Gomes, D. N., Bonato, F. G. C., Droher, R. G., Morotti, F., & Seneda, M. M. (2022). Follicular dynamics, luteal characteristics, and progesterone concentrations in synchronized lactating Holstein cows with high and low antral follicle counts. Theriogenology, 179, (Pp 223-229).

Cardone, D. A., Cáceres, A. R. R., Sanhueza, M. A., Bruna, F. A., & Laconi, M. R. (2022). Effects of short-term in vitro heat stress on bovine preantral follicles. Livestock Science, 264, 105076.

Cardoso Consentini, C. E., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2021). Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs. Animals, 11(2), 301.

Cesaroni, G., Butler, H. M., & Durand, M. J. (2007). Evaluación del uso de dos ésteres de estradiol sobre la tasa de fertilidad a la IATF en vacas secas, tratadas con un dispositivo intravaginal con progesterona. Taurus, 9(36), (Pp 12-18).

Crowe, M. A. (2008). Resumption of ovarian cyclicity in post-partum beef and dairy cows. Reproduction in domestic animals, 43, (Pp 20-28).

Crowe, M. A., & Mullen, M. P. (2013). Regulation and function of gonadotropins throughout the bovine oestrous cycle (pp. 143-154). London, UK: IntechOpen.

De Rensis, F., Saleri, R., Garcia-Ispierto, I., Scaramuzzi, R., & López-Gatius, F. (2021). Effects of heat stress on follicular physiology in dairy cows. Animals, 11(12), 3406.

Díaz, R. F., Galina, C. S., Aranda, E. M., Aceves, L. A., Sánchez, J. G., & Pablos, J. L. (2020). Effect of temperature – humidity index on the onset of post- partum ovarian activity and reproductive behavior in Bos indicus cows. Animal Reproduction, 17. https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2019-0074.

Dobson, H., & Smith, R. F. (2000). What is stress, and how does it affect reproduction? Animal reproduction science, 60, (Pp 743-752).

de la Mata J.J., Ré M. and Bó. G.A (2013). Combination of estrus detection and fixedtime artificial insemination in beef heifers following gashor tener estradiol- based protocol that provides for a lengthened proestrus. Reprod. Fert Dev. 27:96 (abstract).

de la Mata, J. J., Menchaca, A., & Bó, G. A. (2015). Tratamientos que prolongan el proestro usando estradiol y progesterona en vaquillonas para carne. In Resúmenes del XI Simposio Internacional de Reproducción Animal, Pabellón Argentina, Córdoba. Resúmenes (Pp. 143-157).

De la Mata, 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, (Pp. 38-56).

De la Mata, J. J., & Bó, G. A. (2012). Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos de benzoato de estradiol y GnRH en períodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. Taurus, 55, 17-23.

De la Mata J.J., Ré M. and Bó. G.A (2013). Combination of estrus detection and fixedtime artificial insemination in beef heifers following gashor tener estradiol- based protocol that provides for a lengthened proestrus. Reprod. Fert Dev. 27:96 (abstract).

Di Rienzo, J. A., Macchiavelli, R., & Casanoves, F. (2017). Modelos lineales generalizados mixtos aplicaciones en InfoStat.

e Silva, L. O., Folchini, N. P., Alves, R. L., Madureira, G., Consentini, C. E., Motta, J. C., ... & Sartori, R. (2023). Effect of progesterone from corpus luteum, intravaginal implant, or both on luteinizing hormone release, ovulatory response, and subsequent luteal development after gonadotropin-releasing hormone treatment in cows. Journal of Dairy Science, 106(6), (Pp 4413-4428).

Evans, H. C., Briggs, E. F., Burnett, R. H., Contreras-Correa, Z. E., Duvic, M. A., Dysart, L. M., ... & Memili, E. (2022). Harnessing the value of reproductive hormones in cattle production with considerations to animal welfare and human health. Journal of Animal Science, 100(7), skac177.

Ferraz, P. A., Silva, M. A., Carôso, B. S., Araujo, E. A., Bittencourt, T. C., Chalhoub, M., ... & Ribeiro Filho, A. L. (2019). Effect of eCG on the follicular dynamics and vascularization of crossbred cows with different circulating progesterone concentrations during synchronization of ovulation in an FTAI protocol. Pesquisa Veterinaria Brasileira, 39(05), (Pp 324-331).

Galina, C. S., Orihuela, A., & Rubio, I. (2021). Behavioral characteristics of zebu cattle with emphasis on reproductive efficiency. In Factors affecting calf crop (Pp. 347-362). CRC Press.

Gaur, G. K., Kaushik, S. N., & Garg, R. C. (2003). The Gir cattle breed of India-characteristics and present status. Animal Genetic Resources/Resources génétiques animales/Recursos genéticos animales, 33, (Pp 21-29).

Garcia-Ispierto, I., López-Gatius, F., Bech-Sàbat, G., Yániz, J. L., Angulo, E., Maris, C., ... & Martino, A. (2010). Effects of a Progesterone-Based Oestrous Synchronization Protocol in 51-to 57-Day Postpartum High-Producing Dairy Cows. Reproduction in Domestic Animals, 45(5), e168-e173.

Haughian, J. M., Ginther, O. J., Diaz, F. J., & Wiltbank, M. C. (2013). Gonadotropin-releasing hormone, estradiol, and inhibin regulation of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone surges: implications for follicle emergence and selection in heifers. Biology of reproduction, 88(6), 165-1.

Huber, E., Notaro, U. S., Recce, S., Rodríguez, F. M., Ortega, H. H., Salvetti, N. R., & Rey, F. (2020). Fetal programming in dairy cows: Effect of heat stress on progeny fertility and associations with the hypothalamic-pituitary-adrenal axis functions. Animal reproduction science, 216, 106348.

Hassanein, E. M., Szelényi, Z., & Szenci, O. (2024). Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH) and Its Agonists in Bovine Reproduction I: Structure, Biosynthesis, Physiological Effects, and Its Role in Estrous Synchronization. Animals, 14(10), 1473

Ittig, J. A. (2020). Comparación de dos protocolos de sincronización para IATF en vacas de carne con cría al pie en el norte de Santa Fé (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Córdoba).

Jardim, C. C., Silveira, I. D. B., Restle, J., Mendonça, F. S., Bethancourt-Garcia, J. A., de Oliveira, R. M., ... & Vaz, R. Z. (2022). Effect of good handling on stress indicators and behaviour in beef cattle. Semina: Ciências Agrárias, 43(6), (Pp 2517-2530).

Jeyakumar, S., Balasubramanian, S., Vedamurthy, G. V., Lavanya, M., Chethan, H. S., Kumaresan, A., & Ramesha, K. P. (2022). Advances in Estrous Synchronization and Timed Breeding Programs for Fertility Enhancement in Cattle and Buffaloes. In Current Concepts in Bovine Reproduction (Pp. 119-167). Singapore: Springer Nature Singapore.

Jordan, E. R. (2003). Effects of heat stress on reproduction. Journal of dairy science, 86, E104-E114.

Juengel, J. L., Cushman, R. A., Dupont, J., Fabre, S., Lea, R. G., Martin, G. B., ... & Smith, P. (2021). The ovarian follicle of ruminants: the path from conceptus to adult. Reproduction, Fertility and Development, 33(10), (Pp 621-642).

Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., & Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock production science*, *77*(1), (Pp 59-91).

Khan, I., Mesalam, A., Heo, Y. S., Lee, S. H., Nabi, G., & Kong, I. K. (2023). Heat stress as a barrier to successful reproduction and potential alleviation strategies in cattle. Animals, 13(14), 2359.

Kilany, A. A., El-Darawany, A. H. A., EL-Tarabany, A. A., & Al-Marakby, K. M. (2023). Effect of environmental thermal stress on reproductive performance of Holstein cows in Egypt. Biological Rhythm Research, 54(12), (Pp 770-781).

Lacetera, N. (2019). Impact of climate change on animal health and welfare. Animal Frontiers, 9(1), (Pp 26-31).

Ledic, I. L. 2013. Lechería. Obtenido de El Gyr Lechero 'Made in Brazil': https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/gyr-lechero-madebrazil-t29994.htm

López, G., Brizuela, A. B., Rondan, G. A., Lissaso, C., Kemerer, A. C., & de Los Santos, C. M. (2016). Determinación del índice de temperatura y humedad (ITH) para vacas lecheras, en el Departamento Nogoyá, entre ríos.

López-Gatius, F. (2022). Revisiting the timing of insemination at spontaneous estrus in dairy cattle. Animals, 12(24), 3565.

López, J., Moyano, J., Quinteros, R., Vargas, J. C., Daniel, I., Lammoglia, M., & Marini, P. (2014). Relación entre genotipos y preñez con un protocolo de inseminación artificial en vacas en la Amazonía ecuatoriana. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan, 2(4), (Pp 885-890).

Lucy, M. C. (2001). Reproductive loss in high-producing dairy cattle: ¿where will it end? Journal of dairy science, 84(6), (Pp 1277-1293).

Mäntysaari, P., Juga, J., Lidauer, M. H., Häggman, J., Mehtiö, T., Christensen, J. M., & Mäntysaari, E. A. (2022). The relationships between early lactation energy status indicators and endocrine fertility traits in dairy cows. Journal of Dairy Science, 105(8), (Pp 6833-6844).

Macagno, A., Ezenga, A., Marini, P., & Bo, G. A. (2023). Follicular characteristics and pregnancy rates to AI in Holstein heifers treated with two protocols with prolonged proestrus and inseminated with sexed semen.

Marques, L. R., Almeida, J. V. N. D., Oliveira, A. C., Paim, T. D. P., Marques, T. C., & Leão, K. M. (2023). Artificial insemination timing on pregnancy rate of Holstein cows using an automated activity monitoring. Ciência Rural, 54, e20220557.

Menchaca, A., Núñez, R., Wijma, R., García Pintos, C., Fabini, F., & de Castro, T. (2013). How fertility can be improved in fixed-time AI programs in beef cattle. In Resúmenes X Simposio Internacional de Reproducción Animal, IRAC, Córdoba (Pp. 103-134).

Menchaca, A., Dutra, S., Carrau, J. M., Sapriza, F., Salazar, J., de la Mata, J. J., & Bó, G. A. (2015). Improvement of pregnancy rate by using the 6-day J-Synch protocol in recipient cows transferred with in vitro produced embryos. Anim Reprod, 12, 651.

Mlyczyńska, E., Kieżun, M., Kurowska, P., Dawid, M., Pich, K., Respekta, N., ... & Rak, A. (2022). New aspects of corpus luteum regulation in physiological and pathological conditions: involvement of adipokines and neuropeptides. Cells, 11(6), 957.

Morales-Piñeyrúa, J. T. (2019). Eficiencia de tres herramientas de detección de celo en vaquillonas Holando. *Agrociencia (Uruguay)*, *23*(2), (Pp 53-61).

Mota-Rojas, D., Whittaker, A. L., Strappini, A. C., Orihuela, A., Domínguez-Oliva, A., Mora-Medina, P., ... & Grandin, T. (2024). Human animal relationships in Bos indicus cattle breeds addressed from a Five Domains Welfare framework. Frontiers in Veterinary Science, 11, 1456120.

Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., & Collier, R. J. (2009). "Effects of heat stress on reproductive performance of dairy cattle: A review." Journal of Dairy Science, 92(4), (Pp 2032-2041).

Mellado, M., Zuñiga, A., Veliz, F. G., De Santiago, A., Garcia, J. E., & Mellado, J. (2012). Factors influencing pregnancy per artificial insemination in repeat-breeder cows induced to ovulate with a CIDR-based protocol. Animal reproduction science, 134(3-4), (Pp 105-111)

Motta, D., Ramos, C., González, S., & Castro, R. (2011). Dinámica folicular en la vida reproductiva de hembras bovinas. Veterinaria y Zootecnia, 5 (2), (Pp 88-99)

Morton, J. M., Tranter, W. P., Mayer, D. G., & Jonsson, N. N. (2007). Effects of environmental heat on conception rates in lactating dairy cows: Critical periods of exposure. Journal of Dairy Science, 90(5), (Pp 2271-2278).

Murphy, M. G., Boland, M. P., & Roche, J. F. (1990). Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckler cows. Reproduction, 90(2), (Pp 523-533).

Murphy, B. D. (2018). Equine chorionic gonadotropin: an enigmatic but essential tool. Animal Reproduction (AR), 9(3), (Pp 223-230).

Nogueira, M. F. G., Melo, D. S., Carvalho, L. M., Fuck, E. J., Trinca, L. A., & Barros, C. M. (2004). ¿Do high progesterone concentrations decrease pregnancy rates in embryo recipients synchronized with PGF2α and eCG? Theriogenology, 61(7-8), (Pp 1283-1290).

Okouyi, M. F. W. O. M., Drion, P. V., & Hanzen, C. (2015). Preovulatory follicle diameter, growth rate and time of ovulation during induced oestrus using a CIDR® in trypanotolerant female Bos taurus N'Dama cattle. Tropical animal health and production, 47, (Pp 1443-1448).

Parra, J. C. L. (2017). Comparación de protocolos de IATF convencionales con un protocolo con proestro prolongado en vacas doble propósito en la amazonía ecuatoriana (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Córdoba)

Pilla-Campaña, M., Yánez-Avalos, D., Ortega-Coello, M., Aragadvay-Yungan, R., & Roberto Marini, 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 Cientifica de la Facultade de Veterinaria, 33(1).

Prata, M.A., Pereira, M.C., El Faro, L., Cardoso, V.L., Vercesi Filho, A.E., da Silva Verneque, R., Tomita Bruneli, F.A., Campolina Diniz Peixoto, M.G. (2014). Efeito do intervalo de partos

sobre a eficiência produtiva e econômica em rebanhos gir leiteiro. B. Indústr. Anim., Nova Odessa v.71, n.1, p.1-7. https://doi.org/10.17523/bia.v71n1p1

Polsky, L., & von Keyserlingk, M. A. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. Journal of dairy science, 100(11), (Pp 8645-8657).

Rault, J. L., Waiblinger, S., Boivin, X., & Hemsworth, P. (2020). The power of a positive human–animal relationship for animal welfare. Frontiers in veterinary science, 7, 590867.

Ré M., de la Mata J. and Bó G. (2014). Synchronization of ovulation in dairy heifers using a shortened estradiol-based protocol that provides for a lengthened proestrus. Reprod. Fert. and Develop. 26(1), (Pp 118–118).

Reineri, PS, Coria, MS, Principi, S., Pérez, RP y Palma, GA (2020). Tasa de preñez después de IATF en novillas Braford sometidas al protocolo J-synch.

Roth, Z. (2020). Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress-Experiences from the past and lessons for the present. Theriogenology, 155, (Pp 150-156).

Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., & Collier, R. J. (2009). "Effects of heat stress on reproductive performance of dairy cattle: A review." Journal of Dairy Science, 92(4), (Pp 2032-2041).

Rosete Fernández, J. V., Álvarez Gallardo, H., Urbán Duarte, D., Fragoso Islas, A., Asprón Pelayo, M. A., Ríos Utrera, Á., ... & Torre Sánchez, J. F. D. L. (2021). Biotecnologías reproductivas en el ganado bovino: cinco décadas de investigación en México. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 12, (Pp 39-78).

Santos, R., Tortorella, R. D., Barbosa, E. A., Teixeira, H. C. A., Paiva, M. A., & Ramos, A. F. (2018). Protocolo com nove días de progesterona para inseminação artificial em tempo fixo em vacas taurinas adaptadas ao clima tropical. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 70(06), (Pp 1899-1906).

Sartori, R., Haughian, J. M., Shaver, R. D., Rosa, G. J. M., & Wiltbank, M. C. (2004). Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. Journal of dairy science, 87(4), (Pp 905-920).

Sartori, R., Fricke, P. M., Ferreira, J. C., Ginther, O. J., & Wiltbank, M. C. (2001). Follicular deviation and acquisition of ovulatory capacity in bovine follicles. Biology of reproduction, 65(5), (Pp 1403-1409).

Sartori, R., Baruselli, P. S., Barros, C. M., & Bastos, M. R. (2013). Las diferencias en la fisiología de la reproducción entre bos taurus y bos indicus. Anais.

Sartori, R., Haughian, J. M., Shaver, R. D., Rosa, G. J. M., & Wiltbank, M. C. (2004). Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. Journal of dairy science, 87(4), (Pp 905-920).

Sartori, R., & Barros, C. M. (2011). Reproductive cycles in Bos indicus cattle. Animal reproduction science, 124(3-4), (Pp 244-250).

Sirois, J., & Fortune, J. E. (1988). Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time uitrasonograph. Biology of reproduction, 39(2), 308-317.

Sales, J. N. S., Carvalho, J. B. P., Crepaldi, G. A., Cipriano, R. S., Jacomini, J. O., Maio, J. R. G., ... & Baruselli, P. S. (2012). Effects of two estradiol esters (benzoate and cypionate) on the induction of synchronized ovulations in Bos indicus cows submitted to a timed artificial insemination protocol. Theriogenology, 78(3), (Pp 510-516).

Silva, C. F., Sartorelli, E. S., Castilho, A. C. S., Satrapa, R. A., Puelker, R. Z., Razza, E. M., ... & Barros, C. M. (2013). Effects of heat stress on development, quality and survival of Bos indicus and Bos taurus embryos produced in vitro. Theriogenology, 79(2), (Pp 351-357).

Silva, O. R., de Mello, M. R. B., Silenciato, L. N., Ferreira, J. E., do Couto, S. R. B., Fajardo, R. S. L., & de Almeida Resende, O. (2019). Comparison of estradiol benzoate and cypionate in Girolando cows submitted to a timed artificial insemination. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, 56(3), e155078-e155078.

Smith, M. F., Pohler, K. G., Perry, G. A., & Patterson, D. (2013). Physiological factors that affect pregnancy rate to artificial insemination in beef cattle. Proc Applied Reprod Strat Beef Cattle, 27-

Sohail, T., Farhab, M., Zhang, L., Kang, Y., Sun, X., Ji, D., & Li, Y. (2023). Ovarian dynamics and changes in estradiol-17β and progesterone relationship with standing estrus,

Preovulatory follicles, and ovulation using single prostaglandin F2α injection in Barbari goats. Veterinary Sciences, 10(10), 624.

Sunderland, S. J., Crowe, M. A., Boland, M. P., Roche, J. F., & Ireland, J. J. (1994). Selection, dominance and atresia of follicles during the oestrous cycle of heifers. Reproduction, 101(3), (Pp 547-555).

Stevenson, J. S., & Pulley, S. L. (2016). Feedback effects of estradiol and progesterone on ovulation and fertility of dairy cows after gonadotropin-releasing hormone-induced release of luteinizing hormone. Journal of dairy science, 99(4), (Pp 3003-3015).

Schüller, L. K., Burfeind, O., & Heuwieser, W. (2014). Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. Theriogenology, 81(8), (Pp 1050-1057).

Talledo, A. E. F., Veloz, W. F. B., Fernández, L. S. Q., Villacís, J. J. Z., & Marini, P. R. (2020). Desempeño reproductivo de vacas Gyr lechero en un sistema a pastoreo del trópico ecuatoriano. La Técnica: Revista de las Agrociencias. ISSN 2477-8982, (24), (Pp 99-106).

Tortorella, R. D., Ferreira, R., Dos Santos, J. T., de Andrade Neto, O. S., Barreta, M. H., Oliveira, J. F., ... & Neves, J. P. (2013). The effect of equine chorionic gonadotropin on follicular size, luteal volume, circulating progesterone concentrations, and pregnancy rates in anestrous beef cows treated with a novel fixed-time artificial insemination protocol. Theriogenology, 79(8), (Pp 1204-1209).

Townson, D. H., & Combelles, C. M. (2012). Ovarian follicular atresia. Basic Gynecology-Some Related Issues, 29, (Pp 43-76).

Ungerfeld, R. (2020). Reproducción de los animales domésticos. Grupo Asís Biomedia SL.

Uslenghi, G., Chaves, S. G., Cabodevila, J., & Callejas, S. (2014). Effect of estradiol cypionate and amount of progesterone in the intravaginal device on synchronization of estrus, ovulation and on pregnancy rate in beef cows treated with FTAI based protocols. Animal reproduction science, 145(1-2), (Pp 1-7).

Viotti, G. (2011). Procesamiento de semen bovino para la inseminación artificial.

Yadav, H. P., Lone, S. A., Shah, N., Verma, R., Verma, U. K., & Dewry, R. K. (2018). Effect of heat stress on reproduction in dairy animals. Journal of Experimental Zoology India, 21(2).

Anexo

Anexo 1. Vacas utilizadas para los trabajos de IATF en la época Nº 1.

Nº	Identificación	Pureza	Partos	Protocolo	Condición corporal	Cuerpo lúteo
1	1613	18.75%	6	Convensional	2.5	No
2	1775	25.00%	5	Convensional	3.0	Si
3	1619	25.00%	6	Convensional	3.0	No
4	1883	71.88%	3	Convensional	3.0	No
5	1583	68.75%	6	Convensional	3.0	Si
6	1811	84.38%	5	Convensional	3.0	Si
7	1477	84.38%	8	Convensional	2.8	No
8	2153	84.38%	2	Convensional	2.5	No
9	2365	85.16%	2	Convensional	2.8	No
10	2081	85.16%	2	Convensional	3.0	No
11	1711	93.75%	2	Convensional	2.5	No
12	2085	90.63%	3	Convensional	3.0	No
13	2107	90.63%	2	Convensional	2.5	No
14	2201	92.19%	2	Convensional	3.0	No
15	2323	93.75%	2	Convensional	2.5	Si
16	1673	93.75%	5	Convensional	3.0	No
17	2121	85.16%	3	Convensional	3.0	Si
18	2271	95.31%	0	Convensional	2.5	No
19	2185	96.88%	2	Convensional	2.5	Si
20	2337	96.88%	1	Convensional	3.0	Si
21	2373	96.88%	1	Convensional	2.5	No
22	1625	34.38%	2	J-synch	3.0	No
23	1691	50.00%	5	J-synch	2.5	Si
24	1887	93.75%	5	J-synch	3.0	No
25	1727	56.25%	5	J-synch	2.8	Si

26	1797	62.50%	2	J-synch	3.0	Si
27	1885	62.50%	2	J-synch	3.0	No
28	1857	75.00%	4	J-synch	3.0	Si
29	1731	75.00%	6	J-synch	3.0	No
30	2175	85.16%	2	J-synch	2.5	No
31	1931	93.75%	2	J-synch	2.5	No
32	2017	93.75%	3	J-synch	3.0	No
33	2083	93.75%	3	J-synch	3.0	No
34	2177	93.75%	2	J-synch	2.5	No
35	2131	87.50%	2	J-synch	2.5	Si
36	2223	93.75%	2	J-synch	3.0	No
37	2229	93.75%	2	J-synch	2.5	Si
38	2307	87.50%	2	J-synch	2.5	No
39	2149	95.31%	2	J-synch	2.5	Si
40	2165	96.88%	2	J-synch	2.5	Si
41	1719	96.88%	6	J-synch	2.5	Si
42	1807	87.50%	2	J-synch	3.0	Si

Anexo 2. Vacas utilizadas para los trabajos de IATF en la época Nº 2.

Nº	Identificación	Pureza	Partos	Protocolo	Condición corporal	Cuerpo lúteo
1	1613	18.75%	6	Convensional	2.8	Si
2	1883	71.88%	3	Convensional	2.8	No
3	1649	78.13%	7	Convensional	2.8	Si
4	1811	84.38%	5	Convensional	2.5	No
5	1931	87.50%	2	Convensional	2.5	Si
6	2249	87.50%	3	Convensional	2.8	No
7	2255	87.50%	6	Convensional	3.0	Si
8	2085	90.63%	3	Convensional	2.8	Si

9	2209	90.63%	7	Convensional	2.5	Si
10	2107	90.63%	2	Convensional	2.5	No
11	1987	91.41%	4	Convensional	3.0	Si
12	2099	93.75%	8	Convensional	3.2	No
13	2355	96.88%	5	Convensional	2.5	No
14	1579	25.00%	7	Jsynch	2.5	No
15	1635	25.00%	8	Jsynch	2.5	No
16	1619	25.00%	6	Jsynch	2.8	No
17	1567	37.50%	9	Jsynch	2.5	Si
18	1915	50.00%	6	Jsynch	2.8	Si
19	1521	68.75%	8	Jsynch	2.8	Si
20	1805	82.81%	6	Jsynch	3.2	No
21	2141	91.41%	4	Jsynch	2.5	Si
22	1563	91.41%	8	Jsynch	2.5	Si
23	2197	93.75%	4	Jsynch	2.5	No
24	2165	93.75%	2	Jsynch	2.8	Si
25	1573	93.75%	8	Jsynch	3.0	No
26	2223	93.75%	2	Jsynch	3.5	Si
27	2065	96.88%	3	Jsynch	3.0	Si
28	1477	96.88%	9	Jsynch	2.8	No

Anexo 3. Vacas utilizadas para los trabajos de IATF en la época Nº 3.

Nº	**Identificación**	**Pureza**	**Partos**	**Protocolo**	**Condición corporal**	**Cuerpo lúteo**
1	2013	25.00%	3	Convensional	2.8	No
2	1567	37.50%	9	Convensional	2.5	Si
3	1915	50.00%	6	Convensional	2.8	No
4	2125	62.50%	4	Convensional	3.0	No
5	2077	75.00%	4	Convensional	2.8	No

6	1671	81.25%	8	Convensional	2.5	No
7	2129	82.81%	3	Convensional	3.0	No
8	2025	84.38%	4	Convensional	3.0	No
9	2127	84.38%	4	Convensional	2.8	Si
10	2121	87.50%	2	Convensional	3.0	No
11	2209	87.50%	3	Convensional	2.8	Si
12	1751	87.50%	6	Convensional	3.0	Si
13	1937	92.97%	4	Convensional	2.8	Si
14	2061	92.97%	7	Convensional	3.0	No
15	2023	93.75%	4	Convensional	3.0	No
16	2233	93.75%	2	Convensional	3.0	No
17	2105	93.75%	2	Convensional	2.5	No
18	2285	93.75%	2	Convensional	3.0	No
19	1573	93.75%	8	Convensional	3.0	Si
20	2425	96.88%	2	Convensional	2.5	No
21	2103	96.88%	4	Convensional	2.8	No
22	2065	96.88%	3	Convensional	2.5	Si
23	1913	98.44%	6	Convensional	3.0	No
24	1675	37.50	6	Jsynch	2.5	Si
25	1521	68.75%	8	Jsynch	3.0	No
26	1449	70.31%	9	Jsynch	3.0	Si
27	1713	84.38%	6	Jsynch	2.8	No
28	1755	85.16%	5	Jsynch	3.0	No
29	1807	87.50%	6	Jsynch	3.0	No
30	2003	87.50%	3	Jsynch	2.8	No
31	1767	87.50%	6	Jsynch	3.0	No
32	2147	87.50%	2	Jsynch	2.8	Si
33	2255	87.50%	2	Jsynch	3.0	Si
34	2079	90.63%	3	Jsynch	3.0	No

35	2203	93.75%	3	Jsynch	2.5	No
36	2217	93.75%	4	Jsynch	2.5	No
37	2099	93.75%	5	Jsynch	3.0	Si
38	1921	93.75%	2	Jsynch	3.0	No
39	1867	93.75%	7	Jsynch	3.0	No
40	2355	96.88%	2	Jsynch	2.5	No
41	2373	96.88%	2	Jsynch	2.8	Si
42	2421	96.88%	2	Jsynch	2.8	Si
43	2429	96.88%	2	Jsynch	2.8	Si
44	2185	96.88%	3	Jsynch	2.8	Si
45	2245	96.88%	3	Jsynch	2.5	Si

Anexo 4. Vacas utilizadas para los trabajos de IATF en la época Nº 4.

Nº	**Identificación**	**Pureza**	**Partos**	**Protocolo**	**Condición corporal**	**Cuerpo lúteo**
1	1567	37.50	6	Convencional	2.8	Si
2	1521	68.75	9	Convensional	2.8	Si
3	1701	75.00	7	Convensional	2.8	No
4	2225	75.00	3	Convensional	2.8	No
5	2013	75.00	3	Convensional	2.5	No
6	1889	75.00	5	Convensional	3.0	No
7	1977	78.13	4	Convensional	2.5	Si
8	1563	85.16	7	Convensional	3.0	No
9	2025	84.38	4	Convensional	3.2	Si
10	1855	87.5	6	Convensional	3.0	No
11	2157	87.50	3	Convensional	2.8	Si
12	1901	90.63	5	Convensional	3.0	Si
13	2107	90.63	2	Convensional	2.5	No
14	2193	92.19	3	Convensional	2.8	No
15	1873	93.75	6	Convensional	3.2	No

16	2051	93.75	5	Convensional	3.2	Si
17	2233	93.75	2	Convensional	2.8	No
18	2243	95.31	3	Convensional	3.0	No
19	2271	95.31	2	Convensional	3.2	Si
20	2065	96.88	3	Convensional	3.0	No
21	2103	96.88	4	Convensional	2.8	No
22	2355	96.88	1	Convensional	3.0	Si
23	1815	37.5	6	Jsynch	2.8	Si
24	1565	40.63	9	Jsynch	2.8	No
25	1691	50.00	5	Jsynch	2.5	No
26	1727	56.25	5	Jsynch	3.0	No
27	1733	56.25	7	Jsynch	2.8	No
28	2151	62.50	1	Jsynch	3.5	Si
29	1729	75.00	8	Jsynch	3.0	No
30	1743	75.00	5	Jsynch	2.8	No
31	1671	81.25	8	Jsynch	3.0	No
32	1971	84.38	3	Jsynch	2.5	No
33	1751	87.50	6	Jsynch	2.8	Si
34	1767	87.50	6	Jsynch	3.2	No
35	1951	90.63	5	Jsynch	3.5	Si
36	1695	90.63	7	Jsynch	2.8	No
37	2079	90.63	3	Jsynch	2.0	Si
38	1865	93.75	6	Jsynch	2.8	No
39	2105	93.75	2	Jsynch	2.8	No
40	2121	93.75	2	Jsynch	2.8	Si
41	2203	93.75	3	Jsynch	2.8	No
42	2285	93.75	2	Jsynch	3.0	No
43	1989	96.88	4	Jsynch	3.0	Si
44	2185	96.88	2	Jsynch	3.0	Si

Anexo 5. Temperatura humedad relativa y THI promedio de la época 1 del protocolo Convensional

Fecha	Dia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	ITH
20/09/2021	-41	28.40	70.70	77.90
21/09/2021	-40	25.50	87.50	76.50
22/09/2021	-39	25.20	83.70	74.90
23/09/2021	-38	24.70	81.60	73.90
24/09/2021	-37	23.80	86.50	73.20
25/09/2021	-36	25.00	84.50	74.70
26/09/2021	-35	26.00	81.30	75.90
27/09/2021	-34	25.60	82.00	75.00
28/09/2021	-33	25.90	81.00	75.60
29/09/2021	-32	23.90	91.20	73.90
30/09/2021	-31	25.50	82.10	75.20
1/10/2021	-30	27.10	78.30	77.20
2/10/2021	-29	28.00	74.90	78.10
3/10/2021	-28	28.60	71.90	78.50
4/10/2021	-27	26.00	84.60	76.70
5/10/2021	-26	26.30	81.70	76.60
6/10/2021	-25	24.80	87.20	75.00
7/10/2021	-24	25.40	87.30	75.90
8/10/2021	-23	27.20	80.50	77.50
9/10/2021	-22	26.60	83.20	77.40
10/10/2021	-21	26.70	85.50	77.50
11/10/2021	-20	25.70	87.00	76.20
12/10/2021	-19	28.30	76.40	78.90
13/10/2021	-18	29.10	74.10	79.90

14/10/2021	-17	29.00	75.50	79.70
15/10/2021	-16	27.90	76.80	78.60
16/10/2021	-15	29.70	66.30	79.80
17/10/2021	-14	25.90	84.00	76.60
18/10/2021	-13	25.70	87.40	76.30
19/10/2021	-12	26.40	83.50	76.80
20/10/2021	-11	25.80	84.60	76.30
21/10/2021	-10	27.70	77.30	78.10
22/10/2021	-9	28.90	71.40	79.00
23/10/2021	-8	29.00	72.30	79.50
24/10/2021	-7	29.80	70.10	80.00
25/10/2021	-6	26.60	83.90	77.20
26/10/2021	-5	23.30	85.50	72.30
27/10/2021	-4	26.00	78.80	75.50
28/10/2021	-3	24.90	88.20	75.20
29/10/2021	-2	24.60	90.60	75.10
30/10/2021	-1	25.80	83.00	75.80
31/10/2021	0	28.20	74.50	78.10
1/11/2021	1	28.40	74.70	78.80
2/11/2021	2	28.70	72.30	78.70
3/11/2021	3	27.80	74.00	78.00
4/11/2021	4	24.40	90.90	74.90
5/11/2021	5	24.60	91.80	75.10
6/11/2021	6	26.30	80.10	76.30
7/11/2021	7	28.00	71.80	77.60
8/11/2021	8	27.80	73.90	77.90
9/11/2021	9	26.60	78.40	76.70
10/11/2021	10	26.60	76.70	76.60
11/11/2021	11	26.00	75.70	75.50

12/11/2021	12	26.40	74.30	75.60
13/11/2021	13	26.10	77.40	76.00
14/11/2021	14	25.50	83.50	75.50
15/11/2021	15	28.00	71.50	77.40
16/11/2021	16	28.80	68.10	78.70
17/11/2021	17	29.70	63.30	79.50
18/11/2021	18	28.00	71.00	78.20
19/11/2021	19	26.00	81.60	76.30
20/11/2021	20	26.50	81.00	77.10
21/11/2021	21	25.30	86.90	75.70
22/11/2021	22	27.10	76.90	77.20
23/11/2021	23	28.20	74.70	78.60
24/11/2021	24	24.50	91.90	75.20
25/11/2021	25	26.20	82.40	76.60
26/11/2021	26	27.40	77.90	77.70
27/11/2021	27	28.30	72.80	78.40
28/11/2021	28	28.10	74.00	78.30
29/11/2021	29	26.80	76.00	76.90
30/11/2021	30	26.80	73.00	76.30
1/12/2021	31	28.80	66.40	78.50

Anexo 6. Temperatura humedad relativa y THI promedio de la época 2 del protocolo Convensional

Fecha	Dia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	ITH
4/01/2022	-41	27.90	75.30	78.60
5/01/2022	-40	24.10	90.10	74.40
6/01/2022	-39	25.60	78.80	75.30
7/01/2022	-38	25.00	83.10	74.80
8/01/2022	-37	25.60	82.90	75.50
9/01/2022	-36	26.50	82.30	76.80
10/01/2022	-35	27.50	76.80	77.60
11/01/2022	-34	27.60	75.70	77.60
12/01/2022	-33	27.70	75.00	77.70
13/01/2022	-32	27.70	73.10	77.70
14/01/2022	-31	27.90	70.80	77.50
15/01/2022	-30	27.40	75.40	77.70
16/01/2022	-29	28.70	69.90	78.80
17/01/2022	-28	27.60	74.50	77.80
18/01/2022	-27	28.80	66.30	77.90
19/01/2022	-26	24.40	86.90	74.30
20/01/2022	-25	25.90	79.50	75.70
21/01/2022	-24	26.80	77.60	76.80
22/01/2022	-23	27.70	74.40	77.80
23/01/2022	-22	24.30	90.70	74.70
24/01/2022	-21	23.70	92.90	73.80
25/01/2022	-20	24.00	92.00	74.20
26/01/2022	-19	26.10	81.30	76.10
27/01/2022	-18	27.20	73.90	77.00

28/01/2022	-17	27.20	75.20	77.10
29/01/2022	-16	28.10	73.30	78.00
30/01/2022	-15	27.50	74.00	77.60
31/01/2022	-14	26.20	78.80	75.80
1/02/2022	-13	27.20	73.50	76.80
2/02/2022	-12	27.40	73.60	77.10
3/02/2022	-11	27.70	74.50	77.70
4/02/2022	-10	25.70	85.30	76.10
5/02/2022	-9	26.30	83.30	76.80
6/02/2022	-8	25.40	89.30	76.30
7/02/2022	-7	27.40	78.80	77.90
8/02/2022	-6	27.30	77.50	77.40
9/02/2022	-5	27.70	74.90	77.90
10/02/2022	-4	28.50	74.10	79.30
11/02/2022	-3	26.80	81.30	77.90
12/02/2022	-2	24.80	88.10	75.20
13/02/2022	-1	26.70	77.80	76.50
14/02/2022	0	28.50	73.30	78.90
15/02/2022	1	26.80	77.30	77.20
16/02/2022	2	26.80	74.60	76.50
17/02/2022	3	28.20	70.40	77.80
18/02/2022	4	29.20	65.10	79.20
19/02/2022	5	28.00	68.00	77.40
20/02/2022	6	27.50	69.50	76.70
21/02/2022	7	27.90	70.30	77.30
22/02/2022	8	24.40	86.80	74.30
23/02/2022	9	25.00	88.20	75.30
24/02/2022	10	25.60	89.30	76.70
25/02/2022	11	25.20	91.90	76.30

26/02/2022	12	24.70	94.60	75.80
27/02/2022	13	26.10	84.30	76.50
28/02/2022	14	25.60	87.30	76.30
1/03/2022	15	25.30	90.90	76.40
2/03/2022	16	25.30	89.50	76.20
3/03/2022	17	25.60	88.30	76.70
4/03/2022	18	27.20	79.00	77.40
5/03/2022	19	26.70	80.00	76.90
6/03/2022	20	25.70	84.70	76.40
7/03/2022	21	25.70	83.30	76.10
8/03/2022	22	25.80	84.00	76.30
9/03/2022	23	24.60	91.50	75.20
10/03/2022	24	25.50	86.50	76.00
11/03/2022	25	26.60	81.00	76.90
12/03/2022	26	25.30	89.00	76.20
13/03/2022	27	25.00	86.70	75.00
14/03/2022	28	23.10	94.60	72.90
15/03/2022	29	24.30	87.10	73.90
16/03/2022	30	24.20	88.10	73.80
17/03/2022	31	24.60	92.60	75.20

Anexo 7. Temperatura humedad relativa y THI promedio de la época 3 del protocolo Convensional

Fecha	Dia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	ITH
19/04/2022	-41	24.70	89.30	75.00
20/04/2022	-40	25.00	89.40	75.60
21/04/2022	-39	25.50	87.50	76.10
22/04/2022	-38	25.30	84.70	75.40
23/04/2022	-37	25.60	87.50	76.30
24/04/2022	-36	26.10	84.60	76.80
25/04/2022	-35	26.80	81.80	77.50
26/04/2022	-34	25.60	86.00	76.10
27/04/2022	-33	26.40	82.10	76.80
28/04/2022	-32	25.50	87.30	76.50
29/04/2022	-31	23.60	97.40	74.10
30/04/2022	-30	24.90	88.80	75.40
1/05/2022	-29	25.40	85.70	75.60
2/05/2022	-28	25.90	83.50	76.10
3/05/2022	-27	26.10	84.50	76.60
4/05/2022	-26	25.30	87.10	75.60
5/05/2022	-25	24.10	85.60	73.70
6/05/2022	-24	24.60	84.70	74.30
7/05/2022	-23	25.50	82.20	75.30
8/05/2022	-22	24.80	88.00	75.20
9/05/2022	-21	26.30	83.00	76.70
10/05/2022	-20	26.80	83.70	77.80
11/05/2022	-19	25.30	86.20	75.60
12/05/2022	-18	25.30	89.00	76.00

13/05/2022	-17	26.00	86.80	76.80
14/05/2022	-16	26.90	81.50	77.50
15/05/2022	-15	26.00	85.70	76.90
16/05/2022	-14	24.80	91.80	75.50
17/05/2022	-13	22.50	99.20	72.50
18/05/2022	-12	22.70	87.00	71.60
19/05/2022	-11	22.40	84.90	71.00
20/05/2022	-10	23.70	84.60	72.90
21/05/2022	-9	25.10	84.30	75.00
22/05/2022	-8	25.70	83.40	75.90
23/05/2022	-7	25.60	82.20	75.60
24/05/2022	-6	25.40	83.90	75.40
25/05/2022	-5	25.00	88.20	75.40
26/05/2022	-4	24.40	91.30	74.90
27/05/2022	-3	23.60	95.70	74.00
28/05/2022	-2	23.50	92.60	73.50
29/05/2022	-1	25.20	86.50	75.30
30/05/2022	0	25.80	84.50	76.10
31/05/2022	1	25.30	87.70	75.80
1/06/2022	2	24.30	88.90	74.40
2/06/2022	3	25.50	84.50	75.60
3/06/2022	4	25.70	85.70	76.20
4/06/2022	5	23.50	95.20	73.80
5/06/2022	6	24.90	86.80	75.00
6/06/2022	7	25.50	88.10	76.30
7/06/2022	8	25.90	83.80	76.10
8/06/2022	9	26.10	84.10	76.70
9/06/2022	10	26.20	83.40	76.60
10/06/2022	11	24.90	86.70	75.10

11/06/2022	12	22.10	87.00	70.60
12/06/2022	13	21.30	79.90	68.10
13/06/2022	14	20.70	82.00	67.30
14/06/2022	15	21.20	83.00	68.10
15/06/2022	16	22.60	84.70	70.70
16/06/2022	17	24.00	82.90	72.80
17/06/2022	18	24.50	84.00	73.90
18/06/2022	19	25.10	84.50	74.90
19/06/2022	20	23.70	94.00	74.00
20/06/2022	21	24.60	86.70	74.40
21/06/2022	22	25.30	83.10	74.90
22/06/2022	23	24.20	88.60	74.10
23/06/2022	24	23.90	90.90	73.90
24/06/2022	25	24.00	90.70	74.00
25/06/2022	26	23.40	95.60	73.60
26/06/2022	27	24.60	86.00	74.30
27/06/2022	28	24.10	82.60	72.90
28/06/2022	29	24.70	83.30	73.90
29/06/2022	30	25.00	81.90	74.00
30/06/2022	31	25.50	80.40	74.90

Anexo 8. Temperatura humedad relativa y THI promedio de la época 4 del protocolo Convensional

Fecha	Dia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	ITH
19/07/2022	-41	25.40	83.80	75.40
20/07/2022	-40	25.00	83.40	74.60
21/07/2022	-39	25.80	79.70	75.40
22/07/2022	-38	26.20	78.80	75.80
23/07/2022	-37	26.60	77.80	76.40
24/07/2022	-36	27.00	76.40	76.90
25/07/2022	-35	26.90	76.30	76.80
26/07/2022	-34	25.50	82.70	75.60
27/07/2022	-33	25.20	84.00	75.20
28/07/2022	-32	25.50	80.80	75.00
29/07/2022	-31	25.20	81.20	74.40
30/07/2022	-30	26.20	75.90	75.30
31/07/2022	-29	26.60	76.60	76.10
1/08/2022	-28	26.70	77.00	76.50
2/08/2022	-27	26.80	77.00	76.80
3/08/2022	-26	25.90	78.80	75.50
4/08/2022	-25	25.70	80.10	75.50
5/08/2022	-24	26.00	79.90	76.20
6/08/2022	-23	26.70	75.60	76.30
7/08/2022	-22	26.70	75.10	76.10
8/08/2022	-21	25.50	80.80	75.30
9/08/2022	-20	25.70	82.30	75.80
10/08/2022	-19	22.70	97.60	72.70

11/08/2022	-18	24.60	81.80	73.70
12/08/2022	-17	25.80	79.00	75.30
13/08/2022	-16	26.00	77.90	75.20
14/08/2022	-15	26.20	76.60	75.40
15/08/2022	-14	26.40	75.80	75.60
16/08/2022	-13	26.80	75.30	76.20
17/08/2022	-12	27.10	75.10	76.70
18/08/2022	-11	27.40	71.90	76.60
19/08/2022	-10	23.80	84.00	73.10
20/08/2022	-9	22.30	69.80	68.90
21/08/2022	-8	22.60	70.20	69.00
22/08/2022	-7	23.80	69.70	70.60
23/08/2022	-6	24.90	70.80	72.50
24/08/2022	-5	25.40	72.80	73.70
25/08/2022	-4	25.70	71.00	73.70
26/08/2022	-3	26.00	69.90	74.10
27/08/2022	-2	26.00	74.30	75.00
28/08/2022	-1	26.80	69.70	75.40
29/08/2022	0	22.30	92.60	71.50
30/08/2022	1	24.00	85.40	73.40
31/08/2022	2	25.10	80.20	74.10
1/09/2022	3	26.40	76.50	75.60
2/09/2022	4	27.20	73.30	76.40
3/09/2022	5	26.90	76.70	76.70
4/09/2022	6	24.60	86.80	74.80
5/09/2022	7	24.80	83.20	74.30
6/09/2022	8	25.70	78.10	74.80
7/09/2022	9	26.10	76.80	75.20
8/09/2022	10	26.80	74.30	75.90

9/09/2022	11	28.00	69.90	77.30
10/09/2022	12	24.60	87.00	74.70
11/09/2022	13	24.20	87.70	74.00
12/09/2022	14	26.40	79.40	76.10
13/09/2022	15	28.20	71.40	77.70
14/09/2022	16	26.30	78.30	76.20
15/09/2022	17	25.40	82.80	75.60
16/09/2022	18	25.30	73.00	74.20
17/09/2022	19	26.20	73.80	75.20
18/09/2022	20	27.60	70.50	76.80
19/09/2022	21	28.10	68.60	77.20
20/09/2022	22	28.30	70.20	78.00
21/09/2022	23	28.30	69.10	77.80
22/09/2022	24	28.70	67.60	77.90
23/09/2022	25	26.00	80.20	75.90
24/09/2022	26	24.70	85.20	74.60
25/09/2022	27	26.60	78.30	76.30
26/09/2022	28	27.60	73.70	77.30
27/09/2022	29	28.00	71.10	77.50
28/09/2022	30	28.70	69.70	78.10
29/09/2022	31	28.50	71.80	78.30

Anexo 9. Temperatura humedad relativa y THI promedio de la época 1 del protocolo Jsynch.

Fecha	Dia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	ITH
22/09/2021	-41	25.20	83.70	74.90
23/09/2021	-40	24.70	81.60	73.90
24/09/2021	-39	23.80	86.50	73.20
25/09/2021	-38	25.00	84.50	74.70
26/09/2021	-37	26.00	81.30	75.90
27/09/2021	-36	25.60	82.00	75.00
28/09/2021	-35	25.90	81.00	75.60
29/09/2021	-34	23.90	91.20	73.90
30/09/2021	-33	25.50	82.10	75.20
1/10/2021	-32	27.10	78.30	77.20
2/10/2021	-31	28.00	74.90	78.10
3/10/2021	-30	28.60	71.90	78.50
4/10/2021	-29	26.00	84.60	76.70
5/10/2021	-28	26.30	81.70	76.60
6/10/2021	-27	24.80	87.20	75.00
7/10/2021	-26	25.40	87.30	75.90
8/10/2021	-25	27.20	80.50	77.50
9/10/2021	-24	26.60	83.20	77.40
10/10/2021	-23	26.70	85.50	77.50
11/10/2021	-22	25.70	87.00	76.20
12/10/2021	-21	28.30	76.40	78.90
13/10/2021	-20	29.10	74.10	79.90
14/10/2021	-19	29.00	75.50	79.70
15/10/2021	-18	27.90	76.80	78.60
16/10/2021	-17	29.70	66.30	79.80

17/10/2021	-16	25.90	84.00	76.60
18/10/2021	-15	25.70	87.40	76.30
19/10/2021	-14	26.40	83.50	76.80
20/10/2021	-13	25.80	84.60	76.30
21/10/2021	-12	27.70	77.30	78.10
22/10/2021	-11	28.90	71.40	79.00
23/10/2021	-10	29.00	72.30	79.50
24/10/2021	-9	29.80	70.10	80.00
25/10/2021	-8	26.60	83.90	77.20
26/10/2021	-7	23.30	85.50	72.30
27/10/2021	-6	26.00	78.80	75.50
28/10/2021	-5	24.90	88.20	75.20
29/10/2021	-4	24.60	90.60	75.10
30/10/2021	-3	25.80	83.00	75.80
31/10/2021	-2	28.20	74.50	78.10
1/11/2021	-1	28.40	74.70	78.80
2/11/2021	0	28.70	72.30	78.70
3/11/2021	1	27.80	74.00	78.00
4/11/2021	2	24.40	90.90	74.90
5/11/2021	3	24.60	91.80	75.10
6/11/2021	4	26.30	80.10	76.30
7/11/2021	5	28.00	71.80	77.60
8/11/2021	6	27.80	73.90	77.90
9/11/2021	7	26.60	78.40	76.70
10/11/2021	8	26.60	76.70	76.60
11/11/2021	9	26.00	75.70	75.50
12/11/2021	10	26.40	74.30	75.60
13/11/2021	11	26.10	77.40	76.00
14/11/2021	12	25.50	83.50	75.50

15/11/2021	13	28.00	71.50	77.40
16/11/2021	14	28.80	68.10	78.70
17/11/2021	15	29.70	63.30	79.50
18/11/2021	16	28.00	71.00	78.20
19/11/2021	17	26.00	81.60	76.30
20/11/2021	18	26.50	81.00	77.10
21/11/2021	19	25.30	86.90	75.70
22/11/2021	20	27.10	76.90	77.20
23/11/2021	21	28.20	74.70	78.60
24/11/2021	22	24.50	91.90	75.20
25/11/2021	23	26.20	82.40	76.60
26/11/2021	24	27.40	77.90	77.70
27/11/2021	25	28.30	72.80	78.40
28/11/2021	26	28.10	74.00	78.30
29/11/2021	27	26.80	76.00	76.90
30/11/2021	28	26.80	73.00	76.30
1/12/2021	29	28.80	66.40	78.50
2/12/2021	30	27.40	72.80	77.10
3/12/2021	31	27.90	71.70	77.50

Anexo 10. Temperatura humedad relativa y THI promedio de la época 2 del protocolo Jsynch.

Fecha	Dia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	ITH
6/01/2022	-41	25.60	78.80	75.30
7/01/2022	-40	25.00	83.10	74.80
8/01/2022	-39	25.60	82.90	75.50
9/01/2022	-38	26.50	82.30	76.80
10/01/2022	-37	27.50	76.80	77.60
11/01/2022	-36	27.60	75.70	77.60
12/01/2022	-35	27.70	75.00	77.70
13/01/2022	-34	27.70	73.10	77.70
14/01/2022	-33	27.90	70.80	77.50
15/01/2022	-32	27.40	75.40	77.70
16/01/2022	-31	28.70	69.90	78.80
17/01/2022	-30	27.60	74.50	77.80
18/01/2022	-29	28.80	66.30	77.90
19/01/2022	-28	24.40	86.90	74.30
20/01/2022	-27	25.90	79.50	75.70
21/01/2022	-26	26.80	77.60	76.80
22/01/2022	-25	27.70	74.40	77.80
23/01/2022	-24	24.30	90.70	74.70
24/01/2022	-23	23.70	92.90	73.80
25/01/2022	-22	24.00	92.00	74.20
26/01/2022	-21	26.10	81.30	76.10
27/01/2022	-20	27.20	73.90	77.00
28/01/2022	-19	27.20	75.20	77.10
29/01/2022	-18	28.10	73.30	78.00

30/01/2022	-17	27.50	74.00	77.60
31/01/2022	-16	26.20	78.80	75.80
1/02/2022	-15	27.20	73.50	76.80
2/02/2022	-14	27.40	73.60	77.10
3/02/2022	-13	27.70	74.50	77.70
4/02/2022	-12	25.70	85.30	76.10
5/02/2022	-11	26.30	83.30	76.80
6/02/2022	-10	25.40	89.30	76.30
7/02/2022	-9	27.40	78.80	77.90
8/02/2022	-8	27.30	77.50	77.40
9/02/2022	-7	27.70	74.90	77.90
10/02/2022	-6	28.50	74.10	79.30
11/02/2022	-5	26.80	81.30	77.90
12/02/2022	-4	24.80	88.10	75.20
13/02/2022	-3	26.70	77.80	76.50
14/02/2022	-2	28.50	73.30	78.90
15/02/2022	-1	26.80	77.30	77.20
16/02/2022	0	26.80	74.60	76.50
17/02/2022	1	28.20	70.40	77.80
18/02/2022	2	29.20	65.10	79.20
19/02/2022	3	28.00	68.00	77.40
20/02/2022	4	27.50	69.50	76.70
21/02/2022	5	27.90	70.30	77.30
22/02/2022	6	24.40	86.80	74.30
23/02/2022	7	25.00	88.20	75.30
24/02/2022	8	25.60	89.30	76.70
25/02/2022	9	25.20	91.90	76.30
26/02/2022	10	24.70	94.60	75.80
27/02/2022	11	26.10	84.30	76.50

28/02/2022	12	25.60	87.30	76.30
1/03/2022	13	25.30	90.90	76.40
2/03/2022	14	25.30	89.50	76.20
3/03/2022	15	25.60	88.30	76.70
4/03/2022	16	27.20	79.00	77.40
5/03/2022	17	26.70	80.00	76.90
6/03/2022	18	25.70	84.70	76.40
7/03/2022	19	25.70	83.30	76.10
8/03/2022	20	25.80	84.00	76.30
9/03/2022	21	24.60	91.50	75.20
10/03/2022	22	25.50	86.50	76.00
11/03/2022	23	26.60	81.00	76.90
12/03/2022	24	25.30	89.00	76.20
13/03/2022	25	25.00	86.70	75.00
14/03/2022	26	23.10	94.60	72.90
15/03/2022	27	24.3.0	87.10	73.90
16/03/2022	28	24.2.0	88.10	73.80
17/03/2022	29	24.60	92.60	75.20
18/03/2022	30	25.34	87.02	76.04
19/03/2022	31	25.38	87.27	75.74

Anexo 11. Temperatura humedad relativa y THI promedio de la época 3 del protocolo Jsynch.

Fecha	Dia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	ITH
21/04/2022	-41	25.50	87.5.0	76.10
22/04/2022	-40	25.30	84.70	75.40
23/04/2022	-39	25.60	87.50	76.30
24/04/2022	-38	26.10	84.60	76.80
25/04/2022	-37	26.80	81.80	77.50
26/04/2022	-36	25.60	86.00	76.10
27/04/2022	-35	26.40	82.10	76.80
28/04/2022	-34	25.50	87.30	76.50
29/04/2022	-33	23.60	97.40	74.10
30/04/2022	-32	24.90	88.80	75.40
1/05/2022	-31	25.40	85.70	75.60
2/05/2022	-30	25.90	83.50	76.10
3/05/2022	-29	26.10	84.50	76.60
4/05/2022	-28	25.30	87.10	75.60
5/05/2022	-27	24.10	85.60	73.70
6/05/2022	-26	24.60	84.70	74.30
7/05/2022	-25	25.50	82.20	75.30
8/05/2022	-24	24.80	88.00	75.20
9/05/2022	-23	26.30	83.00	76.70
10/05/2022	-22	26.80	83.70	77.80
11/05/2022	-21	25.30	86.20	75.60
12/05/2022	-20	25.30	89.00	76.00
13/05/2022	-19	26.00	86.80	76.80
14/05/2022	-18	26.90	81.50	77.50
15/05/2022	-17	26.00	85.70	76.90
16/05/2022	-16	24.80	91.80	75.50

17/05/2022	-15	22.50	99.20	72.50
18/05/2022	-14	22.70	87.00	71.60
19/05/2022	-13	22.40	84.90	71.00
20/05/2022	-12	23.70	84.60	72.90
21/05/2022	-11	25.10	84.30	75.00
22/05/2022	-10	25.70	83.40	75.90
23/05/2022	-9	25.60	82.20	75.60
24/05/2022	-8	25.40	83.90	75.40
25/05/2022	-7	25.00	88.20	75.40
26/05/2022	-6	24.40	91.30	74.90
27/05/2022	-5	23.60	95.70	74.00
28/05/2022	-4	23.50	92.60	73.50
29/05/2022	-3	25.20	86.50	75.30
30/05/2022	-2	25.80	84.50	76.10
31/05/2022	-1	25.30	87.70	75.80
1/06/2022	0	24.30	88.90	74.40
2/06/2022	1	25.50	84.50	75.60
3/06/2022	2	25.70	85.70	76.20
4/06/2022	3	23.50	95.20	73.80
5/06/2022	4	24.90	86.80	75.00
6/06/2022	5	25.50	88.10	76.30
7/06/2022	6	25.90	83.80	76.10
8/06/2022	7	26.10	84.10	76.70
9/06/2022	8	26.20	83.40	76.60
10/06/2022	9	24.90	86.70	75.10
11/06/2022	10	22.10	87.00	70.60
12/06/2022	11	21.30	79.90	68.10
13/06/2022	12	20.70	82.00	67.30
14/06/2022	13	21.20	83.00	68.10

15/06/2022	14	22.60	84.70	70.70
16/06/2022	15	24.00	82.90	72.80
17/06/2022	16	24.50	84.00	73.90
18/06/2022	17	25.10	84.50	74.90
19/06/2022	18	23.70	94.00	74.00
20/06/2022	19	24.60	86.70	74.40
21/06/2022	20	25.30	83.10	74.90
22/06/2022	21	24.20	88.60	74.10
23/06/2022	22	23.90	90.90	73.90
24/06/2022	23	24.00	90.70	74.00
25/06/2022	24	23.40	95.60	73.60
26/06/2022	25	24.60	86.00	74.30
27/06/2022	26	24.10	82.60	72.90
28/06/2022	27	24.70	83.30	73.90
29/06/2022	28	25.00	81.90	74.00
30/06/2022	29	25.50	80.40	74.90
1/07/2022	30	25.50	80.60	74.70
2/07/2022	31	25.20	82.00	74.80

Anexo 12. Temperatura humedad relativa y THI promedio de la época 4 del protocolo Jsynch.

Fecha	Dia	Temperatura (°C)	Humedad (%)	ITH
21/07/2022	-41	25.80	79.70	75.40
22/07/2022	-40	26.20	78.80	75.80
23/07/2022	-39	26.60	77.80	76.40
24/07/2022	-38	27.00	76.40	76.90
25/07/2022	-37	26.90	76.30	76.80
26/07/2022	-36	25.50	82.70	75.60
27/07/2022	-35	25.20	84.00	75.20
28/07/2022	-34	25.50	80.80	75.00
29/07/2022	-33	25.20	81.20	74.40
30/07/2022	-32	26.20	75.90	75.30
31/07/2022	-31	26.60	76.60	76.10
1/08/2022	-30	26.70	77.00	76.50
2/08/2022	-29	26.80	77.00	76.80
3/08/2022	-28	25.90	78.80	75.50
4/08/2022	-27	25.70	80.10	75.50
5/08/2022	-26	26.00	79.90	76.20
6/08/2022	-25	26.70	75.60	76.30
7/08/2022	-24	26.70	75.10	76.10
8/08/2022	-23	25.50	80.80	75.30
9/08/2022	-22	25.70	82.30	75.80
10/08/2022	-21	22.70	97.60	72.70
11/08/2022	-20	24.60	81.80	73.70
12/08/2022	-19	25.80	79.00	75.30
13/08/2022	-18	26.00	77.90	75.20
14/08/2022	-17	26.20	76.60	75.40
15/08/2022	-16	26.40	75.80	75.60

16/08/2022	-15	26.80	75.30	76.20
17/08/2022	-14	27.10	75.10	76.70
18/08/2022	-13	27.40	71.90	76.60
19/08/2022	-12	23.80	84.00	73.10
20/08/2022	-11	22.30	69.80	68.90
21/08/2022	-10	22.60	70.20	69.00
22/08/2022	-9	23.80	69.70	70.60
23/08/2022	-8	24.90	70.80	72.50
24/08/2022	-7	25.40	72.80	73.70
25/08/2022	-6	25.70	71.00	73.70
26/08/2022	-5	26.00	69.90	74.10
27/08/2022	-4	26.00	74.30	75.00
28/08/2022	-3	26.80	69.70	75.40
29/08/2022	-2	22.30	92.60	71.50
30/08/2022	-1	24.00	85.40	73.40
31/08/2022	0	25.10	80.20	74.10
1/09/2022	1	26.40	76.50	75.60
2/09/2022	2	27.20	73.30	76.40
3/09/2022	3	26.90	76.70	76.70
4/09/2022	4	24.60	86.80	74.80
5/09/2022	5	24.80	83.20	74.30
6/09/2022	6	25.70	78.10	74.80
7/09/2022	7	26.10	76.80	75.20
8/09/2022	8	26.80	74.30	75.90
9/09/2022	9	28.00	69.90	77.30
10/09/2022	10	24.60	87.00	74.70
11/09/2022	11	24.20	87.70	74.00
12/09/2022	12	26.40	79.40	76.10
13/09/2022	13	28.20	71.40	77.70

14/09/2022	14	26.30	78.30	76.20
15/09/2022	15	25.40	82.80	75.60
16/09/2022	16	25.30	73.00	74.20
17/09/2022	17	26.20	73.800	75.20
18/09/2022	18	27.60	70.50	76.80
19/09/2022	19	28.10	68.60	77.20
20/09/2022	20	28.30	70.20	78.00
21/09/2022	21	28.30	69.10	77.80
22/09/2022	22	28.70	67.60	77.90
23/09/2022	23	26.00	80.20	75.90
24/09/2022	24	24.70	85.20	74.60
25/09/2022	25	26.60	78.30	76.30
26/09/2022	26	27.60	73.70	77.30
27/09/2022	27	28.00	71.10	77.50
28/09/2022	28	28.70	69.70	78.10
29/09/2022	29	28.50	71.80	78.30
30/09/2022	30	23.20	92.70	73.00
1/10/2022	31	25.00	83.30	74.80