



Efecto del genotipo y la condición ovárica sobre la tasa de gestación en bovinos tropicales

Effect of genotype and ovarian condition on gestation rate in tropical cattle

María del Rosario García-Barradas¹, Raymundo Salvador Gudiño-Escandón¹, María Luisa Méndez Ojeda¹, Vicente Eliezer Vega-Murillo^{1*}

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del genotipo y la condición ovárica sobre la tasa de gestación en bovinos de doble propósito en condiciones tropicales. Se analizaron datos retrospectivos de 1,818 hembras durante un periodo de ocho años (1996-2004) en una unidad de producción pecuaria del estado de Veracruz, México. La tasa de gestación general fue de 51.29%. Del total de vacas vacías, el 56.93% correspondió a hembras ciclando. El genotipo y el año influyeron significativamente en la tasa de gestación ($p < 0.01$), mientras que la época del año no mostró efecto significativo ($p > 0.05$). Las vacas cruzadas presentaron mayor probabilidad de gestación en comparación con el ganado *Bos indicus* puro. Se concluye que la principal limitante reproductiva en el sistema evaluado está asociada al manejo reproductivo, y que el uso de cruzamientos *Bos indicus* × *Bos taurus* contribuye a mejorar la eficiencia reproductiva en condiciones tropicales.

Palabras clave: condición ovárica, genotipo, tasa de gestación

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of genotype and ovarian status on the pregnancy rate in dual-purpose cattle under tropical conditions. We analyzed retrospective data from 1,818 females over an eight-year period (1996-2004) at a livestock production facility in the state of Veracruz, Mexico. The overall pregnancy rate was 51.29%. Of the total number of nonpregnant cows, 56.93% were in estrus. Genotype and year had a significant effect on the pregnancy rate ($p < 0.01$), while the season of the year did not show a significant effect ($p > 0.05$). Crossbred cows had a higher probability of pregnancy compared to purebred *Bos indicus* cattle. It is concluded that the main reproductive limitation in the evaluated system is associated with reproductive management, and that the use of *Bos indicus* × *Bos taurus* crossbreeding contributes to improving reproductive efficiency under tropical conditions.

Keywords: ovarian condition, genotype, pregnancy rate

*Autor para correspondencia: vvega@uv.mx

Fecha de aceptación: 13 de julio de 2026

Fecha de recepción: 5 de junio de 2026

Fecha de publicación: 15 de julio de 2026

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Veracruz, Veracruz, México.

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina constituye una de las actividades productivas más importantes del sector agropecuario en México. Contribuye en la seguridad alimentaria y la economía rural (Martín del Campo, 2019; SIAP, 2018). En este contexto, el sistema de producción de doble propósito representa una estrategia adoptada en regiones tropicales y subtropicales. Se caracteriza por la obtención simultánea de leche y carne, en condiciones de manejo, recursos y ambiente variables (Barrón et al., 2023). Sin embargo, enfrentan importantes limitaciones productivas. La baja eficiencia reproductiva es considerada uno de los principales factores que restringen su rentabilidad y sostenibilidad.

En condiciones tropicales, la eficiencia reproductiva del ganado bovino está influenciada por una compleja interacción entre factores ambientales, nutricionales, genéticos y de manejo (Galina & Geffroy, 2023). Entre los indicadores más relevantes se encuentra la tasa de gestación, esta refleja el desempeño reproductivo del hato y se asocia con variables fisiológicas, entre ellas, la condición ovárica de las hembras (Komatsu & Masubuchi, 2016). La dinámica ovárica, determinada por la presencia de estructuras funcionales como folículos y cuerpos lúteos, constituye un elemento clave para la evaluación del estado reproductivo y la toma de decisiones en programas de manejo (Kojima, 2003).

Diversos estudios, en sistemas de producción tropical, han señalado que es frecuente encontrar un alto porcentaje de vacas vacías en estado de ciclicidad. Esto sugiere que, más allá de limitaciones nutricionales, existen deficiencias en el manejo reproductivo, particularmente en la detección de celo, el momento del servicio y la eficiencia de las biotecnologías reproductivas (Dobson & Smith, 2000; Vera et al., 2018). Este fenómeno muestra la necesidad de integrar indicadores fisiológicos y productivos que permitan comprender con mayor precisión las causas de la baja fertilidad en estos sistemas.

Por otra parte, el genotipo de los animales desempeña un papel importante en la eficiencia reproductiva, bajo condiciones tropicales. La utilización de cruzamientos entre razas *Bos taurus* y *Bos indicus* ha sido una estrategia ampliamente implementada para aprovechar los efectos de heterosis y mejorar la adaptación al ambiente, la resistencia al estrés térmico y el desempeño reproductivo (Román et al., 2018; López-Ordaz et al., 2009). En este sentido, se ha documentado que los genotipos cruzados pueden presentar ventajas en parámetros reproductivos, en comparación con animales *Bos indicus* puros, aunque estos efectos pueden variar dependiendo del sistema de manejo y las condiciones ambientales (Arce et al., 2017; García-Díaz et al., 2018).

A pesar de la importancia de estos factores, existe información limitada que integre de forma simultánea la condición ovárica y el genotipo como determinantes de la tasa de gestación en sistemas de doble propósito en condiciones tropicales. El estudio de esta interacción es fundamental para diseñar estrategias de manejo y programas de mejoramiento genético orientados a incrementar la eficiencia reproductiva y la productividad de los hatos. Por lo tanto, nuestro objetivo fue evaluar el efecto del genotipo y la condición ovárica sobre la tasa de gestación en bovinos de doble propósito en condiciones tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y manejo del hato

El estudio se realizó en una unidad de producción pecuaria (UPP) ubicada en la localidad de Vargas, municipio de Veracruz, México (19°12' N, 96°08' O; 10 msnm) (Grajeda, 2022). El clima es tropical cálido, con temperatura media anual de 25.3 °C y un régimen de lluvias concentrado de junio a septiembre, seguido de un periodo prolongado de sequía (SECTUR, 2019).

El sistema de producción fue de doble propósito, con manejo en áreas de pastoreo diferenciadas (zonas alta y baja). En la zona alta se utilizaron pastos *Panicum maximum*, *Cynodon plectostachium* y *Digitaria decumbens*, mientras que en la zona baja predominó *Brachiaria mutica*. Durante la época de estiaje se implementó suplementación con ensilado, sales minerales *ad libitum* y bloques nutricionales.

El manejo reproductivo incluyó inseminación artificial (IA), inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y monta controlada, con detección de celo mediante toro marcador y observación directa dos veces al día. El diagnóstico de gestación se realizó mediante palpación transrectal dos veces al mes. Las hembras permanecieron en el sistema hasta siete partos o un máximo de 10 años en producción. El programa sanitario incluyó vacunación contra derriengue, clostridiosis, pasteurelosis, leptospirosis, IBR y DVB, así como control de parásitos internos y externos.

Base de datos y variables analizadas

Se utilizó información retrospectiva registrada en tarjetas individuales de animales, posteriormente fue digitalizada en hojas de cálculo. El periodo de estudio comprendió ocho años (1996-2004), con un total de 1,818 hembras evaluadas.

Las variables analizadas fueron:

- Tasa de gestación (TG): variable dicotómica (1 = gestante; 0 = vacía).
- Condición ovárica asociada a fertilidad (COF): clasificada como vacía ciclando (VC), vacía en anestro (VA), posible gestante (PG) y gestante (G).
- Genotipo de la vaca: *Bos indicus* y cruza *Bos indicus* × *Bos taurus* (Holstein, Suizo Americano y Simmental).
- Año de registro: 1996-2004.
- Época del año: seca, lluvias y nortes.

Análisis estadístico

Tasa de gestación

Dada la naturaleza dicotómica de la variable tasa de gestación, se utilizó un modelo lineal generalizado mixto mediante el procedimiento PROC GLIMMIX de SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), asumiendo distribución binomial y función de enlace logit.

Inicialmente se evaluó la interacción entre genotipo de la vaca y condición ovárica; sin embargo, al no resultar significativa ($p > 0.05$), esta se excluyó del modelo final. En consecuencia, el modelo final incluyó únicamente los efectos fijos de genotipo, año y época del año:

$$\text{logit}(p_{ijk}) = \mu + G_i + A_j + E_k + e_{ijk}$$

donde:

- p_{ijk} : probabilidad de gestación de la hembra
- μ : media general
- G_i : efecto fijo del genotipo de la vaca
- A_j : efecto fijo del año
- E_k : efecto fijo de la época del año
- e_{ijk} : error aleatorio

Las medias ajustadas se estimaron en la escala logit y posteriormente se transformaron a la escala original de probabilidad, mediante la opción ILINK.

Adicionalmente, se estimaron razones de momios (odds ratios, OR) y sus intervalos de confianza al 95% para cuantificar el efecto del genotipo sobre la probabilidad de gestación, utilizando como categoría de referencia el genotipo *Bos indicus*. Los OR se derivaron de los coeficientes estimados en la escala logit del modelo. La significancia estadística se estableció en $p < 0.05$.

Condición ovárica

La distribución de frecuencias de la condición ovárica fue analizada mediante una prueba de asociación de ji cuadrada (χ^2), con el fin de evaluar la proporción de hembras en las diferentes categorías reproductivas. En todos los análisis se consideró un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Comparación de medias

Las diferencias entre medias ajustadas se evaluaron mediante comparaciones múltiples, considerando significativas aquellas con $p < 0.05$.

RESULTADOS

Condición ovárica y efectos sobre la tasa de la gestación

Se realizaron un total de 8,150 evaluaciones, mediante palpación transrectal, en 1,818 hembras durante el periodo de estudio. La distribución de la condición ovárica mostró diferencias significativas entre categorías ($\chi^2 = 3872.669$; $p < 0.001$). Del total de observaciones, el 51.29% correspondió a vacas gestantes, mientras que el 45.31% se clasificó como vacas vacías. Dentro de estas últimas, la mayor proporción correspondió a vacas vacías ciclando (56.93%), en comparación con vacas en anestro (43.07%). Adicionalmente, el 3.41% de las observaciones se clasificó como posibles gestantes (Tabla 1). El análisis mediante modelo lineal generalizado mixto (GLIMMIX) mostró que el genotipo de la vaca y el año de evaluación influyeron significativamente sobre la tasa de gestación ($p < 0.01$), mientras que el efecto de la época del año no fue significativo ($p > 0.05$).

■ Tabla 1. Número y frecuencias observadas de la condición ovárica en vacas cruzadas *Bos indicus* y *Bos indicus* x *Bos taurus* en una UPP en la zona costera de Veracruz.

Condición ovárica	Número de animales	%
Gestante	4180	51.29
Posible Gestante	278	3.41
Vacía Anestro	1590	19.51
Vacía Ciclando	2102	25.79
Total	8, 150	100

Efecto del genotipo

Las medias ajustadas de la tasa de gestación (escala original, ILINK) mostraron diferencias entre genotipos (Tabla 2). Las vacas cruzadas *Bos indicus* × *Bos taurus* presentaron mayores probabilidades de gestación, en comparación con las vacas *Bos indicus* puras.

El genotipo Cebú × Simmental presentó la mayor tasa de gestación (0.55 ± 0.02), seguido por Cebú × Suizo Americano (0.52 ± 0.03) y Cebú × Holstein (0.51 ± 0.02), mientras que el Cebú puro mostró la menor tasa (0.48 ± 0.03). Se observaron diferencias estadísticas entre los genotipos evaluados ($p < 0.05$).

■ Tabla 2. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para la tasa de gestación de vacas cruzadas *Bos indicus* y *Bos indicus* × *Bos taurus* en una UPP en la zona costera de Veracruz, por genotipo.

Genotipo de la vaca	Media
Cebú	0.48 ± 0.03 a
Cruzas de Holstein	0.51 ± 0.02 a
Cruzas de Suizo Americano	0.52 ± 0.03 ab
Cruzas de Simmental	0.55 ± 0.02 b

a b Medias con diferente literal, en la misma columna, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

Las razones de momios mostraron diferencias en la probabilidad de gestación entre genotipos. En comparación con las vacas Cebú × Simmental, las vacas Cebú presentaron una menor probabilidad de gestación (OR = 0.76; IC 95%: 0.66-0.88), así como las vacas Cebú × Holstein (OR = 0.84; IC 95%: 0.75-0.94). En contraste, las vacas Cebú × Suizo Americano no mostraron diferencias significativas (OR = 0.90; IC 95%: 0.73-1.12) (Tabla 3).

■ Tabla 3. Razones de momio (OR) e intervalos de confianza al 95% para la tasa de gestación, por genotipo

Genotipo de la vaca	OR	IC 95%	Interpretación
Cebú vs cruzas de Simmental*	0.76	0.66 - 0.88	Menor probabilidad
Cruzas de Holstein vs cruzas de Simmental	0.84	0.75 - 0.94	Menor probabilidad
Cruzas de Suizo Americano vs cruzas de Simmental	0.90	0.73 - 1.12	No diferente

*Referencia: Cebú × Simmental (XSM)

Efecto de la época y año

No se detectaron diferencias significativas, en la tasa de gestación, entre épocas del año ($p > 0.05$). Las medias ajustadas fueron similares entre la época de seca (0.52 ± 0.03), lluvias (0.52 ± 0.02) y nortes (0.51 ± 0.03) (Tabla 4). El efecto de año resultó significativo ($p < 0.01$), existe variabilidad en la tasa de gestación a lo largo del periodo de estudio (1996-2004). Sin embargo, no se observó una tendencia clara, creciente o decreciente, en los valores anuales (datos no mostrados).

■ Tabla 4. Medias de cuadrados mínimos y error estándar para la tasa de gestación en vacas cruzadas *Bos indicus* y *Bos indicus* x *Bos taurus* en una UPP en la zona costera de Veracruz, por época del año

Categoría	Media
1 época de seca	0.52 ± 0.03 a
2 época de lluvias	0.52 ± 0.02 a
3 época de nortes	0.51 ± 0.03 a

a b Medias con diferente literal, en la misma columna, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

La eficiencia reproductiva en sistemas de doble propósito, en el trópico, es el resultado de una compleja interacción entre factores fisiológicos, genéticos y de manejo (Galina & Geffroy, 2023). En el presente estudio, la tasa de gestación observada (51.29%) se encuentra dentro del rango reportado para sistemas tropicales (40–55%), esto confirma que, aun bajo condiciones de manejo controlado, la eficiencia reproductiva en estas regiones continúa siendo limitada (Dobson & Smith, 2000; Vera et al., 2018).

Se encontró una alta proporción de vacas vacías en estado de ciclicidad (56.93%), esto muestra que una parte importante de las hembras presentaba actividad ovárica funcional sin lograr la gestación. Las limitaciones reproductivas en la UPP no están asociadas a deficiencias fisiológicas o nutricionales, sino a inconsistencias en el manejo zootécnico; particularmente, en la detección del estro, la oportunidad del servicio y la eficiencia de la inseminación artificial. Esto ha sido ampliamente documentado en sistemas tropicales, donde el desempeño reproductivo depende de la precisión en la identificación del celo y los protocolos de sincronización (Dobson & Smith, 2000; Diskin & Sreenan, 2000).

En el genotipo, los resultados evidenciaron que las cruza *Bos indicus* × *Bos taurus* presentaron una mayor probabilidad de gestación, en comparación con el ganado *Bos indicus* puro. Este comportamiento se atribuye a los efectos de la heterosis. Esto favorece la fertilidad, la adaptación al ambiente y la eficiencia reproductiva (Román et al., 2018). El genotipo Cebú × Simmental mostró la mayor probabilidad de concepción, esto concuerda con lo reportado por López-Ordaz et al. (2009), quienes destacaron la contribución de la raza Simmental en la precocidad sexual y el desempeño reproductivo.

Las razones de momios obtenidos en este estudio muestran que las diferencias entre genotipos, aunque moderadas, son consistentes desde el punto de vista biológico. Las vacas Cebú presentaron una menor probabilidad de gestación, en comparación con las cruza. Si bien el ganado *Bos indicus* posee ventajas adaptativas en ambientes tropicales, estas no necesariamente se traducen en una mayor eficiencia reproductiva bajo condiciones de manejo intensivo o semi-intensivo. Resultados similares fueron reportados por Arce et al. (2017) y García-Díaz et al. (2018), quienes documentaron un efecto significativo del genotipo sobre parámetros reproductivos en sistemas tropicales.

El efecto de la época del año no fue significativo en este estudio, esto se atribuye a la implementación de estrategias de suplementación nutricional, durante el periodo de estiaje. Esto demuestra que un

manejo nutricional adecuado mitiga los efectos estacionales sobre la reproducción y reduce la variabilidad asociada a factores ambientales. Sin embargo, este comportamiento contrasta con los reportes en otras investigaciones, bajo condiciones tropicales, donde la época del año influye de manera determinante en la eficiencia reproductiva, debido al estrés térmico y las fluctuaciones en la disponibilidad de forraje (Arce et al., 2017; López et al., 2010).

El efecto significativo del año de evaluación reflejó la influencia de variables no controladas asociados a las prácticas de manejo, la variabilidad climática o la eficiencia operativa del sistema a lo largo del tiempo. Este comportamiento coincidió con lo reportado en investigaciones previas de sistemas tropicales. El año actuó como un factor integrador de múltiples fuentes de variación (García-Díaz et al., 2018; Viamonte, 2010).

Los resultados de este estudio mostraron que la mejora de la eficiencia reproductiva, en sistemas de doble propósito en el trópico, no depende exclusivamente del componente genético, sino de la interacción entre el potencial genético de los animales y la eficiencia del manejo reproductivo. En este sentido, la implementación de estrategias integradas que incluyan selección genética, mejora en la detección de celo y la optimización de las biotecnologías reproductivas representa una vía fundamental para incrementar la productividad de estos sistemas.

CONCLUSIONES

La eficiencia reproductiva estuvo limitada por deficiencias en el manejo reproductivo, evidenciadas por la alta proporción de vacas ciclando no gestantes. El genotipo influyó significativamente en la probabilidad de gestación, con ventajas consistentes de las cruzas *Bos indicus* × *Bos taurus* sobre el ganado *Bos indicus* puro. La ausencia de efecto de la época del año sugiere que el manejo nutricional puede mitigar la estacionalidad reproductiva en condiciones tropicales.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Todos los autores contribuyeron de igual manera en la concepción o diseño del trabajo, redacción, revisión crítica y final del manuscrito.

REFERENCIAS

- Arce, C., Aranda, I. E. M., Osorio, M. M., González, R., Díaz P., & Hinojosa, J. A. (2017). Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(1), 83-91. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4347>
- Barrón, B. O. G., Avilés R. R., Sahagún, Á. C. A., Alcalá, R. J. S., Arispe, V. J., & Garza, C. R. D. (2023). Caracterización de unidades de producción familiar de bovinos, Llera, Tamaulipas, México. *Abanico Boletín Técnico*, 2, 1-21.
- Diskin, M. G., & Sreenan, J. M. (2000). Expression and detection of oestrus in cattle. *Reproduction Nutrition Development*, 40(5), 481-491. <https://doi.org/10.1051/rnd:2000112>
- Dobson, H., & Smith, R.F. (2000). What is stress, and how does it affect reproduction? *Animal Reproduction Science*, 60-61, 743-752. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(00\)00080-4](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00080-4)
- Galina, C. S., & Geffroy, M. (2023). Dual-purpose cattle raised in tropical conditions: what are their

- shortcomings in sound productive and reproductive function. *Animals*, 13(13), 2224. <https://doi.org/10.3390/ani13132224>
- García, D. J. R., Scull, S. J., Sarria, S. Y., Pérez, B. Y., & Hernández, B. M. (2018). Comportamiento reproductivo de los genotipos Cebú y 5/8 Cebú x 3/8 Simmental en la región central de Cuba. *Revista de Producción Animal*, 30(2), 44-51.
- Grajeda, R. R. M. (2022). Indicadores de ICUS y NDVI. Observatorio Universitario Metropolitano de Veracruz. Universidad Veracruzana.
- Kojima, F. N. (2003). The estrous cycle in cattle: physiology, endocrinology, and follicular waves. *The Professional Animal Scientist*, 19(2), 83-95. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31387-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31387-5)
- Komatsu, K., & Masubuchi, S. (2016). Observation of the dynamics of follicular development in the ovary. *Reproductive Medicine and Biology*, 16(1), 21-27. <https://doi.org/10.1002/rmb2.12010>
- López, O. R., García, R. C., García, J. G., & Ramírez, R. V. (2009). Producción de leche de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 47(4), 435-448.
- López, O. R., Díaz, M. H., García, J. G., Núñez, R. D., & Martínez, P. A. (2010). Eventos reproductivos de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(4), 325-336.
- Martín del Campo, J. A. (2019). Punto de acuerdo. Evitar el ingreso de ganado ilegal a territorio nacional y prevenir cualquier tipo de riesgo zoonosario Gaceta del Senado de la República. <https://www.senado.gob.mx>
- Román, P. H., Rodríguez, C. M. A., Aguilera, S. R., & Rivera, V. G. H. (2018). La transferencia de tecnología bovina en las regiones tropicales de México. En E. González Padilla & J. L. Dávalos Flores (Coords.), *Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical* (2ª ed., pp. 331-341). REDGATRO. Recuperado de https://redgatro.fmvz.unam.mx/docs/Estado_arte.pdf.
- SECTUR. Secretaría de Turismo. (2019). Veracruz me llena de orgullo. Recuperado de <https://www.veracruz.mx/destino.php?Municipio=90>.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018). La ganadería: símbolo de fortaleza del campo mexicano.
- Vera, A. H. R., Villa, G. A., Jiménez, S. H., Álvarez G. H., De la Torre, S. J. F., Gutiérrez, A. C. G., León, V. H., Ruiz, H. H., Ruiz, M. A., González, G. F., Santos, E. R., & Hernández, M. J. H. (2018). Eficiencia reproductiva de los bovinos en el trópico. En E. González Padilla & J. L. Dávalos Flores (Coords.), *Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical* (2ª ed., pp. 193-236). REDGATRO. Recuperado de https://redgatro.fmvz.unam.mx/docs/Estado_arte.pdf.
- Viamonte, M. (2010). Sistema de manejo para incrementar la productividad en vacas de la raza Criolla cubana. Tesis de doctorado. Instituto de Ciencia Animal (ICA) San José de las Lajas, La Habana, Cuba.