

ACTIVIDAD OVÁRICA POSPARTO POSTERIOR AL CONSUMO DE TRES NIVELES DE FIBRA DETERGENTE NEUTRA EN VACAS LECHERAS DEL TRÓPICO

Juan Prisciliano Zárate Martínez¹, Víctor Delio Hernández Hernández¹, Maribel Montero Lagunes¹, Francisco Indalecio Juárez Lagunes², Ángel Ríos Utrera¹, Rosa Elena Aguilar Muslera³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias Región Golfo Centro. Campo Experimental La Posta, Paso del Toro, Municipio de Medellín, Veracruz. E mail: zarate.juan@inifap.gob.mx. ²Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Veracruz, Ver. ³Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, Ver. Recibido 15 octubre

2015, aceptado 20 febrero 2016

Artículo Científico

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la actividad ovárica posparto de 24 vacas Holstein x Cebú de acuerdo al consumo de tres niveles de FDN. Este trabajo de investigación se realizó en el Campo Experimental La Posta, INIFAP. Ubicado en Paso del Toro Ver., México, km 22.5 carretera Veracruz-Córdoba, durante noviembre de 2011 a agosto de 2013. Los tratamientos (T) tuvieron concentrado: 63, 57 y 45%; forraje: 37, 43 y 55%; y FDN: 38, 42 y 50%; para T1, T2 y T3 respectivamente. El concentrado contenía 16% de PC y 70% TND y el forraje (*Panicum maximum* cv. Tanzania) 3.8% PC y 80.1% FDN. Estos tratamientos se ofrecieron desde el parto hasta la aparición del cuerpo lúteo (CL). La dinámica folicular se evaluó con un ultrasonido bug BCF Innovative Imaging con escáner de 7.5 MHz, del día 25 posparto hasta la

aparición del CL. Las vacas en la dieta con 42% de FDN conservaron ($P \leq 0.05$) la condición corporal (CC), y un mayor ($P \leq 0.05$) porcentaje (52%) presentaron CL. Las vacas en la dieta con 38% de FDN tuvieron una mayor ($P \leq 0.05$) producción de leche pero perdieron CC y 30.4% presentaron CL. Las vacas en la dieta con 50% de FDN perdieron CC ($P \leq 0.05$) y sólo el 18% de los animales presentaron CL. El consumo máximo de FDN en vacas lactantes en el trópico tuvo un efecto negativo en el consumo de materia seca que repercutió en un mayor ($P \leq 0.05$) porcentaje de animales que ovularon y mayor ($P \leq 0.05$) producción de leche.

Palabras Clave: Anestro posparto, fibra detergente neutra.

SUMMARY

The aim of this study was to determine postpartum ovarian activity of 24 multiparous Holstein x Zebu cows consuming diets with three levels of neutral-detergent fiber (NDF) in a tropical dairy system. This research was conducted from November 2011 to August 2013 at La Posta Research Center (INIFAP) located in Paso del Toro, Ver., Mexico. Treatments T1, T2 and T3 consisted of 63, 57 and 45% of concentrate, 37, 43 and 55% of forage, and 38, 42 and 50% of NDF, respectively. The concentrate had 16% CP and 70% TND, and the forage (*Panicum maximum* cv. Tanzania) had 3.8% CP and 80.1% NDF. The treatments were offered 30 d before calving to onset of the first postpartum corpora lutea (CL). Follicular dynamics was evaluated by a bug BCF ultrasound Innovative Imaging with a 7.5 MHz scanner, from day 25 postpartum until the appearance

of the CL. Cows fed 27% of NDF had higher body condition score (BCS; $P \leq 0.05$) and higher percentage of animals (52%) had CL. Cows fed 23% of NDF had higher ($P \leq 0.05$) milk production but lower BCS, and 30.4% of cows had CL. Cows fed 50% of NDF also lost BCS ($P \leq 0.05$) and only 18% of the animals developed CL.

Maximum consumption of NDF in lactating cows in the tropical system had a negative effect on DM intake which resulted in a higher ($P \leq 0.05$) percentage of animals that showed ovulation and higher ($P \leq 0.05$) production of milk.

Keywords: Neutral detergent fiber, postpartum anoestrus

INTRODUCCIÓN

En los sistemas estabulados de producción de leche se ha investigado mucho para minimizar la inclusión de fibra detergente neutra (FDN) y maximizar la utilización de granos en la dieta (Mertens, 1997). Sin embargo, para intensificar la producción de leche en pastoreo en los trópicos hay que maximizar de manera eficiente el consumo de forraje. La FDN contenida en los forrajes, es el principal componente en la dieta de vacas lactando en pastoreo (Juárez-Lagunes et al., 1999). Por lo tanto, es necesario determinar la cantidad máxima de FDN que las vacas pueden consumir sin afectar el comportamiento reproductivo y producción de leche. En el trópico mexicano, uno de los principales problemas del ganado lechero en pastoreo es la subalimentación, alargándose los días (hasta 185 días) de la presentación del primer estro posparto (Villagómez, 2000). La dinámica folicular durante el estro puede definirse como el proceso de crecimiento continuo y de regresión de folículos antrales que conlleva al desarrollo del folículo preovulatorio (Lucy *et al.*, 1992). El crecimiento folicular ovárico en la vaca ocurre en ondas de crecimiento folicular. Hoy en día se conoce que una onda de crecimiento folicular, en la vaca, está compuesta de cuatro fases: reclutamiento, selección, desviación y dominancia (Ginther *et al.*, 1996). El conocimiento de la dinámica folicular en vacas en el trópico es importante para la comprensión de la fisiología reproductiva en este tipo de ganado. El ganado productor de leche en el trópico nacional, es consecuencia genética de cruces no controlados de hembras cruzadas, con machos puros o cruzados del tipo *Bos taurus* (especialmente Holstein, Pardo Suizo) o *Bos*

indicus (Brahman, Gyr, Guzerat e Indubrasil). En este sentido, la mezcla de genes en este ganado, es sumamente amplia, así como sus sistemas de alimentación, esta interacción sin duda, influencia la fisiología reproductiva durante el período de transición de la vaca productora de leche en el trópico. La producción de leche de bovino en el trópico se basa en el pastoreo y por lo mismo la calidad del forraje tiene un efecto directo sobre la producción y la reproducción ya que es la principal fuente de energía y proteína. La cantidad de materia seca (MS) de forraje consumida es el factor más importante que regula la producción de bovinos en pastoreo (Shimada, 2013). El valor de un forraje en la producción animal depende más de la cantidad consumida que de su composición química (Allen, 2000). El consumo voluntario se debe conocer o predecir para determinar la proporción de sus requerimientos que pueden ser cubiertos vía forrajes de baja calidad y así se pueda calcular la cantidad de concentrado complementario necesario por día. Es necesario tener un claro entendimiento de los factores que regulan a corto plazo (cantidad consumida) y a largo plazo (grasa corporal), el apetito y el consumo voluntario (CV) del alimento el cual está controlado por las necesidades fisiológicas en las que el animal se encuentra. Un manejo adecuado de la alimentación de la vaca puede contribuir a una reducción razonable de los más de 185 días abiertos actuales a 102, lo que disminuirá el período interpartos de dieciocho meses a trece meses (Zárate *et al.*, 2011). Con este trabajo, se pretende medir el efecto de tres tratamientos de consumo de FDN sobre la actividad ovárica en vacas lecheras del trópico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Posta, CIRGOC, INIFAP. Ubicado en Paso del Toro Ver., México, km 22.5 carretera Veracruz-Córdoba, durante noviembre de 2011 a agosto de 2013. El clima de la región es Aw caliente subhúmedo con temperaturas y precipitación promedio anual de 25 ° C y 1461 mm respectivamente, y humedad relativa de 75% (García, 1989). La altura sobre el nivel del

mar es de 16 m. La posición geoespacial comprende los paralelos 19° 02' de Latitud Norte y 96° 08' de Longitud Oeste. Se utilizaron 24 vacas multíparas Holstein x Cebú, las cuales ingresaron al experimento 30 días antes del parto y fueron alojadas en corraletas individuales hasta el reinicio de actividad ovárica (primer cuerpo lúteo posparto; 67 días en promedio). Las corraletas individuales tenían

un área de 3 m² de acuerdo a las normas establecidas de bienestar animal y salían diariamente durante un espacio de media hora, a un espacio de 8 m² con la finalidad de que pudieran mostrar su comportamiento reproductivo si manifestaban estro. Durante el período preparto, a todos los animales se les ofreció una cantidad fija de concentrado (4 kg) con 16% de proteína cruda (PC) y 70% de total de nutrientes digestibles (TND) hasta la asignación de tratamiento (T) y heno de pasto Tanzania (*Panicum máximum* cv.Tanzania) a voluntad. Al parir las vacas se asignaron a cada T, y se ordeñaron dos veces al día sin el amamantamiento del becerro. Se estimó el consumo

voluntario CV diario por diferencia de ofrecido menos rechazado. La primera vaca que parió, se asignó al T1, la siguiente al T2, y la siguiente al T3; hasta completar ocho repeticiones por tratamiento. En el Cuadro 1 se presenta la formulación del concentrado, en el Cuadro 2 se muestra la composición química del concentrado y del heno de Tanzania ofrecidos, y en el Cuadro 3 se muestra el arreglo de los tratamientos con los porcentajes de MS de concentrado (63, 57 y 45), forraje (37, 43 y 55), y FDN (38, 42 y 50) para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. El pasto Tanzania ofrecido tuvo 3.8% de PC y 80.1% de FDN y el concentrado 16 % PC y 70% TND.

Cuadro 1. Formulación del concentrado para los tres tratamientos experimentales de vacas lecheras en el trópico.

Ingrediente	Porcentaje
Maíz Molido	43.5
Sorgo Molido	21.0
Salvado de trigo	12.0
Pasta de Soya	10.0
Melaza	10.0
Vit. y Min. Beef Master®	2.0
Aceite de Soya	1.0
Urea, grado alimenticio	0.5

Cuadro 2. Composición química del concentrado y de heno de Tanzania utilizada para los tres tratamientos experimentales de vacas lecheras en el trópico.

Alimento	MS	CE	PC	GC	FDN	FDA	Lig
Concentrado	89.10	10.13	15.45	3.52	13.20	3.60	0.59
Heno	89.30	7.91	3.76	0.88	80.10	53.30	12.00

MS = materia seca; CE = cenizas; PC = proteína cruda; GC = grasa cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; Lig = lignina.

Cuadro 3. Composición de las raciones (%) para los tratamientos experimentales de vacas lecheras en el trópico.

Tratamiento	1	2	3
Concentrado	63	57	45
Forraje	37	43	55
FDN	38	42	50

El forraje se ofreció a voluntad, se pesó lo ofrecido y al día siguiente el sobrante. Por diferencia de lo ofrecido menos el sobrante se estimó el forraje consumido por día. De acuerdo al requerimiento nutricional de las vacas estimado por el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS. Versión 6.0; Tylutki, 2008) con base en producción de leche, se asignó la cantidad de concentrado individual para cada uno de los tratamientos experimentales. El contenido de nutrientes en la dieta se determinó tomando cada 30 días muestras del forraje y del concentrado ofrecido durante el período experimental para realizar análisis de composición química. El heno y los concentrados se analizaron en el Laboratorio de Nutrición y Forrajes del Campo Experimental La Posta CIRGOC INIFAP. Se tomaron dos muestras de 500g c/u: una se secó a 100°C durante 24 h para determinar contenido de MS, la otra se secó a 55°C durante 48 h. Esta última se molió en molino Wiley (Model 4, Arthur H. Thomas Co. Philadelphia, PA) y se pasó por malla de 1 mm. Se determinó contenido de MS, cenizas, grasa cruda y proteína cruda; las fracciones de fibra: FDN, fibra detergente ácida (FDA) y Lignina (Van Soest *et al.*, 1991) y las fracciones de nitrógeno por el método estandarizado (Licitra *et al.*, 1996). La producción de leche se pesó diariamente y la calificación de la condición corporal se tomó semanalmente, utilizando la escala del 1 al 5 para ganado lechero, donde 1 = emaciado y 5 = obeso. Para evaluar la dinámica folicular durante los tratamientos se tomaron imágenes diariamente con un ultrasonido bug marca BCF Innovative Imaging con escáner de 7.5 MHz desde el día 25 posparto hasta el día en que se presentó la desaparición de un folículo ≥ 10 mm de diámetro y le correspondió la formación del primer cuerpo lúteo posparto (CLPP). La dinámica folicular

fue estudiada agrupando los folículos en cuatro categorías: de 2 a 3 mm, de 4 a 6 mm, de 7 a 10 mm y ≥ 10 mm (Zárate *et al.*, 2010). Las variables analizadas fueron: peso vivo, condición corporal, producción de leche, consumo voluntario de materia seca del forraje, consumo voluntario de materia seca del concentrado, consumo total de materia seca, consumo voluntario de fibra del forraje, consumo voluntario de fibra del concentrado, consumo voluntario total de fibra, consumo voluntario de materia seca, consumo voluntario de fibra, días posparto, condición corporal, número de ondas foliculares y porcentaje de vacas con cuerpo lúteo. Dichas variables se analizaron con un modelo mixto que incluyó el efecto fijo del tratamiento y la vaca anidada dentro de tratamiento como efecto aleatorio. Matemáticamente, el modelo utilizado se representa de la siguiente manera:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

y_{ijk} es la k-ésima observación de la variable de respuesta en cuestión,

μ es la media general,

α_i es el efecto fijo del i-ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3$),

$\beta_{j(i)}$ es el efecto aleatorio de la j-ésima vaca anidada en el i-ésimo tratamiento ($j = 1, \dots, 24$),

ε_{ijk} es el k-ésimo error aleatorio.

Además, para toda i:

$$\beta_{j(i)} \sim N(0, \sigma^2_{\beta}),$$

$$\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2),$$

$$y_{ijk} \sim N(\mu + \alpha_i, \sigma^2_{\beta} + \sigma^2).$$

La comparación entre tratamientos se hizo mediante contrastes ortogonales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran las tendencias en general del comportamiento de las vacas en estudio. Es típico como, al inicio de la lactancia, la producción de leche y consumo voluntario se incrementan en forma paralela, aunque el CV siempre va atrasado, hasta el día 45 de lactación en que la producción de leche empieza a declinar y se invierte la relación con CV a los 60 días aproximadamente. Es decir, la producción de

leche sigue declinando y el consumo se sigue incrementando. Este punto es crucial para el balance energético del animal ya que la condición corporal (CC) deja de disminuir y empieza su recuperación. La pérdida de CC evidencia la participación endógena de suministro de energía y precursores para lactación cuando el CV no aporta la cantidad suficiente de nutrimentos para atender esta homeorresis. Otra tendencia a resaltar es el

incremento en la capacidad de consumo de FDN conforme avanza la lactancia. Estos cambios se acompañan de la aparición del primer cuerpo lúteo

a los 68 días posparto, aunque sea solo en el 66% de las vacas.

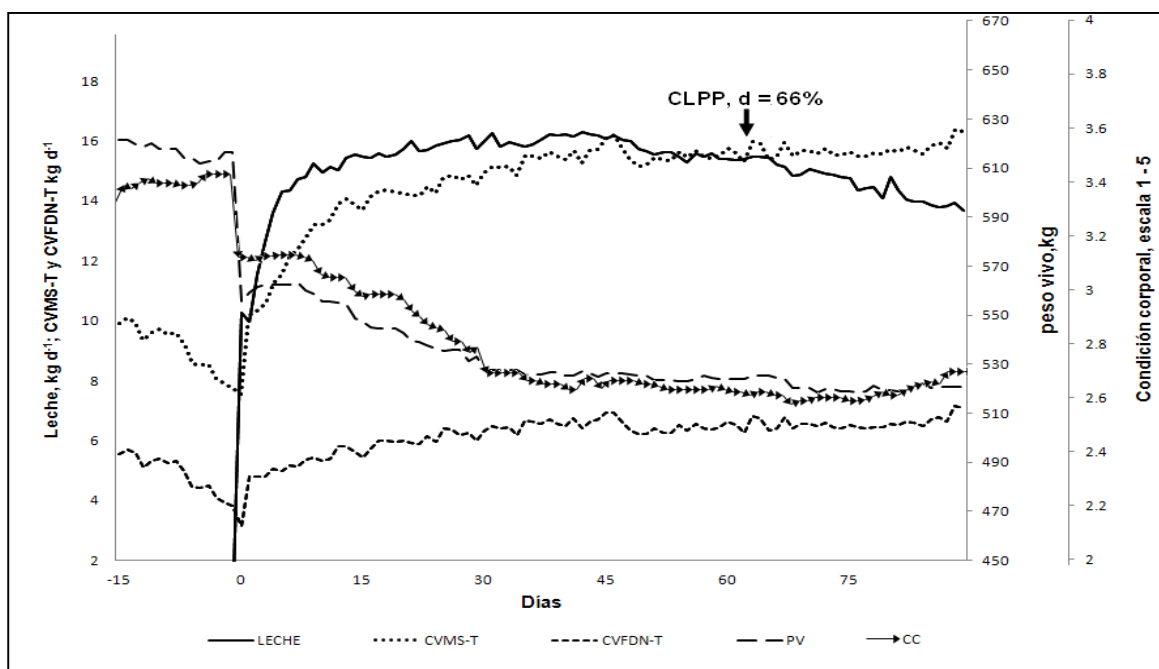


Figura 1. Tendencias de las variables estudiadas en los 3 tratamientos durante el periodo experimental. CLPP = Cuerpo lúteo posparto; CVMS-T = Consumo voluntario de materia seca total; CVFDN-T = Consumo voluntario de fibra detergente neutra total; PV = Peso vivo; CC = Condición corporal.

En el Cuadro 4 se resume el comportamiento general de las vacas lecheras tropicales consumiendo diferentes niveles de FDN en la dieta. Las vacas que consumieron la dieta con 42% de FDN (T2) conservaron mejor el peso corporal. Así mismo, estas vacas tuvieron mejor CC, aunque estas ventajas no se vieron reflejadas en mayor producción de leche. Este comportamiento puede ser indicativo de que las vacas del T2 consumieron suficiente energía total, pero sin suficiente gluconeogénesis que aportara la glucosa precursora de la lactosa necesaria para producir más leche (Sutton, 1989). Sin embargo, las vacas del T1 que consumieron menos FDN (38% en la dieta) y más concentrado, dispusieron de mayor cantidad de sustratos propionogénicos en rumen que se expresaron en más gluconeogénesis en hígado y más flujo de glucosa a glándula mamaria convirtiéndola en más lactosa para producción de leche (Petitclerc *et al.*, 2000). No obstante, estas vacas perdieron peso quizá por deficiencia de algún otro nutriente, por ejemplo; proteína (Grummer, 1995). Las vacas del T3 produjeron

menos leche por menor disponibilidad de energía. Estas limitaciones productivas en el T3 probablemente sean debidas a la dilución energética de la dieta impuesta por el alto consumo de forraje, el cual se observa en el consumo de MS (CVMS-T; Cuadro 4). Se aprecia que las vacas con nivel bajo de concentrado, alcanzaron a comer más forraje (CVMS-F) que las vacas con nivel mediano y alto de concentrado en la dieta, pero no fue suficiente para compensar el nivel de consumo total de MS (CVMS-T) que mostraron las vacas con mediano y alto nivel de concentrado. Si se pone atención al consumo de FDN (mismo Cuadro 4), es notorio el esfuerzo que hacen las vacas con nivel alto de FDN en la dieta de consumir más forraje (dado que el consumo de concentrado está restringido por motivos experimentales). Pero existe un límite dado por la capacidad física del tubo digestivo (particularmente el rumen) en donde el consumo total de MS (CVMS-T) expresado en términos metabólicos ($\text{g kg}^{0.75}$) es diferente (Tukey $P \leq 0.05$) por el nivel de FDN en la dieta. Lo cual quiere decir que aunque las vacas del T3

consumieron más FDN, esto no fue suficiente para compensar el consumo de MS, siendo este menor. Se distingue que las vacas con mayor consumo de concentrado, consumen menos FDN en la dieta y más MS, y las vacas que consumen menos concentrado, consumen más FDN en la dieta y menos MS. La depresión en el CVMS se pudo haber debido a la dilución energético-proteica de la dieta que afectó digestibilidad y/o tasa de paso, y por tanto CV (Ellis y Lippke, 1976). No obstante, el CV en g kg^{0.75} fue similar a lo reportado por López *et al.* (2011) con dietas bajas

en energía (EN_L 1.46 Mcal/kg). Por el otro lado las vacas con nivel alto y medio concentrado consumieron menos FDN por sustitución de forraje por concentrado y mayor consumo de MS por favorecer mejores condiciones ruminales como son disponibilidad de energía y proteína que pudieran dar mayor digestibilidad y/o tasa de pasaje (Van Soest, 1994). Similar al CVMS g kg^{0.75} reportado por López *et al.* (2011) en vacas con nivel medio de EN_L en la dieta (1.77 Mcal/kg).

Cuadro 4. Efecto del nivel de FDN en la dieta sobre comportamiento productivo y consumo voluntario en vacas lecheras en el trópico.

Variables	T1 (FDN, 38%)	T2 (FDN, 42%)	T3 (FDN, 50%)	D. E.
PV, kg	517 ^c	572 ^a	542 ^b	1.64
CC, 1 – 5	2.8 ^b	3.0 ^a	2.8 ^b	0.012
PL, kg d ⁻¹	14.9 ^a	12.4 ^b	11.5 ^c	0.106
CVMS-F	5.4 ^c	6.1 ^b	7.2 ^a	0.070
CVMS-C	9.2 ^a	8.0 ^b	6.0 ^c	0.040
CVMS-T	14.6 ^a	14.1 ^b	13.2 ^c	0.090
CVFDN-F	4.31 ^c	4.91 ^b	5.74 ^a	0.056
CVFDN-C	1.22 ^a	1.05 ^b	0.79 ^c	0.005
CVFDN-T	5.53 ^c	5.97 ^b	6.54 ^a	0.570
CVMS, g kg ^{0.75}	136 ^a	122 ^b	118 ^c	0.730
CVFDN, g kg ^{0.75}	51 ^b	51 ^b	59 ^a	0.490

PV = peso vivo; CC = condición corporal; PL = producción de leche; CVMS-F = consumo voluntario de materia seca del forraje; CVMS-C = consumo voluntario de materia seca del concentrado; CVMS-T = consumo total de materia seca; CVFDN-F = consumo voluntario de fibra del forraje; CVFDN-C = consumo voluntario de fibra del concentrado; CVFDN-T = consumo voluntario total de fibra; CVMS = consumo voluntario de materia seca; CVFDN = consumo voluntario de fibra.
Literal diferente en el mismo renglón indica Tukey diferencia ($P \leq 0.05$).

En el Cuadro 5 se resume el comportamiento de inicio de la actividad ovárica por T, días posparto (DPP) y CC de las vacas consumiendo diferentes niveles de FDN. Las vacas en el T2 perdieron menos CC, esta ventaja

se vio reflejada en un mayor ($P \leq 0.05$) porcentaje de animales con CLPP. Este comportamiento indica que las vacas del T2, aunque no derivaron suficiente energía proveniente de gluconeogénesis para mayor lactogénesis, si aportaron la glucosa necesaria que ocupan los folículos ováricos para su desarrollo y madurez, que junto con un pico preovulatorio de LH, culminó en que más de la mitad de las vacas desarrollaran un CLPP a los 70 DPP. Las vacas del T1 consumieron menos FDN y más concentrado, por tanto derivaron más energía para producción de leche. Como consecuencia, estas vacas perdieron CC y menos de la mitad desarrollaron CLPP a los 68 DPP, quizás por deficiencia de proteína o algún otro nutriente (Grummer, 1995). Las vacas del T3, aun cuando produjeron menos leche, también perdieron CC

($P \leq 0.05$) y tan sólo el 18% desarrollaron CLPP a los 66 DPP. Lo anterior se atribuye a que las vacas que consumieron esta dieta tuvieron una menor disposición de energía, limitando la producción y reproducción debido a la dilución energética de la dieta impuesta por el alto consumo de forraje. El consumo máximo de FDN

y mínimo de concentrado en vacas lactantes en el trópico (T3) tuvo un efecto negativo en el consumo de MS. Al no haber un aporte suficiente de nutrientes, la vaca sacrifica producción de leche, condición corporal y actividad ovárica.

Cuadro 5. Inicio de la actividad ovárica por tratamiento, días posparto y calificación de la condición corporal de vacas lactando en el trópico.

Tratamiento	Días Posparto	Condición Corporal	Ondas Foliculares	Vacas con Cuerpo lúteo (%)
1	68.0 ^a ± 1,73	2.2 ^b ± 0.21	3.4 ^a ± 0.35	30.4 ^a ± 0.38
2	69.6 ^a ± 2,21	2.7 ^a ± 0.13	2.0 ^b ± 0.47	52.0 ^a ± 0.42
3	65.4 ^a ± 1,07	2.5 ^b ± 0.29	3.1 ^a ± 0.26	17.6 ^b ± 0.37

^{ab} Distintas literales por columna indica diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

Si consideramos juntos los tratamientos 1 y 2, el 82% de las vacas desarrollaron CL, y el T3 sólo el 18%. Se encontró diferencia ($P \leq 0.05$) en el número de ondas foliculares entre los tratamientos 1 y 3 con el T2 (Cuadro 5). Existen reportes que indican que una mala nutrición puede ocasionar el desarrollo de tres ondas de crecimiento folicular (Tom *et al.*, 1997). Las vacas con tres ondas de crecimiento folicular, tienen un intervalo entre ovulaciones más largo (22 a 24 d) que las vacas con dos ondas (18 a 20 d). La emergencia de la primera onda generalmente ocurre en los días 0 o 1

del ciclo. El reclutamiento ocurre cuando un grupo de folículos (cohorte folicular) son estimulados para crecer. A los dos días un folículo es seleccionado para continuar creciendo (desviación folicular). El seleccionado con un tamaño aproximado de 8 mm, se vuelve dominante tanto en tamaño (12 a 20 mm) como en la influencia que tiene en los ovarios. La segunda onda emerge alrededor del día 10 en los ciclos de dos ondas y en los días 8 o 9 en los ciclos de 3 ondas. Esta se vuelve ovulatoria en los ciclos de 2 ondas (Figura 2).

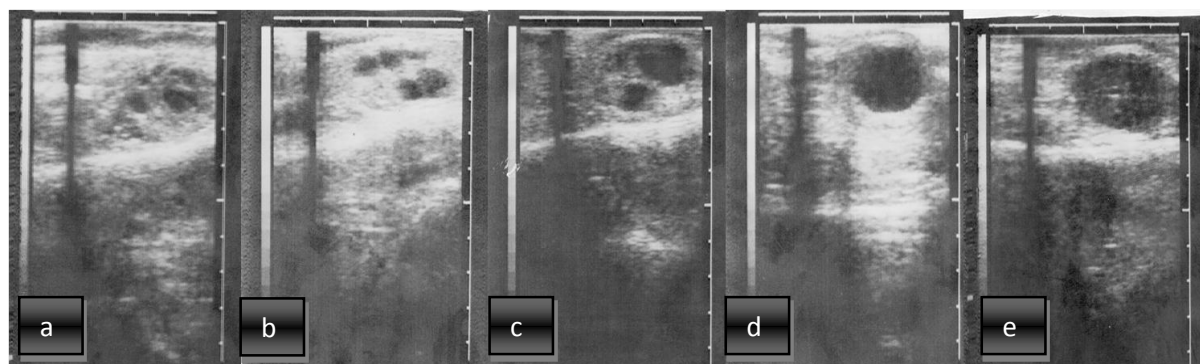


Figura 2. Actividad ovárica de las vacas que desarrollaron cuerpo lúteo posparto. a) Cohorte de reclutamiento folicular; b) Crecimiento folicular; c) Dominancia folicular; b y c) Desviación folicular; d) Folículo preovulatorio y e) Ovulación con formación de cuerpo lúteo.

En los ciclos de 3 ondas, emerge el día 16 o 17 y su folículo dominante se vuelve ovulatorio mientras que el dominante de la segunda se vuelve atrésico. Todavía

no está claro si una dominancia prolongada resulte en un ovulo viejo y una menor fertilidad ya que no se han detectado diferencias en preñez entre vacas de 2 a 3

ondas. En este trabajo las vacas del T2 tuvieron solo 2 ondas foliculares ($P \leq 0.05$) mientras que los T1 y T3 tuvieron hasta 3 ondas de crecimiento folicular. Henao (2003) reporta que el inicio tardío del reflejo de permanencia en la manifestación del estro, en vacas con un mayor número de ondas foliculares podría afectar la inseminación que se hizo al terminar el reflejo de permanencia. Sin embargo, la tasa de preñez fue del 100% al primer servicio, para ambos patrones de crecimiento folicular (2 a 3 ondas foliculares). Otros

estudios han reportado menor fertilidad en vacas con dos ondas foliculares que con tres. Se deduce que al haber menor número de ondas hay un período más prolongado de desarrollo y envejecimiento folicular, disminuyendo así la tasa de concepción (Townson *et al.*, 2002); por lo que existen diferencias contradictorias que permiten concluir que no hay evidencia clara para poder afirmar que existen diferencias en la tasa de preñez cuando se presentan dos, tres o cuatro ondas foliculares.

CONCLUSIONES

Con respecto al consumo de materia seca se concluye que la fibra tiene un efecto de limitación sobre este, ya que al compensar los requerimientos, el animal trata de comer más forraje hasta su límite físico y si este no tiene un buen aporte de nutrientes, se verá en la necesidad de sacrificar sus reservas y su reproducción. El utilizar una dieta integral media de concentrado y forraje, a través de la medición de la fibra detergente

neutro, para asegurar un consumo voluntario de materia seca puede ayudar a intensificar los sistemas de producción en pastoreo en clima tropical sin afectar la eficiencia reproductiva y la producción de leche. El reto es que una vez maximizado el consumo de FDN en la dieta ($51 \text{ g kg}^{0.75}$), ahora hay que maximizar el comportamiento reproductivo y la producción de leche de vacas en el trópico.

Agradecimientos

Se agradece al CONACYT por el financiamiento parcial de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1598.
- Ellis, W.C. and H. Lippke. 1976. Nutritional values of forages in: Grasses and legums in Texas. Development, production and utilization. E.C. Holt and Lewis, eds. Texas Agric. Exp. Sta. Res Monog. RM6C. Pp. 26-66.
- García, M.E. 1989. Apuntes de climatología, sexta ed. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D.F. p. 155.
- Ginther, O. J., M. C. Wiltbank, P. M. Fricke, J. R. Gibbons, K. Kot. 1996. Selection of the dominant follicle in cattle. *Biol Reprod* 55:1187-1194.
- Grummer, R.R. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cows. *J. Anim. Sci.* 73: 2820-2833.
- Juarez-Lagunes, F.I., G.D. Fox, W.R. Blake, and N.A. Pell. 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. *J. Dairy Sci.* 82:2136-2145.
- Licitra, G., T. M. Hernandez, and P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 57:347-358.
- López, O.R., P. Gómez D., J. G. García M., D. Mendoza D., A. Lara B., R. López O. 2011. Nivel óptimo de energía neta en el consumo de alimento y producción de leche en el inicio de la lactancia de vacas Holstein-Friesian en confinamiento. *Rev Mex Cienc Pecu*; 2(1): 101-115.
- Lucy MC, J.D. Savio, L. Badinga, R. L. de la Sota, W. W. Thatcher. 1992. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J Anim Sci* 70:3615-3626.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *J Dairy Sci* 80:1463-1481.
- Petitclerc D., P. Lacasse, C. L. Girard, P. J. Boettcher and E. Block. 2000. Genetic, nutritional, and endocrine support of milk synthesis in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 78:59-77.
- SAS (Statistical Analysis System) 2007. User's guide. Version 9.2. SAS Institute Inc., Cary, NC., USA.
- Shimada, M.A. 2013. Nutrición y Alimentación Animal. Ed. Trillas. México.
- Sutton, J. D. 1989. Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.* 72:2801-2814.
- Tylutki, T.P., D.G. Fox, V.M. Durbal, L.O. Tedeschi, J.B. Russell, M.E. Van Amburgh, T.R. Overton, L.E. Chase, A.N. Pell. 2008. Cornell Net Carbohydrate and Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 143:174.
- Townson D.H., P. C. Tsang, M. Butler, M. Frajblart, L. C. Griel Jr. 2002. Relationship of fertility to ovarian follicular waves before breeding in dairy cows. *J Anim Sci*; 80:1053-1058.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis, 1991. Analysis of forage and fibrous foods. Cornell University Ithaca N.Y., USA. 164p.

Van Soest, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Second edition. Ithaca Cornell University Press. p. 354-370.

Villagómez, A. M. E. 2000. Efectos de la dieta y el amamantamiento en la fisiología metabólica y reproductiva posparto de vacas bajo un sistema de doble propósito tropical. Tesis de Doctorado. FMVZ-UNAM. México, D.F.

Zárate-Martínez, J.P., J.C. Vinay V., O. Cristóbal-Carballo, V.D. Hernández H., E. Villagómez-Amezcu M. 2011. Efecto de la alimentación con grasas protegidas en vacas de doble propósito. Mesoamerican Journal of Agronomy-Agriculture and Livestock. Vo. 22 (2): 359-366.

Zárate-Martínez, J.P., Ramírez-Godínez J. A., Rodríguez-Almeida F.A. 2010. Comportamiento reproductivo de vacas criollas con amamantamiento restringido y sincronización del estro. Mesoamerican Journal of Agronomy-Agriculture and Livestock. Vo. 21 (1): 121-130.