

Artículo científico

## Evaluación del crecimiento corporal y desarrollo reproductivo en novillas brahman y simbrah F1 estabuladas<sup>1</sup>

*María Carolina Guillén-Alvarado<sup>2</sup>, Juan Ignacio Herrera-Muñoz<sup>3</sup>, Carlos Arroyo-Oquendo<sup>4</sup>, Shirley Rojas-Salazar<sup>5</sup>, Roger Molina-Coto<sup>6</sup>*

### RESUMEN

La base de todo sistema productivo es la reproducción; por lo que el desarrollo de las hembras de reemplazo debe ser una prioridad para el ganadero, de estas depende parte del éxito reproductivo del hato. Este estudio evaluó el desarrollo corporal y aspectos reproductivos de novillas brahman y simbrah F1, las cuales se mantuvieron bajo las mismas condiciones ambientales, de manejo y de alimentación. Se utilizaron 60 hembras (30 brahman y 30 simbrah F1). Durante el experimento, los animales se pesaron de manera mensual. Desde los 12 meses de edad hasta los 19 meses, se realizaron evaluaciones con ultrasonido transrectal para evaluar el desarrollo del tracto reproductivo. Las variables evaluadas fueron: peso corporal (PC), condición corporal (CC), diámetro del cérvix (DC), diámetro del cuerno uterino derecho (DCD), diámetro ovario izquierdo (DOI), diámetro ovario derecho (DOD), cantidad y tamaño de folículos [TF1 ( $\geq 10$  mm), TF2 (6-9 mm), TF3 ( $\leq 5$  mm)], diámetro del cuerpo lúteo neto (DCLN) y ciclicidad. Se obtuvo mayor peso corporal para los animales simbrah F1 ( $p=0.0026$ ); aproximadamente 50 kg más en promedio con respecto a los brahman. La CC fue aumentando

<sup>1</sup>La presente investigación forma parte del trabajo de graduación de licenciatura del primer autor en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

<sup>2</sup>Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correo electrónico: maria.guillenalvarado@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-2954-0492>)

<sup>3</sup>Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correo electrónico: juanignacio.herrera@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0001-5004-0826>)

<sup>4</sup>Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correo electrónico: carlos.arroyo@ucr.ac.cr

<sup>5</sup>Escuela de Estadística, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correo electrónico: shirleyelena.rojas@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-2117-5769>)

<sup>6</sup>Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Autor para correspondencia: roger.molina@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-3844-2587>)

Recibido: 08 noviembre 2022      Aceptado: 04 setiembre 2023

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



conforme incrementó el peso y edad de los animales [( $p=0.021$ ) y ( $p=0.0485$ ), respectivamente]. Con relación a aspectos reproductivos, se obtuvo un incremento para todas las variables (DC, DCD, DOD, DOI, TF1, TF2, TF3 y DCLN) en ambos grupos raciales de acuerdo con la edad. Además, en el grupo racial simbrah F1, el DC ( $p=0.028$ ), DCD ( $p=0.0037$ ) y DCLN ( $p=0.0303$ ) fueron mayores que en Brahman; mientras que para DOD, DOI, TF1, TF2 y TF3 el comportamiento entre los grupos raciales fue similar ( $p>0.05$ ). Este estudio evidenció el mejor desempeño, a nivel de ganancia de peso y desarrollo de estructuras reproductivas, de las novillas del grupo racial simbrah F1 comparado con las novillas brahman puras.

**Palabras claves:** Heterosis, ganado de carne, confinamiento, hembras, evaluación.

#### ABSTRACT

Evaluation of body growth and reproductive development in Brahman and Simbrah F1 stabled heifers. Reproduction is the base of all production systems; therefore, the development of heifer replacements must be a priority for every cattle breeder. This study evaluated the body growth and reproductive aspects of Brahman and Simbrah F1 heifers. Animals were kept under the same environment, handling, and feeding conditions. A total of 60 heifers (30 Brahman and 30 Simbrah F1) were used. During the experiment, the animals were weighed monthly. Also, from 12 to 19 months of age, transrectal ultrasound evaluations were performed to assess the development of the reproductive tract. The variables evaluated in the study were: body weight (BW), body condition score (BCS), diameter of the cervix (DC), diameter of the right uterine horn (DRH), diameter of the left ovary (DLO), diameter of the right ovary (DRO), quantity and size of follicles [TF1 ( $\geq 10$  mm), TF2 (6-9 mm), TF3 ( $\leq 5$  mm)], diameter of the net corpus luteum (DNCL) and cyclicity. Better body weight was obtained for the Simbrah F1 heifers ( $p=0.0026$ ) compared to Brahman, they were, on average, 50 kg heavier. The CC increased as well as weight ( $p=0.021$ ) and age ( $p=0.0485$ ). Regarding reproductive aspects, greater values were obtained

for all the variables (DC, DRH, DRO, DLO, TF1, TF2, TF3, and DNCL) in both racial groups as heifers were getting old. In addition, in the Simbrah F1 racial group, the DC ( $p=0.028$ ), DCD ( $p=0.0037$ ), and DCLN ( $p=0.0303$ ) were greater than Brahman; while for DOD, DOI, TF1, TF2, and TF3 the response between the racial groups was similar ( $p>0.05$ ). This study evidenced a better performance in weight gain and development of reproductive structures of the Simbrah F1 breed group than purebred Brahman heifers.

**Keywords:** Heterosis, beef cattle, confinement, heifers, evaluation.

## INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, el 47,1% del territorio nacional es dedicado a las actividades agropecuarias, donde el uso del suelo para producción de ganado vacuno representa el 28,5% (INEC, 2014). Esto implica una actividad socioeconómica importante para el país, al generar trabajo y alimentos para la población (Holmann et al., 2007). Sin embargo, los parámetros productivos y reproductivos en ganado cruzado son deficientes; pesos al destete de 178,1 kg/animal (107-283 kg), edad a primer parto de 31 meses (22-62 meses), intervalo entre partos de 454,6 días (294-1111 días) y periodo abierto de 176,8 días (20-828 días) (WingChing-Jones, 2017). Recientemente, en ganado con certificado de registro genealógico brahman, se reportó una edad a primer parto de 41,4 meses y un intervalo entre partos de 548,9 días (Vásquez-Loaiza y Molina-Coto, 2021). En Colombia, Mora (2005) reportó en hembras pertenecientes a ganado brahman, la edad a primer servicio de 25 a 31 meses; de igual forma, obtuvo ganancias diarias de peso (GDP) de 447 a 495 g/día.

Madrigal-Valverde et al. (2019) reportaron en ganado con cruces cebuinos en Costa Rica, una GDP de 335 gramos, alcanzando un peso de 334,8 kg a la edad de 18 meses. Por otro lado, CORFOGA (2020) reportó, hasta los 18 meses de edad, una GDP promedio para novillas brahman en pasto natural de 165 g y de 226 g cuando, además del pasto natural, fueron suplementadas; esto en la misma zona donde se desarrolló este experimento. Por su parte, las

hembras simbrah F1 han presentado una edad a primer servicio en un rango de 22,0-27,8 meses con un peso de 236,4 kg a la edad de un año y 283,3 kg a los 1,5 años (Páez y Montoya, 2011).

Conforme la hembra crece, aumenta el peso corporal y se va desarrollando interna y externamente. Sin embargo, para el desarrollo corporal existen periodos donde se da un mayor crecimiento de distintos órganos reproductivos. Por ejemplo, el útero aumenta en diámetro de 9-14 mm desde la segunda semana de vida hasta los 2,5 meses; luego la tasa de crecimiento disminuye, por lo que a los 6 meses de edad tiene un diámetro de 16 mm; este crecimiento vuelve a incrementarse entre los 8-15 meses de edad, presentando un diámetro de 21 mm. La secreción de estrógenos, por parte de los folículos desarrollados, fomenta el crecimiento y desarrollo del útero (Honaramooz et al., 2004). La longitud y el peso del útero es reportada por Atkins et al. (2013) a los 0 meses de edad en 7,7 cm y 6 g, y a los 12 meses de edad en 24,3 cm y 150 g.

Aunado a lo anterior, también se da un aumento en el peso ovárico durante los primeros 5 meses de vida y posterior a los 8 a 12 meses de edad (Atkins et al., 2013). La longitud y diámetro del ovario aumenta desde la segunda semana de vida hasta los 3,5 meses, incrementando la longitud nuevamente de los 8,5-15,0 meses y el diámetro de los 7,5-11,0 meses de edad. Además, entre los 1,5 y 3,5 meses de edad se da un aumento en el número de folículos mayores a 3 mm de diámetro. Asimismo, el tamaño de los folículos y el número de folículos antrales aumentan mientras la novilla madura, lo que comprende el periodo entre 1,5-15,0 meses de edad (Honaramooz et al., 2004).

Las razas pertenecientes a las subespecies *Bos taurus* y *Bos indicus* se han desarrollado en ambientes diferentes y se han seleccionado para la producción de carne y leche (Pegorer et al., 2007). Debido a esta selección, el *Bos taurus* es eficiente para la ingesta de alimento y producción, pero no están adaptados a las condiciones tropicales, por lo que no expresan su máximo potencial. En contraste, el *Bos indicus* presenta una reducción menos severa en ingesta de alimento, tasas de crecimiento, producción de leche y función reproductiva en condiciones tropicales. El *Bos taurus* alcanza la pubertad 8 meses antes, el estro dura 3,4 horas más y tienen

menor cantidad de folículos, pero de mayor tamaño con respecto a las hembras *Bos indicus* (Sartori et al., 2010). Debido a estas diferencias, en el trópico se implementan los cruces de estas subespecies, obteniendo una respuesta fisiológica mejorada con respecto a la de sus progenitores. Esto favorece a la fertilidad, la producción de leche, la longevidad, la tolerancia térmica y a los parásitos, entre otros (Negussie et al., 1999; Nogueira, 2004; Grajales et al., 2006).

En Costa Rica, la mayoría de los ganaderos practican un manejo extensivo. Por lo tanto, la principal fuente de alimentación se basa en pastos, ya sea naturales o mejorados (Estrada-López et al., 2014). Asimismo, la raza más utilizada es la brahman y sus cruces, esto debido a su rusticidad y adaptabilidad al trópico (Vásquez-Loaiza y Molina-Coto, 2020). Sin embargo, muy pocas fincas llevan un control en la ganancia de peso de sus animales, ya que no cuentan con básculas para su pesaje. Debido a esto, el objetivo de este estudio se centró en generar información respecto al desarrollo corporal y reproductivo de hembras puras brahman y simbrah F1 durante el periodo post-destete hasta el primer servicio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y duración

El estudio se realizó en la Finca de Producción Animal (FPA) de la Escuela de Zootecnia, de la Universidad de Costa Rica, ubicada dentro de la Estación Experimental "Los Diamantes" en Guápiles de Pococí, Limón, bajo el convenio de cooperación (CV-090-2012) entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Universidad de Costa Rica (UCR). La posición geográfica de la finca es 10° 13' latitud Norte y 86°,46' longitud Oeste, con una altitud de 249 m s. n. m., una temperatura promedio de 24,5 °C, una humedad relativa promedio de 82,3% y una precipitación promedio de 321,7 mm mensuales. El estudio se llevó a cabo de marzo del 2017 a julio del 2018. El proyecto contó con el permiso de la Comisión Institucional para el Cuido y Uso de Animales (CICUA-012-17).

## Animales

Fueron utilizadas 60 hembras bovinas, 30 pertenecientes al grupo racial brahman y 30 simbrah F1 (50% simmental y 50% brahman), procedentes de 2 fincas distintas de la provincia de Guanacaste, Costa Rica; con una edad inicial de 8 meses y un peso promedio de  $220 \pm 29,35$  kg ( $203 \pm 20,74$  kg para brahman y  $238 \pm 25,83$  kg para simbrah F1). Durante el experimento, se excluyeron dos animales simbrah F1; uno debido a una quebradura de pata y otro por la falta de adaptación al establo. Debido a la disponibilidad de animales, la edad más temprana para comenzar el experimento fue al destete, exactamente cuando los animales ingresaron a la FPA.

Las terneras permanecieron estabuladas en 10 corrales con un área de  $35 \text{ m}^2$  cada uno, se destinaron 6 animales por corral, delimitados por tubos metálicos y piso de concreto cubierto parcialmente de alfombras sintéticas. Los corrales se ubicaron en un solo galpón techado y cada uno contaba con una canoa para alimentación, así como un salero y un bebedero. Todos los corrales se lavaban una vez al día.

## Alimentación

La totalidad de los animales recibieron la misma dieta, la cual estuvo compuesta por pasto picado king grass (*Pennisetum purpureum*) cosechado a los 60 días de rebrote, banano verde, cáscara de banano maduro, alimento balanceado (crecimiento y reproducción), urea y minerales. El alimento de crecimiento contenía 16% de proteína cruda (PC), 3250 kcal/kg de energía digestible (ED), 1,10% de calcio (Ca) y 0,4% de fósforo (P); mientras que la fórmula de reproducción fue de 13% PC, 3225 Kcal/kg de ED, 1% de Ca y 0,4% de P. La oferta diaria por animal, durante todo el experimento, de los ingredientes de la dieta fue de 2,5 kg de alimento balanceado y 107 g de urea, los otros componentes fueron ofrecidos a libre consumo. El alimento balanceado de crecimiento se utilizó desde el inicio del experimento hasta los 12 meses de edad y a partir de ahí se utilizó el alimento de reproducción hasta el primer servicio. La alimentación fue ofrecida de manera fraccionada en dos porciones iguales al día.

### Evaluación del desarrollo corporal

Posterior al periodo de adaptación al experimento, el cual fue de 15 días, se realizaron pesajes mensuales con una balanza electrónica de barras desde los 8,5 meses hasta el momento del primer servicio (19 meses de edad). A partir de estos datos fueron estimadas ganancias diarias de peso (GDP) y curvas de crecimiento.

La condición corporal, fue estimada a los 12, 15 y 18 meses de edad por el mismo investigador. Se utilizó una escala de condición corporal de 1 a 5, donde 1=muy delgado y 5=obeso; como lo indica Giraldo y Uribe (2012) y adaptando conceptos de Ferguson et al. (1994) para mayor sensibilidad de la medición.

### Evaluación del desarrollo del tracto reproductivo

El crecimiento del tracto reproductivo fue registrado de forma mensual a partir de los 12 meses de edad de los animales, mediante ultrasonidos transrectales con una sonda lineal transrectal de 7,5 MHz. Las variables evaluadas fueron: diámetro del cérvix (DC) (medido en el punto medio de la longitud del cérvix), diámetro del cuerno derecho (DCD) (medido entre 1-2 cm de la bifurcación de los cuernos uterinos), largo y ancho de ambos ovarios, obteniéndose un promedio de ambas medidas para generar el diámetro del ovario (DO). Además, se determinó el tamaño de estructuras presentes en los ovarios (folículos y cuerpos lúteos). Para los folículos, se contó el número de estas estructuras en cada ovario y se les midió el diámetro para clasificarlos en tres categorías: TF1 (diámetro  $\geq 10$  mm), TF2 (diámetro 6-9 mm) y TF3 (diámetro  $\leq 5$  mm). Para los cuerpos lúteos se tomaron medidas de largo y ancho; de igual forma, cuando el cuerpo lúteo presentó cavidad, se midió y se le restó al cuerpo lúteo total para calcular el diámetro del cuerpo lúteo neto (DCLN). Dichas medidas se reportaron en milímetros (mm). Las categorías de folículos se determinaron con base en las mediciones presentadas por Ginther (2016). La ciclicidad se valoró por la presencia del cuerpo lúteo (CL).

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis gráfico de residuos para determinar que las funciones enlace y las distribuciones eran las adecuadas.

Se ajustaron modelos lineales mixtos y modelos lineales generalizados mixtos, dependiendo de la distribución de la variable respuesta. En todos se consideró el corral como un efecto aleatorio y los efectos fijos variaron en los distintos modelos.

Las variables asociadas al desarrollo corporal (peso, GDP y CC) se analizaron con un modelo lineal mixto. Para el peso, los efectos fijos correspondieron al grupo racial; para GDP, el grupo racial, la edad y el peso; para CC, se incluyó el grupo racial, peso, y CC\*tiempo.

Por otro lado, las variables del tracto reproductivo (DC, DCD, DO y DCLN) también se analizaron con un modelo lineal mixto. Para DC y DCD, los efectos fijos correspondieron al grupo racial y a la edad.

Los modelos lineales generalizados se ajustaron para las variables TF1, TF2 y TF3, considerando la distribución Poisson con una función de enlace logarítmica. Los efectos fijos de los modelos fueron el tratamiento, el grupo racial y el día. En el TF2 se consideró, además, la interacción entre día y los otros dos efectos.

Los datos se analizaron mediante el uso del programa SAS 9.4, la prueba de diferencias significativas utilizada fue Tukey-Kramer. Las diferencias significativas se declararon con el valor  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Desarrollo corporal

#### Peso corporal (PC)

El PC aumentó conforme avanzó la edad de los animales para ambos grupos raciales ( $p < 0.0001$ ). En promedio, por mes, los animales brahman presentaron un aumento de 22,46

kg, mientras que para los simbrah F1 fue de 26,46 kg. En general, al final del experimento, los animales simbrah F1 presentaron un 18% más de peso (50 kg) que los brahman ( $p=0.0026$ ). El incremento progresivo del peso corporal en el transcurso del tiempo permitió trazar una curva de crecimiento mensual que presentó una tendencia lineal para cada uno de los grupos raciales (Figura 1).

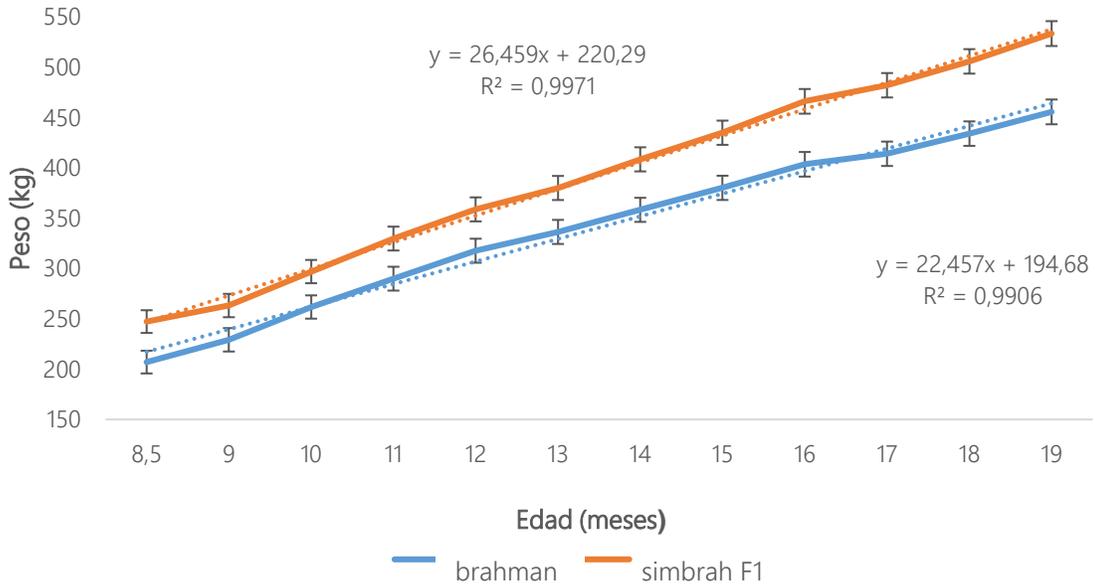


Figura 1. Curva mensual de crecimiento del peso corporal de los grupos raciales brahman y simbrah F1 (mínimos cuadrados promedio  $\pm$  error estándar).

En el Cuadro 1 se aprecian los valores medios y la desviación estándar de la ganancia diaria de peso (GDP), donde se observa un comportamiento similar al de los pesajes mensuales, ya que son formas distintas de evaluar el mismo crecimiento de los animales. Excepto por la medición del primer mes, en todos los demás casos, numéricamente, la ganancia presentada por las simbrah F1 fue mayor, independientemente si la ganancia diaria promedio fue baja o alta dentro de este experimento. Sin embargo, para ambos grupos raciales, existió una interacción entre la edad y el grupo racial ( $p=0.0078$ ) y una interacción entre peso y edad ( $p=0.0007$ ). Al comparar las ganancias de peso de este experimento, en todos los casos son más altas que lo

reportado por Mora (2005), Páez y Montoya (2011), Madrigal-Valverde et al. (2019) y CORFOGA (2020); probablemente las condiciones del establo y el manejo nutricional propiciaron estas diferencias.

Cuadro 1. Valores medios  $\pm$  error estándar para la ganancia diaria de peso de los grupos raciales brahman y simbrah F1.

Mes	GDP Media $\pm$ EE (kg)	
	simbrah F1	brahman
9	0,64 $\pm$ 0,06	0,89 $\pm$ 0,06
10	1,05 $\pm$ 0,06	1,02 $\pm$ 0,05
11	1,06 $\pm$ 0,05	0,91 $\pm$ 0,05
12	1,08 $\pm$ 0,06	1,03 $\pm$ 0,04
13	0,66 $\pm$ 0,05	0,58 $\pm$ 0,04
14	0,92 $\pm$ 0,04	0,71 $\pm$ 0,05
15	0,91 $\pm$ 0,05	0,75 $\pm$ 0,05
16	0,94 $\pm$ 0,07	0,71 $\pm$ 0,05
17	0,57 $\pm$ 0,07	0,37 $\pm$ 0,04
18	0,72 $\pm$ 0,05	0,61 $\pm$ 0,04
19	0,89 $\pm$ 0,06	0,70 $\pm$ 0,06

El comportamiento lineal dentro de la curva de crecimiento coincide con lo expuesto por Bavera et al. (2005), ya que, al inicio de la vida, los animales tienen un elevado potencial de crecimiento, por lo que se aprecia un incremento de peso conforme aumenta la edad. Además, cabe recalcar que, de la segunda parte de la curva, que corresponde al punto de inflexión en adelante, no se aprecia en el gráfico. Esto se debe a que dichos animales aún están en desarrollo. Sin embargo, sí se aprecia una desaceleración de la ganancia, pues conforme aumenta la edad de los animales las ganancias de peso son menores.

La diferencia numérica observada entre los grupos raciales es explicada dentro de la interacción de peso\*edad ( $p < 0.05$ ). Por lo tanto, en el tiempo transcurrido, al menos parcialmente, puede ser atribuida al distinto potencial genético que marca la heterosis. Las mayores ganancias de peso se dieron en los animales cruzados (simbrah F1), quizá debido al aumento en el vigor de

estos (Sánchez, 2010). Se conoce que el nivel de heterosis aumenta según se involucren diferentes genéticas a la de origen en el cruzamiento (Jiménez et al., 2013).

Riera et al. (2004) encontraron que cruces de animales brahman con razas pertenecientes a la subespecie *Bos taurus* (angus, simmental, chianina y romosinuano) presentaban mejores ganancias de peso respecto a los brahman con certificado de registro genealógico, lo que concuerda con lo obtenido en este estudio.

#### Condición corporal (CC)

La CC presentó un comportamiento ascendente conforme aumentó el peso ( $p=0.021$ ) y la edad de los animales ( $p=0.0485$ ).

Para la edad de 12, 15 y 18 meses, en promedio, los animales brahman presentaron una CC de 3,25, 3,50 y 3,75; mientras que los animales simbrah F1 tuvieron una CC promedio de 3,50, 3,75 y 4,00, respectivamente. Esto quiere decir que el grupo simbrah F1 mantuvo un promedio de 0,25 puntos por encima de las brahman en todas las mediciones realizadas.

La condición corporal aumentó conforme pasó el tiempo, lo cual es lo esperado en animales bajo condiciones favorables y una dieta adecuada, ya que esta variable está asociada con el peso. Asimismo, se encuentra dentro de los parámetros adecuados, ya que la CC debe estar entre 3-4 preferiblemente, aunque se acepta superior a 2,5 en una escala de 1-5 (Rúgeles, 2001; Faure y Morales, 2003).

#### Desarrollo del tracto reproductivo

Las mediciones de estructuras del tracto reproductivo de hembras bovinas se han realizado para caracterizarlas y relacionarlas con fertilidad. Esto se ha hecho tanto en animales de leche (Baez et al., 2016; Young et al., 2017; Poock et al., 2020) como en animales de carne (Holm et al., 2009).

Se han desarrollado sistemas para clasificar los animales según las características del tracto reproductivo y, de acuerdo con ello, enviar las novillas a servicio (Holm et al., 2009; Young et

al., 2017). En este estudio, se caracterizó el diámetro del cérvix, el diámetro del cuerno uterino y el tamaño de los ovarios para los dos grupos raciales.

Diámetro del cérvix (DC)

El DC aumentó conforme avanzó la edad para ambos grupos raciales ( $p=0.0113$ ), pero el grupo racial simbrah F1 presentó un valor mayor a lo largo del experimento con respecto al brahman. El diámetro promedio global del cérvix fue de 17,42 mm, con un valor promedio de 16,87 mm para los animales brahman y 17,98 mm para el grupo simbrah F1. Asimismo, se observa un crecimiento mensual de 0,24 mm para los animales simbrah F1 y 0,27 mm para los brahman (curvas de mejor ajuste) (Figura 2). A pesar de que la tasa de crecimiento del DC de las brahman fue mayor, no logró alcanzar los valores del otro grupo, esto debido a que era mayor en las simbrah F1 desde el inicio del experimento.

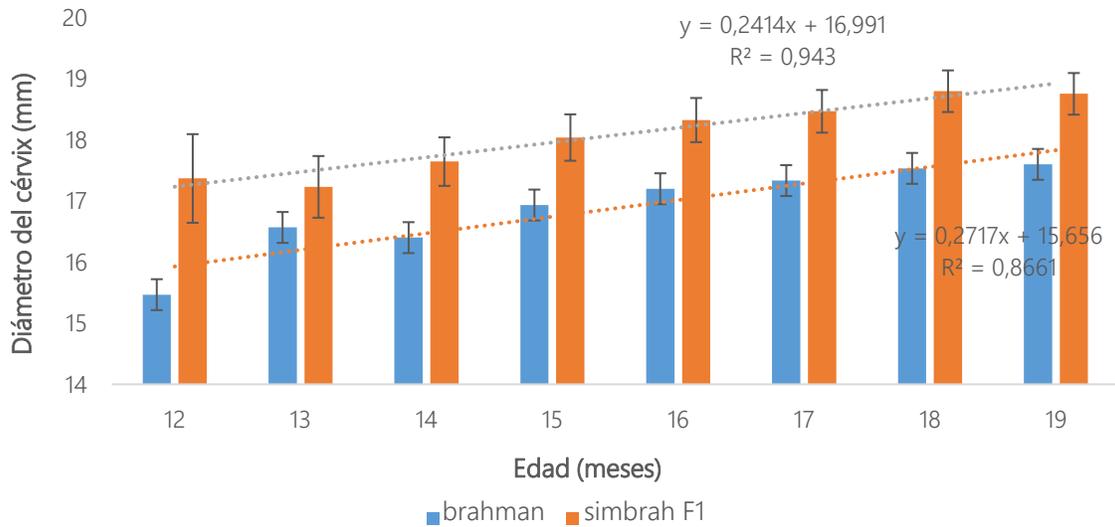


Figura 2. Promedio mensual del diámetro del cérvix de los grupos raciales brahman y simbrah F1 (mínimos cuadrados promedio ± error estándar).

Diámetro del cuerno uterino derecho (DCD)

El DCD aumentó conforme se incrementó la edad ( $p < 0.0001$ ) para ambos grupos raciales. Asimismo, el grupo racial simbrah F1 presentó un valor mayor con respecto al brahman durante todas las mediciones ( $p = 0.0037$ ). El diámetro promedio global del cuerno derecho fue de 15,1 mm, con un valor promedio de 14,61 mm para los animales brahman y 15,59 mm para los simbrah F1. De igual forma, se observó un crecimiento mensual de 0,35 mm para los animales simbrah F1 y 0,20 mm para los brahman (Figura 3).

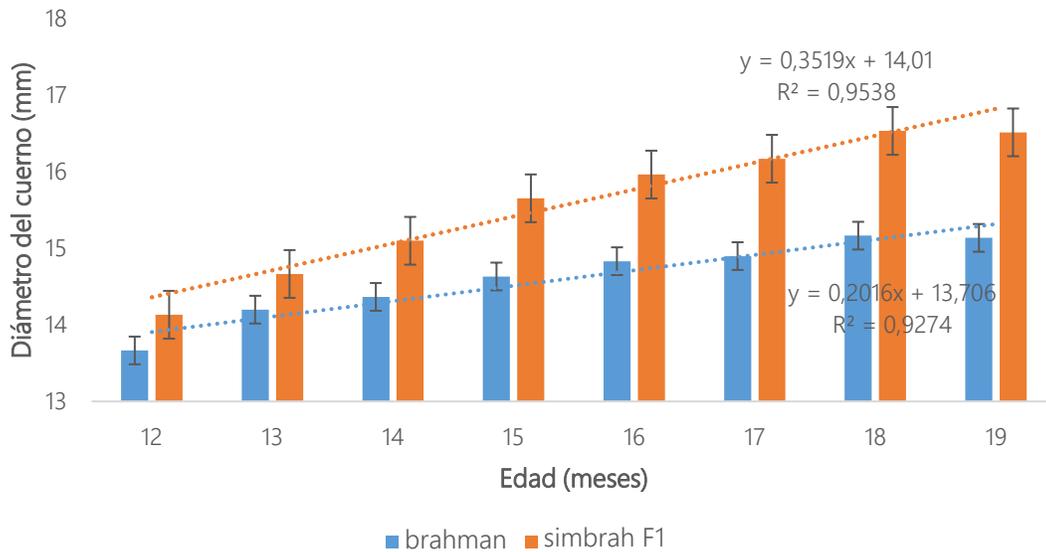


Figura 3. Promedio mensual del diámetro del cuerno derecho de los grupos raciales brahman y simbrah F1 (mínimos cuadrados promedio  $\pm$  error estándar).

Hernández et al. (2010) reporta una media del DC de 39 mm y un DCD de 28,2 mm en animales de ganado nguni (cruzamiento entre ganado europeo y cebú) en vacas entre 5-10 años; lo que puede generar la diferencia con el resultado obtenido en este trabajo, ya que eran novillas. Estas no han terminado de desarrollarse por completo, no han sufrido procesos de gestación ni parto. Además, también puede atribuirse a las variaciones del momento del ciclo estral en que se encontraban los animales a la hora de realizar las mediciones.

De igual forma, el DC y el DCD presenta una superioridad por parte del grupo racial simbrah F1. Esto también se puede atribuir a las variaciones del momento del ciclo estral en que se encontraban los animales a la hora de realizar las mediciones y al mayor desarrollo general de este grupo en peso corporal, condición corporal (reservas de grasa) y estructuras ováricas. Inclusive al inicio de la pubertad, como se observa más adelante.

Diámetro del ovario derecho (DOD) y diámetro del ovario izquierdo (DOI)

El DOD y el DOI aumentó conforme avanzó la edad de los animales ( $p < 0.0001$ ), mientras que el grupo racial no afectó el tamaño de ninguno de los dos ( $p = 0.1101$  y  $p = 0.3399$ , respectivamente).

El promedio global del DOD fue de 21,59 mm, con un promedio de 21,36 mm para los animales brahman y 21,82 mm para los simbrah F1. El promedio global del DOI fue de 20,18 mm, con un promedio de 20,02 mm para los animales brahman y 20,35 mm para los simbrah F1. En la Figura 4 se aprecia el diámetro promedio de ambos ovarios, derecho e izquierdo, donde se observa que el DOD fue superior durante las 8 mediciones con respecto al DOI. Esto implica que el ovario derecho podría presentar mayor cantidad de estructuras a lo largo del tiempo con respecto al ovario izquierdo.

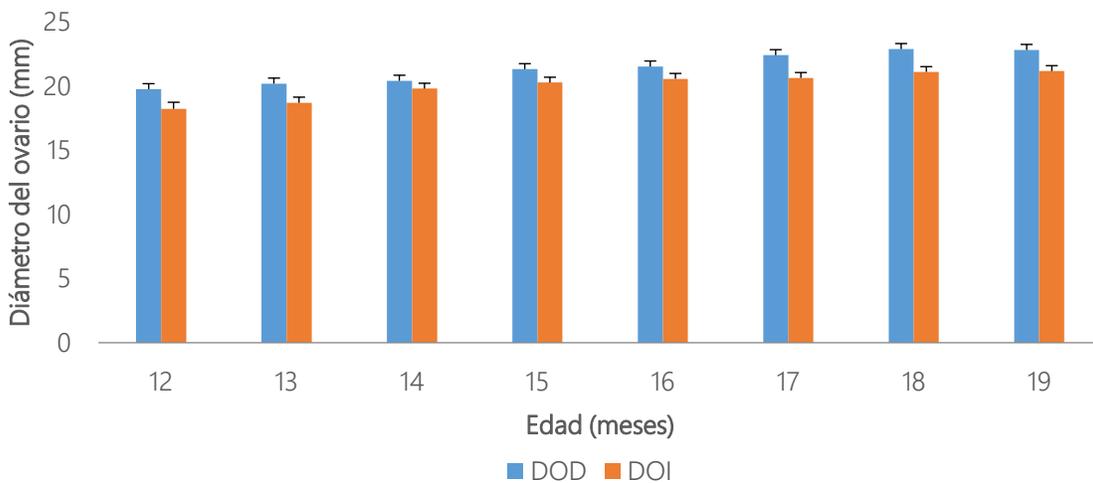


Figura 4. Diámetro promedio general del ovario derecho e izquierdo (mínimos cuadrados promedio  $\pm$  error estándar).

Los resultados de este experimento concuerdan con lo expuesto por Ginther (2019), quien indica que la selección del folículo ovulatorio ocurre más frecuente en el ovario derecho debido a la predilección de mayor cantidad de folículos en este que en el ovario izquierdo.

Alba et al. (2006) encontraron tamaños de DOI de 25 mm y de DOD de 27 mm para novillas cebú comercial (mezcla de razas cebú como el brahman, gir, nelore y guzerat), mientras que para vacas cebú comercial, el DOI fue de 30 mm y el DOD de 33 mm. De igual forma, encontraron tamaños de DOI de 20 mm y DOD de 22 mm para novillas cebú cubana.

González et al. (2017) indican que los ovarios de las vacas multíparas tienen un diámetro entre 30 a 50 mm, esto por la progresiva deposición de tejido cicatrizal, consecuente de su prolongada actividad reproductiva. En este estudio, los ovarios fueron de menos diámetro debido a que son novillas y aún les faltaba desarrollo y actividad reproductiva. Asimismo, el tamaño de los ovarios se ve influenciado por las estructuras presentes (folículos y cuerpo lúteo) (Orellana y Peralta, 2007).

Respecto a los diámetros del cérvix, cuerno derecho, ovario derecho y ovario izquierdo, se observó un incremento en tamaño conforme pasó el tiempo. Esto concuerda con lo expuesto por Pedroso et al. (2013), donde indican que existe un desarrollo en la anatomía del aparato reproductor conforme se desarrolla el animal. Además, se aprecia un incremento en el momento que se llega a la pubertad (Honaramooz et al., 2004; Atkins et al., 2013).

En las Figuras 2, 3 y 4, para las variables DC, DCD, DOD y DOI, se aprecia la disminución en alguna de las mediciones con respecto a la del mes anterior, lo cual se debe al momento del ciclo estral. Como lo indican Hafez y Hafez (2002), el patrón vascular cambia según las condiciones hormonales de los animales, lo que propicia variantes en el flujo sanguíneo, presentando inflamaciones en diferentes etapas del ciclo estral. Esto concuerda con lo expuesto por Pesántez (2015) y Sánchez (2011), quienes comentan que las características morfológicas de los ovarios varían según la fase del ciclo estral en la que se encuentre el animal.

#### Cantidad y tamaño de folículos

Se midieron mensualmente la cantidad de folículos presentes en el ovario derecho e izquierdo,

los cuales se clasificaron en tres categorías según su tamaño: folículos clase 1 ( $\geq 10$  mm), folículos clase 2 (6-9 mm) y folículos clase 3 ( $\leq 5$  mm). Luego de esto, se sumaron las estructuras de los 2 ovarios para obtener el número total de folículos y clasificarlos según su tamaño en TF1 ( $\geq 10$  mm), TF2 (6-9 mm) y TF3 ( $\leq 5$  mm).

La cantidad de folículos contabilizados y clasificados fue cambiante a lo largo del experimento ( $p < 0.0001$ ), esto para todas las categorías de esta estructura. La mayor cantidad de folículos presentes fueron los TF3, lo que corresponde a aquellos con valores menores a 5 mm, seguidos de los TF2 (6-9 mm) y por último los TF1 ( $\geq 10$  mm). El grupo racial no afectó el tamaño de los folículos totales [TF1 ( $p = 0.6941$ ), TF2 ( $p = 0.0967$ ) y TF3 ( $p = 0.5595$ )]. Además, se observó mayor actividad ovárica a partir de los 12 meses de edad para los animales simbrah F1, mientras que para el grupo racial brahman se observó a partir de los 13 meses (Figura 5).

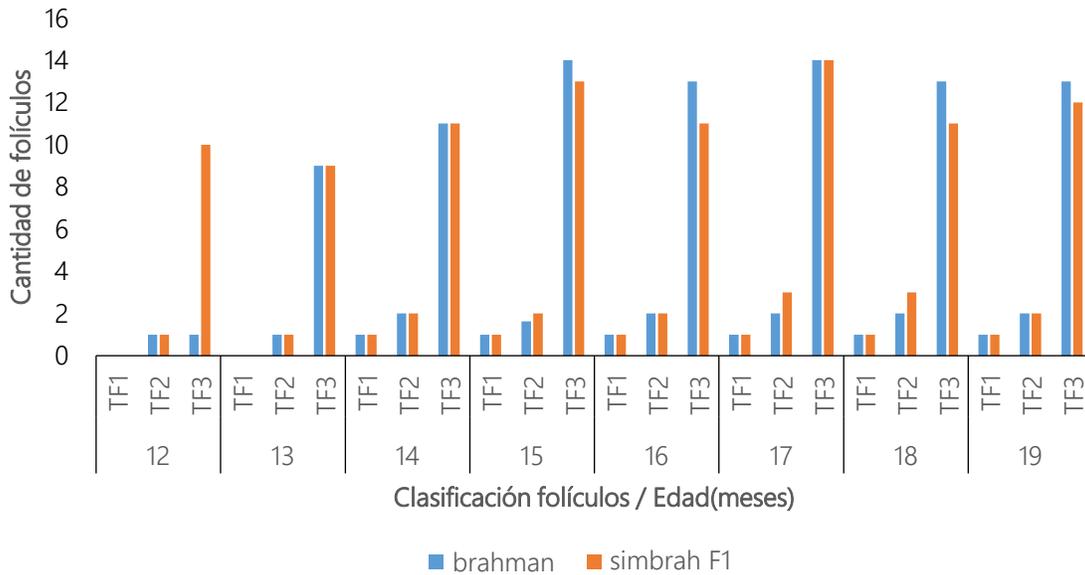


Figura 5. Cantidad de folículos totales categorizados en clases de los grupos raciales brahman y simbrah F1 desde los 12 hasta 19 meses de edad (TF1:  $\geq 10$  mm; TF2: 6-9 mm; TF3:  $\leq 5$  mm).

El comportamiento observado respecto a la dinámica ovárica fue el esperado. Existen más folículos de menor tamaño debido a la cantidad que se presenta en las fases de reclutamiento durante las ondas foliculares. En contraposición, hay menor cantidad de folículos de mayor tamaño, relacionado con los fenómenos de selección, dominancia, atresia y ovulación por el control hormonal del ciclo estral (Callejas, 2004).

#### Presencia de cuerpo lúteo

En la Figura 6, se pueden observar los porcentajes de animales con cuerpo lúteo (CL) al momento de cada evaluación mensual para los grupos raciales brahman y simbrah F1. La presencia de cuerpo lúteo aumentó conforme se incrementó la edad de los animales en el experimento. Sin embargo, algunos de los animales simbrah F1 empezaron a presentar CL desde los 13 meses, mientras que los brahman a partir de los 15 meses.

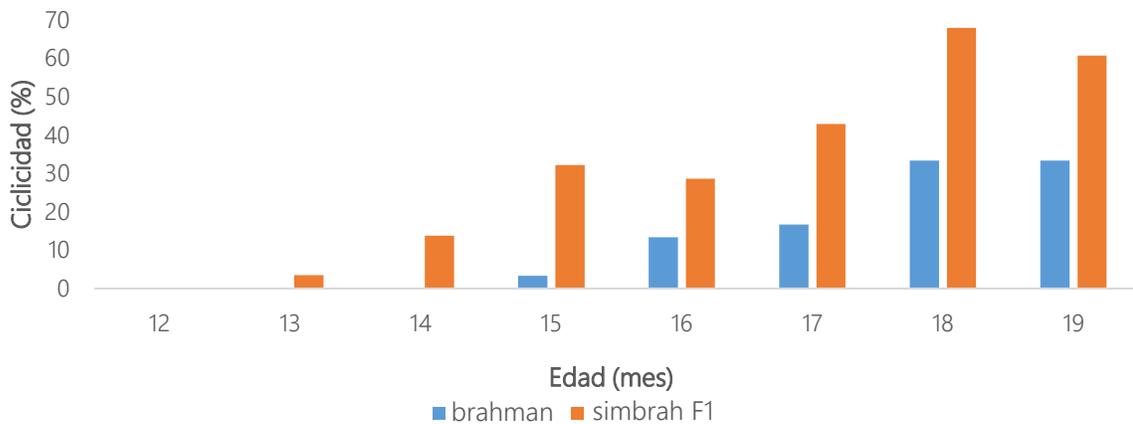


Figura 6. Porcentaje de hembras que presentaron un cuerpo lúteo en cada evaluación mensual de los grupos raciales brahman y simbrah F1.

Además, el porcentaje de hembras que presentaron un cuerpo lúteo a nivel global fue de 67% (39/58). La mayoría de los animales que presentaron cuerpo lúteo fueron 25 del grupo racial simbrah F1 y los restantes 14 fueron brahman.

Una llegada temprana a la pubertad incide positivamente en el número de terneros obtenidos durante toda la vida reproductiva de la vaca. Por lo tanto, los animales que alcanzan su pubertad a edad temprana son más rentables en una explotación. Esto genera mayor cantidad de kg destetados por animal (García et al., 2005; Martínez y Tríbulo, 2010).

Según Grajales et al. (2006), la heterosis juega un papel importante en la llegada a la pubertad por la presencia del primer CL. Las razas con cruces *Bos taurus*, como es el caso del grupo simbrah F1, son más precoces, por lo que alcanzan la pubertad antes que las razas *Bos indicus*. Con los datos obtenidos se confirma el efecto del vigor híbrido antes mencionado sobre la ciclicidad de los animales, donde el aporte del *Bos taurus* en el grupo racial simbrah F1 es notorio en cuanto a la mejora de los parámetros reproductivos respecto a razas pertenecientes al *Bos indicus*.

Bastidas-Mendoza (1999) reporta que las novillas brahman alcanzan la pubertad a los 18 meses; Sartori et al. (2010) y Sartori y Barros (2011) indican que el *Bos indicus* entra a pubertad a los 25 meses; Bustillo y Melo (2020) comentan que la raza brahman presenta su primer CL entre los 14 y 27 meses de edad. Debido a que es un parámetro multifactorial, se puede apreciar que este dato es muy variable según el autor que lo reporta. Sin embargo, todos concuerdan con que las razas pertenecientes al *Bos indicus* tardan más en alcanzar la pubertad que los *Bos taurus*, lo cual concuerda con lo obtenido en este experimento. A pesar de que a partir de los 15 meses se presentó el primer animal con CL, a la edad de 18 meses se tenía un 33,33% de ciclicidad. Además, Bustillo y Melo (2020) explican que dichos animales entran a servicio con un peso de 310-340 kg, lo cual representa entre el 60-70% del peso adulto. En el presente estudio los pesos fueron superiores, a los 18 meses de edad presentaban un promedio de 434 kg.

Las razas pertenecientes a la subespecie *Bos taurus* llegan a la pubertad entre los 6-12 meses

de edad (Forde et al., 2011). En este estudio los animales simbrah F1 tuvieron un 50% de su genética perteneciente a esta subespecie, por lo que la llegada a la pubertad fue un poco antes que los brahman. Por ejemplo, a los 13 meses había una novilla simbrah F1 con su primer CL. Asimismo, Forde et al. (2011) reportan un peso de 200-250 kg para ese rango de edad, mientras que en este experimento se obtuvo un peso de 359 kg a los 12 meses de edad, el cual es superior.

Además, Bavera (2000) comenta que existe una correlación entre la GDP y la edad a pubertad de -0,36, lo que indica que, a mayor ganancia diaria de peso, menor será la edad al primer celo ovulatorio. Por cada 100 g de incremento en la GDP, desde el nacimiento hasta el destete, implica de 15-20 días menos para manifestar el primer celo, lo cual concuerda con lo obtenido en esta investigación; donde los animales con mayor peso (simbrah F1) llegaron a la pubertad antes que los de menor peso (brahman).

#### Diámetro del cuerpo lúteo neto (DCLN)

El DCLN aumentó conforme avanzó la edad de los animales ( $p=0.0054$ ). Asimismo, el grupo racial afectó el tamaño de este ( $p=0.0303$ ). El promedio global del DCLN fue de 16,36 mm, con un promedio de 17,29 mm para el grupo racial brahman y 15,70 mm para los simbrah F1. Esto no concuerda con lo reportado en la literatura, ya que los animales brahman presentaron un CL de mayor tamaño a los simbrah F1. Sartori et al. (2010) y Sartori y Barros (2011) explican que el diámetro del CL en los animales *Bos taurus* ronda entre 20-30 mm y los *Bos indicus* de 17-21 mm. Es probable que esta diferencia se deba al tipo de medición realizada, puesto que, cuando el CL presenta cavidad, el tamaño de este varía en el tiempo. Además, se observó que ningún animal brahman mostró CL a los 12, 13 ni 14 meses de edad, sino hasta los 15 meses; mientras que algunos simbrah F1 lo hicieron desde los 13 meses de edad (Figura 7).

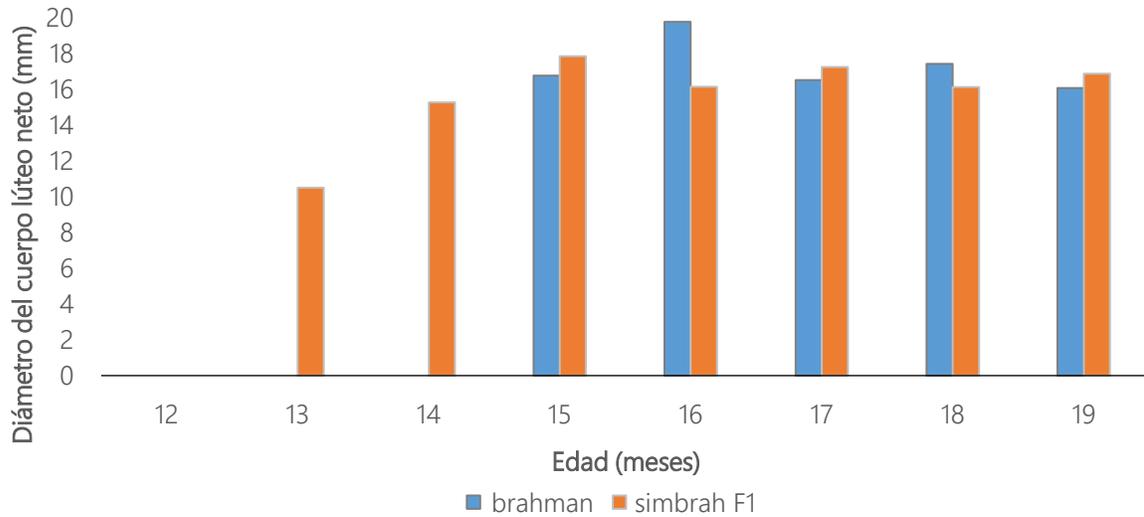


Figura 7. Diámetro del cuerpo lúteo neto para los grupos raciales brahman y simbrah F1.

## CONSIDERACIONES FINALES

En este estudio se observó que el grupo racial simbrah F1 presentó mayores ganancias de peso comparado con las novillas brahman.

Los órganos del tracto reproductivo fueron aumentando su tamaño conforme incrementó el peso y la edad de los animales en ambos grupos. Sin embargo, en todos los casos, excepto en el DCLN, las estructuras medidas fueron más grandes para el grupo simbrah F1.

Con el seguimiento ovárico realizado en esta investigación, se evidenció que la cantidad de folículos presentes en los ovarios aumentó conforme avanzaba la edad de los animales.

En el caso de la presencia de cuerpo lúteo, sugiere mayor precocidad de las simbrah F1 sobre el brahman. Esta información es útil para promover el uso de cruzamiento de ganado cebú y taurinos y favorecer la llegada a la pubertad en un menor tiempo que utilizando ganado puro cebuino. No obstante, es conveniente evaluar el desempeño a nivel reproductivo de este tipo de animales e incluir un análisis económico relacionado con las ganancias de peso y fertilidad.

## LITERATURA CITADA

- Alba, L.O., A. Rodríguez, A. Gómez y E.A. Silveira. 2006. Tamaño y forma de los ovarios y del cérvix de hembras cebú de Cuba y sus relaciones con la eficiencia reproductiva. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 5 (3): 1-12. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612698005.pdf>.
- Atkins, J.A., K.G. Pohler y M. Smith. 2013. Physiology and Endocrinology of Puberty in Heifers. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*, 29: 479-492. doi: 10.1016/j.cvfa.2013.07.008.
- Baez, G., R. Barletta, J. Guenther, J. Gaska y M. Wiltbank. 2016. Effect of uterine size on fertility of lactating dairy cows. *Theriogenology*, 85 (8): 1357-1366. doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.022.
- Bastidas-Mendoza, P.S. 1999. Pubertad en novillas y toros brahman. *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ*, 16: 690-707.
- Bavera G.A. 2000. Factores que afectan la pubertad. [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/02-factores\\_que\\_afectan\\_la\\_pubertad.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/cria/02-factores_que_afectan_la_pubertad.pdf) (Consultado 16 set., 2017).
- Bavera, G., O. Bocco, H. Beguet, y A. Petryna. 2005. Crecimiento, desarrollo y precocidad. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/externo/05-crecimiento\\_desarrollo\\_y\\_precocidad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/05-crecimiento_desarrollo_y_precocidad.pdf) (Consultado 12 dic., 2018).
- Bustillo, J.C. y J.A. Melo. 2020. Parámetros reproductivos y eficiencia reproductiva en ganado bovino. Seminario de Profundización de Reproducción Bovina. Abr. 2020. Universidad Cooperativa de Colombia, Medellín, Colombia. p. 21.
- Callejas, S. 2004. Control farmacológico del ciclo estral bovino: Bases fisiológicas, protocolos y resultados. *Revista Taurus*, 6 (24): 22-34.
- CORFOGA (Corporación Ganadera). 2020. Sumario 2019-2020: INTA Los Diamantes. <https://www.corfoga.org/programas-y-proyectos/mejoramiento-genetico/> (Consultado 24 abr., 2021).
- Estrada-López, I., F. Avilés-Nova, J.G. Estrada-Flores, P.E. Pedraza-Beltrán, G. Yong-Angel y O.A. Castelán-Ortega. 2014. Dry matter intake estimation of star grass (*Cynodon plectostachyus* K. Schum.) by grazing dairy cows through of n-alkanes, forage cutting and

- grazing behaviour. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17 (3): 463-477.
- Faure, R. y C. Morales. 2003. La pubertad de la hembra bovina: Aspectos fisiológicos. *Revista Salud Animal*, 25 (1): 13-19.
- Ferguson J., D.T. Galligan, y N. Thomsen. 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 77 (9): 2695-2703. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X.
- Forde N., M.E. Beltman, P. Lonergan, M. Diskin, J.F. Roche y M.A. Crowe. 2011. Oestrous cycles in *Bos taurus* cattle. *Animal Reproduction Science*, 124: 163-169. doi:10.1016/j.anireprosci.2010.08.025.
- García P., B. Mozzo y F. Salles. 2005. Determinación de la edad y peso a la pubertad en terneras de carne y efecto del destete precoz. Tesis Ph.D., Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Ginther, O.J. 2016. The theory of follicle selection in cattle. *Domestic Animal Endocrinology*, 57: 85-99. doi: 10.1016/j.domaniend.2016.06.002.
- Ginther, O.J. 2019. Intraovarian spatial and vascular harmony between follicles and corpus luteum in monovulatory heifers, mares and women. *Theriogenology*, 128: 31-39. doi:10.1016/j.theriogenology.2019.01.019.
- Giraldo, A.D. y L.F. Uribe. 2012. Estrategias para mejorar la condición corporal postparto en vacas de carne. *Biosalud*, 11 (1): 71-89.
- González, M., E. De La Rosa y C. Mendoza. 2017. Morfometría macroscópica del cuerpo lúteo de vacas cebú gestantes y no gestantes en el trópico colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 9 (2): 190-197. doi: 10.24188/recia.v9.n2.2017.556.
- Grajales, H., A. Hernández, y E. Prieto. 2006. Edad y peso a la pubertad y su relación con la eficiencia reproductiva de grupos raciales bovinos en el trópico colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, 18 (10).
- Hafez, E., y B. Hafez. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ma edición. Mc Graw Hill Interamericana. México. p. 509.
- Hernández, B., L. Augusto, P. Francisco, L. Ruíz y E.A. Silveira. 2010. Estudio morfológico de órganos genitales tubulares de vacas nguni (landim) en Mozambique. *Revista Electrónica*

Veterinaria, 11 (12): 1-10.

- Holmann, F., L. Rivas, E. Perez, C. Castro, P. Schuetz y J. Rodríguez. 2007. La cadena de carne bovina en Costa Rica: Identificación de temas críticos para impulsar su modernización, eficiencia y competitividad. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); International Livestock Research Institute (ILRI), Calí, Colombia. 67p. <https://docplayer.es/20649016-La-cadena-de-carne-bovina-en-costa-rica-identificacion-de-temas-criticos-para-impulsar-su-modernizacion-eficiencia-y-competitividad.html> (Consultado 19 nov., 2020).
- Holm, D., P. Thompson y P Irons. 2009. The value of reproductive tract scoring as a predictor of fertility and production outcomes in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 87 (6): 1934-1940. doi: 10.2527/jas.2008-1579.
- Honaramooz, A., J. Aravindakshan, R.K. Chandolia, A.P. Beard, P.M. Bertlewski, R.A. Pierson y N.C. Rawlings. 2004. Ultrasonographic evaluation of the pre-pubertal development of the reproductive tract in beef heifers. *Animal Reproduction Science*, 80: 15-29. doi: 10.1016/S0378-4320(03)00136-2.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2014. VI Censo Agropecuario. Costa Rica. <https://inec.cr/estadisticas-fuentes/censos/censo-agropecuario-2014>. (Consultado 24 abr., 2021).
- Jiménez, A., C. Manrique y C. Martínez. 2013. Evaluaciones de la raza brahman y sus cruces para características de crecimiento y rendimiento cárnico. *Asocebú Colombia*, 393: 1-23.
- Madrigal-Valverde, M., J. Camacho-Sandoval y C. Salas-Durán. 2019. Efecto del cruzamiento sobre características de crecimiento en ganado cebuino de la región Chorotega. *Agronomía Mesoamericana*, 30 (1): 195-207. doi: 10.15517/am.v30i1.32812.
- Martínez M.V. y P. Tríbulo. 2010. Factores que afectan la edad de llegada a la pubertad en vaquillonas. *Especialidad en reproducción bovina*, Instituto de Reproducción Animal Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <https://fcvinta.files.wordpress.com/2015/06/martinez-tribulo-factores-que-afectan-la-edad-de-llegada-a-la-pubertad-en-vaquillonas-2010.pdf>. (Consultado 24 abr., 2021).

- Mora, C.O. 2005. Evaluación de la edad al primer parto y su incidencia en la vida productiva y reproductiva de las novillas brahman. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/209> (Consultado 19 nov., 2020).
- Negussie, E., E. Brannang, O.J. Rottmann. 1999. Reproductive performance and herd life of dairy cattle at Asella livestock farm, Arsi, Ethiopia. II: Crossbreds with 50, 75 and 87,5% European inheritance. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 116: 225-234. doi: 10.1046/j.1439-0388.1999.00191.x.
- Nogueira, G.P. 2004. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. *Animal Reproduction Science*, 82-83: 361-372. doi: 10.1016/j.anireprosci.2004.04.007.
- Orellana, J.C. y E.M. Peralta. 2007. Manual de procedimientos para el laboratorio de transferencia de embriones en bovinos de la empresa Genetic Resources International (GRI) and Sexing Technologies. Tesis Lic., Universidad Zamorano, Honduras.
- Páez, A.C y L.E. Montoya. 2011. Evaluación de parámetros reproductivos y productivos a diferentes niveles de cruzamiento entre las razas simmental, brahman y simbrah en una finca de 600 animales ubicada en Ginebra Valle del Cauca. [https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina\\_veterinaria/286](https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/286) (Consultado 19 nov., 2020).
- Pedroso, R., F. Roller y E. Rivero. 2013. Factores que influyen en el crecimiento, comportamiento reproductivo y productivo de las novillas de reemplazo. *Ciencia y tecnología Ganadera*, 7 (1): 1-25.
- Pegorer, M.F., J.L.M. Vasconcelos, L.A. Trinca, P.J. Hansen y C.M. Barros. 2007. Influence of sire and sire breed (Gyr versus Holstein) on establishment of pregnancy and embryonic loss in lactating Holstein cows during summer heat stress. *Theriogenology*, 67: 692-697. doi: 10.1016/j.theriogenology.2006.09.042.
- Pesántez, E. 2015. Relación entre el tamaño del folículo pre ovulatorio diámetro del cuerpo lúteo y niveles de progesterona en el ganado bovino de la raza criolla. Tesis Lic., Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Poock, S. P. Meléndez, M. Caldeira, S. Moore, L. Mayo, R. Molina-Coto y M. Lucy. 2020. Evaluation of cervical and uterine size, at 4 weeks postpartum, as a predictor of subsequent fertility in Jersey cattle. *Reproduction of Domestic Animals*, 55 (8): 915-921.

doi: 10.1111/rda.13702.

- Riera, T., A. Rodas, C. Rodriguez, J. Avellaneda y N. Huerta. 2004. Rasgos de crecimiento y pesos en canal de toros brahman puros y F1 brahman x *Bos taurus* criados y cebados semi-intensivamente en sabana mejorada. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 12 (1): 66-72.
- Rúgeles, C. 2001. Interrelaciones entre nutrición y fertilidad en bovinos. Revista MVZ Córdoba, 6 (1): 24-30.
- Sánchez, A. 2011. Morfometría ovárica de hembras cebú (*Bos Indicus*). Cultura Científica, 5 (5): 61-64.
- Sánchez, J. 2010. Evaluación productiva de cuatro cruces simmental por cebú en un sistema doble propósito en la altillanura Colombiana, Puerto López (Meta). Tesis Lic., Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- Sartori R y C.M. Barros. 2011. Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. Animal Reproduction Science, 124: 244-250. doi: 10.1016/j.anireprosci.2011.02.006.
- Sartori, R., M.R. Bastos, P.S. Baruselli, L.U. Gimenes, R.L. Ereno y C.M. Barros. 2010. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. Society of Reproduction and Fertility Supplement, 67: 357-375. doi: 10.7313/upo9781907284991.028.
- Vásquez-Loaiza, M y R. Molina-Coto. 2020. Caracterización de la población bovina cebú con certificado de registro genealógico en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, 31 (3): 679-694. doi: 10.15517/am.v31i3.39059.
- Vásquez-Loaiza, M y R. Molina-Coto. 2021. Métodos de reproducción y parámetros reproductivos de cebuinos con registro genealógico en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, 32 (2): 19-33. doi: 10.15517/am.v32i1.40130.
- WingChing-Jones, R. 2017. Índices productivos y reproductivos de fincas de cría de ganado bovino de carne en la zona Sur de Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED, 9 (2): 247-256.
- Young, C. F. Schrick, K. Pohler, A. Saxton, F. Di Croce, D. Roper, J. Wilkerson y J. Edwards. 2017. Short Communication: A reproductive tract scoring system to manage fertility in lactating

dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (7): 5922-5927. doi: 10.3168/jds.2016-12288.