

Tasa de preñez con semen sexado y convencional en bovinos doble propósito en la costa de Oaxaca

Pregnancy rate with sexed and conventional semen dual-purpose cattle on the coast of Oaxaca

Nancy Jaqueline Serna-Lemus¹ , Marco Antonio Camacho-Escobar^{1*} , Alejandro Palacios-Espinosa² , Mónica Marcela Galicia-Jiménez¹ , Serafín Jacobo López-Garrido¹ , Narciso Ysac Ávila-Serrano¹ 

¹Doctorado en Producción y Sanidad Animal, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, Km 1.5 Carretera Oaxaca Vía Sola de Vega, San Pedro Mixtepec, CP. 71984. Oaxaca, Oaxaca México.

²Departamento de Ciencia Animal y Conservación del Hábitat, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Carretera al Sur, Km 5.5, apartado postal 19-B, CP. 23080. La Paz, Baja California Sur, México.

*Autor de correspondencia: marcama@zicatela.umar.mx

Nota científica

Recibida: 05 de mayo 2024

Aceptada: 10 de septiembre 2025

RESUMEN. La inseminación artificial (IA) con semen sexado puede ser alternativa para implementarse en unidades de producción doble propósito de la costa Oaxaqueña, promoviendo la eficiencia productiva y reproductiva. El objetivo del presente estudio fue evaluar la tasa de gestación con IA aplicando dos tipos de semen. Se utilizaron 44 hembras divididas al azar en dos grupos. Grupo 1 (n = 23) inseminadas con semen convencional (n = 23) y Grupo 2 (n = 21) con semen sexado (n = 21). Las hembras fueron sincronizadas con dispositivo intravaginal de progesterona (CIDR), estradiol, prostaglandinas F_{2α}, y gonadotropina coriónica equina. La IA se realizó a tiempo fijo (48 h). Posteriormente se realizaron dos resincronizaciones reutilizando los CIDRs. Los resultados obtenidos no presentaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en porcentaje de preñez al primero, segundo y tercer servicio, alcanzando más del 60%. Se concluye que realizar la IA con semen sexado se obtiene porcentaje de gestación similar al aplicar semen convencional.

Palabras clave: Sincronización del estro, bovinos, resincronización, trópico.

ABSTRACT. Artificial insemination (AI) with sexed semen can be an alternative to be implemented in dual-purpose units on the Oaxacan coast, thereby promoting productive and reproductive efficiency. The objective of the present study was to evaluate the pregnancy rate with AI using two types of semen. 44 cows were used randomly divided into two groups. Group 1 (n = 23) inseminated with conventional semen and Group 2 (n = 21) with sexed semen. The females were synchronized with intravaginal progesterone device (CIDR), estradiol, PFG_{2α} prostaglandins, and equine chorionic gonadotropin. AI was performed a fixed (48 h). Subsequently, two resynchronizations were performed reusing the CIDRs. The results obtained did not present a significant difference ($P \geq 0.05$) in percentage pregnancy at the first, second and third service, reaching more than 60%. It is concluded that performing AI with sexed semen results in a similar pregnancy rate to that obtained when using conventional semen.

Keywords: Synchronization the estrus, cattle, resynchronization, tropics.

Como citar: Serna-Lemus NJ, Camacho-Escobar MA, Palacios-Espinosa A, Galicia-Jiménez MM, López-Garrido SJ, Ávila-Serrano NY. (2025) Tasa de preñez con semen sexado y convencional en bovinos doble propósito en la costa de Oaxaca. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 12(3): e4065. DOI: 10.19136/era.a12n3.4065.

INTRODUCCIÓN

La ganadería de doble propósito que se desarrolla en las regiones tropicales, tiene gran impacto en la economía de las zonas rurales. Esta actividad pecuaria representa, la generación de empleos e ingreso económico constante para un gran número de familias (Durán *et al.* 2018). En la costa de Oaxaca las unidades de producción en su mayoría son pequeñas y medianas con bajo nivel tecnológico. La implementación de biotecnologías reproductivas es limitada, esto trae como consecuencia la baja productividad del ganado (García *et al.* 2018). Para mejorar los parámetros productivos y la fertilidad en este tipo de sistemas, se requiere aplicar y adoptar distintas técnicas reproductivas para obtener resultados de corto a mediano plazo (Bautista-Martínez *et al.* 2019).

Los protocolos de sincronización ayudan a manipular las fases del ciclo estral, inducen la actividad ovárica de vacas en anestro, con nuevo desarrollo folicular y ovulación (Bó *et al.* 2016, Alves *et al.* 2021). Con estos tratamientos se maximiza el uso de la IA, además de que se puede programar la inseminación en horarios de mayor fertilidad para incrementar el porcentaje de gestación (Rosete-Fernández *et al.* 2021, Estrada-Cortés *et al.* 2024).

Se han propuesto diferentes productos hormonales y métodos para su liberación una vez aplicado, lo que ha contribuido a la generación de nuevos protocolos de sincronización del estro para diferente tipo de ganado (Vieira *et al.* 2021, Bó y Menchaca 2023, Hernández-Coronado *et al.* 2023). Los tratamientos hormonales se basan en progestágenos (progesterona) y análogos de prostaglandinas $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$). Se combinan con análogos de estradiol y la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) (Alves *et al.* 2021, Hernández-Coronado *et al.* 2023). El protocolo compuesto por progesterona (P_4) y estradiol es de los más utilizados en los programas reproductivos para bovinos de la región costa de Oaxaca (Pérez-Ruiz *et al.* 2022).

La IA fue la primera biotecnología reproductiva para mejorar la producción en cualquier especie, a través de los cruzamientos y del uso eficiente de machos con alto potencial genético (Recinos *et al.* 2017, Rosete-Fernández *et al.* 2021). A pesar de ser una técnica ampliamente difundida y aplicada, no siempre se obtienen resultados positivos, estos se ven afectados por diversas causas que van desde la detección de celo, el procedimiento y el momento en que se realiza la IA, la calidad seminal, la región anatómica donde se deposita el semen, el manejo del ganado, o bien la habilidad del técnico responsable (Quintero-Moreno 2022).

Se ha reportado que entre 55 y 70% de las vacas que fueron seleccionadas e inseminadas no logran quedar gestantes, por lo cual, es necesario realizar la resincronización temprana para dar un nuevo servicio e incrementar el porcentaje de concepción (Sauls-Hiesterman *et al.* 2020). Para ello se han reutilizado los dispositivos intravaginales impregnados de P_4 (CIDR) (Mustafa y Rahawy 2024). De acuerdo con lo reportado por Solórzano *et al.* (2008) reinsertar el CIDR una o dos veces más, se libera P_4 suficiente para bloquear la ovulación y sincronizar el celo nuevamente, similar a cuando se utiliza un dispositivo nuevo. Aunado a ello, reutilizar los CIDRs se disminuyen los costos de inversión para el servicio realizado.

En hatos lecheros se busca incrementar el número de animales con potencial productivo y generar hembras de reemplazo, con mejores características físicas y desempeño reproductivo (Murphy *et al.* 2016). Una alternativa es el uso del semen sexado a través de la IA, con el cual se logra 90% de

confiabilidad de tener el sexo deseado, comparado al 50% que ofrece el semen convencional (Ruelle *et al.* 2021). Aplicar semen seleccionado es una alternativa confiable para el productor de reducir el número de terneros machos. Otra de sus ventajas, es la disminución de problemas al parto principalmente en vaquillas, dado que las hembras al nacer son más pequeñas que los machos, esto ayuda a reducir hasta 20% la probabilidad de partos distócicos (Mellado *et al.* 2013, Drake *et al.* 2020).

Aún con los avances técnicos y metodológicos en el procesamiento del semen sexado, su uso es limitado. Los porcentajes de gestación en la ganadería son variables, la tasa de concepción más baja la sigue reportado la IA con semen sexado en promedio se tiene un 40-50%. Otra de su limitante para incrementar su uso son los altos costos de comercialización por dosis, comparado al semen convencional (Murphy *et al.* 2016, Crites *et al.* 2018, Drake *et al.* 2020, Ruelle *et al.* 2021, Álvarez *et al.* 2024). Buscando mejorar los parámetros productivos, reproductivos y la rentabilidad de la ganadería doble propósito en la costa de Oaxaca, una alternativa pudiera ser a través de las biotecnologías reproductivas. Se desconoce de trabajos de investigación donde se implementen la IA con semen sexado y dos resincronizaciones de manera consecutivas, y si a través de este método, se puede influir de manera positiva en los porcentajes de preñez en vacas de la región. Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar la tasa de gestación a través de la IA con semen sexado y convencional en tres servicios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

El estudio se realizó en la unidad de producción bovina doble propósito “La Flor” perteneciente a la comunidad de San José Manialtepec Villa de Tututepec, en el estado de Oaxaca. Se localiza geográficamente a 15° 97' 45'' LN y 97° 24' 39'' LO, predomina clima cálido húmedo con lluvias en verano, temperatura promedio anual de 27 °C y precipitación pluvial media anual de 1 392 mm (INEGI 2023).

Animales experimentales

Se utilizaron 44 hembras (27 vacas entre tercer a cuarto mes de lactancia, y 17 vaquillas) doble propósito cruza indefinida *Bos indicus* x *Bos taurus*, todas en condición corporal entre 2.5 a 3.5 en la escala de 1 a 5 (Edmonson *et al.* 1989). Cada unidad experimental (UE) fue representada por una hembra bovina. Para la selección de las UE se determinó su estado reproductivo mediante la técnica de palpación rectal, cuya finalidad fue identificar hembras vacías y en condiciones óptimas para iniciar con el protocolo de sincronización del estro.

Alimentación

La alimentación se basó a libre pastoreo de zacate Estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*) y zacate bramilla (*Cynodon dactylum*). Las hembras que se encontraban en periodo de lactancia fueron ordeñadas dos veces al día, a las 7:00 y 15:00 horas de manera mecánica. Para la eyección de la leche se aplicó 0.2 mL de oxitocina (Oxilac®, Proquivet) vía intramuscular (IM).

Manejo sanitario

Antes de iniciar el experimento, todas las hembras se sometieron a manejo sanitario con la aplicación de vitaminas A, D y E (Vigantol ADE fuerte®, Bayer) 4 mL vía IM, desparasitación interna y externa con Ivermetina/ Clorsulón (Virbamec F®, Virbac) con dosis de 1 mL*cada 50 kg de peso vivo⁻¹ vía subcutánea (SC), la aplicación de vacuna viral (Bovi-shield® GOLD FP 5 L5) 2 mL a cada hembra vía IM y se administró bacterina-toxoide (Ultrabac 7/ Somubac®) 5 mL vía IM a todos las UE.

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar, teniendo como fuente de variación el tipo de semen (sexado y convencional). Los animales se distribuyeron al azar para conformar dos grupos de manera uniforme, de tal manera que cada grupo quedó conformado con similar número de vacas y vaquillas. El grupo 1: IA semen convencional (n = 23, 14 vacas y 9 vaquillas) y el grupo 2: IA semen sexado (n = 21, 13 vacas y 8 vaquillas).

Protocolo de sincronización

Las UE fueron sincronizadas con un dispositivo intravaginal impregnado de progesterona nuevo 1.9 g (CIDR 1900 cattle insert®, Zoetis); al momento de la inserción se administró una inyección IM de 2 mg de benzoato de estradiol (BE) (Benzoato de estradiol®, Zoetis). El día ocho se retiró el dispositivo y se administró una inyección IM de 25 mg de prostaglandinas F_{2α} (Lutalyse®, Zoetis), 1 mg de cipionato de estradiol (CE) (E.C.P.®, Zoetis) y 400 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) (Novormon 5000®, Zoetis). Para realizar el primer servicio, se inició la detención permanente de celo 16 h post-retiro de dispositivo (días 9 y 10), inseminando 10 - 12 h de iniciado el celo; en tanto las UE que no fueron detectadas en celo fueron programadas para recibir la inseminación artificial (IAP) 48 h después de retirado el CIDR (Figura 1).

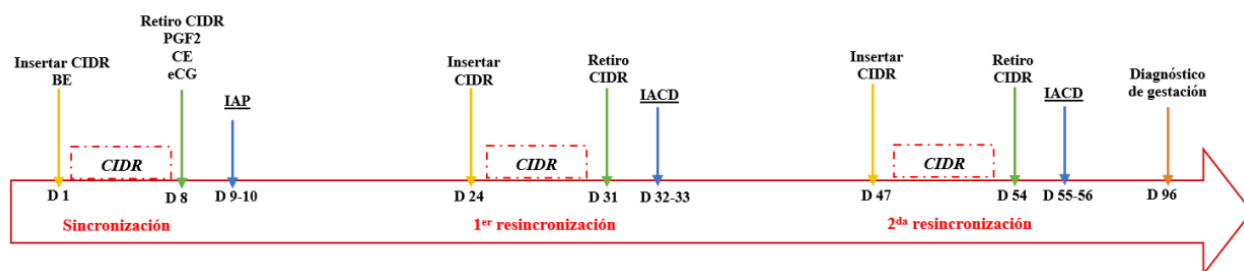


Figura 1. Protocolo de sincronización y resincronización del estro, IA y diagnóstico de gestación implementado durante el experimento en ganado bovino doble propósito de la costa de Oaxaca. CIDR = Dispositivo intravaginal de P₄ nuevo 1.9 g.; BE = Benzoato de estradiol (2 mg), PGF_{2α} = Prostaglandina F_{2α} (25 mg), CE = Cipionato de estradiol (1 mg), eCG = Gonadotropina coriónica equina (300 UI vaquillas, 400 UI vacas) IAP = Inseminación artificial programada 48 h después del retiro CIDR; IACD = Inseminación artificial a celo detectado (10 - 12 h de iniciado el celo).

Protocolo de resincronización

Para evaluar tasa de gestación al segundo servicio (primera resincronización, 14 días después de la inseminación). El día 24 se reinsertó el CIDR previamente lavado y desinfectado, sin adicionar otra hormona. El dispositivo permaneció insertado por siete días, para el día 31 se retiró; iniciando la detención del celo de manera visual tres veces al día por períodos de 2 hrs (06:00, 12:00 y 18:00 h),

sólo hembras que se detectaron en celo fueron inseminadas 10 - 12 h después de su inicio del celo (los días 32 y 33) (Figura 1). La segunda resincronización dio inicio el día 47, insertando el CIDR, realizando el mismo procedimiento de la primera resincronización; sólo hembras que retornaron a estro a partir del retiro del dispositivo (día 54) fueron programadas para ser inseminadas 10 - 12 h después del inicio de las manifestaciones de celo, finalizando la detención de celo y el programa reproductivo el día 56 (Figura 1).

El diagnóstico de gestación se realizó 40 días posteriores al tercer servicio mediante la técnica de palpación rectal. El criterio para determinar las unidades gestantes correspondientes a cada servicio, fue con base a los registros obtenidos durante los periodos de observación de celo. En cada uno de los servicios se registraron las hembras que mostraron estro y fueron inseminadas, al no retornar a celo para un próximo servicio, se consideró gestante de la última inseminación aplicada (Figura 1).

Variable evaluada y análisis estadístico

Se comparó la tasa de gestación entre los grupos con IA semen sexado y convencional al primer servicio (sincronización), segundo servicio (primera resincronización) y tercer servicio (segunda resincronización). El análisis de los datos se realizó a través de regresión logística binaria con el programa estadístico Minitab (Minitab 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primer servicio

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, no se presentó diferencia ($P \geq 0.05$) en la variable de interés, al realizar la IA con dos tipos de semen. La tasa de gestación fue similar entre los grupos experimentales (Tabla 1).

Tabla 1. Tasa de gestación en la inseminación artificial con dos tipos de semen en ganado bovino doble propósito.

Variable		Tasa de gestación (% , E.E)		
Tipo de semen	n	Primer servicio	Segundo servicio	Tercer servicio
Convencional	23	47.83 $\pm$ 10.41 ^a	60.87 $\pm$ 10.18 ^a	65.22 $\pm$ 9.93 ^a
Sexado	21	52.38 $\pm$ 10.90 ^a	61.90 $\pm$ 10.60 ^a	61.90 $\pm$ 10.60 ^a

^a = Medias con igual literal en misma columna no difieren estadísticamente ($P \geq 0.05$). E.E = Error estándar. n = Número de unidades experimentales.

Datos similares fueron encontrados por Moore *et al.* (2023), donde obtuvieron 50.0% con semen sexado y 59.0% al aplicar semen convencional en vacas y vaquillas en pastoreo. Por su parte, Crites *et al.* (2018), reportaron tasas de gestación con semen convencional 56.7%, comparado a 49.2% de preñez cuando aplicaron semen sexado SexedUltra™ en vacas lactantes y novillas de carne. El incremento de la concentración espermática por dosis puede influir en los resultados positivos en porcentaje de gestación. Las primeras pajillas en comercializarse contenían 1 000 000 a 2 000 000 de espermatozoides. Aunado a ellos, los cambios bioquímicos, el daño morfológico por el proceso de

clasificación, estos aspectos reducían entre 60 y 90% la capacidad de fertilización (Vishwanath y Moreno 2018, Rosete-Fernández *et al.* 2021). Por otro lado, Healy *et al.* (2013), realizaron la detención de celo para considerar el momento en que se debería de realizar la IA en novillas Holstein. Dichos autores reportaron porcentajes de preñez inferiores al utilizar semen sexado (21.3%) en contraste al inseminar con semen convencional (32.1%), resaltando que para mejorar los resultados es importante la detección de celo. Con la observación de estros se establece el momento idóneo para realizar la inseminación y lograr la fecundación. El éxito de la concepción va en función del tiempo de vida del ovulo, que puede ser de 8 a 12 h (Diskin 2018). Realizar la inseminación 12 h después del inicio del celo proporcionó mayor tasa de preñez. Es por ello que la oportuna detención de estros establece el horario óptimo para realizar el servicio (Yáñez-Avalos *et al.* 2021, Moore *et al.* 2023).

Segundo servicio

Así mismo, en la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos sin presentar diferencias ($P \geq 0.05$), en el porcentaje de preñez acumulada en la primera resincronización, realizando la inseminación sólo a las hembras que repitieron celo. De acuerdo con el análisis de datos, se logró incrementar la tasa de gestación 13.04 y 9.52% del primero al segundo servicio respectivamente. En este sentido Bó *et al.* (2019), evaluaron el comportamiento reproductivo en vacas y vaquillas en un programa de resincronización donde se reutilizó el dispositivo de P4. Los resultados obtenidos 51.0%, con resultado global de 79.0%. Por otro lado, Palhão *et al.* (2020), investigaron el efecto de un protocolo de resincronización corto a los 13 d post-IA, resincronizaron con CIDR nuevo y BE. La respuesta que obtuvieron 42.8%, con gestación acumulada de 70.5% ligeramente superior a los datos del presente estudio. Al respecto, Espinoza-Villavicencio *et al.* (2021), obtuvieron porcentajes de gestación superior a este estudio, al aplicar un protocolo Resynch-30 a los 40 d de haber iniciado el programa reproductivo, con este manejo 51.0% las hembras resultaron gestantes, finalizando con 82.0% de preñez acumulada. Fernandes *et al.* (2021), emplearon un protocolo de resincronización temprana Resynch 20 y 25 d post-IA. Los autores reportaron 22.6 y 44.2% de gestación. Coinciden que implementar la Resynch temprana beneficia el incremento de la preñez sin afectar los resultados del primer servicio. Realizar un diagnóstico de gestación temprana e identificar hembras vacías con precisión, ayuda a implementar un nuevo protocolo de sincronización del estro, para promover el inicio de una nueva oleada folicular, signos de celo y la ovulación. Se menciona que tener manifestaciones de estro antes de la inseminación, resulta en mayor probabilidad de tener una concepción. Además contar con un diámetro folicular superior a 10 mm, se desarrolla un cuerpo lúteo con secreción de progesterona superior durante la fase lútea (Ré *et al.* 2021). Promover el incremento de la concentración circulante de progesterona temprano, desde la primera semana post ovulación, ayuda a estimular el incremento embrionario y la secreción de interferón-*tau* para mantener la gestación (Spencer *et al.* 2016).

En contraste, con el método que se utilizó en el presente estudio para realizar un servicio adicional, donde se resincronizó a los 14 días en estado desconocido de gestación, se reutilizó el CIDR sin administrar otra hormona. Al retirar el dispositivo se cumplían 21 días, por lo que se iniciaría un nuevo ciclo de manera natural. Sin embargo, en el ganado de pastoreo el retorno al estro es variable, algunas hembras pueden ovular sin manifestar celo (Yáñez-Avalos *et al.* 2021). Para este trabajo, en la resincronización sólo fueron re-inseminadas hembras que mostraron conducta de estro. Por lo

tanto, pudieron existir hembras con celo silencioso los cuales no fueron identificadas a simple vista, por ende no fueron consideradas para recibir un nuevo servicio. Esto pudiera haber influido en tener menor porcentaje de hembras retornando a estro y gestantes para un segundo servicio.

Tercer servicio

Al realizar una segunda resincronización la respuesta obtenida, no se presentó diferencia ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos. El adicionar dos resincronizaciones se obtuvo una tasa de preñez acumulada mayor a 60.0%. Al final del programa reproductivo se logró incrementar las gestaciones en 17.0% del primer al tercer servicio. Estos resultados demuestran el beneficio de resincronizar a las hembras para un nuevo servicio, con el objetivo de tener el menor número de hembras vacías en el hato (Tabla 1). Un estudio realizado por Crepaldi *et al.* (2014) para evaluar la eficiencia reproductiva del ganado Nelore con tres servicios. Las hembras fueron resincronizadas a los 22 d post-IA con la inserción de P₄ y una inyección de BE. Al retiro de la fuente de P₄, hembras vacías recibieron una dosis de eCG, CE y PGF_{2α}. La tasa de concepción a tercer servicio 41.7%, con un resultado global de 83.1%.

A diferencia del presente estudio, para realizar el tercer servicio sólo se reutilizó el CIDR sin adicionar otra hormona. La respuesta en el incremento de preñez fue de 5 unidades porcentuales. Posiblemente no complementar un protocolo hormonal para retornar a celo tuvo impacto negativo en los resultados obtenidos. No administrar una dosis de estradiol al reinsertar y al retiro del dispositivo influyó en el desarrollo del folículo y desencadenar la ovulación. Sá-Filho *et al.* (2014) subrayan que administrar 1 mg de BE en el día 22 después de la IA aun cuando se desconoce si la hembra pueda estar gestante, este nuevo tratamiento hormonal promueve tasa de preñez alta en la resincronización. Aunado a ello, la fuente de P₄ que se administró para retornar al estro también pudo haber contribuido a obtener dichos resultados, debido que los dispositivos eran de tercer uso, se desconocía la cantidad residual del producto. Se ha documentado que se puede reutilizar el CIDR una segunda ocasión, permitiendo incrementar tasas de preñez en un corto periodo de tiempo, sin embargo, no se ha reportado para un tercer servicio (Solórzano *et al.* 2008, Espinoza-Villavicencio *et al.* 2021).

Los resultados del presente estudio tienen implicaciones importantes para aplicarse en el ganado doble propósito de la región. Considerando el precio elevado por dosis de semen, se recomienda aplicar semen sexado en vacas seleccionadas, es decir, hembras que cuenten con historial sobresaliente en aspectos como alta productora de leche, buena fertilidad, habilidad materna, no repetidoras y sin problemas al parto (Maicas *et al.* 2019, Diers *et al.* 2020, Ruelle *et al.* 2021). La inclusión de semen sexado en la IA es una alternativa positiva en los programas reproductivos para el ganado doble propósito de la costa de Oaxaca. Además, incluir dos resincronizaciones en los programas reproductivos de ganado del trópico es positivo, optimiza la temporada de empadres, se logra una estación reproductiva más corta, y se incrementa la tasa de gestación final.

AGRADECIMIENTOS

Al M. en C. Esteban Alejandro Gopar Escamilla propietario de la Unidad de Producción Bovina “La Flor”, al M. en C. Mario Moncada Hernández por formar parte del equipo de trabajo, apoyando

en el trabajo de campo y al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico otorgado (beca).

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Álvarez GH, Urbán DD, Velázquez RA, De la Torre SJF (2024) Uso y evolución del semen espermático en bovinos. Revisión. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 15(3): 641-668. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i3.6372>
- Alves RLOR, Silva MA, Consentini CEC, e Silva LO, Folchini NP, Oliva AL, Parata AB, Gonçalves JRS, Wiltbank MC, Santori R (2021) Hormonal combinations aiming to improve reproductive outcomes of *Bos indicus* cows submitted to estradiol/progesterone-based timed AI protocols. Theriogenology 169: 89-99. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.04.007>
- Bautista-Martínez Y, Herrera-Haro JG, Espinosa-García JA, Martínez-Castañeda FE, Vaquera-Huerta H, Morales A, Aguirre-Guzmán G (2019) Caracterización económica – productiva del sistema bovino doble propósito en tres regiones tropicales de México. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(2): 134-148. <https://doi.org/10.12706/itea.2018.028>
- Bó GA, Huguenine EE, De la Mata JJ, De Carneiro RLR, Menchaca A (2019) Pregnancy rates in suckled beef cows synchronized with a shortened progesterone/oestradiol-based protocol (J-synch) and inseminated with conventional or sexed-sorted semen. Reproduction, Fertility and Development 31(1): 129-129. <https://doi.org/10.1071/RDv31n1Ab7>
- Bó GA, de la Mata JJ, Baruselli PS, Menchaca A (2016) Alternative programs for synchronizing and re-synchronizing ovulation in beef cattle. Theriogenology 86(1): 388-396. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.053>
- Bó GA, Menchaca A (2023) Prohibition of hormones In animal reproduction: what to expect and what to do? Animal Reproduction 20(2): e20230067. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0067>
- Crepaldi GA, Freitas BG, Viera LM, Sá Filho MF, Guerreiro BM, Baruselli PS (2014) Reproductive efficiency in Nelore females submitted to three consecutive FTAI programs with 32 days of interval between inseminations. Animal Reproduction 11(3): 355.
- Crites BR, Vishwanath R, Arnett AM, Bridges PJ, Burris WR, McLeod KR, Anderson LH (2018) Conception risk of beef cattle after fixed-time artificial insemination using either SexedUltra™ 4M sex-sorted semen or conventional semen. Theriogenology 118: 126-129. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.05.003>
- Diers S, Heise J, Krebs T, Groenewold J, Tetens J (2020) Effect of sexed semen on different production and functional traits in German Holsteins. Veterinary and Animal Science 9: 100101. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2020.100101>
- Diskin MG (2018) Review: Semen handling, time of insemination and insemination technique in cattle. Animal 12: s75-s84. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000952>
- Drake E, Holden SA, Aublet V, Doyle RC, Millar C, Moore SG, Maicas C, Randi F, Cromie AR, Lonergan P, Butler ST (2020) Evaluation of delayed timing of artificial insemination with sex-sorted sperm on pregnancy per artificial insemination in seasonal-calving, pasture-based lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 103(12): 12059-12068. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18847>

- Durán EM, Ruiz AM, Sánchez VV (2018) Competitividad de la ganadería de doble propósito en la costa de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 43: 77-88.
- Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G (1989) A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 72(1): 68-78. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79081-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0)
- Espinoza-Villavicencio JL, Palacios-Espinosa A, Ortega-Pérez R, Guillén-Trujillo A, Manríquez-Hirales E (2021) Inseminación artificial a tiempo fijo y resincronización de vacas para carne tratadas con y sin gonadotropina coriónica equina. *Nova Scientia* 13(27): 1-20. <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2747>
- Estrada-Cortés E, Villaseñor-González F, Vera-Ávila HR, Jiménez-Severiano H, Villagómez-Amezcu Manjarrez E, Espinosa-Martínez MA (2024) Relación entre el desarrollo corporal y la respuesta reproductiva de vaquillas a protocolos de sincronización de estros en sistema lechero de pequeña escala. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 15(1): 115-129. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i1.5998>
- Fernandes CA de C, Pereira JR, Souza VO, De Figueiredo ACS, Viana JHM, Siqueira LGB, Palhao MP (2021) Timing of early resynchronization protocols affects subsequent pregnancy outcome in dairy cows. *Theriogenology* 167: 61-66 <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.03.009>
- García JAE, Vélez AI, Góngora SFG, Cuevas VR, Vázquez RG, Rivera JAM (2018) Evaluación del Impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida al sistema de bovinos de doble propósito del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 21(2): 261-272. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2411>
- Healy AA, House JK, Thomson PC (2013) Artificial insemination field data on the use semen in nulliparous Holstein heifers. *Journal of Dairy Science* 96(3): 1905-1914. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5465>
- Hernández-Coronado C, Rosales-Torres A, Vázquez-López S, Guzmán-Sanchez A (2023) Sincronización del estro y ovulación en hembras bovinas de razas cárnicas. Bases endocrinas y protocolos usados. *Abanico Veterinario* 13: 1-37. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2023.16>
- INEGI (2023) Catálogo único de claves de áreas geoestadísticas estatales, municipales y localidades. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/ageeml/>. Fecha de consulta: 10 enero del 2024.
- Maicas C, Holden SA, Drake E, Cromie AR, Lonergan P, Butler ST (2019) Fertility of frozen sex-sorted sperm at 4x10⁶ sperm per dose in lactating dairy cows in seasonal-calving pasture-based herds. *Journal of Dairy Science* 103(1): 929-939. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17131>
- Mellado M, Sepulveda E, Macias-Cruz U, Avendaño L, Garcia JE, Veliz FG, Rodríguez A (2014) Effects of mont of breeding on reproductive efficiency of Holstein cows and heifers inseminated with sex-sorted or conventional semen in a hot environment. *Tropical Animal Health and production* 46: 265-269. <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0470-8>
- Minitab, Inc. (2018) Minitab® 18 Statistical Software. Minitab, Inc. State Collage, PA, USA. (Computer software) <https://www.minitab.com/en-us/products/minitab/.2018/>. Fecha de consulta: 25 enero del 2024.
- Moore SG, Crowe AD, Randi F, Butler ST (2023) Effect of delayed timing of artificial insemination with sex-sorted semen on pregnancy per artificial insemination in synchronized dairy heifers managed in a seasonal-calving pasture-based system. *JDS Communications* 4(5): 417-421. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0363>
- Murphy C, Shalloo L, Hutchinson IA, Butler ST (2016) Expanding the dairy herd in pasture-based systems: The role of sexed semen within alternative breeding strategies. *Journal of Dairy Science* 99(8): 6680-6692. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10378>
- Mustafa NZ, Rahawy MA (2024) The efficacy of the recycled CIDR on estrus synchronization in postpartum anestrus in buffalo cows. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences* 38(2): 317-322.

- Palhão MP, Ribeiro AC, Martins AB, Guimarães CRB, Alvarez RD, Seber MF, Fernandes CAC JP y Neves JP, Viana JHM (2020) Early resynchronization of non-pregnancy beef cows based in corpus luteum blood flow evaluation 21 days after timed-IA. *Theriogenology* 146: 26-30. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.064>
- Pérez-Ruiz E, Quezada-Casola A, Carrera-Chávez JM, Álvarez-Holguín A, Ochoa-Rivero JM, Chávez-Ruiz MG, Román-Ponce SI (2022) Función ovárica y respuesta a la sincronización del estro en ganado criollo en México. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 13(2): 422-451. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.6032>
- Quintero-Moreno AA (2022) Estrategias de inseminación artificial en bovinos: De lo convencional al uso de semen sexado. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 30(Supl. 2): 21-30. <https://doi.org/10.53588/alpa.300603>
- Ré MG, Racca G, Filippi L, Veneranda G, Bó GA (2021) Sincronización de la ovulación y tasa de preñez en vaquillonas lecheras tratadas con protocolos que prolongan el proestro. *Taurus* 23(91): 28-45.
- Recinos CA, Ibáñez EMA, Arce MMO, Garduño RG, Rivera PD, Cuellar JAH (2017) Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8(1): 83-99. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4347>
- Rosete-Fernández JV, Álvarez-Gallardo H, Urbán-Duarte D, Fragoso-Islas A, Asprón-Pelayo MA, Ríos-Utrera Á, Pérez-Reynoso S, De la Torre-Sánchez JF (2021) Biotecnologías reproductivas en el ganado bovino: Cinco décadas de investigación en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12(Supl 3): 39-78. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5918>
- Ruelle E, Shalloo L, Butler ST (2021) Economic impact of different strategies to use sex-sorted sperm for reproductive management in seasonal-calving, pasture-based dairy herds. *Journal of Dairy Science* 104(11): 11747-11758. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20150>
- Sá-Filho MF, Marques MO, Girotto R, Santos FA, Sala RV, Barbuio JP, Baruselli PS (2014) Resynchronization with unknown pregnancy status using progestin-based timed artificial insemination protocol in beef cattle. *Theriogenology* 81(2): 284-290. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.027>
- Sauls-Hiesterman JA, Voelz BE, Stevenson JS (2020) A shorten resynchronization treatment for dairy cows after a nonpregnancy diagnosis. *Theriogenology* 141: 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.013>
- Solórzano HCW, Hernán MJ, Galina HC, Villa GA, Vera AHR, Romo GA (2008) Reutilización de un dispositivo liberador de progesterona (CIDR-B) para sincronizar el estro en programa de transferencia de embriones bovinos. *Técnica Pecuaria en México* 46(2): 119-135.
- Spencer TE, Forde N, Lonergan P (2016) The role of progesterone and conceptus-derived factors in uterine biology during early pregnancy in ruminants. *Journal of Dairy Science* 99(7): 5941-5950. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10070>
- Vieira CC, Pinto Fernandez PHF, Buss V, Gonzalez de Freitas FBG, Guerreiro Martinez GMB, Gallas Leivas FG, Pugliesi G, Silveira Mesquita FS (2021) Resynchronization of follicular wave using long-acting Injectable progesterone or estradiol benzoate at 14 days post timed IA In Bos taurus x Bos Indicus beef heifers. *Theriogenology* 176: 194-199. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.09.017>
- Vishwanath R, Moreno JF (2018) Review: Semen sexing – current state of the art with emphasis on bovine species. *Animal* 12(s1): s85-s96. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000496>
- Yáñez-Avalos DO, Barbona I, López-Parra JC, Marini PR (2021) Protocolo J-Synch con y sin eCG en vacas Brown Swiss y sus cruza con Bos indicus en la Amazonía Ecuatoriana. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida* 33(1): 8-20. <http://doi.org/10.17163/lgr.n33.2021.01>