



Efecto de dos protocolos de IA a tiempo fijo sobre la tasa de preñez en vaquillonas Holstein en un sistema intensivo

Marini, A.^{1*} , Suárez, J.² , Dominguez, G.³ , Tríbulo, A.⁴ , Marini, P.R.^{1,5}

¹ Cátedra de Producción de Bovinos para Leche. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario. Ruta 33 y Ov. Lagos, Casilda, Santa Fe, Argentina. S2170. ² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario Argentina. ³ Cátedra de Producción de Bovinos Lecheros. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario. ⁴ Cátedra de Reproducción Animal y Obstetricia. Facultad de Veterinaria, Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR). ⁵ Carrera del Investigador Científico de la Universidad Nacional de Rosario (CIC-UNR). ✉ pmarini@unr.edu.ar

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) sobre la tasa de preñez en vaquillonas Holstein en un sistema lechero intensivo, considerando además la influencia del peso corporal al inicio del tratamiento. Se utilizaron 78 vaquillonas asignadas aleatoriamente a un protocolo convencional basado en progesterona y benzoato de estradiol ($n = 38$) o a un protocolo J-Synch ($n = 40$). El diagnóstico de preñez se realizó por ecografía a los 30 días post-IATF. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante un modelo de regresión logística considerando el primer servicio, incluyendo como efectos el protocolo, el peso inicial y su interacción. En el protocolo convencional, la probabilidad de preñez aumentó con el peso corporal, mientras que en el protocolo J-Synch esta relación fue menos evidente. No se observaron diferencias en la edad a la primera preñez entre tratamientos ($p = 0,445$). Se observó una interacción significativa entre protocolo y peso inicial ($p = 0,05$). Los resultados sugieren que la respuesta reproductiva depende de la interacción entre el protocolo aplicado y el desarrollo corporal de las vaquillonas, destacando la importancia de considerar el peso vivo al momento de seleccionar estrategias de sincronización.

Palabras clave: IATF, vaquillonas lecheras, J-Synch, peso corporal, tasa de preñez.

Effect of two fixed-time AI protocols on pregnancy rates in Holstein heifers in an intensive system

Abstract. The aim of this study was to evaluate the effect of two fixed-time artificial insemination (FTAI) protocols on pregnancy rates in Holstein heifers under an intensive dairy system, considering the influence of initial body weight. A total of 78 heifers were randomly assigned to a conventional progesterone and estradiol-based protocol ($n = 38$) or to a J-Synch protocol ($n = 40$). Pregnancy diagnosis was performed by ultrasonography 30 days after FTAI. Statistical analysis was conducted using a logistic regression model based on the first insemination only, with protocol, initial body weight, and their interaction as explanatory variables. In the conventional protocol, pregnancy probability increased with body weight, whereas this relationship was less evident in the J-Synch protocol. No differences were observed in age at first pregnancy between treatments ($p = 0.445$). A significant interaction between protocol and body weight was detected ($p = 0.05$). These findings suggest that reproductive response depends on the interaction between the synchronization protocol and heifer's body weight, highlighting the importance of considering body development when selecting reproductive strategies.

Keywords: FTAI, dairy heifers, J-Synch, body weight, pregnancy rate

INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva es uno de los principales determinantes de la rentabilidad en los sistemas lecheros intensivos, dado su impacto sobre la edad al primer parto, productividad vitalicia y variables directamente asociadas con la rentabilidad del sistema (Ettema y Santos 2004, Lopes et al. 2013).

Diversos estudios han demostrado que una menor edad al primer parto se asocia con mayor producción acumulada de leche y mejor retorno económico a lo largo de la vida productiva (Diskin y Kenny 2014, Santos et al. 2016). En este contexto, alcanzar una concepción temprana y predecible en vaquillonas lecheras permite reducir los días improductivos y optimizar la eficiencia global del sistema productivo.

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) ha demostrado ser una herramienta eficaz para sincronizar la ovulación y eliminar la necesidad de detección de celo, mejorando la eficiencia reproductiva en sistemas intensivos (Pursley et al. 1995, Bó et al. 2018). En rodeos donde la expresión comportamental del estro puede verse limitada por condiciones de alojamiento, densidad animal o manejo nutricional, los programas hormonales permiten un control más preciso del ciclo estral (Wiltbank et al. 2011, Fricke et al. 2014). No obstante, pese a su sólido fundamento fisiológico, los resultados productivos obtenidos en condiciones de campo han sido variables. En vaquillonas, los protocolos basados en dispositivos intravaginales de progesterona combinados con estrógenos y prostaglandina F_{2α} han mostrado resultados consistentes en términos de sincronización folicular y tasas de preñez (Martínez et al. 2002, Colazo y Mapletoft 2014).

El protocolo convencional con dispositivo intravaginal de progesterona y benzoato de estradiol ha sido ampliamente utilizado en América Latina, mostrando tasas de preñez satisfactorias bajo diversas condiciones productivas (Bó y Baruselli 2014). Sin embargo, modificaciones recientes en el intervalo entre el retiro del dispositivo y la inseminación dieron origen al protocolo J-Synch, cuyo fundamento fisiológico se basa en prolongar el período de proestro (De la Mata y Bó, 2012, Ré et al. 2014). La evidencia indica que una mayor duración del proestro favorece el crecimiento folicular final, incrementaría las concentraciones preovulatorias de estradiol y mejora la competencia ovocitaria y el ambiente uterino para el establecimiento de la gestación (Cerri et al. 2011, Wiltbank et al. 2011, Menchaca et al. 2013, Macagno et al. 2021, López Parra et al. 2024, Ortega-Coello et al. 2026). Esta estrategia podría traducirse en una mayor fertilidad, aunque los resultados no han sido consistentes entre estudios.

En efecto, investigaciones previas han mostrado resultados variables en cuanto a la superioridad del protocolo J-Synch respecto al convencional, dependiendo de la categoría animal, condición corporal, estado cíclico y contexto productivo (Menchaca et al. 2013, Bó et al. 2018, Yáñez-Avalos et al. 2022). En vaquillonas lecheras, cuya dinámica folicular suele ser más predecible que en vacas en lactancia, las diferencias entre protocolos podrían ser menos marcadas debido a su mayor tasa de ciclicidad y menor influencia del balance energético negativo posparto (Mion et al. 2019).

En la región central de Argentina, caracterizada por sistemas lecheros intensivos con alimentación basada en raciones totalmente mezcladas (TMR), alta carga animal y elevados estándares sanitarios (Gimenez et al. 2022), sin embargo, la evidencia comparativa en vaquillonas Holstein bajo sistemas intensivos con alimentación TMR en la región central de Argentina es escasa y presenta resultados inconsistentes. Ré et al. (2021) encontraron que las tasas de preñez a la IATF tendieron a ser mayores con el protocolo J-Synch que con el protocolo convencional utilizado en Argentina en vaquillonas Holstein. Considerando que pequeñas variaciones en la tasa de preñez pueden tener un impacto económico relevante a escala de rodeo, resulta pertinente analizar la eficacia relativa de diferentes estrategias de sincronización bajo condiciones reales de producción.

El objetivo del presente estudio fue comparar el efecto del protocolo J-Synch y un protocolo convencional de IATF sobre la tasa de preñez en vaquillonas Holstein en un sistema lechero intensivo de la provincia de Santa Fe, Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población de estudio y sistema productivo. El experimento se llevó a cabo de agosto a diciembre de 2025, en un establecimiento lechero ubicado en San José de la Esquina provincia de Santa Fe – Argentina (latitud 33° 09' 31,5" sur y longitud 61° 46' 14,5"), con una temperatura de 21 °C a 32 °C, humedad relativa de 74,5 % a 81,5 % y a 107 msnm.

Animales. Se utilizaron 78 vaquillonas Holstein (que representaron 136 intentos de preñez) con un peso de 452 ± 115 kg y un estado corporal 3 ± 0,3 (escala de 1 a 5) (Edmonson et al. 1989). Las vaquillonas fueron revisadas previo al tratamiento para determinar la presencia de un CL, o al menos un folículo >10 mm de diámetro en sus ovarios mediante una ecografía con un transductor de frecuencia lineal de 7,5 MHz ecógrafo BMV S5 Plus (BMV Technology, S5 Plus), sonda lineal transrectal, modos de imagen (B, M, Doppler color/pulsado), tipo de visor (tablet/pantalla) y sin anomalías en el tracto reproductivo. Todas las vaquillonas fueron manejadas en la misma instalación y fueron inseminadas con semen (convencional y sexado) de toros de fertilidad probada. El presente proyecto cuenta con la aprobación del Comité de Ética y Bienestar Animal, CICUAL y de bioseguridad de la Facultad de Ciencias Veterinarias, de la Universidad Nacional de Rosario (Resol. CS 335/2023), Santa Fe - Argentina.

Los animales fueron alimentados en un sistema TMR (Tabla 1) que se repartía dos veces por día.

Tabla 1. Composición de la dieta ofrecida (kg MS/ día) para las vaquillonas en pre-servicio.

Componentes de la dieta	Kg MS día ¹
Megafardo (alfalfa)	2,17
Silo de Sorgo	3,84
Maíz Molido	2
Expellet de Soja	0,92
Sales Premix	0,2
Total	9,13

Tratamiento. Las vaquillonas se asignaron aleatoriamente a uno de los dos protocolos IATF. Las vaquillonas asignadas al protocolo convencional tuvieron un peso 453 ± 113 kg y las vaquillonas asignadas al protocolo J-Synch tuvieron un peso de 451 ± 119 kg.

Protocolo Convencional (n = 38): el Día 0, recibieron un dispositivo intravaginal liberador de P4 (DIB 0,5 g, Zoetis Argentina) y 2 mg de EB (Gonadiol, Zoetis) mediante inyección intramuscular. En el Día 7, luego de la remoción

del dispositivo de P4, recibieron 526 µg de cloprostenol Sódico (PGF2α, Ciclase DL, Zoetis) (intramuscular) + 0,5 mg de CPE (Cipiosyn, Zoetis) (intramuscular), y se pintaron las bases de las colas (Celo Tests, Phibro) para determinar el celo. A las 60 h después de la retirada del dispositivo P4, las vaquillonas fueron IATF, con semen sexado (BobbySex Alta Ciale) las que presentaban celo (despintadas) y con semen convencional (Luxur, Alta Ciale) las vaquillonas que no manifestaron signos de celo (Figura 1).

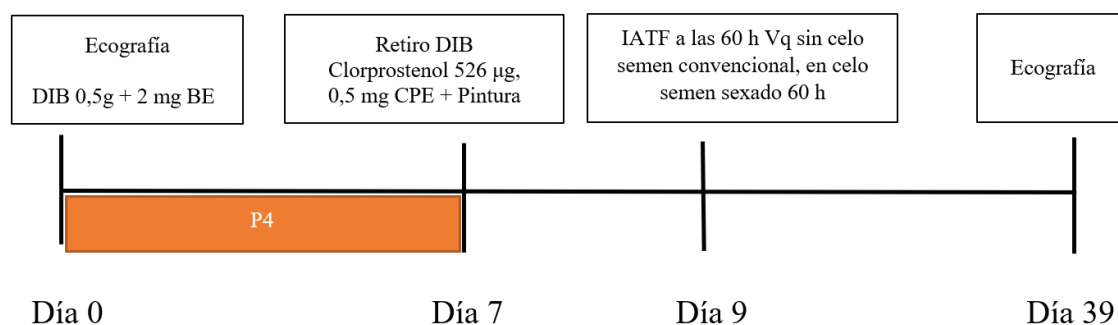


Figura 1. Protocolo Convencional. Nota: DIB: Dispositivo intravaginal bovino, BE: Benzoato de Estradiol, CPE: Cipionato de estradiol, IATF: Inseminación artificial a tiempo fijo, Vq: vaquillonas

Protocolo J-Synch (n = 40): En el día 0, recibieron un dispositivo P4 (DIB 0,5 g, Zoetis, Argentina) junto con 2 mg de EB (Gonadiol, Zoetis) mediante inyección intramuscular. El Día 7, se retiró el dispositivo P4, recibieron 526 µg de cloprostenol Sódico (Ciclase DL, Zoetis, i.m, y se pintaron las bases de las colas Celo Tests,

Phibro) para determinar el celo. En el día 10, las vaquillonas fueron IATF 72 h post remoción del dispositivo P4, con semen sexado (BobbySex Alta Ciale) las que presentaban celo (despintadas) y con semen convencional (Luxur, Alta Ciale) las vaquillonas que no manifestaron signos de celo (Figura 2).

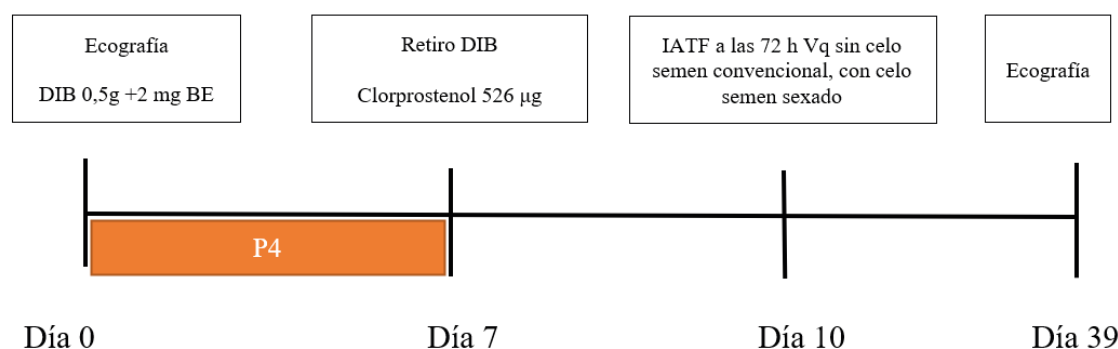


Figura 2. Protocolo J-Synch. Nota: DIB: Dispositivo intravaginal bovino, BE: Benzoato de Estradiol, IATF: Inseminación artificial a tiempo fijo, Vq: vaquillonas.

Las vaquillonas despintadas (fueron inseminadas con semen sexado) y las pintadas, recibieron 100 µg de acetato de gonadorelina (GnRH, Gonasyn gdr, Zoetis) y se inseminaron con semen convencional, indistintamente el protocolo en el mismo momento.

Detección de celo. El celo se registró visualmente y por la desaparición de la pintura de la cola. Se consideró que los animales con más del 30 % de la pintura eliminada presentaba celo (Cedeño et al. 2021). Se observó en el momento de IATF y se calculó el porcentaje de vaquillonas despintadas.

Diagnóstico de preñez. El diagnóstico de preñez se determinó mediante ecografía a los 30 días después de la IATF, utilizando con un transductor de frecuencia lineal de

7,5 MHz ecógrafo BMV S5 Plus (BMV Technology, S5 Plus), sonda lineal transrectal, modos de imagen (B, M, Doppler color/pulsado), tipo de visor (tablet/pantalla).

Análisis estadístico. En una primera etapa, se realizó una breve exploración de los datos de manera separada por número de intento, considerando que cada intento define una población de vaquillonas diferente (ya que no se trata de grupos mutuamente excluyentes, sino de subconjuntos condicionados por el historial previo):

- Intento 1: vaquillonas sin intentos previos. Fueron 78 observaciones.
- Intento 2: vaquillonas que pasaron por un protocolo previamente (que ya fallaron una vez). Fueron 44 observaciones.

- Intento 3: vaquillonas que pasaron por dos protocolos previamente (que ya fallaron dos veces). Fueron 14 observaciones.

Se realizaron gráficos para investigar cómo se diferenciaron los protocolos en cada intento a los que fueron expuestas las vaquillonas.

Se modeló la probabilidad de preñez con las variables explicativas. La variable respuesta (Y) corresponde al estado reproductivo de la vaquillona (preñada/vacía). Cada fila de la base representa una vaquillona en un intento, cuyo resultado puede ser preñada (1) o vacía (0). Si es la probabilidad de éxito (preñez), el modelo de regresión logística estándar tiene la siguiente forma:

El análisis se realizó considerando solo el primer intento de inseminación por vaquillona, lo que garantizó la independencia de las observaciones y permitió aplicar un modelo de regresión logística estándar de forma adecuada.

El modelo completo incluyó como variables explicativas al protocolo: el peso inicial, la edad inicial, el estatus ovárico, la presencia de celo y la administración de GnRH. Además, se incluyeron las interacciones dobles entre protocolo y cada una de las demás variables explicativas.

El modelo final tuvo como variable respuesta el estado reproductivo (preñada o vacía) con los siguientes efectos: Protocolo (J-Synch - Convencional), peso inicial (cuantitativa continua), Protocolo x peso inicial.

Los datos se presentan como medias de mínimos cuadrados $\pm$ errores estándar. Se consideró significativo $P < 0,05$ y tendencia $P < 0,1$.

RESULTADOS

La primera repetición de inseminación se incluyeron 78 vaquillonas, mientras que 44 y 14 animales participaron en el segundo y tercer intento, respectivamente (Figura 3). Dado que los intentos sucesivos no representan observaciones independientes, el análisis inferencial se realizó exclusivamente sobre el primer intento de preñez.

La Tabla 2 muestra, para las vaquillonas del primer intento, el estatus ovárico previo al inicio de los protocolos.

Tabla 2. Distribución del estatus ovárico en el primer intento 1 de preñez

	Ciclando	Cuerpo lúteo	Folículo
Frecuencias	19,2% (15/78)	15,4 % (12/78)	65,4% (51/78)

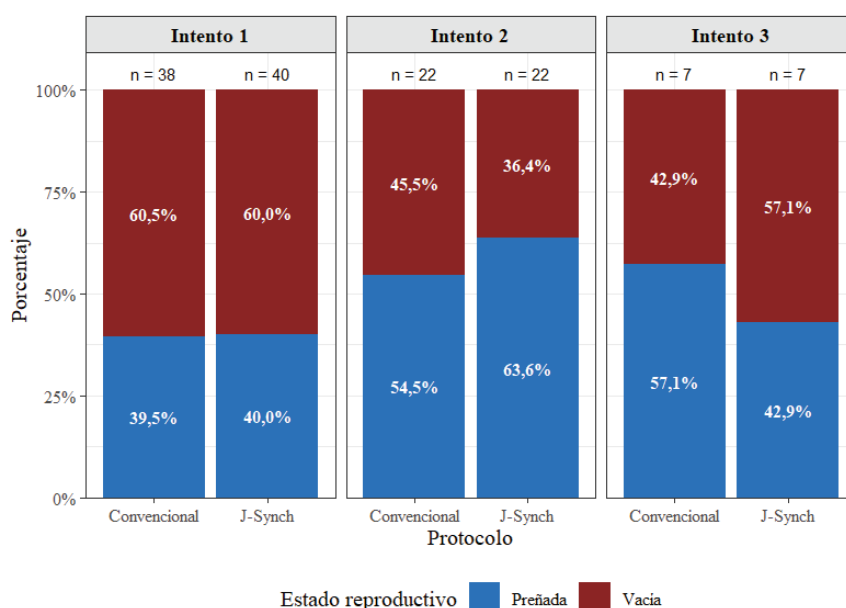


Figura 3. Distribución del estado reproductivo de las vacas según protocolo dentro de cada intento (Intento 1:78, intento 2:44 e intento 3:14 vacas).

Tabla 3. Resultados del modelo de regresión logística para la probabilidad de preñez

Coefficiente	Estimación	Error estándar	p-valor
Intercepto	-4,418	1,742	0,0112
Protocolo (J-Synch)	4,600	2,240	0,0400
Peso inicial	0,008	0,004	0,0221
Interacción	-0,009	0,005	0,0479

El modelo de regresión logística (que se ajustó con 70 de los 78 inicial) indicó un efecto significativo de la interacción entre protocolo y peso inicial sobre la probabilidad de preñez ($p = 0,05$; Tabla 3). Este resultado sugiere que la relación entre el peso al inicio del protocolo y la tasa de preñez difiere según el tratamiento aplicado.

En el protocolo convencional, el aumento del peso inicial se asoció positivamente con la probabilidad de preñez. Específicamente, por cada incremento de 50 kg en el peso vivo, la chance de preñez aumentó en aproximadamente un 52%. En contraste, en el protocolo J-Synch, el peso inicial no mostró una asociación positiva

con la probabilidad de preñez, observándose incluso una leve tendencia negativa ($\approx 5\%$ de disminución en la chance por cada 50 kg adicionales). Indicando que el efecto del peso corporal sobre la fertilidad fue dependiente del protocolo utilizado, siendo más marcado en el protocolo convencional (Figura 4).

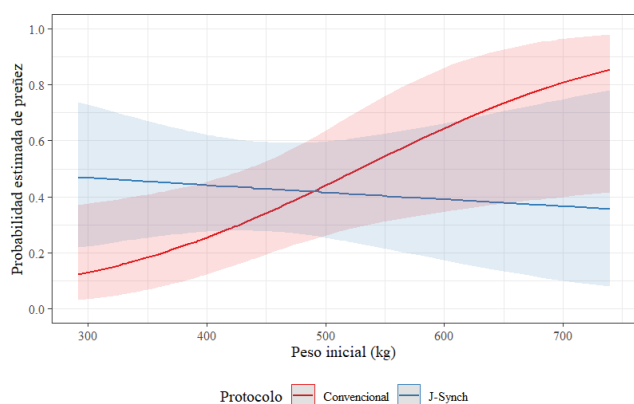


Figura 4. Probabilidad estimada de preñez según peso inicial y protocolo.

Por otro lado, se construyó el Test de Wilcoxon para la edad a la primera preñez en cada protocolo (EPP no se distribuyó como una Normal en los dos grupos). Los grupos no difirieron respecto a la distribución de la edad al inicio del estudio, y como es de esperar (por esto último y por el diseño del experimento), tampoco difieren respecto a la distribución de la edad a la primera preñez (p-valor de 0,4; Figura 5).

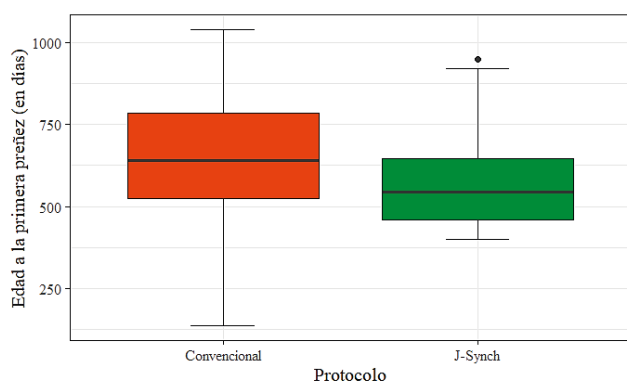


Figura 5. Distribución de la edad a la primera preñez según protocolo utilizado en el primer intento.

DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó el efecto de dos protocolos de IATF sobre la tasa de preñez en vaquillonas Holstein bajo condiciones intensivas, considerando además las variables del peso corporal al inicio del tratamiento. Los resultados obtenidos evidencian que la respuesta reproductiva no depende únicamente del protocolo aplicado, sino también de la interacción entre este y el estado fisiológico de las vaquillonas, representado en este caso por el peso inicial.

La interacción observada entre protocolo y peso sugeriría (no se realizaron pesajes en el tiempo, ni se

pudo calcular ganancia diaria de peso), que el protocolo convencional presenta una mayor dependencia del desarrollo corporal de las vaquillonas, evidenciado por el incremento en la probabilidad de preñez a medida que aumenta el peso vivo. Este resultado es consistente con estudios que indican que el estado nutricional y el desarrollo corporal influyen directamente sobre la dinámica folicular, la producción de estradiol y la calidad ovocitaria (Wiltbank et al. 2011, Diskin y Kenny 2014).

En contraste, el protocolo J-Synch mostró una menor sensibilidad al peso inicial, lo que podría indicar una mayor capacidad de este protocolo para inducir condiciones fisiológicas favorables incluso en animales con menor desarrollo relativo. Este comportamiento podría estar asociado al mayor período de proestro que caracteriza al J-Synch, lo cual ha sido relacionado con un incremento en las concentraciones de estradiol preovulatorio, una mejor calidad del folículo dominante y un ambiente uterino más adecuado para la implantación embrionaria (Cerri et al. 2011, Menchaca et al. 2013, Macagno et al. 2021). Diversos trabajos han demostrado que la concentración de estradiol durante el período preovulatorio constituye un determinante central en el establecimiento y mantenimiento temprano de la gestación. Jinks et al. (2013) demostraron que mayores concentraciones preovulatorias de estradiol se asocian positivamente con una mayor probabilidad de establecimiento embrionario y mantenimiento temprano de la preñez. De manera complementaria, Read et al. (2022) observaron que la concentración sérica preovulatoria de estradiol se relaciona positivamente con mayores concentraciones de ATP ovocitario y una mayor abundancia de metabolitos en el fluido folicular, indicadores asociados con una mejor competencia ovocitaria. Estos antecedentes refuerzan la importancia de considerar el estado metabólico y la capacidad endocrina individual al interpretar la respuesta reproductiva frente a distintos protocolos hormonales.

Sin embargo, es importante destacar que la interacción alcanzó una significancia del 5% ($p = 0,0479$). Este hallazgo sugiere una evidencia concluyente, lo cual es consistente con la variabilidad reportada en la literatura respecto a la superioridad del protocolo J-Synch en vaquillonas (Bó et al. 2018, Yáñez-Avalos et al. 2022).

Sin embargo, en vaquillonas lecheras, cuya ciclicidad suele ser más regular y menos afectada por el balance energético negativo en comparación con vacas en lactancia, las diferencias entre protocolos tienden a ser menos marcadas (Mion et al. 2019, Madureira et al. 2020). En este contexto, los resultados obtenidos refuerzan la idea de que el beneficio del J-Synch podría ser más evidente en condiciones subóptimas o en animales con menor desarrollo.

Una de las explicaciones a los resultados obtenidos, es que las vaquillonas en este sistema deberían llegar a un peso superior a su primera inseminación, pensando que las vacas adultas pesan en promedio 800 ± 15 kg, las vaquillonas debería llegar con el 65 a 70% de ese peso que correspondería a 520 kg.

Un aspecto metodológico adicional de interés aplicado en el presente estudio fue la utilización diferencial del tipo de semen en función de la expresión de celo observada

al momento de la inseminación. En ambos protocolos, las vaquillonas que manifestaron celo recibieron semen sexado, mientras que aquellas sin expresión estral fueron inseminadas con semen convencional. Esta estrategia adquiere relevancia práctica considerando que la expresión de celo constituye un indicador fisiológico indirecto de un ambiente endocrino favorable y una adecuada sincronización ovulatoria, lo cual permitiría asignar biotecnologías reproductivas de mayor costo únicamente a animales con mayor probabilidad potencial de éxito reproductivo. Desde un enfoque aplicado, este criterio podría representar una herramienta útil para optimizar el uso del semen sexado y mejorar la eficiencia económica de programas reproductivos comerciales.

Desde un punto de vista aplicado, estos hallazgos sugieren que el protocolo convencional podría ser una estrategia adecuada en sistemas donde las vaquillonas alcanzan un adecuado peso al momento del servicio, mientras que el protocolo J-Synch podría representar una alternativa más robusta frente a una mayor heterogeneidad en el desarrollo corporal.

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones del presente estudio, no se observaron diferencias en la tasa de preñez en el primer servicio entre protocolo/semen utilizado. Sin embargo, se evidenció una interacción entre el protocolo utilizado y el peso inicial de las vaquillonas, sugiriendo que el protocolo convencional presenta una mayor dependencia del desarrollo corporal, mientras que el protocolo J-Synch podría ofrecer una respuesta más uniforme frente a variaciones en el peso vivo.

Declaración de contribución de autoría de CRediT. MA: Conceptualización, Investigación, Metodología, Escritura – borrador original. SJ: Curación de datos, Análisis formal, Redacción – revisión y edición. Investigación. DG: Metodología, Visualización, Redacción – revisión y edición. T A: Metodología, Visualización, Redacción – revisión y edición. MPR: Conceptualización, Investigación, Metodología, Visualización, Escritura – borrador original, Curación de datos, Redacción – revisión y edición.

Declaración de conflictos de intereses. Los autores declaran no tener conflictos de intereses financieros ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Disponibilidad de datos. Los datos estarán disponibles previa solicitud.

ORCID

Marini, A.  <https://orcid.org/0009-0001-4216-2361>
 Suárez, J.  <https://orcid.org/0009-0008-3721-579X>
 Dominguez, G.  <https://orcid.org/0009-0005-1734-4330>
 Tribulo, A.  <https://orcid.org/0000-0002-2560-7015>
 Marini, P.R.  pmarini@unr.edu.ar  <https://orcid.org/0000-0003-0826-0387>

REFERENCIAS

1. Bó GA, Baruselli PS. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Anim. Reprod.* 2014;(s1): 144-50. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000822>
2. Bó GA, De la Mata JJ, Baruselli PS, Menchaca A. Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology.* 2016; 86(1): 388-96. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.053>
3. Cedeño AV, Cuervo R, Tribulo A, Tribulo R, Andrada S, Mapletoft R, Menchaca A, Bó GA. Effect of expression of estrus and treatment with GnRH on pregnancies per AI in beef cattle synchronized with an oestradiol/progesterone-based protocol. *Theriogenology.* 2021; 161: 294-300. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.12.014>
4. Cerri RLA, Rutigliano HM, Chebel RC, Santos JEP. Period of dominance of the ovulatory follicle influences embryo quality in lactating dairy cows. *Reproduction.* 2011; 142(6): 813-823. <https://doi.org/10.1530/REP-11-0195>
5. Colazo MG, Mapletoft RJ. A review of current timed-AI protocols for beef and dairy cattle. *Can Vet J.* 2014; 55(8): 772-780. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4095965/>
6. De la Mata JJ, GA B. 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* 2012; 55 17-23. www.revistataurus.com.ar
7. Diskin MG, Kenny DA. Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal.* 2014; 8(s1): 27-39. <https://doi.org/10.1017/S175173111400086X>
8. Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Tulare* 93274. *Journal Dairy Science.* 72: 68-78.
9. Ettema JF, Santos JEP. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *Journal of Dairy Science.* 2004; 87(8): 2730-2742. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73400-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73400-1)
10. Fricke PM, Carvalho PD, Giordano JO, Valenza A, Lopes G, Amundson MC. Expression and detection of estrus in dairy cows: the role of new technologies. *Animal.* 2014; (s1): 134-43. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000299>
11. Gimenez GD, Novaira, BI, Marini PR. Análisis energético en lecherías de la región pampeana Argentina. Parte 1. Flujos de energía. *Agroamérica Mesoamericana.* 2022; 33(3): 49024. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.49024>
12. Giordano JO, Wiltbank MC, Guenther JN, Ares MS, Lopes G, Fricke PM. Increased fertility in lactating dairy cows with a preovulatory estradiol treatment before timed AI. *Journal of Dairy Science.* 2012; Feb;95(2): 639-53. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4418>

13. Jinks EM, Smith MF, Atkins JA, Pohler KG, Perry GA, Macneil MD, Roberts AJ, Waterman RC, Alexander LJ, Geary TW. Preovulatory estradiol and the establishment and maintenance of pregnancy in suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 2013; 91:1176–1185. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5611>
14. Lopes GJr, Giordano JO, Valenza A, Herlihy MM, Guenther JN, Wiltbank MC, Fricke PM. Effect of timing of initiation of resynchronization and presynchronization with gonadotropin-releasing hormone on fertility of resynchronized inseminations in lactating dairy cows. *Journal Dairy Science.* 2013 Jun;96(6):3788-98. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6429>.
15. López Parra JC, Marini PR, Macagno AJ, Bó GA. Effect of three different fixed-time AI protocols on follicular dynamics and pregnancy rates in suckled, dual-purpose cows in the Ecuadorian Amazon. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo.* 2024; 56(1): 138-48. <https://doi.org/10.48162/rev.39.130>
16. Macagno A, Tschopp JC, Bó GA. Sincronización de la ovulación en vacas lecheras lactantes después de un proestro prolongado en un protocolo basado en estradiol/P4. *Reprod Fertil Dev.* 2021; 34: 297-8. <https://doi.org/10.1071/RDv34n2Ab121>. PMID:35231259.
17. Madureira G, Consentini CEC, Motta JCL, Drum JN, Prata AB, Monteiro Jr, PLJ, Melo LF, Gonçalves JRS, Wiltbank MC, Sartori R. Progesterone-based timed AI protocols for *Bos indicus* cattle II: Reproductive outcomes of either EB or GnRH-type protocol, using or not GnRH at AI. *Theriogenology.* 2020; 145: 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.033>
18. Martínez MF, Kastelic JP, Adams GP, Cook RB, Olson WO, Mapletoft RJ. The use of a progesterone-releasing device (CIDR) or melengestrol acetate with GnRH, LH, or estradiol benzoate for fixed-time AI in beef heifers. *Journal of animal science.* 2002; 80(7):1746-51. <https://doi.org/10.2527/2002.8071746x>
19. Martínez MF, Kastelic JP, Adams GP, Cook B, Olson WO, Mapletoft RJ. The use of progestins in regimens for fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Theriogenology.* 2002 Feb;57(3):1049-59. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00682-3](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00682-3).
20. Mion B, Bonotto RM, Farias CO, Rosa FS, Pradice J, Rovani MT, Pegoraro LMC, Bonotto ALM, Pfeifer LFM, Schneider A. J-Synch protocol associated with estrus detection in beef heifers and non-lactating cows. *Medicina Veterinária,* 2019; 13: 269-274. <https://doi.org/10.26605/medvet-v13n2-3089>
21. Ortega-Coello ME, Quinteros-Pozo OR, Marini PR, Bó GA. Effect of the use of eCG on the pregnancy rate in dairy cows treated with a prolonged proestrus protocol in the Ecuadorian Amazon. *Anim Reprod.* 2026; 23(1): e20250084. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2025-0084>
22. Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 α and GnRH. *Theriogenology.* 1995; 44(7): 915-923. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(95\)00279-H](https://doi.org/10.1016/0093-691X(95)00279-H)
23. Santos JE, Bisinotto RS, Ribeiro ES. Mechanisms underlying reduced fertility in anovular dairy cows. *Theriogenology,* 2016; 86(1): 254-62. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.038>
24. Ré M, de la Mata JJ, Bó GA. Synchronization of ovulation in dairy heifers using a shortened estradiol-based protocol that provides for a lengthened proestrus. *Reproduction, Fertility and Development,* 2013; Dec 5; 26(1), 118. <https://doi.org/10.1071/RDv26n1Ab8>
25. Ré MG, Racca G, Filippi L, Veneranda G, Bó GA. Sincronización de la ovulación y tasas de preñez en vaquillonas lecheras tratadas con protocolos que prolongan el proestro. *Taurus.* 2021; 91: 28-45. www.revistataurus.com.ar
26. Read CC, Edwards JL, Schrick FN, Rhinehart JD, Payton RR, Campagna SR, Castro HF, Klabnik JL, Moorey SE. Preovulatory serum estradiol concentration is positively associated with oocyte ATP and follicular fluid metabolite abundance in lactating beef cattle. *J Anim Sci.* 2022 ;100(7):skac136. <https://doi.org/10.1093/jas/skac136>
27. Yáñez-Avalos DO, Barbona I, López-Parra JC, Marini PR. Protocolo J-Synch con y sin eCG en vacas Brown Swiss y sus cruas con *Bos Indicus* en la amazonía ecuatoriana. *La Granja. Granja.* 2021; 33(1): 8-20. <https://doi.org/10.17163/lgr.n33.2021.01>.
28. Wiltbank MC, Souza AH, Carvalho PD, Cunha AP, Giordano JO, Fricke PM, Baez GM, Diskin MG. Physiological and practical effects of progesterone on reproduction in dairy cattle. *Animal,* 2014; 8(s1): 70-81. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000585>