



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

**EFFECTO DEL AMAMANTAMIENTO RESTRINGIDO SOBRE
LA EDAD-PESO A LA PUBERTAD Y PRIMER SERVICIO
DE NOVILLAS BRAHMÁN**

TESIS

Que presenta:

Sebastián Díaz Martínez

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Producción Pecuaria Tropical

Director de tesis:

Dr. Ángel Carmelo Sierra Vásquez

Conkal, Yucatán, México

Febrero, 2022



TecNM



Conkal, Yucatán, México, a 23 de Febrero de 2022.

El comité de tesis del candidato a grado: Sebastián Díaz Martínez, constituido por los CC. Dr. Ángel Carmelo Sierra Vásquez, Dr. Víctor Hugo Severino Lendecky, Dr. Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez, Dr. Felipe Montiel Palacios y Dr. Jorge Alonso Peralta Torres, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Efecto del amamantamiento restringido sobre la edad-peso a la pubertad y primer servicio de novillas Brahmán**, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Pecuaria Tropical, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dr. Ángel Carmelo Sierra Vásquez
Director de Tesis

Dr. Víctor Hugo Severino Lendecky
Codirector de Tesis

Dr. Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez
Asesor de Tesis

Dr. Felipe Montiel Palacios
Asesor de Tesis

Dr. Jorge Alonso Peralta Torres
Asesor de Tesis



Conkal, Yucatán, México, a 23 de Febrero de 2022.

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Sebastián Díaz Martínez

Índice de Contenido

	Página
Índice de cuadros y figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	3
1.2.1 Influencia del peso vivo en el inicio de la pubertad.....	3
1.2.2 Nutrición e Indicadores metabólicos.....	3
1.2.3 Eje hipotálamo- pituitaria- ovarios en hembras pre-púberes.....	4
1.2.4 Dinámica folicular.....	6
1.2.5 Bioestimulación o efecto macho en la inducción de la pubertad.....	8
1.3 Hipótesis.....	10
1.4 Objetivos.....	10
1.4.1 Objetivo general.....	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	10
1.5 Procedimiento experimental.....	11
1.5.1 Diagrama del procedimiento.....	11
1.6 Literatura citada.....	12
CAPÍTULO II. EFECTO DEL AMAMANTAMIENTO RESTRINGIDO SOBRE LA EDAD-PESO A LA PUBERTAD Y PRIMER SERVICIO DE NOVILLAS BRAHMÁN.....	18
2.1 Resumen.....	18
2.2 Abstract.....	19
2.3 Introducción.....	20
2.4 Materiales y métodos.....	21
2.4.1 Ubicación geográfica de la unidad de producción.....	21
2.4.2 Características del estudio y de las becerras experimentales.....	21
2.4.3 Tratamientos y manejo de los animales experimentales.....	13
2.4.4 Variables de estudio.....	13
2.4.4.1 Medición del cambio de peso corporal.....	13
2.4.4.2 Toma de muestras sanguíneas y determinación sérica de progesterona.....	14

2.4.4.3 Dinámica folicular y ovulación.....	23
2.4.4 Manejo reproductivo, detección de estró y diagnóstico de gestación.....	24
2.4.5 Análisis estadístico.....	25
2.5. Resultados y discusión	25
2.5.1 Cambios en peso corporal.....	25
2.5.2 Edad y peso a la pubertad.....	31
2.5.3 Dinámica folicular y ovulación.....	35
2.5.4 Producción de progesterona.....	39
2.5.5 Tasa de gestación.....	41
2.6 Conclusiones	45
2.7 Literatura citada.....	46
III. CONCLUSIÓN GENERAL.....	52
3.1 Conclusión general	52

Índice de cuadros y figuras

Cuadros

CAPITULO II

	Pagina
Cuadro 1. Características productivas pre y posdetete en becerras Brahmán en el trópico de México (Media±DE) por tratamiento.....	28
Cuadro 2. Promedio de peso inicial, ganancia de peso, peso y edad a la pubertad de novillonas Brahmán por tratamiento (Media±DE).....	32
Cuadro 3. Concentración de progesterona en los días 7 y 14 postovulación de novillonas Brahmán por tratamiento (Media±DE).....	40
Cuadro 4. Tasa de gestación y número de novillonas Brahmán gestantes por tratamiento (Media±DE).....	44

Figuras

CAPITULO II

Figura 1. Peso vivo de becerras Brahmán con amamantamiento restringido y complemento alimenticio (T1) y amamantamiento continuo sin complemento alimenticio (T2) desde el destete hasta el peso a la pubertad y primer servicio, bajo condiciones tropicales.....	29
Figura 2. Número y tamaño folicular de becerras Brahmán con amamantamiento restringido y complementación alimenticia (T1) y amamantamiento continuo sin complementación alimenticia (T2).....	36
Figura 3. Número y tamaño folicular de becerras Brahmán con amamantamiento restringido y complementación alimenticia (T1) y amamantamiento continuo sin complementación alimenticia (T2).....	37
Figura 4. Número y tamaño folicular de becerras Brahmán con amamantamiento restringido y complementación alimenticia (T1) y amamantamiento continuo sin complementación alimenticia (T2).....	38

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del amamantamiento restringido y la complementación alimenticia sobre la edad-peso a la pubertad y primer servicio. Se emplearon 180 becerras Brahmán de 15 días de nacidas lactantes, distribuidas en dos tratamientos: T1) becerras con amamantamiento restringido con complementación alimenticia (ARCCA, n=90) y T2) becerras con amamantamiento continuo sin complementación alimenticia (ACSCA, n=90). Se pesaron, se les realizó ultrasonografía y determinación de P₄ en sangre. A partir de los 350 kg de peso vivo fueron asignadas en tres grupos: G1 (Empadre): 60 novillonas (T1, n=30 y T2, n=30), G2 (Sincro+Empadre): 60 novillonas (T1, n=30 y T2, n=30) y G3 (Sincro+IATF+Empadre): 60 novillonas (T1, n=30 y T2, n=30). El peso (kg) y ganancia de peso (g/día) al destete en becerras fue de 73.9±5.4 y 0.405±0.5, para T1, y de 177.4±5.1 y 0.668±0.7, para T2, respectivamente; y posdestete a 360 días (12 meses) de 214.1±10.5 y 0.550±0.1, para T1, y 139.9±10.2 y -0.250±0.3, para T2, y a 540 días (18 meses) de 305.9±2.3 y 0.510±0.1, para T1, y 194.8±1.3 y 0.305±0.1, para T2, respectivamente (P<0.05). El Peso (kg) a la pubertad de las novillonas del T1 fue mayor (422.6±5.5) y la edad a la pubertad (meses) menor (25.6±1.0) comparado con T2 (351.3±5.9 y 35.1±1.0, respectivamente) (P<0.05). El número y tamaño folicular fue mayor en T1 comparado con T2 (P<0.05). La concentración de P₄ fue mayor en T1 a los 7 (3.89±0.04) y 14 días (7.0±0.05) comparado con T2 (2.68±0.06 y 4.76±0.04, respectivamente) (P<0.05). La tasa de gestación (%) acumulada fue mejor en T1 comparado con T2 por grupo de empadre en G1 (T1, 76.6 (23/30) y T2, 50.0 (15/30)), G2 (T1, 83.3 (25/30) y T2, 66.6 (20/30)) y G3 (T1, 100.0 (30/30) y T2, 76.6 (23/30)) (P<0.05). El amamantamiento restringido y la complementación alimenticia, incrementan la ganancia de peso, disminuyen la edad a la pubertad, mejoran el desarrollo folicular, aumentan la concentración de P₄ en sangre y mejora la tasa de gestación en hembras Brahmán.

Palabras clave: amamantamiento restringido, nutrición, pubertad, ovulación, dinámica folicular

Abstract

The objective of the present study was to determine the effect of restricted suckling and food supplementation on age-weight at puberty and first service. 180 Brahman calves of 15 days old lactating were used, distributed in two treatments: T1) calves with restricted suckling with food supplementation (ARCCA, n=90) and T2) calves with continuous suckling without food supplementation (ACSCA, n=90). They were weighed, ultrasonography and determination of P₄ in blood were performed. From 350 kg of live weight, they were assigned in three groups: G1 (Empadre): 60 heifers (T1, n=30 and T2, n=30), G2 (Synchro + Empadre): 60 heifers (T1, n=30 and T2, n=30) and G3 (Synchro + IATF + Empadre): 60 heifers (T1, n=30 and T2, n=30). The weight (kg) and weight gain (g/day) at weaning in calves was 73.9±5.4 and 0.405±0.5, for T1, and 177.4±5.1 and 0.668±0.7, for T2, respectively; and post-weaning at 360 days (12 months) of 214.1±0.5 and 0.550±0.1, for T1, and 139.9±10.2 and -0.250±0.3, for T2, and at 540 days (18 months) of 305.92.3 and 0.510±0.1, for T1, and 194.8±1.3 and 0.305±0.1, for T2, respectively (P<0.05). The weight (kg) at puberty of the heifers of T1 was higher (422.6±5.5) and the age at puberty (months) lower (25.6±1.0) compared to T2 (351.3±5.9 and 35.1±1.0, respectively) (P<0.05). The number and size of the follicles were higher in T1 compared to T2 (P<0.05). The P₄ concentration was higher in T1 at 7 (3.89±0.04) and 14 days (7.0±0.05) compared to T2 (2.68±0.06 and 4.76±0.04, respectively) (P<0.05). The cumulative pregnancy rate (%) was better in T1 compared to T2 by breeding group in G1 (T1, 76.6 (23/30) and T2, 50.0 (15/30)), G2 (T1, 83.3 (25/30) and T2, 66.6 (20/30)) and G3 (T1, 100.0 (30/30) and T2, 76.6 (23/30)) (P<0.05). Restricted suckling and food supplementation increase weight gain, decrease the age at puberty, improve follicular development, increase the concentration of P₄ in the blood and improve the gestation rate in Brahman females.

Keywords: restricted suckling, nutrition, puberty, ovulation, follicular dynamics

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. Introducción

El desarrollo de novillonas para reemplazo es un proceso muy importante para mantener la productividad en los ranchos ganaderos. El éxito de este proceso es obtener el máximo rendimiento reproductivo lo antes posible. Para lo cual, es necesario que las novillonas alcancen la pubertad en el menor tiempo requerido (<16 meses de vida) y con al menos el 60 a 65% de su peso adulto (Patterson *et al.*, 1992; Day y Anderson, 1998). Lo anterior se logra mediante un manejo productivo y reproductivo eficiente durante el periodo pre y posdestete, que generara un periodo de maduración temprana. Es decir, una pubertad y primer servicio (≤ 2 años de vida) a corta edad (Gasser, 2013). Para lo cual, es necesario que las novillonas hayan alcanzado su pubertad antes del inicio de su empadre, generando con esto una mayor probabilidad de concepción al inicio de esta temporada, manteniendo intervalos entre partos más cortos y produciendo becerros más pesados al destete (Monteiro *et al.*, 2013).

Generalmente, las novillonas cárnicas se destetan a los 7 meses de vida, observándose inmediatamente después del destete una marcada pérdida de peso por falta de manejo nutricional (Severino-Lendecky *et al.*, 2021), generando un atraso reproductivo y productivo, al no llegar a la pubertad durante su temporada de empadre (Gasser, 2013).

Esto es consecuencia principalmente de que se presta escasa o nula atención al impacto nutricional que tiene el destete sobre las ganancias de peso y la edad a la pubertad (Diskin y Kenny, 2014). Se han reportado los beneficios que se alcanzan al complementar nutricionalmente a las becerras después del destete sobre la edad (meses) y peso (kg) a la pubertad comparado con no hacerlo (19.1 y 370.5 vs 23.8 y 251.8, respectivamente; Severino-Lendecky *et al.*, 2020). No obstante, las mejoras obtenidas con el destete temprano (3 a 4 meses de edad) y la complementación alimenticia posdestete reportan una pubertad precoz (≤ 300 días de edad y peso de 327 ± 17 kg) (Gasser *et al.*, 2006a).

Por lo tanto, la influencia que ejerce el manejo nutricional en el periodo pre y posdestete en el desarrollo reproductivo de becerras cárnicas genera un periodo de maduración temprana que parece tener mayor beneficio en el comportamiento productivo y reproductivo futuro de las hembras. Sin embargo, no se ha prestado la suficiente atención a este periodo de maduración temprana en el desarrollo reproductivo de becerras cárnicas, que ocurre entre el nacimiento, destete y posdestete, observándose un impacto positivo sobre el desarrollo productivo de las hembras no considerado anteriormente (Gasser, 2013). Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto del amamantamiento restringido y la complementación alimenticia sobre la edad-peso a la pubertad y primer servicio en hembras Brahmán.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Influencia del peso vivo en el inicio de la pubertad

Se ha observado que el peso corporal es un indicador del inicio de la pubertad, ya que, las novillonas deben alcanzar al menos entre el 55 al 65% de su peso adulto para llegar a la pubertad e iniciar su reproducción (Engelken, 2008; Perry, 2012). Lo cual permitirá a la novillona durante su época de empadre llegar al 85% de peso adulto al momento de su primer parto, esto minimizaría los problemas de distocia, facilitando a su vez, el reinicio temprano de la ciclicidad después del parto (≤ 90 días) quedando gestante nuevamente (Diskin y Kenny, 2014). Sin embargo, para alcanzar estos objetivos se debe considerar el manejo nutricional al que es sometido la becerria desde el nacimiento hasta alcanzar su pubertad y primer servicio, lo cual influye directamente en su comportamiento reproductivo (posparto) y longevidad productiva como vacas (Day y Nogueira, 2013; Diskin y Kenny, 2014).

Por lo tanto, el manejo nutricional y/o complementación alimenticia (CA) que reciban las becerras durante su desarrollo en el pre y posdestete es indispensable para alcanzar al menos el 65% de su peso adulto antes de iniciar cualquier manejo reproductivo y asegurar un comportamiento reproductivo eficiente (anestro posparto ≤ 90 días) y prolongado (≥ 8 partos).

1.2.2 Nutrición e Indicadores metabólicos

La nutrición juega un papel clave en el inicio de la pubertad en las hembras. Sin embargo, el mecanismo preciso sigue siendo desconocido (Abeygunawardena y Dematawewa, 2004; Ciccioli *et al.*, 2005; Funston *et al.*, 2012). Es probable que la nutrición influya en la reproducción a través de cambios en las concentraciones circulantes de hormonas metabólicas en lugar de efectos directos sobre las hormonas reproductivas, incluidas las gonadotropinas (FSH, LH) (Hess *et al.*, 2005; Amstalden *et al.*, 2011). Así, se plantean teorías que intentan explicar el mecanismo a través del cual, compuestos metabólicos como la insulina (Ciccioli *et al.*, 2003; Zieba *et al.*, 2005), leptina (García *et al.*,

2002; Barb y Kraeling, 2004) e IGF-1 (Diskin *et al.*, 2003), influyen en la función reproductora del ganado y en el periodo prepúber de las novillonas.

Se ha demostrado que la insulina (Butler *et al.*, 2004) y leptina (Zieba *et al.*, 2005) modulan la esteroidogénesis folicular directa o indirectamente, mediante la regulación a nivel hipotálamo de la secreción de gonadotropinas y GnRH (Smith *et al.*, 2006). También se demostró que la leptina influye en la secreción de GH de la pituitaria anterior bovina y el efecto de la leptina depende del manejo nutricional que reciban las hembras (Zieba *et al.*, 2003).

El IGF-1 sistémico se ha descrito como necesario para el desarrollo folicular y la ovulación. Así, se ha observado que las bajas concentraciones circulantes de IGF-1 se asociaron con un inicio tardío de la pubertad en novillonas (Granger *et al.*, 1989). Lo cual está vinculado a novillonas sin CA que tardan más en llegar a la pubertad y tienen concentraciones reducidas de IGF-I en el plasma sanguíneo (123.16 ± 6.10 ng/ml) durante los dos últimos ciclos anteriores a la ovulación comparado con novillonas complementadas (139.23 ± 9.86 ng/ml) (Bossis *et al.*, 1999, 2000; Wettemann y Bossis, 2000). Así, la nutrición desempeña una función importante en la regulación del incremento o disminución de estas hormonas metabólicas, que tienen un efecto sobre la actividad folicular, ovulación y la pubertad en los bovinos (Bossis *et al.*, 1999; Ruiz-Arboleda *et al.*, 2011).

No obstante, se carece de una comprensión detallada de las interrelaciones a largo plazo entre los factores metabólicos, la función ovárica y la pubertad (Moriel *et al.*, 2012). Esto se aplica en particular a los genotipos *Bos indicus* manejados en regiones tropicales, donde se reporta una edad y peso a la pubertad >30 meses y de 350 a 370 kg, respectivamente (Maquivar y Galina, 2010).

1.2.3 Eje hipotálamo- pituitaria- ovarios en hembras pre-púberes

El inicio de la pubertad es resultado de eventos complejos en el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (Williams y Amstalden, 2010). En las terneras, desde pocos días de su nacimiento, existe crecimiento de los folículos antrales estimulados por un aumento

temprano de gonadotropinas (Evans y Rawlings, 2010); este incremento inicial en la actividad endócrina parece ser controlado por una retroalimentación negativa, hasta que la novillona tiene la condición corporal suficiente o un estado metabólico maduro apto para la reproducción (Schillo *et al.*, 1992). Sin embargo, el significado funcional del aumento transitorio temprano en la secreción de gonadotropinas no es claro aún, aunque esto estimula el desarrollo de la fuente de folículos antrales (Evans y Rawlings, 2010).

El sistema neuroendocrino del hipotálamo es responsable de la síntesis de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), que estimula en la hipófisis la secreción de LH y FSH, que a su vez en conjunto regulan el desarrollo y la maduración folicular. La LH causa la ovulación (Berardinelli, 2007; Evans y Rawlings, 2010).

Durante el anestro pre-puberal o desarrollo pre-puberal, la secreción de GnRH se inhibe por la retroalimentación negativa del 17β -estradiol producida en el ovario, lo cual se refleja en baja frecuencia de los pulsos de LH (3 a 4 pulsos/24 h); esta baja frecuencia de pulsos de LH evita la maduración final del folículo y no existe ovulación (Berardinelli, 2007; Evans y Rawlings, 2010). Durante los 80 días previos a la primera ovulación, existe una disminución en la sensibilidad al efecto inhibitorio de la retroalimentación negativa del estradiol, lo cual incrementa la frecuencia de pulsos de LH de <4 a 16 ± 2 pulsos/24 h, estimulando el crecimiento de los folículos antrales de 5.3 ± 1.5 a 10.6 ± 2.4 mm y aumentando la concentración de estrógenos en sangre de 1.5 ± 0.5 a 6.7 ± 0.4 pg/ml; este incremento en la secreción de estrógenos eventualmente causa el pico preovulatorio de LH y la primera ovulación (Day y Anderson, 1998; Evans y Rawlings, 2010).

En las hembras pre-púberes, los ovarios presentan oleadas de crecimiento folicular (2 ± 1) y producción de estradiol (1.3 ± 1.0 pg/ml) (Evans *et al.*, 1994; Rodrigues *et al.*, 2002; Romano *et al.*, 2007); pero, los folículos no completan su maduración final ni ovulan, indicando que el patrón de pulsatilidad de GnRH y LH, es distinto al de los animales maduros (Madgwick *et al.*, 2005); así, se estableció que los componentes del sistema neuroendocrino que controlan la reproducción son potencialmente funcionales poco después del nacimiento (Galina y Valencia, 2006). Sin embargo, el centro tónico del hipotálamo es extremadamente sensible a la retroalimentación negativa de los esteroides producidos por el ovario y, por lo

tanto, la secreción de GnRH se inhibe (Rodrigues *et al.*, 2002). Eventualmente, esta sensibilidad excesiva se va perdiendo, permitiéndose un patrón de secreción de gonadotropinas que estimula un mayor desarrollo folicular y, como consecuencia, un incremento en la producción de estradiol (López *et al.*, 2005; Evans y Rawlings, 2010).

La capacidad del hipotálamo de emitir un pico de GnRH en respuesta a la retroalimentación positiva de los estrógenos, no es lo mismo en animales jóvenes que adultos, pero aumenta conforme se aproxima a la pubertad (Galina y Valencia, 2006). Cuando el centro cíclico ha desarrollado su capacidad de respuesta y la concentración periférica de estradiol es suficiente, se desencadena la liberación masiva de GnRH característica del pico preovulatorio y ocurre la primera ovulación que indica la llegada de la pubertad (Schillo *et al.*, 1992; Rodrigues *et al.*, 2002).

1.2.4 Dinámica folicular

En las terneras pre-púberes las oleadas foliculares se observan desde los ocho meses de edad y prácticamente presentan las mismas similitudes a la de los animales maduros (Evans *et al.*, 1994; Evans y Rawlings, 2010); consistente en 2 ó 3 oleadas foliculares, pasando por los estados de reclutamiento, selección y dominancia (Romano *et al.*, 2007; Perry, 2012).

El reclutamiento es un proceso por el cual un grupo de folículos antrales comienza a crecer por la estimulación de gonadotropinas. Durante la selección, un solo folículo con capacidad potencial de alcanzar la ovulación es elegido y evita la atresia. Finalmente, en la dominancia el folículo seleccionado inhibe el reclutamiento de un nuevo grupo de folículos (Evans y Rawlings, 2010). El primer evento está determinado por la oleada de FSH que ocurre cercana a la ovulación, en la etapa temprana del ciclo estral, y aquellos folículos de 2 a 4 mm con receptores para FSH inician un reclutamiento, pudiendo detectarse por medio de ultrasonido varios folículos de 6 a 9 mm (Roche y Boland, 1991; Adams *et al.*, 1992). Después de 2 a 4 días, ocurre la selección de un sólo folículo, y el resto de los folículos acompañantes disminuyen su tamaño y sufren atresia (Savio *et al.*, 1988).

No se ha podido comprobar la existencia de un mecanismo único para explicar el proceso de selección; sin embargo, prevalece el concepto de que una vez que el reclutamiento inicia, debido a la estimulación de gonadotropinas, el folículo que predomina coordina la expresión de genes de factores de crecimiento, enzimas esteroideogénicas e inhibina, lo que lo convierte en el folículo seleccionado que ovulará (Fortune, 1994). Sin embargo, en el caso de las oleadas foliculares presentes en las hembras pre-púberes el folículo dominante no ovula y se atresia, hasta que eventualmente el animal alcanza las condiciones físicas y fisiológicas necesarias. Por lo tanto, difieren con los animales adultos sólo en magnitud, no en esencia (Evans *et al.*, 1994; Evans y Rawlings, 2010).

Entre los factores que influyen en el crecimiento folicular de becerras antes y después de la pubertad están la concentración (ng/ml) de LH que oscila entre 0.68 ± 0.13 a 2.83 ± 0.53 y progesterona de 0.5 ± 0.09 a 8.0, respectivamente (Madgwick *et al.*, 2005); así como la época del año, ya que las hembras nacidas en primavera y otoño presentan la pubertad de manera más regular comparado con las de invierno, que tardan de 3 a 4 meses más en presentar su primer celo (Hernández y Zavala, 2007).

La nutrición, está considerada entre los factores más importantes (Schillo *et al.*, 1992; Gasser *et al.*, 2006b; Romano *et al.*, 2007; Perry, 2012). El diámetro máximo del folículo dominante (12.36 ± 0.05 mm) se alcanza muy cerca del inicio de la pubertad (Romano *et al.*, 2007), pero la restricción alimenticia, es decir, que no se cubran los requerimientos mínimos nutricionales; es suficiente motivo para causar una pérdida del 10 a 15% del peso vivo y la disminución del crecimiento del folículo dominante de 1.48 ± 0.11 a 1.1 ± 0.13 mm/día, lo cual resulta en la falta de ovulación (Bossis *et al.*, 1999).

Las novillonas que mantienen su peso (350 ± 25 kg) tienen folículos dominantes más grandes (15.7 ± 0.9 mm) comparado con aquellas que pierden peso (10.4 ± 0.9 mm) y que no alcanzan a ovular (Rhodes *et al.*, 1995). Se ha determinado que, por cada 10 kilos de peso perdido en el animal, el diámetro del folículo ovulatorio disminuye (0.31 ± 0.006 mm), al igual que su persistencia que es de 3.0 ± 0.4 a 1.8 ± 0.6 días (Wettemann y Bossis, 2000). Esto es consistente con lo reportado por Stagg *et al.* (1995), donde, el crecimiento y el tamaño

máximo alcanzado por el folículo dominante fue menor en novillonas inducidas nutricionalmente en anestro, que durante los ciclos ovulatorios previos.

El crecimiento folicular disminuye durante la restricción alimenticia (1.1 ± 0.8 mm/día), pero al reiniciar la alimentación, las oleadas foliculares subsecuentes pueden resultar en la ovulación o luteinización, debido a que el tamaño folicular se incrementa (1.4 ± 0.7 mm/día) entre el periodo de la realimentación y la primera ovulación. El crecimiento del folículo dominante se incrementa de forma lineal con las oleadas foliculares anteriores a la ovulación y, aumenta su persistencia de 1.8 ± 0.7 a 2.8 ± 0.9 días, durante las dos oleadas foliculares previas a la ovulación (Rhodes *et al.*, 1995; Wettemann y Bossis, 2000).

Dado que la dinámica folicular y la edad a la pubertad son afectadas por la nutrición, la mejora en la alimentación disminuye los problemas reproductivos en el aspecto fisiológico; sin embargo, es necesario un peso mínimo (310 ± 27.3 kg) para estimular la presencia de la pubertad, de manera independiente a la nutrición (Romano *et al.*, 2007).

1.2.5 Bioestimulación o efecto macho en la inducción de la pubertad

La bioestimulación (efecto macho o toro) se puede definir como el estímulo provocado por la presencia de machos, que inducen estro y ovulación a través de estimulación genital, feromonas, u otras señales externas (Chenoweth, 1983). Sin embargo, los resultados obtenidos al exponer toros maduros a novillonas prepubes han sido inconsistentes sobre el inicio de la pubertad (Diskin y Kenny, 2014). Así, se ha reportado que ni a corto (Berardinelli *et al.*, 1978), o largo plazo la exposición al toro haya afectado (Roberson *et al.*, 1987) la edad y/o peso de inicio de la pubertad en novillas cárnicas.

Por otro lado, Izard y Vandenberg (1982), demostraron que la exposición de novillas taurinas de razas cárnicas en edad pre-puberal a la orina de toros acelera la llegada de la pubertad. Sin embargo, un peso adecuado (56 a 60% del peso adulto), el cual está influenciado por la raza y el estatus nutricional, parece ser un requisito para que a la exposición de orina ocurriera una respuesta (Landaeta-Hernández y Chenoweth, 2011). Las novillonas criadas en grupos de hembras y machos alcanzan la pubertad en menos tiempo

(más jóvenes) (15.5 ± 2.3 meses) que aquellas aisladas de los machos (17.2 ± 3.4 meses) (Rekwot *et al.*, 2000). Roberson *et al.* (1991), reportaron que novillonas con altas ganancias de peso (520 ± 0.20 g) durante la exposición al toro llegaron a la pubertad antes (14.2 ± 1.8 meses) que aquellas (18.1 ± 2.9 meses) con baja ganancia de peso (233 ± 0.12 g), indicando que existe una relación entre la condición corporal (CC) y el estatus nutricional de las novillonas, con la edad a la pubertad y la respuesta a la bioestimulación (Fiol *et al.*, 2010).

Esto podría indicar que la presencia de un toro puede ser capaz de acelerar el inicio de la pubertad en vaquillas, pero sólo en aquellas hembras que estén en un plano adecuado de nutrición y habiendo alcanzado un umbral mínimo de peso corporal. Por lo tanto, esto podría ser la causa en la inconsistencia de los resultados obtenidos. Es decir que, los efectos de la exposición del toro en el inicio de la pubertad pueden ser atribuidos o estar condicionados al estado nutricional y CC que tengan o guarden las hembras al momento o durante el tiempo que dure la exposición del macho. No obstante, el mecanismo exacto por el cual la presencia del macho acelera la presencia de la pubertad en las vaquillas no está bien aclarado, pero se cree que aunado, a la CC de las hembras, también se involucran feromonas (Izard y Vandenberg, 1982), que podrían actuar en la reducción de la sensibilidad del efecto de retroalimentación negativa de estradiol de origen ovárico sobre la función hipotalámica-hipofisaria que implican la liberación de GnRH y LH (Wani *et al.*, 2013).

Con base en lo anterior, no es posible argumentar definitivamente que la exposición de novillonas prepúberes a un toro genere un efecto consistente sobre la edad a la pubertad, a no ser que se cumplan algunas condiciones físicas (peso y/o CC) y fisiológicas (liberación de hormonas gonadotrópicas). No obstante, puede ser aconsejable exponer novillas prepúberes a los toros, lo cuál puede ser empleado con fines de identificación de calores mediante toros desviados o vasectomizados.

1.3 Hipótesis

El amamantamiento restringido y la complementación alimenticia disminuyen la edad a la pubertad y primer servicio, mejorando las ganancias de peso en las novillonas brahmán del trópico mexicano.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

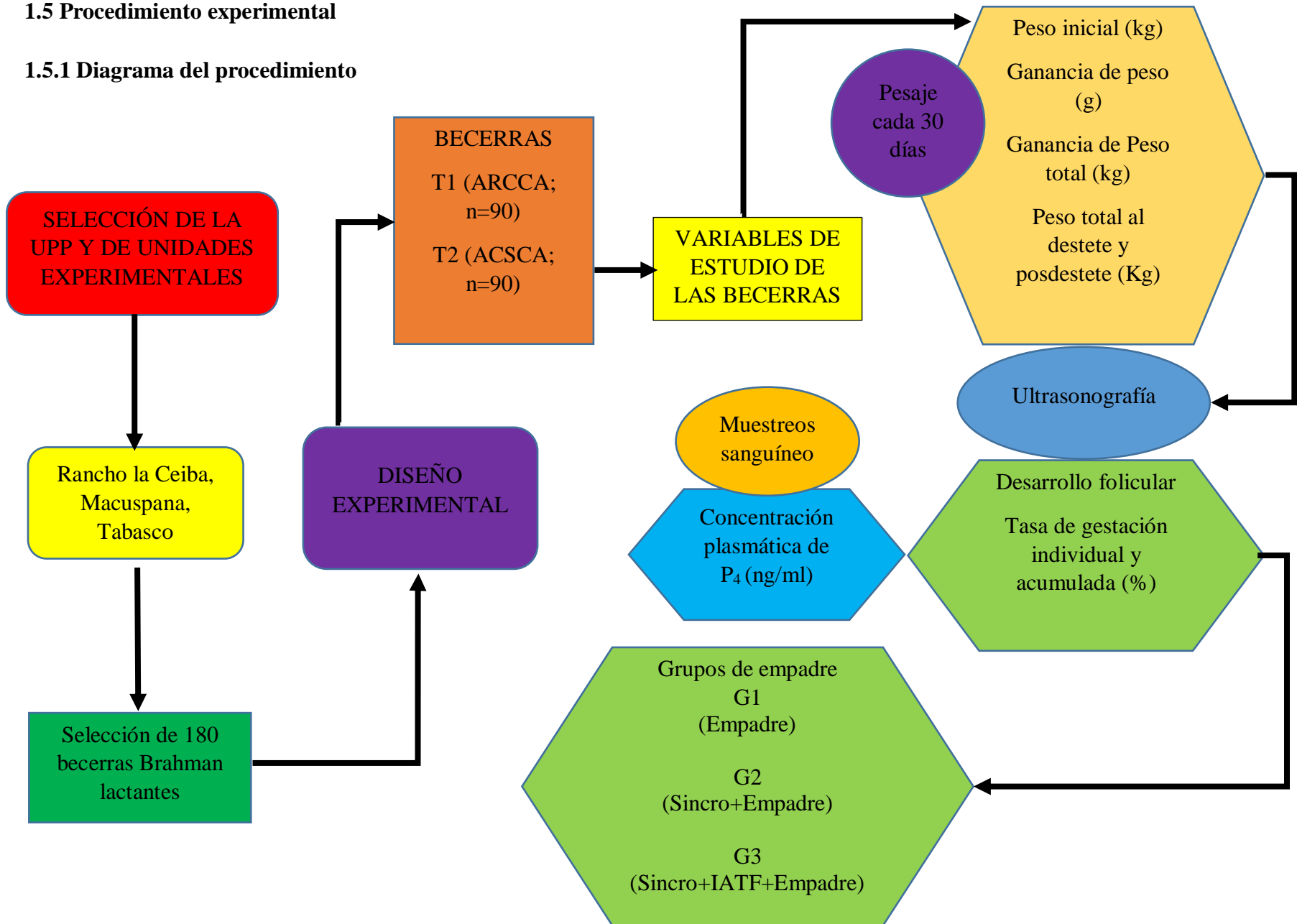
Determinar el efecto del amamantamiento restringido y la complementación alimenticia sobre la edad-peso a la pubertad y primer servicio de novillas brahmán.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Evaluar los cambios en el peso corporal de las becerras estudiadas.
2. Registrar la edad y peso a la pubertad de las novillonas brahmán estudiadas.
3. Medir la dinámica folicular y concentraciones de progesterona en sangre en novillonas brahmán estudiadas.
4. Evaluar el empadre y el uso de la IATF en novillonas brahmán estudiadas.

1.5 Procedimiento experimental

1.5.1 Diagrama del procedimiento



1.6 Literatura citada

- Abeygunawardena, H., Dematawewa, C. 2004. Prepuberal and postpartum anestrus in tropical Zebu cattle. *Animal Reproduction Science* 82-83: 373-387.
- Adams, G.P., Matteri, R.L., Kastelic, J.P., Ko, J.C. and Ginther, O.J. 1992. Association between surges follicle-stimulating hormone and emergence of follicular waves in cattle. *Journal of Reproduction and Fertility* 94: 177-188.
- Amstalden, M., Alves, B.R.C., Liu, S., Cardoso, R.C., Williams, G.L., 2011. Neuroendocrine pathways mediating nutritional acceleration of puberty: insights from ruminant models. *Frontiers in Endocrinology* 2: 1-7.
- Barb, C.R., Kraeling, R.R. 2004. Role of leptin in the regulation of gonadotropin secretion in farm animals. *Animal Reproduction Science* 82-83: 155-167.
- Berardinelli, J. 2007. Management practices to overcome problems with puberty and anestrus. *In: Proceedings, Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle*. September 11 and 12, Billings, Montana. pp: 1-14.
- Berardinelli, J.G., Fogwell, R.L. Inskeep, E.K. 1978. Effect of electrical stimulation or presence of a bull on puberty in beef heifers. *Theriogenology* 9: 133-138.
- Bossis, I., Wettemann, R.P., Welty, S.D., Vizcarra, J., Spicer, L.J. 2000. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: Ovarian and endocrine function during realimentation and resumption of ovulation. *Biology of Reproduction* 62: 1436-1444.
- Bossis, I., Wettemann, R.P., Welty, S.D., Vizcarra, J.A., Spicer, L.J., Diskin, M.G. 1999. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: ovarian and endocrine function preceding cessation of ovulation. *Journal of Animal Science* 77: 1536-1546.
- Butler, S.T., Pelton, S.H., Butler, W.R., 2004. Insulin increases 17 β -estradiol production by the dominant follicle of the first postpartum follicle wave in dairy cows. *Reproduction* 127: 537-545.
- Chenoweth, P.J. 1983. Reproductive management procedures in control of breeding. *Animal Production in Australia* 15: 28-31.
- Ciccioli, N.H., Charles-Edwards, S.L., Floyd, C., Wettemann, R.P., Purvis, H.T., Lusby, K.S., Horn, G.W. and Lalman, D.L. 2005. Incidence of puberty in beef heifers fed high- or low-starch diets for different periods before breeding. *Journal of Animal Science* 83:2653-2662.

- Ciccioli, N.H., Wettemann, R.P., Spicer, L.J., Lents, C.A., White, F.J., Keisler, D.H. 2003. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. *Journal of Animal Science* 81: 3102-3120.
- Day, M.L., Anderson, L.H. 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. *Journal of Animal Science* 76 (Suppl. 3):1-15.
- Day, M.L., Nogueira, G.P. 2013. Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef. *Animal Frontiers* 3 (4): 6-11.
- Diskin, M.G., Kenny, D.A. 2014. Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal* 8(1): 27-39.
- Diskin, M.G., Mackey, D.R., Roche, J.F., Sreenan, J.M. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science* 78: 345-370.
- Engelken, T.J. 2008. Developing replacement beef heifers. *Theriogenology* 70: 569-572.
- Evans, A.C.O., Adams, G.P., Rawlings, N.C. 1994. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to the first ovulation in prepubertal heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 100: 187-194.
- Evans, A.C.O., Rawlings, N.C. 2010. Fisiología de la pubertad de terneros y terneras. *Taurus, Bs. As.*, 12: 11-23.
- Fiol, C., Quintans, G., Ungerfeld, R. 2010. Response to biostimulation in peri-puberal beef heifers: influence of male-female proximity and heifer's initial body weight. *Theriogenology* 74: 569-575.
- Fortune, J.E. 1994. Ovarian follicular growth and development in mammals. *Biology of Reproduction* 50: 225-232.
- Funston, R.N., Martin, J.L., Larson, D.M., Roberts, A.J. 2012. Nutritional aspects of developing replacement beef heifers. *Journal of Animal Science* 90: 1166-1171.
- Galina, C.S., Valencia, J. 2006. Fisiología de la reproducción. *In: Reproducción de los animales domésticos*. 2ª. Ed. México, Limusa. pp: 85-125.
- Garcia, M.R., Amstalden, M., Williams, S.W., Stanko, R.L., Morrison, C.D., Keisler, D.H., Nizielski, S.E., Williams, G.L. 2002. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. *Journal of Animal Science* 80: 2158-2167.

- Gasser, C.L. 2013. Considerations on puberty in replacement beef heifers. *Journal of Animal Science* 91:1336-1340.
- Gasser, C.L., Burke, C.R., Mussard, M.L., Behlke, E.J., Grum, D.E., Kinder, J.E. and Day, M.L. 2006b. Induction of precocious puberty in heifers II: Advanced ovarian follicular development. *Journal of Animal Science* 84: 2042-2049.
- Gasser, C.L., Grum, D.E., Mussard, M.L., Fluharty, F.L., Kinder, J.E., Day, M.L. 2006a. Induction of precocious puberty in heifers I: Enhanced secretion of luteinizing hormone. *Journal of Animal Science* 84: 2050-2056.
- Granger, A.L., Wyatt, W.E., Craig, W.M., Thompson, D.L., Hembry, F.G. 1989. Effects of breed and wintering diet on growth puberty and plasma concentrations of growth hormone and insulin-like growth factor-1 in heifers. *Domestic Animal Endocrinology* 6 (3): 253-262.
- Hernández, J. y Zavala, J. 2007. Fisiología de la reproducción. In: *Reproducción bovina*. 1ra. Edición, División del sistema de universidad abierta. FMVZ-UNAM. pp: 61-72.
- Hess, B.W., Lake, S.L., Scholljegerdes, E.J., Weston, T.R., Nayigihugu, V., Molle, J.D.C., Moss, G.E., 2005. Nutritional controls of beef cow reproduction. *Journal of Animal Science*. 83: E90-E106.
- Izard, M.K., Vandenbergh, J.G. 1982. The effects of bull urine on puberty and calving date in crossbred beef heifers. *Journal of Animal Science* 55: 1160-1168.
- Landaeta-Hernández, A., Chenoweth, P. 2011. Bioestimulación o efecto macho. *Mundo Pecuário* 7: 85-96.
- Lopez, H., Sartori, R., Wiltbank, M.C. 2005. Reproductive hormones and follicular growth during development of one or multiple dominant follicles in cattle. *Biology of Reproduction* 72: 788-795.
- Madgwick, S., Evans, A.C.O., Beard, A.P. 2005. Treating heifers with GnRH from 4 to 8 weeks of age advanced growth and the age at puberty. *Theriogenology* 63: 2323-2333.
- Maquivar, M., Galina, C.S. 2010. Factors affecting the readiness and preparation of replacement heifers in tropical breeding environments. *Reproduction in Domestic Animals* 45: 937-942.
- Monteiro, F.M., Mercadante, M.E.Z., Barros, C.M., Satrapa, R.A., Silva, J.A.V., Oliveira, L.Z., Saraiva, N.Z., Oliveira, C.S., Garcia, J.M., 2013. Reproductive tract development

- and puberty in two lines of Nellore heifers selected for postweaning weight. *Theriogenology* 80: 10-17.
- Moriel, P., Cooke, R.F., Bohnert, D.W., Vendramini, J.M.B., Arthington, J.D. 2012. Effects of energy supplementation frequency and forage quality on performance, reproductive, and physiological responses of replacement beef heifers. *Journal of Animal Science* 90: 2371-2380.
- Patterson, D.J., Perry, R.C., Kiracofe, G.H., Belows, R.A., Staigmiller, R.B., Corah, L.R. 1992. Management considerations in heifer development and puberty. *Journal of Animal Science* 70: 4018-35.
- Perry, G.A. 2012. Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronisation of estrus and fertility in heifers. *Journal of Animal Science* 90: 1172-1182.
- Rekwot, P.I., Ogwy, D., Oyedipe, E., Sekoni, V. 2000. Effects of bull exposure and body growth on onset of puberty in Bunajii and Friesian x Bunajii heifers. *Reproduction Nutrition Development* 40: 359-367.
- Rhodes, F.M., DeAth, G., Entwistle, K.W. 1995. Animal and temporal effects on ovarian follicular dynamics in Brahman heifers. *Animal Reproduction Science* 38: 265-277.
- Roberson, M.S., Ansotegui, R.P., Berardinelli, J.G., Whitman, R.W., McInerney, M.J. 1987. Influence of biostimulation by mature bulls on occurrence of puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science* 64: 1601-1605.
- Roberson, M.S., Wolfe, M.W., Stumpf, T.T., Werth, L.A., Cupp, A.S., Kojima, N., Wolfe, P.L., Kittok, P.J., Kinder, J.E. 1991. Influence of growth rate and exposure to bulls on age at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science* 69: 2092-2098.
- Roche, J.F., Boland, M.P. 1991. Turnover of dominant follicles in cattle of different reproductive states. *Theriogenology* 35: 81-90.
- Rodrigues, H.D., Kinder, J.E., Fitzpatrick, L.A. 2002. Estradiol regulation of luteinizing hormone secretion in heifers of two breed types that reach puberty at different ages. *Biology of Reproduction* 66: 603-609.
- Romano, M.A., Barnabe, V.H., Kastelic, J.P., de Oliveira, C.A., Romano, R.M. 2007. Follicular dynamics in heifers during pre-pubertal and pubertal period kept under two levels of dietary energy intake. *Reproduction in Domestic Animals* 42: 616-622.

- Ruiz-Arboleda, J.L., Uribe-Velásquez, L.F., Osorio, J.H. 2011. Factor de crecimiento semejante a insulina tipo 1 (IGF-1) en la reproducción de la hembra bovina. *Veterinaria y Zootecnia* 5: 68-81.
- Savio, J.D., Keenan, L., Boland, M.P., Roche, J.F. 1988. Pattern of growth of dominant follicles during the oestrus cycle of heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 88: 663-671.
- Schillo, K.K., Halls, J.B., Hileman, S.M. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *Journal of Animal Science* 70: 3994-4005.
- Severino-Lendecky, V.H, Montiel-Palacios, F., Ahuja-Aguirre, C., Peralta-Torres, J.A., Segura-Correa, J.C. 2020. Feed supplementation affect age and weight at puberty in Girolando (*Bos taurus* x *Bos indicus*) heifers in the tropics. *Livestock Science* 240: 1-6.
- Severino-Lendecky, V.H., Montiel-Palacios, F., Gómez-de-Lucio, H., Peralta-Torres, J.A., Segura-Correa, J.C. 2021. Efecto del amamantamiento restringido y complementación alimenticia sobre el peso y cortisol en becerros Simbrah. *Revista MVZ Córdoba* 26 (1): 1-9.
- Smith, J.T., Accohido, B.V., Clifton, D.K., Steiner, R.A., 2006. Kiss-1 neurons are direct targets for leptin in the ob/ob mouse. *Journal of Neuroendocrinology* 18: 298-303.
- Stagg, K., Diskin, M.G., Roche, J.F., Sreenan, J.M. 1995. Association between FSH concentrations and follicle growth during normal oestrous cycles and nutritional anoestrus in heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 15: 66.
- Wani, A.A., Dhindsa, S.S., Shafi, T.A., Chowdhary, S.R.A., Kumar, B. 2013. The role of pheromones in animal reproduction-a review. *Progressive Research* 8:14-18.
- Wettemann, R.P., Bossis, I. 2000. Energy Intake Regulates Ovarian Function in Beef Cattle. *Journal of Animal Science* 77: 1-10.
- Williams, G.L., Amstalden, M. 2010. Understanding postpartum anestrus and puberty in the beef female. *Proceedings, Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle, 28 to 29 January 2010, San Antonio, Texas, USA*, pp. 55-71.
- Zieba, D.A., Amstalden, M., Morton, S., Gallino, J.L., Edwards, J.L., Harms, P.G., Williams, G.L., 2003. Effects of leptin on basal and GHRH-stimulated GH secretion from the bovine adenohypophysis are dependent upon nutritional status. *Journal of Neuroendocrinology* 178: 83-89.

Zieba, D.A., Amstalden, M., Williams, G.L. 2005. Regulatory roles of leptin in reproduction and metabolism: A comparative review. *Domestic Animal Endocrinology* 29: 166-185.

CAPÍTULO II. EFECTO DEL AMAMANTAMIENTO RESTRINGIDO SOBRE LA EDAD-PESO A LA PUBERTAD Y PRIMER SERVICIO DE NOVILLAS BRAHMÁN

EFFECT OF RESTRICTED SUCKLING ON AGE-WEIGHT AT PUBERTY AND FIRST SERVICE OF BRAHMAN HEIFERS

Sebastián Díaz Martínez, Víctor Hugo Severino Lendecky, Ángel Carmelo Sierra Vásquez, Felipe Montiel Palacios, Jorge Alonso Peralta Torres, Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico s/n Conkal, Yucatán, C.P. 97345.

2.1 Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del amamantamiento restringido y la complementación alimenticia sobre la edad-peso a la pubertad y primer servicio. Se emplearon 180 becerras Brahmán de 15 días de nacidas lactantes, distribuidas en dos tratamientos: T1) becerras con amamantamiento restringido con complementación alimenticia (ARCCA, n=90) y T2) becerras con amamantamiento continuo sin complementación alimenticia (ACSCA, n=90). Se pesaron, se les realizó ultrasonografía y determinación de P₄ en sangre. A partir de los 350 kg de peso vivo fueron asignadas en tres grupos: G1 (Empadre): 60 novillonas (T1, n=30 y T2, n=30), G2 (Sincro+Empadre): 60 novillonas (T1, n=30 y T2, n=30) y G3 (Sincro+IATF+Empadre): 60 novillonas (T1, n=30 y T2, n=30). El peso (kg) y ganancia de peso (g/día) al destete en becerras fue de 73.9±5.4 y 0.405±0.5, para T1, y de 177.4±5.1 y 0.668±0.7, para T2, respectivamente; y posdestete a 360 días (12 meses) de 214.1±10.5 y 0.550±0.1, para T1, y 139.9±10.2 y -0.250±0.3, para T2, y a 540 días (18 meses) de 305.9±2.3 y 0.510±0.1, para T1, y 194.8±1.3 y 0.305±0.1, para T2, respectivamente (P<0.05). El Peso (kg) a la pubertad de las novillonas del T1 fue mayor (422.6±5.5) y la edad a la pubertad (meses) menor (25.6±1.0) comparado con T2 (351.3±5.9 y 35.1±1.0, respectivamente) (P<0.05). El número y tamaño folicular fue mayor en T1 comparado con T2 (P<0.05). La concentración de P₄ fue mayor en T1 a los 7 (3.89±0.04) y 14 días (7.0±0.05) comparado con T2 (2.68±0.06 y 4.76±0.04, respectivamente) (P<0.05). La tasa de gestación (%) acumulada fue mejor en T1 comparado con T2 por grupo de empadre en G1 (T1, 76.6 (23/30) y T2, 50.0 (15/30)), G2 (T1, 83.3 (25/30) y T2, 66.6 (20/30)) y G3 (T1, 100.0 (30/30) y T2, 76.6 (23/30)) (P<0.05). El amamantamiento restringido y la complementación alimenticia, incrementan la ganancia de peso, disminuyen la edad a la pubertad, mejoran el desarrollo folicular, aumentan concentración de P₄ en sangre y mejora la tasa de gestación en hembras Brahmán.

Palabras clave: amamantamiento restringido, nutrición, pubertad, ovulación, dinámica folicular

sebastian.diaz@itconkal.edu.mx
angel.sierra@itconkal.edu.mx

2.2 Abstract

The objective of the present study was to determine the effect of restricted suckling and food supplementation on age-weight at puberty and first service. 180 Brahman calves of 15 days old lactating were used, distributed in two treatments: T1) calves with restricted suckling with food supplementation (ARCCA, n=90) and T2) calves with continuous suckling without food supplementation (ACSCA, n=90). They were weighed, ultrasonography and determination of P₄ in blood were performed. From 350 kg of live weight, they were assigned in three groups: G1 (Empadre): 60 heifers (T1, n=30 and T2, n=30), G2 (Synchro + Empadre): 60 heifers (T1, n=30 and T2, n=30) and G3 (Synchro + IATF + Empadre): 60 heifers (T1, n=30 and T2, n=30). The weight (kg) and weight gain (g/day) at weaning in calves was 73.9±5.4 and 0.405±0.5, for T1, and 177.4±5.1 and 0.668±0.7, for T2, respectively; and post-weaning at 360 days (12 months) of 214.1±0.5 and 0.550±0.1, for T1, and 139.9±10.2 and -0.250±0.3, for T2, and at 540 days (18 months) of 305.92.3 and 0.510±0.1, for T1, and 194.8±1.3 and 0.305±0.1, for T2, respectively (P<0.05). The weight (kg) at puberty of the heifers of T1 was higher (422.6±5.5) and the age at puberty (months) lower (25.6±1.0) compared to T2 (351.3±5.9 and 35.1±1.0, respectively) (P<0.05). The number and size of the follicles were higher in T1 compared to T2 (P<0.05). The P₄ concentration was higher in T1 at 7 (3.89±0.04) and 14 days (7.0±0.05) compared to T2 (2.68±0.06 and 4.76±0.04, respectively) (P<0.05). The cumulative pregnancy rate (%) was better in T1 compared to T2 by breeding group in G1 (T1, 76.6 (23/30) and T2, 50.0 (15/30)), G2 (T1, 83.3 (25/30) and T2, 66.6 (20/30)) and G3 (T1, 100.0 (30/30) and T2, 76.6 (23/30)) (P<0.05). Restricted suckling and food supplementation increase weight gain, decrease the age at puberty, improve follicular development, increase the concentration of P₄ in the blood and improve the gestation rate in Brahman females.

Keywords: restricted suckling, nutrition, puberty, ovulation, follicular dynamics

sebastian.diaz@itconkal.edu.mx
angel.sierra@itconkal.edu.mx