

# Evaluación del efecto de dos protocolos de sincronización sobre los niveles de estradiol y progesterona en vacas doble propósito en la Amazonia Ecuatoriana

## Evaluation of the effect of two synchronization protocols on Estradiol and Progesterone levels in Dual Purpose cows from the Ecuadorian Amazon

Madelin Pilla-Campaña<sup>1</sup>, Darwin Yáñez-Avalos<sup>2,3\*</sup>, Manuel Ortega-Coello<sup>3</sup>, Ramón Aragadvay-Yungán<sup>1</sup> y Pablo Roberto Marini<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ecuador.

<sup>2</sup>Universidad UTE, Facultad Ciencias de la Salud Eugenio Espejo, Carrera Medicina Veterinaria, Sede Santo Domingo. Ecuador.

<sup>3</sup>Centro Latinoamericano de Estudios de Problemáticas Lecheras (CLEPL).

<sup>4</sup>Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Veterinarias. Argentina.

\*Correo electrónico: [dr.daviyanez@gmail.com](mailto:dr.daviyanez@gmail.com)

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la concentración de los niveles séricos de progesterona y estradiol sobre tasa de preñez y dinámica folicular en dos protocolos de sincronización en vacas doble propósito en la Amazonia Ecuatoriana. Esta investigación se realizó en la provincia de Pastaza, Ecuador, desde enero a agosto del 2022. Se utilizaron vacas multiparas en producción con cría al pie, de las razas Pardo Suizo y sus cruces (*Bos indicus*), con estado corporal >2,25 y que tenían >60 y <150 días abiertos. Tratamiento (T) J-Synch (100 vacas), al día 0 se administró de 2 miligramos (mg) de benzoato de estradiol (BE) y un dispositivo intravaginal (DIB) impregnado con 0,5 gramos (g) de progesterona (P4); el día 6 se retiró el DIB y se colocó 500 microgramos (µg) de prostaglandina y 400 Unidades Internacionales (UI) de Gonadotropina Coriónica Equina (eCG). Las vacas que presentaron celo fueron inseminadas a las 60 horas (h) y las que no, se inseminaron a las 72 h más la adición de Hormona Liberadora de Gonadorelina (GnRH). Tratamiento Convencional (100 vacas): al día 0 se administró una dosis de 2 mg de BE vía intramuscular (IM) y un DIB, con una concentración de P4 de 0,5 g; el día ocho se retiró el DIB, se colocó 400 UI de eCG, 500 microgramos (µg) de prostaglandina (PGF2α) y 1 mililitro (mL) de cipionato de estradiol (CPE), Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) a las 54 h. En los dos T se tomaron muestras de sangre al azar, a 10 vacas de cada uno para evaluar las concentraciones séricas de estradiol (E2) al momento de la IATF y P4 al día 14 post IATF. Al día 45 se realizó el diagnóstico de preñez a través de una ultrasonografía. La concentración de E2 y P4 para el T J-Synch fue de 103,35 picogramos·mL<sup>-1</sup> (pg·mL<sup>-1</sup>); 6,75 nanogramos·mL<sup>-1</sup> (ng·mL<sup>-1</sup>) y T Convencional: 97,35 pg·mL<sup>-1</sup> y 15,24 ng·mL<sup>-1</sup>, respectivamente. No se encontró variación en la concentración sérica de E2 en los dos protocolos y a pesar que la concentración de P4 fue mayor en el T Convencional, no existió diferencia significativa en la tasa de preñez frente al T J-Synch.

**Palabras clave:** Dinámica folicular; celo; preñez; J-Synch; convencional

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the concentration of serum Progesterone and Estradiol levels on pregnancy rate and follicular dynamics in two synchronization protocols in dual purpose (DP) cows in the Ecuadorian Amazon. This research was carried out in the Province of Pastaza, Ecuador, from January to August 2022. Multiparous Brown Swiss and their crosses (*Bos indicus*) cows in production with calf at foot, with a body condition score of >2.25 and between >60 and <150 days (d) open were used. J-Synch treatment (T) (100 cows): on day 0, 2 milligrams (mg) of Estradiol Benzoate (BE) and an intravaginal device (DIB) impregnated with 0.5 grams (g) of Progesterone (P4) were administered. On day 6, the DIB was removed and 500 micrograms (µg) of Prostaglandin (PGF2α) and 400 International Units (IU) of Equine Chorionic Gonadotropin (eCG) were placed. The cows that showed estrus were inseminated at 60 hours (h) and those that did not, were inseminated at 72 h plus the addition of Gonadorelin Releasing Hormone (GnRH). Conventional T (100 cows): on day 0, a 2 mg dose IM of BE was administered and an DIB with a P4 concentration of 0.5 g was inserted; on day 8 the DIB was withdrawn, and 400 IU of eCG, 500 µg of PGF and 1 mL of Estradiol Cypionate were injected. Fixed Time Artificial Insemination (IATF) was performed at 54 h. In both T, blood samples were randomly taken to 10 cows to evaluate serum concentrations of E2 at the time of IATF and P4 at day 14 post-IATF. On day 45, pregnancy diagnosis was made through ultrasonography. The concentrations of E2 and P4 for the T J-Synch were 103.35 picograms·mL<sup>-1</sup> (pg·mL<sup>-1</sup>) and 6.75 nanograms·mL<sup>-1</sup> (ng·mL<sup>-1</sup>), respectively and for the T Conventional 97.35 pg·mL<sup>-1</sup> and 15.24 ng·mL<sup>-1</sup>, respectively. No variation was found in the serum concentration of E2 in the two protocols. Although the concentration of P4 was higher in the T Conventional, there were no significant differences in the pregnancy rates compared to T J-Synch.

**Key words:** Follicular dynamics; estrus; pregnancy; J-Synch; conventional

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de explotación ganadera doble propósito (DP) que combina la producción de carne y leche con cruces entre bovinos (*Bos taurus* y *Bos indicus*), se determinan como un programa de producción tradicional (PT) en regiones tropicales [1]. En la Amazonia Ecuatoriana existen elementos que afectan la reproducción bovina: el clima tropical con elevadas temperaturas en combinación con la humedad, factores fisiológicos, altos intervalos entre partos, baja detección de celos (DC), desbalances hormonales, dietas insuficientes y un incorrecto manejo zootécnico [28]. Una elección para intentar optimizar estos resultados negativos sobre la reproducción es el de emplear programas de manejo hormonal para aplicarlos en la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF). Esta técnica brinda la posibilidad de sincronizar el celo y la ovulación en el ganado bovino [39].

Uno de los parámetros más importantes en el manejo reproductivo es la DC, debido a que es fundamental para lograr la preñez. Una eficiente DC, consigue disminuir el intervalo de días abiertos [10]; sin embargo, se ha demostrado que no todas las vacas de las ganaderías, expresan el celo o pasan desapercibido por la falta o minúscula expresividad de éste [33], provocando importantes pérdidas económicas por el potencial genético (PG), producción de leche (PL), inseminaciones artificiales (IA) sin el resultado esperado [31].

En la Amazonia Ecuatoriana se ha venido utilizando protocolos convencionales, que consiste en administrar 2 miligramos (mg) de Benzoato de Estradiol (BE) por vía intramuscular (IM) junto con la inserción de un dispositivo intravaginal (DIB) con liberación de progesterona (P4) en lo que se denomina el día 0 del Tratamiento (T). El mismo que al día 7 u 8 se retira el DIB y se coloca 2 mL de prostaglandina (PGF2 $\alpha$ ) y 1 mg de BE IM 24 horas (h) más tarde [6]. El T con cipionato de estradiol (CPE) en el momento del retiro del dispositivo con P4 es hoy el más utilizado para reducir el número de veces que los animales pasan por la manga [9]. Además, es más sencillo de aplicar y reducir un día de encierro de los animales utilizados para la IATF, disminuyendo el grado de estrés de los mismos [27]. Existen diferentes estrategias de uso del estradiol (E2) al finalizar un protocolo de IATF. Las mismas combinan diferentes sales de E2 con diferentes dosis y en diferentes momentos [8].

El Cipionato de Estradiol (CPE) es generalmente utilizado al mismo momento del retiro de los DIB. Rodríguez y col. [40] indican un intervalo hasta la ovulación de 65,3  $\pm$  12,3 h cuando se administraron 0,5 mg de CPE en vaquillonas para carne. Por otro lado, Butler y Cesaroni [12] utilizaron 0,5 mg de CPE al retiro o a las 24 h obteniendo un intervalo de 81,6  $\pm$  5,0 h y 86,4  $\pm$  3,5 h hasta la ovulación, en vaquillonas de carne.

El protocolo de proestro prolongado (J-Synch), a lo largo de los años ha sufrido una serie de modificaciones para poder obtener mayores porcentajes de preñez; sin embargo, la manera inicial del protocolo no se ha visto alterada. Es así que el primer día se utiliza un DIB impregnado con P<sub>4</sub> más la administración de 2 mL de BE, estas dos hormonas permiten iniciar una nueva onda folicular y tienen la particularidad de actuar durante un tiempo reducido (6 días) en el animal [44]. Se ha demostrado que este protocolo, al crear un proestro mucho más prolongado en comparación con otros protocolos de sincronización, aumenta la capacidad esteroidogénica que tiene el folículo en el ambiente uterino, por lo que existe un incremento en las concentraciones séricas de E2 y repercute en las tasas de preñez de manera favorable [38].

En la provincia de Napo (Amazonia de Ecuador), López y col. [28] analizaron tres T, dos convencionales con diferentes sales de estradiol (BE n=100 y CPE n=100) y uno denominado J-Synch; (n=101), el cual al día 0 se aplicó 2mg BE + DIB 0,5g; el día 6 se retiró DIB + PGF2 $\alpha$ ; el día 9 se aplicó 100  $\mu$ g Hormona Liberadora de Gonadotropina (GnRH)(72 h) e IATF. Se utilizaron vacas multíparas Brown Swiss DP con cría al pie, con estado corporal > 2,5, con  $\leq$  90 y > 120 d de intervalo de días abiertos, desde octubre de 2015 a abril, 2016. Cuando se evaluó la tasa de preñez (TP), el protocolo J-Synch tuvo una preñez del 59 % numéricamente mayor que los otros dos T (53 y 51 %, respectivamente), sin que existieran diferencias significativas ( $P>0,05$ ).

El uso de la Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) ha presentado un efecto positivo en rodeos con baja tasa de ciclicidad (anestro), en animales recién paridos (período pos-parto inferior a dos meses), en animales con condición corporal (CC) comprometida ( $\leq$  2,5 en la escala de 1 a 5) [4], y en animales que presentan comprometido el crecimiento del folículo dominante [29]. Debido a su acción Hormona Folicular Estimulante (FSH) y Hormona Luteinizante (LH) y a su larga vida media, la eCG ha sido utilizada en los protocolos de sincronización de receptoras de embriones [3]. La utilización de 400 Unidades Internacionales (UI) de eCG al momento de retirar el DIB de liberación de P<sub>4</sub>, dio como resultado un aumento en la concentración de P<sub>4</sub> en plasma y en las tasas de preñez en vacas con cría al pie tratadas durante el anestro posparto [4, 7]. Se ha demostrado que el tratamiento con eCG incrementa el desarrollo del folículo dominante y produce la ovulación de un folículo más grande que resulta en un cuerpo lúteo (CL) más grande y más funcional, actuando en la supervivencia del embrión [4].

El reconocimiento materno embrionario (RME) bovino es uno de los eventos de mayor importancia en la reproducción, ya que este proceso está regulado por múltiples señales celulares y endocrinas entre el embrión, el endometrio y el CL, estimulando la producción de P<sub>4</sub> [25]. Para que la gestación se lleve a cabo, se debe establecer una relación estrecha entre el embrión en desarrollo y el ambiente materno [32]: por lo cual, durante los días 15 al 17 del ciclo estral, la viabilidad embrionaria juega un papel importante para inhibir los procesos luteolíticos, favoreciendo la implantación y el mantenimiento de la gestación [25], lo cual se consigue mediante la secreción del Interferón tau (INFT), el cual bloquea la síntesis de la PGF2 $\alpha$  [32].

La mortalidad embrionaria (ME) constituye un problema reproductivo ya que en la mayoría de ocasiones se presenta sin alterar la duración del ciclo estral. La ME está relacionada con fallas en el establecimiento del ambiente embriotrófico, puede resultar si hay defectos intrínsecos en el embrión, en el balance hormonal materno o asincronía entre la madre y el embrión. La mayor parte de los embriones mueren entre los días 8 y 17 de la gestación, por lo que no se presenta en forma aparente ningún disturbio en la duración del ciclo estral. El embrión puede morir al producir pocas cantidades de INFT y no lograr inhibir la luteólisis, por fallas genómicas o por tener algún grado de degeneración al momento en que debe darse la señal de reconocimiento. Algunas vacas repetidoras de celos tienen menores niveles de P<sub>4</sub>, por lo cual se ha implementado técnicas como el suministro de progesterona exógena (P4E) o la inducción del CL accesorio para aumentar la TP. Por otra parte, también pueden presentarse carencias en el ambiente embriotrófico cuando no existe una correcta sincronía entre la madre y el embrión, disminuyendo la TP. Por estas razones se considera que la relación de la P<sub>4</sub> y el INFT, que se establece en la preñez temprana, es interdependiente

para llevar a cabo las funciones necesarias para que se establezca el ambiente embriotrófico [22].

La eCG es una glicoproteína compleja con actividad semejante a las hormonas FSH y LH. La administración de eCG previo a la ovulación, estimula el crecimiento folicular a través de su acción de FSH y LH, aumentando el tamaño del folículo preovulatorio, las concentraciones plasmáticas de P4 luego de la ovulación, mejorando así el desarrollo embrionario y el mantenimiento de la preñez [34].

Tomando en cuenta los diferentes factores que afectan la eficiencia reproductiva en la región de la Amazonia Ecuatoriana, los ganaderos del lugar poseen la necesidad de cambiar estos efectos reproductivos en sus hatos ganaderos [44]. La estimulación y sincronización del crecimiento folicular conjuntamente con la ovulación de esos folículos y la formación de CL accesorios, previo al período crítico, incrementaría la producción de P4 y podría ser una alternativa para reducir pérdidas de gestación. [34], esto mediante la aplicación de nuevas biotecnologías para el manejo reproductivo, buscando mejorar esa eficiencia reproductiva, por lo cual el objetivo del trabajo de investigación fue determinar las concentraciones sanguíneas de E2, P4 y la TP en vacas DP sometidas a distintos protocolos de sincronización de celo en la Amazonía Ecuatoriana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Aspectos bioéticos

En el desarrollo de esta investigación se tomaron en cuenta los criterios de investigación científica en animales indicados por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (FONDECYT-CONICYT, Chile)[15].

### Ubicación del estudio

La presente investigación se desarrolló en la región Amazónica del Ecuador, en la provincia de Pastaza, que se encuentra ubicada al Nororiente del país. Se utilizó el rodeo de vacas DP de establecimientos aledaños en los cantones Puyo y Santa Clara, los cuales cuentan con unas condiciones meteorológicas muy similares, con una temperatura que promedia entre 25 a 30 °C, con un clima trópico húmedo, y una humedad relativa de un 80-90 %, precipitación de 4.000 – 5.000 milímetros-año<sup>-1</sup> promedio y una altitud que varía desde los 450 y 600 metros sobre el nivel del mar (msnm).

### Diseño experimental

Se trabajó con dos T y un total de 200 animales. Cada T constó de 100 vacas, en las que se efectuaron cinco repeticiones con una unidad experimental de 20 animales. De cada T se realizó un submuestreo donde se seleccionaron 10 animales por protocolo de sincronización para la evaluación de niveles sanguíneos de E2 y P4. Las características que los animales presentaron para ser seleccionados fueron: todas en producción con cría al pie, de las razas Pardo Suizo y sus cruces, multiparas, de entre 34 a 60 meses de edad, con una condición corporal 2,5/5, un peso >350 kilogramos (kg), y entre 90 a 130 días abiertos. A cada animal antes de iniciar el protocolo de sincronización se le realizó una ultrasonografía (Ecógrafo Minitube 2.0; con sonda lineal de 6.5 megahertz (MHz)(International AG, Alemania).

Tratamiento J-Synch (100 vacas): se administró de 2mg de BE y un DIB impregnado con 0,5 g de P4. El día 6 se retiró el DIB y se colocó 500 microgramos (µg) de PGF y 400 UI de eCG. Las vacas que presentaron

celo fueron inseminadas a las 60 h y las que no, se inseminaron a las 72 h más la adición IM de 100 µg Acetato de gonadorelina GnRH [44].

Tratamiento Convencional (100 vacas): se administró una dosis de 2mg de BE vía IM y un DIB con una concentración de P4 de 0,5 g. El día ocho se retiró el DIB y se colocaron 400 UI de eCG, 500 µg de PGF2α y 1 mililitro (mL) de CPE. Dentro de las 54 h posteriores al retiro del DIB de P4, se realizó la IATF.

La toma de la primera muestra sanguínea en los dos T, se realizó al momento de la IATF para determinar los niveles sanguíneos de E2 y a los 14 días posteriores a la IATF se tomó la segunda muestra sanguínea para determinar la concentración de P4. La preñez se determinó al día 45 a través de la ultrasonografía.

### Toma de datos

#### Variables dependientes

La caracterización folicular se las ejecutó al retiro del DIB a la IATF. Mientras, el día 14 post IATF se determinaron las características del CL. Para ambas estructuras se expresan sus resultados en mm.

La DC se realizó calificando la manifestación de los signos de más importancia como son: descarga vaginal mucosa y aceptación de la monta [5] y la calidad de la pintura aplicada en la base de la cola (borrada igual o mayor a 50 % se consideró celo).

**Concentraciones séricas de E2 y P4:** Se obtuvo muestras sanguíneas de la vena coccígea durante la IATF y 14 días posteriores a ello. Se rotuló los tubos de recolección de sangre con el fin de evitar confusiones [35], Levantando la cola del animal se realizó la asepsia de la zona con alcohol al 70 % y finalmente se extrajo un total de 10 mL de sangre. Las muestras sanguíneas se las colectó en un tubo de tapa roja con activador de coágulo estéril lejos de la exposición al sol hasta que la muestra se coaguló. Luego se transportó las muestras al laboratorio "Micro Lab" de la Ciudad del Puyo, refrigeradas entre 4 y 8 °C en un contenedor aislante con geles fríos. Las muestras se sometieron a centrifugación (Centrifuga PLC 03 de 8 tubos, Gemmy, Taiwan) de 3000 fuerza G durante 10 minutos (min), con el fin de extraer el suero sanguíneo [16], para el análisis de E2 o P4 con el método de Electro quimioluminiscencia (cobas e411) [17], con un rango de medición para E<sub>2</sub> de 5,0 – 6.000 picogramos-mL<sup>-1</sup> (pg-mL<sup>-1</sup>) y para P4 de 0,1 a 80 nanogramos-mL<sup>-1</sup> (ng-mL<sup>-1</sup>).

**Tasa de preñez (TP):** El diagnóstico de gestación se realizó a los 45 días una vez realizada la IATF por medio de ultrasonografía (Ecógrafo Minitube 2.0; con sonda lineal de 6.5 megahertz (MHz)(International AG, Alemania), categorizando a las vacas como (1) preñadas y (0) vacías y se expresó en porcentaje (%).

### ANÁLISIS DE DATOS

En los T 1 y 2, para cada variable continua estudiada se estimó la media aritmética ( $\bar{x}$ ) y el error estándar. Se probó si existían diferencias significativas entre los T mediante la aplicación de un análisis de la variancia (ANOVA) a un criterio de clasificación y pruebas de comparaciones múltiples de Tukey – Kramer HSD ( $P \leq 0,05$ ) de datos binarios (0 vacía y 1 preñada) para determinar la influencia de las distintas variables y sus interacciones sobre la TP. Se utilizó un alfa 0,05 para determinar diferencias significativas y 0,10 como valor de tendencia. La relación entre los T y la TP, la presencia de celo y la proporción del DIB limpio o sucio, al igual que las réplicas se evaluó

con una prueba de homogeneidad basada en la estadística Ji-cuadrado ( $P < 0,05$ ). Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el programa JMP (JMP®, 2003) en su versión 5.0 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización folicular

Se observó que el promedio del diámetro folicular (mm) medido el día del retiro del DIB fue de  $9,1 \pm 1,0$  para el T J-Synch y de  $9,6 \pm 1,4$  para el T Convencional, observando diferencia significativa ( $P < 0,05$ ). Esto indica que el diámetro folicular el día del retiro del DIB fue mayor en el T Convencional en relación con el J-Synch, siendo similares con estudios reportados, donde los valores promedio fueron  $8,3 \pm 1,2$  y  $10,0 \pm 2,4$  para el T J-Synch y T Convencional, respectivamente [2].

El tamaño del folículo (mm) medido el día de la IATF fue de  $12,2 \pm 1,0$  para el T J-Synch y para el T Convencional fue de  $12,2 \pm 1,8$  sin existir diferencia significativa ( $P > 0,05$ ). Estos valores difieren de otros estudios, en los que el tamaño folicular para el T J-Synch fue de  $15,5 \pm 0,3$  mm y en el T Convencional fue de  $13,8 \pm 0,2$  mm, mostrándose una clara diferencia significativa [24]. Sin embargo, en otros trabajos fue de  $13 \pm 1,04$  mm y  $12,8 \pm 0,95$  mm para los protocolos J-Synch y Convencional, respectivamente, sin mostrar diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) [12]. Las diferencias entre los datos reportados por trabajos anteriores y el realizado en este estudio pudo haber estar afectado por la diferencia en el manejo a los animales, características de la región, condiciones corporales y alimentación [14].

El tamaño del CL a los 14 d pos IATF fue de  $21,6 \pm 5,1$  para el T J-Synch y  $21,5 \pm 5,3$  para el T Convencional sin mostrar diferencia significativa ( $P > 0,05$ ). Estos valores fueron semejantes a los reportados por López y col. [28], donde se obtuvo valores de  $25,4 \pm 0,2$  para el T J-Synch y  $24,5 \pm 0,2$  para el T Convencional ( $P > 0,05$ ). Por otro lado, de la Mata y col. [17], mostraron que el crecimiento luteal el día 12 fue mayor en el protocolo J-Synch en relación con el T Convencional. Esto según López y col. [28], repercute en la preñez ya que las concentraciones séricas de P4 están relacionadas de manera directa con el tamaño del CL y éste con el diámetro folicular, por lo que los folículos preovulatorios pequeños desarrollarán un CL pequeño y menores niveles sanguíneos de P4 (TABLA I).

### Expresión de celo y tasa de preñez (TP)

Se obtuvo un 67 % de expresión de celo (EC) en el T J-Synch, mientras que para el T Convencional fue de 91 %, existiendo diferencia significativa entre ambos protocolos de sincronización ( $P < 0,05$ ). Estos

**TABLA I**  
Medias y errores estándar del tamaño folicular y el Cuerpo Lúteo (CL) al día 14 pos IATF en vacas doble propósito en la Amazonia Ecuatoriana tratadas con dos protocolos de sincronización

Tratamientos	Número de Animales	Tamaño folicular		CL (mm)
		RDI (mm)	IATF (mm)	
J-Synch	100	$9,1 \pm 1,0^a$	$12,2 \pm 1,0^a$	$21,6 \pm 5,1^a$
Convencional	100	$9,6 \pm 1,4^b$	$12,2 \pm 1,8^a$	$21,5 \pm 5,3^a$
Promedio	100	$9,3 \pm 1,2$	$12,2 \pm 1,4$	$21,6 \pm 5,2$

RDI: Retiro del dispositivo intravaginal, IATF: Inseminación a tiempo fijo. Letras diferentes en cada columna indica diferencia significativa ( $P < 0,05$ )

valores coinciden con trabajos de López y col. [28], donde manifiestan que pocos animales pertenecientes al T J-Synch manifestaron celo. Por otro lado, Peralta y col. [37] obtuvieron mejores resultados de EC en vacas pertenecientes al protocolo Convencional, debido a la administración de CPE el día de retiro del DIB.

La TP fue mayor en vacas que manifestaron o no celo en el T J-Synch en comparación con el T Convencional, al igual que lo encontrado por Nuñez y col. [34] en vaquillas cíclicas, en donde la preñez fue mayor en las hembras con IATF a las 72 h (77,5 %, 134/173;  $P < 0,05$ ) que a las 48 h y 60 h (67,7 %, 107/158 y 68,3 %, 110/161), respectivamente (TABLA II).

**TABLA II**  
Tasa de preñez en vacas que presentaron o no celo, en los tratamientos J-Synch y Convencional (%)

Tratamientos	Número de Animales	Expresión de Celos	Preñez con Celos	Preñez sin Celos
J-Synch	100	67 % (67/100) <sup>a</sup>	53,7 % (36/67) <sup>a</sup>	57,6 % (19/33) <sup>a</sup>
Convencional	100	91 % (91/100) <sup>b</sup>	53,8 % (49/91) <sup>a</sup>	44,4 % (4/9) <sup>b</sup>

Letras diferentes en cada columna indica diferencia significativa ( $P < 0,05$ )

La TP global para el T J-Synch fue de 55 % mientras que el T Convencional alcanzó un 53 % de preñez, sin existir diferencia significativa entre ambos T ( $P > 0,526$ ) (TABLA III). Sin embargo, De La Mata y col. [17], lograron el mayor porcentaje de preñez en el T J-Synch en relación con el T Convencional en vacas expuestas a correctas condiciones nutricionales y corporales, mientras que en condiciones negativas los porcentajes de preñez disminuyen [42]. Esto se debe a una mayor prolongación del proestro en el T J-Synch en relación al T Convencional, lo que implica un desarrollo favorable en el diámetro folicular, derivando en un mejor tamaño del CL, y por ende en mejores TP consecuencia a la síntesis de P4. La P4 actúa sobre el endometrio y embrión, concluyéndose que valores inadecuados ocasionan reabsorción embrionaria [2]. Al no existir diferencias significativas entre ambos protocolos en el diámetro folicular el día de la IA, en el tamaño del CL 14 días pos IATF y en el porcentaje de preñez, se asume que no existió efecto de los T evaluados sobre la cinética folicular y sus variables relacionadas.

### Concentración sérica de estrógeno y progesterona

Los valores de E2 evaluados el día de la IATF para el T J-Synch fueron de  $103,35 \text{ pg}\cdot\text{mL}^{-1}$ , mientras que para el T Convencional fue

**TABLA III**  
Medias y errores estándar del tamaño folicular y CL al día 14 pos IATF (mm)

Tratamiento	Número de Animales	% de Preñez	Probabilidad
J-Synch	56/100	56,0 % <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>
Convencional	54/100	54,0 % <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>
Promedio	55/100	55,0 %	0,77

Letras diferentes en cada columna indica diferencia significativa ( $P < 0,05$ )

de 97,35 pg·mL<sup>-1</sup>, sin existir una diferencia significativa ( $P>0,05$ ). Esto podría deberse según Busch y col. [11], a que el CPE es una sal de E2 que posee una vida media prolongada, ayudando a obtener un pico preovulatorio de LH 24 h más tarde del retiro del DIB [23]. El CPE actúa de manera directa en el hipotálamo, originando la síntesis de GnRH, misma que tiene acción sobre la hipófisis incrementando los pulsos de LH, disminuyendo el tiempo en el que se llevará a cabo la ovulación, acción que se repite en el protocolo J-Synch, con vacas que al no presentar celo se las inseminó a las 72 h más la administración de 2,5 mL de GnRH.

El uso de CPE [23], 20 h después de haber retirado el DIB generó concentraciones séricas de 120 pg·mL<sup>-1</sup> en el T Convencional. Por otro lado, Rosero y Ferrín [41] encontraron que los valores séricos de E2 5 d después de la ovulación no poseen diferencias significativas entre el protocolo J-Synch (9,9 pg·mL<sup>-1</sup>) y el Convencional (9,5 pg·mL<sup>-1</sup>) (TABLA IV).

Las concentraciones séricas de P4 obtenidas a los 14 días pos IATF fueron de 6,72 ng·mL<sup>-1</sup> para el T J-Synch, mientras que para el T Convencional fue de 15,24 ng·mL<sup>-1</sup>, existiendo diferencia significativa entre T ( $P<0,05$ ). En otros estudios [17] se evaluaron niveles sanguíneos de P4 el día 12 de la fase luteal, donde se obtuvo valores de 4,7 ng·mL<sup>-1</sup> para el T J-Synch, mientras que para el T Convencional, concentraciones séricas de 3,9 ng·mL<sup>-1</sup>, con mayores niveles sanguíneos para el primer T (TABLA IV).

Se ha reportado mayores concentraciones de P4 y mayores tamaños de CL en relación a la ovulación de folículos de mayor tamaño [11, 43], los mismos que alcanzan su madurez alrededor del día 8 del ciclo estral, en donde su tamaño no influye en las concentraciones circulantes de P4 [30]. Otros autores demuestran que una mayor concentración de P4 circulante afecta la fertilidad y que muchas pérdidas embrionarias pueden ser atribuidas a niveles de P4 inadecuados [18, 22, 42]. Los efectos de la P4 sobre el endometrio y en consecuencia sobre el embrión, determinan el mantenimiento de la preñez debido a cambios significativos en el transcriptoma endometrial, tanto en el ciclo estral como en la preñez temprana [19, 20]. La P4 elevada acelera los cambios temporales normales que ocurren en el transcriptoma endometrial [19], y en el momento de la disminución de los receptores de P4 en el epitelio luminal [36]. En consecuencia, se acelera la elongación del *conceptus* [13], que está asociado con una mayor sobrevivencia embrionaria, pero la reducción de los niveles circulantes de P4 resulta en una modificación en el transcriptoma endometrial y un retraso en el desarrollo embrionario [21, 26]; además, varios autores encontraron una correlación entre la concentración plasmática de P4 materna con la producción de IFNT por el *conceptus* [24, 30].

#### Análisis de interacción

La concentración sérica de P4 y E2, no se relacionan en los dos T con la condición de vacas preñadas y vacías; pero difieren de manera

**TABLA IV**  
Concentración sérica de estrógeno (pg·mL<sup>-1</sup>) y progesterona (ng·mL<sup>-1</sup>)

Tratamiento	Número de Animales	E2 (pg·mL <sup>-1</sup> )	P-valor	P4 (ng·mL <sup>-1</sup> )	P-valor
J-Synch	10	103,35 <sup>a</sup>	0,42	6,72 <sup>a</sup>	3,62
Convencional	10	97,35 <sup>a</sup>	0,42	15,24 <sup>b</sup>	3,62

Letras diferentes en cada columna indica diferencia significativa ( $P<0,05$ )

significativa entre protocolos, ( $P<0,05$ ), esto puede estar ligado a que no existe diferencia entre el tamaño folicular y luteal, existiendo incluso semejanzas entre los porcentajes de preñez (TABLA V). Sin embargo, Núñez y col. [34] demostraron que, en vacas donde se administró GnRH a las 72 h, una vez que se retiró el DIB, los valores séricos de P4 eran mayores en relación al T Convencional, esto se debe al incremento de la función ovárica y mejora del entorno uterino. Por otro lado Lenis y col. [25] determinaron que los niveles séricos de P4 están íntimamente ligados a la expresividad de genes encargados de iniciar la activación de Jaagsiekte Sheep Retrovirus (JSRV) lo que provocará que se produzca la fijación del embrión a la pared uterina iniciándose el proceso de gestación. Se constató que, entre los días 13 y 15 del diestro, los receptores de P4 incrementan de manera significativa, pues se encuentran buscando señales celulares que determinen la viabilidad del embrión; sin este reconocimiento la síntesis de P4 empieza a llegar a sus niveles basales [38].

**TABLA V**  
Interacción entre preñez y concentraciones séricas de estrógeno (pg·mL<sup>-1</sup>) y progesterona (ng·mL<sup>-1</sup>) obtenidos en dos protocolos

Tratamiento	Preñez	E2 (pg·mL <sup>-1</sup> )	P4 (ng·mL <sup>-1</sup> )
J-Synch	P	98,9 <sup>a</sup>	6,5 <sup>a</sup>
	V	120,5 <sup>a</sup>	8,2 <sup>a</sup>
Convencional	P	111,1 <sup>b</sup>	15,0 <sup>b</sup>
	V	87,1 <sup>b</sup>	14,0 <sup>b</sup>

P: Preñada, V: Vacía. Letras diferentes en cada columna indica diferencia significativa ( $P<0,05$ )

#### CONCLUSIONES

No se encontró variación en la concentración sérica de E2 entre el T J-Synch y el Convencional. A pesar que la concentración de P4 fue mayor en el T Convencional, no existió diferencia significativa en la tasa de preñez frente al T J-Synch.

#### RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar los niveles de P4 en distintos días de la fase luteal, evidenciando la variación de las concentraciones entre estos.

#### AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento al Centro Latinoamericano y el Caribe de Estudios de Problemáticas lecheras CLEPL, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, Universidad Técnica Equinoccial Sede Santo Domingo, Ecuador y a la Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARCE, C.; ARANDA, E.; OSORIO, M.; GONZÁLEZ, R.; DÍAZ, P.; HINOJOSA, J. Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco, México. *Rev. Mex. Cien. Pec.* 8(1): 83-91. 2017.

- [2] ARTAGAVEYTIA, R.; BROCHADO, C. Tratamiento corto de 6 días (J-SYNCH) para IATF en vaquillonas de carne: efecto sobre el folículo ovulatorio y el cuerpo lúteo. Universidad de la República Montevideo-Uruguay. 2016. <https://bit.ly/3YvPslA>. 01/09/2022.
- [3] BARUSELLI, P.S.; MARQUES, M.O.; MADUREIRA, E.H.; BÓ, G.A.; NETO, C.; PINTO, W.; GRANDINETTI, R.R. Superestimulação ovariana de receptoras de embriões bovinos visando o aumento de corpos lúteos, concentração de p4 e taxa de prenhez. Facultad de Veterinária – UFRGS. 2000. <https://bit.ly/3BLt5Iq>. 01/09/2022.
- [4] BARUSELLI, P.S.; REIS, E.L.; MARQUES, M.O.; NASSER, L.F.; BÓ, G.A. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. **Anim. Reprod. Sci.** 82-83: 479-486. 2004.
- [5] BLANCO-DAGHERO, N.R. Métodos de detección del celo en bovinos: observación visual y complementaria y/o auxiliares. Universidad de la Republica. Montevideo, Uruguay. Tesis Doctoral. 84 pp. 2009. <https://bit.ly/3V9FIdN>. 01/09/2022.
- [6] BÓ, G.A.; CUTAIA, L.; BROGLIATTI, G.M. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado bovino utilizando progestágenos y estradiol. **IV Simposio Internacional de Reproducción Animal (IRAC)**. Córdoba 30, 31 de agosto y 01 de septiembre; Argentina. Pp 117-136. 2001.
- [7] BÓ, G.A.; CUTAIA, L.E.; SOUZA, A.H.; BARUSELLI, P.S. Systematic, Reproductive Management in Dairy Herds. **Dairy Cattle Conference**. Christchurch 5-7 July, New Zealand. Pp 155-168. 2007.
- [8] BÓ, G.A.; BARUSELLI, P.S.; MAPLETOFT, R.J. Synchronization techniques to increase the utilization of artificial insemination in beef and dairy cattle. **Anim. Reprod. Sci.** 10: 137-142. 2013.
- [9] BÓ, G.A.; DE LA MATA, J.J.; RÉ, M.; HUGUENINE, E.; MENCHACA, A. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo utilizando tratamientos que acortan el período de inserción del dispositivo con progesterona y alargan el proestro. **Memorias de las 7ª Jornadas Taurus de Reproducción Bovina**. Buenos Aires, 18-19 de septiembre, Argentina. Pp 95-100. 2014.
- [10] BOSQUES, J. Estrategias de Detección de Celo para Ganado Lechero. UGA Extension. 2017. <https://bit.ly/2UvuEYp>. 01-09-2022.
- [11] BUSCH, D.C.; ATKINS, J.A.; BADER, J.F.; SCHAFFER, D.J.; PATTERSON, D.J.; GEARY T.W.; SMITH, M.F. Effect of ovulatory follicle size and expression of estrus on progesterone secretion in beef cows. **J. Anim. Sci.** 86: 553-563. 2008.
- [12] BUTLER, A.; CESARONI, G. Efecto de la dosis de cipionato de estradiol al finalizar un tratamiento con progesterona sobre el porcentaje de preñez a la IATF en vaquillonas. **Sitio Argent. Prod. Anim.** 13(52): 41. 2011.
- [13] CARTER, F.; FORD, E.N.; DUFFY, P.; WADE, M.; FAIR, T.; CROWE, M.A.; EVANS, A.C.O.; KENNY, D.A.; ROCHE, J.F.; LONERGAN, P. Effect of increasing progesterone from Day 3 of pregnancy on subsequent embryo survival and development in beef heifers. **Reprod. Fertility Developm.** 20: 368-375. 2008.
- [14] CHACÓN, L.; VARGAS, M.; OTERO, R.; VILLAMIL, A. Ovary Dynamics in Heifers of Gir Breed by Ultrasonic Imaging. **Biotechnol. Reprod.** 8(2): 103. 2005.
- [15] COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA (FONDECYT-CONICYT). Aspectos bioéticos del uso de animales de experimentación en investigación científica. **Aspectos Bioéticos de la Experimentación Animal**. Editorial Andros Impresores, Santiago de Chile. 140 pp. 2009.
- [16] DE CASTRO, T.; VALDEZ, L.; RODRIGUEZ, M.; BENQUET, N.; RUBIANES, E. Decline in assayable progesterone in bovine serum under different storage conditions. **Trop. Anim. Health Prod.** 36: 381-384. 2004.
- [17] DE LA MATA, J. Prolongación del proestro y reducción del periodo de inserción del dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne inseminadas a tiempo fijo. 2016. Universidad Nacional de Córdoba. <https://bit.ly/3W7H57r>. 01/09/2022.
- [18] DISKIN, M.G.; WALTERS, S.M.; PARR, M.H.; KENNY, D.A. Pregnancy losses in cattle: potential for improvement. **Reprod. Fertility Developm.** 28: 83-93. 2009.
- [19] FORDE, N.; CARTER, F.; FAIR, T.; CROWE, M.A.; EVANS, A.C.O.; SPENCER, T.E.; BAZER, F.W.; MCBRIDE, R.; BOLAND, M.P.; O'GAORA, P.; LONERGAN, P.; ROCHE, J.F. Progesterone-Regulated changes in endometrial gene expression contribute to advanced conceptus development in cattle. **Biol. Reprod.** 81: 784-794. 2009.
- [20] FORDE, N.; BELTMAN, M.E.; DUFFY, G.B.; DUFFY, P.; MEHTA, J.P.; O'GAORA, P.; ROCHE, J.F.; LONERGAN, P.; CROWE, M.A. Changes in the endometrial transcriptome during the bovine estrous cycle: Effect of low circulating progesterone and consequences for the conceptus elongation. **Biol. Reprod.** 84: 266-278. 2011.
- [21] FORDE, N.; LONERGAN, P. Transcriptomic analysis of the bovine endometrium: what is required to establish uterine receptivity to implantation in cattle **J. Reprod. Developm.** 58: 189-195. 2012.
- [22] GONELLA, A. D.; GRAJALES, H. L.; HERNÁNDEZ, A. V. Ambiente receptivo uterino: control materno, control embrionario, muerte embrionaria. **Rev. MVZ Córdoba.** 15(1): 37-39. 2010.
- [23] IÑIGUEZ, A. Uso de dos fuentes de estrógenos: benzoato de estradiol vs cipionato de estradiol para sincronizar el estro y la ovulación en vacas Holstein-Friesian. 2019. Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://bit.ly/3V4kUOp>. 21/05/2019.
- [24] KERBLER, T.L.; BUHR, M.M.; JORDAN, L.T.; LESLIE, K.E.; WALTON, J.S. Relationship between maternal plasma progesterone concentration and interferon-tau synthesis by the conceptus in cattle. **Theriogenol.** 47: 703-714. 1997.
- [25] LENIS, Y.Y.; GUTIERREZ, M.T.; TARAZONA, A.M. Efectos de los fitoestrógenos en la reproducción animal. **Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín.** 63(2): 56-61. 2010.
- [26] LONERGAN, P.; FORDE, N.; SPENCER, T. Role of progesterone in embryo development in cattle. **Reprod. Fertility Developm.** 28: 66-74. 2016.
- [27] LÓPEZ, J.C.; MOYANO, J.C.; QUINTEROS, R.; VARGAS, J.C.; DANIEL RENTERÍA, I.C.; LAMMOGLIA, M.; MARINI, P.R. Relación entre genotipos y preñez con un protocolo de inseminación artificial en vacas en la amazonia ecuatoriana. **Biol. Agropec. Tuxpan.** 2(4): 885-890. 2014.

- [28] LÓPEZ, J.C. Comparación de protocolos de IATF convencionales con un protocolo con proestro prolongado en vacas doble propósito en la Amazonía Ecuatoriana. 2017. Universidad Nacional de Córdoba – Argentina. <https://bit.ly/3FAHesN>. 06/12/2021.
- [29] MARQUES, M.O.; SÁ FILHO, M.F.; GIMENES, L.U.; FIGUEIREDO, T.B.; SORIA, G.F.; BARUSELLI, P.S. Efeito do tratamento com PGF2a na inserção e/ou tratamento com eCG na remoção do dispositivo intravaginal de progesterona na taxa de concepção à inseminação artificial em tempo fixo em novilhas nelore. **Acta Scientiae Vet.** 33(1): 278–287. 2005.
- [30] MANN, G.E. Corpus luteum size and plasma progesterone concentrations in cows. **Anim. Reprod. Sci.** 115: 296–299. 2009.
- [31] MONNET, J. Determinación de la inmunidad pasiva del becerro recién nacido por el uso de calostro enriquecido con IgY. **Bienestar animal en la práctica, en producciones lecheras, desde la perspectiva europea.** Editorial Frank van Eerdenburg, Mexico. 44: 158–165. 2018.
- [32] MORALES, J. Efficiency of Three Tools for Detecting Heat in Holstein Heifers. **Agrocien. Uruguay.** 23(2): 31–39. 2022.
- [33] MORALES, L. Efecto del proestro prolongado sobre el folículo dominante, niveles de esteroides y la tasa de preñez en receptoras de embriones bovinos. Calceta – Ecuador. 2022. Politécnica Agropecuaria de Manabí. <https://bit.ly/3PBUzpq>. 01/09/2022.
- [34] NÚÑEZ, R.; CUADRO, B.; BOSOLASCO, B.; DE BRUN, B.; DE LA MATA, J.; BROCHADO, F.; MEIKLE, B.; BÓ, G.; MENCHACA, A. Efecto de la administración de gonadotropina coriónica equina (eCG) y la longitud del proestro sobre la respuesta ovárica, la funcionalidad uterina y la tasa de preñez en vaquillas 30 inseminadas a una hora fija. **Theriogenol.** 151: 16–17. 2020.
- [35] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SANIDAD ANIMAL (OIE). 2018. Manual de recolección, conservación y envío de muestras al laboratorio para diagnóstico de enfermedades comunes de los animales. <https://bit.ly/3W7HVRD>. 01/09/2022.
- [36] OKUMU, L.A.; FORDE, N.; FAHEY, A.G.; FITZPATRICK, E.; ROCHE, J.F.; CROWE, M.A.; LONERGAN, P. The effect of elevated progesterone and pregnancy status on mRNA expression and localisation of progesterone and oestrogen receptors in the bovine uterus. **Reprod.** 140: 143–153. 2010.
- [37] PERALTA, J.; AKÉ, J.; CENTURIÓN, F.; MAGAÑA, J. Comparación del ciproionato de estradiol vs benzoato de estradiol sobre la respuesta a estro y tasa de gestación en protocolos de sincronización con CIDR en novillas y vacas *Bos indicus*. **Universidad y Ciencia.** 26(2): 5–17. 2010.
- [38] PILLA, M.M. Evaluación del efecto de dos protocolos de sincronización de celo sobre los niveles de estrógenos y progesterona en vacas doble propósito de la Amazonía Ecuatoriana. 2022. Universidad Técnica de Ambato – Ecuador. <https://bit.ly/3hBnSMg>. 06/11/2022.
- [39] RASO, M. Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Argentina. **Rev. Ganadería.** 46: 203–206. 2012.
- [40] RODRÍGUEZ, C.E.; SAAVEDRA, G.F.; GÓMEZ, D.F. Efecto de la etapa de lactancia sobre la calidad físico química de leche en vacas de raza Holstein y Normando. **Zoot. Trop.** 33: 23–35. 2015.
- [41] ROSERO, C.; FERRÍN, J. Valoración de los protocolos de proestro prolongado J-SYNCH sobre el ambiente uterino en vaquillas cruzas cebú. Calceta-Ecuador. 2021. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. <https://bit.ly/3BFR0J9>. 01/09/2022.
- [42] SPENCER, T.; JOHNSON, G.; BAZER, F.; BURGHARDT, R.; PALMARINI, M. Pregnancy recognition and conceptus implantation in domestic ruminants: roles of progesterone, interferons and endogenous retroviruses. **Intern. Embryo Technol. Soc.** 19(1): 67. 2006.
- [43] VASCONCELOS, J. L.M.; SARTORI, R.; OLIVEIRA H. N.; GUENTHER, J. G.; WILTBANK, M.C. Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. **Theriogenol.** 56: 307–314. 2001.
- [44] YÁNEZ-AVALOS, D.; BARBONA, I.; LÓPEZ-PARRA, J.; MARINI, P. Protocolo J-SYNCH con y sin eCG en vacas Brown Swiss y sus cruzas con *Bos indicus* en la Amazonía Ecuatoriana. La Granja. 33(1): 8–20. 2021. <https://doi.org/jqtt>.