



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
REPRODUCCIÓN

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN SOBRE EL DESARROLLO FOLICULAR Y
TASA DE GESTACIÓN EN NOVILLAS *Bos indicus* CRIADAS EN
CONDICIONES DEL TRÓPICO HÚMEDO DE COSTA RICA

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA
ALEJANDRO JIMÉNEZ JIMÉNEZ

TUTOR PRINCIPAL: DR. CARLOS S GALINA HIDALGO FMVZ-UNAM
COMITÉ TUTOR: DRA. IVETTE RUBIO GUTIERREZ FMVZ-CEIEGT UNAM
DRA. TERESA SANCHEZ TORRES ESQUEDA COLEGIO DE POSTGRADUADOS

MÉXICO, D.F. JUNIO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DECLARACIÓN

El autor da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, para que la tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

MVZ Alejandro Jiménez Jiménez

DEDICATORIA

A mis padres:
Dora y Heriberto Jiménez
con todo mi amor y admiración.

A Horacio y Nancy
Los quiero.

A la memoria de Carlos Jiménez Huesca y al resto de mi Familia

§§§§§§

Imposible es sólo una palabra que usan los hombres para vivir fácilmente.

Imposible no es un hecho.

Es una opinión.

Imposible no es una declaración.

Es un reto.

Imposible es potencial.

Imposible es temporal.

Impossible is nothing.

Anónimo.

AGRADECIMIENTOS

Con estima y gratitud a mi padre académico y mentor Dr. Carlos Galina por creer en mi y aguantarme tantos años, iniciarme en la investigación, enseñarme a dar el mejor esfuerzo y el significado de la responsabilidad. Por los "pedrazos" y las felicitaciones recibidas. Gracias a mi Facultad y al Departamento de Reproducción del que me honro haber sido parte, me llevo de todos gratos momentos.

Al Comité Tutor: Dras. Ivette Rubio y Teresa Sánchez por el apoyo y experiencia ofrecidas durante la Maestría. Sobre todo agradezco su amistad incondicional.

A los miembros del Jurado: Dres. Manuel Corro, Ana Rodríguez, Carlos Galina, Germán Mendoza y Jaime Gallegos por las observaciones y tiempo cedido a esta tesis.

Doy gracias al Ing. José Luis Pablos quién de manera desinteresada me brindo su amistad, apoyo, tiempo y experiencia para el análisis estadístico, sin su ayuda hubiera sido difícil sacar este trabajo adelante. De igual forma, al Dr. Martin Maquivar por el análisis preliminar de los datos y el tiempo prestado en mi a pesar de la distancia; además de la amistad de varios años, se te estima.

A la Dra. Arantza Lassala cuyos consejos me sacaron del "limbo" ayudándome así a darle orden a este trabajo en el momento en que estaba a punto de tirar la toalla. Gracias también por tu amistad.

Al MVZ Ramiro Cinta por tu apoyo, compañía y amistad durante nuestra estancia en Costa Rica. Tu colaboración durante el trabajo de campo me aligero la carga. También va mi gratitud al MVZ Josué Varela y Familia quienes nos brindaron su casa y transporte para conocer lugares chulos de su país.

Se agradece a la UNA de Costa Rica, en especial a la Dra. Sandra Estrada por el apoyo logístico y durante las mediciones de grasa dorsal. Al ITCR las facilidades prestadas, sobre todo al MC Jaime Galindo y a la MV María Chavarria por el apoyo y amistad brindadas. De igual modo, a la SRE de México a través del Programa de Cooperación Técnica y Científica México-Costa Rica 2008-2010, al Programa de Estudios de Posgrado de la UNAM, al CONACyT por la beca otorgada y al proyecto PAPIIT IN200810.

A mis colegas de la Maestría: Mónica Alamilla, Nayarit Ballesteros, Abril Gómez, Flavio Bautista, Ingrid Martínez, Iraim López (Erick), Martha Ramírez, Carlos Roque, Sara Salinas, Claudia Velazquillo, José Luis Pesantez y Gema Verde. Gracias totales a mis compañeros del grupo Galina tanto los anteriores como los actuales acompañándome en esta etapa: Abraham Cohen, Georgina Espinosa, Diana del Río, Sarahí Hurtado, Marcos Jiménez, Dafne Matamoros, Joel Nava, Ximena Rosas y Zazil Sánchez. Finalmente, gracias al resto de mis amigos que no mencionó por falta de espacio pero que están siempre en mi mente.

CONTENIDO

I.	RESUMEN.....	iv
II.	ABSTRACT.....	v
III.	INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
	4.1 El trópico y la producción ganadera.....	3
	4.2 Condición Corporal y Grasa Dorsal.....	6
	4.2.1 Condición corporal (CC).....	6
	4.2.2 Grasa dorsal (GD).....	8
	4.3 Suplementación Alimenticia.....	9
	4.3.1 Pubertad y suplementación.....	10
	4.3.2 Desarrollo folicular.....	12
	4.3.3 Tasa de gestación.....	16
V.	OBJETIVOS.....	18
	5.1 Hipótesis.....	18
	5.2 Objetivo general.....	18
	5.3 Objetivos específicos.....	18
VI.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
	6.1 Localización.....	19
	6.2 Grupos experimentales y fases de estudio.....	19
	6.3 Estimación de CC y medición de la GD.....	20
	6.4 Sincronización y estimación del celo.....	21
	6.5 Diagnostico de gestación y Estructuras ováricas.....	21
	6.6 Obtención y manejo de muestras biológicas.....	22

6.7 Esquema experimental.....	23
6.8 Análisis estadístico.....	23
6.8.1 <i>Condición corporal y grasa dorsal</i>	23
6.8.2 <i>Ciclicidad, estructuras ováricas y tasa de gestación</i>	24
6.8.3 Ocurrencia de la <i>gestación</i>	24
VII. RESULTADOS.....	26
7.1 Grasa dorsal y Condición corporal.....	26
7.2 Ciclicidad.....	27
7.3 Estructuras ováricas.....	29
7.4 Tasa de gestación.....	30
7.5 Ocurrencia de la gestación.....	32
VIII. DISCUSIÓN.....	34
8.1 Grasa dorsal y Condición corporal.....	34
8.2 Ciclicidad y Estructuras ováricas.....	40
8.3 Tasa y ocurrencia de la gestación.....	43
IX. CONCLUSIONES.....	46
X. LITERATURA CITADA.....	48
XI. ANEXOS.....	63

LISTA DE FIGURAS

1. Mecanismos por los cuales la nutrición afecta la actividad ovarica.....	13
2. Cronograma de la fase de suplementación.....	20
3. Cronograma de la fase de pos suplementación.....	20
4. Comportamiento de la grasa dorsal durante las fases del estudio en el grupo suplementado (GS) y en el grupo no suplementado (GNS).....	26
5. Comportamiento de la condición corporal durante las fases del estudio en el grupo suplementado (GS) y en el grupo no suplementado (GNS).....	27
6. Proporciones totales de ciclicidad entre categorías.....	28
7. Curvas de sobrevivencia de Kaplan-Meier de los grupos GS y GNS respectivamente para la variable ciclicidad a lo largo del estudio.....	29
8. Proporción de la población folicular en el grupo suplementado (GS) y en el grupo no suplementado (GNS).....	30
9. Proporciones totales de gestación entre categorías.....	31
10. Curvas de sobrevivencia de Kaplan-Meier de los grupos GS y GNS respectivamente para la variable gestación a lo largo del estudio.....	32

LISTA DE CUADROS

1. Observaciones del diseño de factor anidado incompleto 2x2 con desigual número de repeticiones	28
2. Arreglo logístico general para gestantes.....	33
3. Estadísticos de prueba para la regresión logística nominal para la variable gestantes.....	33

I. RESUMEN

Se determinó el efecto de la suplementación sobre la actividad ovarica y tasa de gestación en novillas *Bos indicus* (n=41) nulíparas de dos a tres años, divididas aleatoriamente en dos grupos: el suplementado (GS n=21) con un concentrado comercial (13,5% PC, 2,850 Mcal ED/kg MS) a razón del 1% del peso vivo; con un periodo de 15 días de adaptación más 30 de suplementación y el testigo (GNS n=20). Ambos pastando Estrella Africana (*Cynodon plectostachium*), Ratana (*Ischaemum indicum*) y Tanzania (*Panicum maximum*); agua y sales minerales *ad libitum*. Las hembras se sincronizaron con Crestar® por 9 días y finalmente servidas con dos toros de fertilidad probada. El diseño experimental fue al azar, se uso el programa estadístico JMP 10® de SAS Institute Inc. para el análisis. Estadísticamente la condición corporal (CC) y grasa dorsal (GD) no son diferentes ($P>0.05$). En los porcentajes entre grupos para actividad ovárica (ciclicidad y estructuras ováricas) y tasa de preñez no hubo diferencias significativas ($P>0.05$); así como los eventos de ciclicidad y gestación a lo largo del tiempo ($P>0.05$). La estimación de ocurrencia de la gestación en función del suplemento y la ciclicidad, según el modelo: $Gest = f(GEST, CYC, TRAT)$ no mostró efecto del tratamiento ($P>0.05$) pero si significancia en los momentos de detección de la gestación (día 33 y día 45 respectivamente) entre grupos ($P<.0001$). En conclusión, el método de suplementación ensayado no tuvo un efecto sobre las variables estudiadas. Sin embargo, hubo mejoras discretas en los parámetros reproductivos posteriores a esta práctica.

Palabras clave: suplementación. *Bos indicus*, trópico, gestación, actividad ovárica, novillas.

II. ABSTRACT

The effect of supplementation on ovarian activity and gestation rate in heifers *Bos indicus* (n=41) non-pregnant between two and three years old was determined. They were divided randomly in two groups: the supplemented group (SG n=21) received a concentrate Citrocom® Casa Dos Pinos, Costa Rica (13,5% CP, 2,850 Mcal DE/kg DM), at a ratio of 1% of the body weight, giving a 15 days period of adaptation plus 30 days of supplementation; and the non-supplemented group (NSG n=20). Both grazing African Star grass (*Cynodon plectostachium*), Ratana grass (*Ischaemum indicum*) and Tanzania grass (*Panicum maximum*); water and mineral salts *ad libitum*. Animals were synchronized with Crestar® for 9 days and exposed to two bulls of proven fertility. A random design was utilized using the statistic software JMP 10® of SAS Institute Inc. No differences ($P>0.05$) were observed between body condition score (BCS) and back fat thickness (BFT). The percent between groups of ovulation, ovarian activity and gestation rate were without statistical significance ($P>0.05$). As well as the events of ovulation and gestation over time ($P>0.05$). The estimation of the gestation in function of the supplementation and ovulation according to the model: $Gest = f(GEST, CYC, TRAT)$ without any effect on treatment ($P>0.05$), but significant in the moment the gestation occurred (day 33 and 45) between groups ($P<.0001$) In conclusion, supplementation could improve the gestation rate in the SG and discrete improvements in the reproductive parameters.

Key words: supplementation, *Bos indicus*, tropics, gestation, ovarian activity, heifers.

III. INTRODUCCIÓN GENERAL

La selección y manejo de novillas de reemplazo en el trópico es un factor importante para la ganadería que depende del pastoreo. Un recurso limitado en la época seca por la escasez del forraje o de pobre contenido energético (Córdova, 1996). La calidad nutricional de los forrajes deriva del clima y su estado de maduración principalmente (Mendoza y Ricalde, 2006). Desde que se conoce la relación entre nutrición y reproducción, esencialmente notoria en el trópico. La desnutrición es la principal causa que dificulta la producción (Galina y Arthur, 1989; Randel, 1990). Se han puesto en práctica alternativas como la suplementación en épocas críticas del año a corto plazo en novillas, particularmente antes del empadre a fin de incrementar los parámetros productivos (Peiris *et al.* 1995; Cabrera *et al.* 2000), teniendo resultados variables atribuibles al entorno y propios del animal (Aranda *et al.* 2001; Maquivar *et al.* 2010). Soto *et al.* (1997a y b) en un par de estudios evaluaron su efecto en novillas Brahman en pastoreo, encontrando que mejora la ganancia diaria de peso y la CC no así la actividad ovárica, la respuesta a la sincronización del celo, fertilidad y servicios por concepción. Por otro lado, Cavalieri y Fitzpatrick (1995) observaron que novillas con una mayor tasa de crecimiento y CC, tenían mejor probabilidad de iniciar ciclos estrales y quedar gestantes bajo programas de inseminación artificial. En esquemas de monta natural, Maquivar *et al.* (2006a) trabajaron novillas F1 (*Bos taurus* x *Bos indicus*) entre 24 a 36 meses de edad demostrando mejoras en el inicio de los ciclos estrales y aumento en la respuesta a la sincronización. En contraste, la tasa de gestación en un estudio australiano a largo plazo (Seibert *et al.* 1976), mostró que suplementar no afecta la tasa de

concepción en novillas y Soto *et al.* (2001) al monitorear novillas hasta el primer parto, suplementadas previo al empadre, concluyó que esto no resuelve los largos intervalos entre partos. Estas diferencias pueden deberse a factores nutricionales, ambientales, de manejo o inherentes a los animales. Para tratar de discernir la causa se plantea el presente estudio a fin de evaluar el efecto de la suplementación sobre el desarrollo folicular y tasa de gestación en novillas *Bos indicus* en condiciones del trópico húmedo de Costa Rica.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

El trópico y la producción ganadera

La producción pecuaria bovina en las regiones tropicales y subtropicales está compuesta predominantemente por razas del tipo cebú (*Bos indicus*) y sus cruizas con ganado europeo (*Bos taurus* x *Bos indicus*). Esto dado que las primeras tienen mayor adaptación al clima respecto a las segundas (Chaudhry *et al.* 1984); también son más productivas en términos de conversión alimenticia y resistencia a enfermedades pero deficientes en producción láctea y bajos índices reproductivos si se comparan con ganado en clima templado. Sin embargo, bajo condiciones de trópico resultan ser mejores que estas últimas.

El desarrollo de los hatos ganaderos en estas zonas es generalmente limitado en los aspectos de nutrición y reproducción debido a las condiciones ambientales imperantes. Las altas temperaturas superiores a 27°C reducen el consumo voluntario y por encima de 30°C disminuyen la utilización de energía consumida (Mukassa-Mugerwa, 1989). Por otro lado, la alta humedad relativa causa estrés por calor provocando que los animales entren en balance energético negativo (BEN) asociado con una disminución de la condición corporal (CC), un pobre estado de salud y una baja fertilidad similar a lo reportado en vacas posparto en clima templado (Butler 2000; Montiel y Ahuja *et al.*, 2005).

Asociado con esto, está el hecho de que las explotaciones bovinas se basan en el pastoreo extensivo en praderas con pastos nativos o introducidos donde predominan gramíneas. Sánchez y Soto (1999) mencionan que tal manejo provoca bajo rendimiento productivo ya que los forrajes dependen de la

estacionalidad climática (secas y lluvias) lo que compromete su disponibilidad. Al respecto, en un trabajo realizado en Nicaragua donde se caracterizaron 47 granjas con ganado doble propósito bajo un sistema silvo-pastoril evaluando la producción lechera (Yamamoto *et al.* 2007). La conclusión del estudio indica que ésta puede estar influenciada según la temporada y las características de los pastos en la región. Así, en la época de secas principalmente al final de esta; la producción es significativamente diferente en praderas sin árboles donde el pasto es degradado por el sol. Por otro lado, el inicio de las lluvias las áreas con moderada densidad de árboles tiene un beneficio en producción lechera sobre todo si la época de lluvias se retrasa

En general, durante la época de secas hay escasez de forraje (Villareal *et al.* 2000) y el disponible no aporta los requerimientos nutricionales, por ende causando la desnutrición en los animales (Stonaker, 1975; Ahmed y El-Hag 2003). Todo esto origina pérdidas de peso del 30 al 60%, baja CC y la consiguiente caída de la producción. Estas carencias provocan un agudo BEN que afecta la reproducción manifestándose en la tasa de gestación y mortalidad del becerro en regiones cuya estación seca es particularmente severa (Fordyce *et al.* 1990, McCosker *et al.* 1991).

Por otro lado, en la época de lluvias; con excepción de las áreas cercanas al ecuador terrestre, la precipitación pluvial es escasa y se concentra en ciertos meses. En este tiempo hay disponibilidad forrajera pero la limitante es la calidad (bajo contenido proteico y alto contenido de fibra) debido a que los pastos maduran muy rápido (Mendoza y Ricalde 1996) lo que puede limitar su ingesta ya

que las vacas son altamente dependientes del consumo voluntario y de la digestibilidad de materia seca (MS).

Además, en términos productivos se requiere que los animales inicien sus ciclos reproductivos lo más precozmente posible lo que conlleva una alta demanda metabólica que provoca estrés, ya que las vacas de primer parto aún tienen que seguir creciendo. En resumen, el comportamiento productivo y reproductivo es limitado no solo debido a las fluctuaciones climáticas, que influyen sobre la calidad y la cantidad de los forrajes que finalmente repercuten en los animales (Kennedy *et al.* 2002) sino también a las condiciones de manejo particularmente de las novillas de reemplazo (Maquivar y Galina, 2010).

Por ello, se ha trabajado en encontrar los mecanismos adecuados que permitan dar mejores alternativas aprovechando las adaptaciones del cebú y sus cruzas (Escobar *et al.* 1984; Madalena, 1993) complementado con un buen manejo médico-sanitario del hato, dando énfasis en aspectos nutricionales y reproductivos. Así, Maquivar *et al.* en varios experimentos (2006a, 2006b y 2010) encontraron que los efectos de la suplementación alimenticia en novillas pueden ser enmascarados si los animales testigo no pierden peso. Alonso *et al.* (2008) estudiaron el efecto de un suplemento con melasa, urea y metionina sobre el desarrollo folicular y encontraron que durante y después de la suplementación la proporción de folículos intermedios (<6 a \geq 9mm) se ve beneficiada, y concluyen que esto favorecería el desarrollo posterior de folículos mas grandes, capaces de ovular.

Por ende, la alimentación inadecuada en las áreas tropicales demanda de mayor cantidad de investigación para ofertar al productor con ideas novedosas de cómo utilizar esta herramienta. Una forma de lograrlo es estudiar los cambios en CC que puede ser un indicador práctico del estado nutricional ya que estima las variaciones de peso corporal, las reservas grasas y es auxiliar en la toma de decisiones en cuanto al manejo alimenticio.

Condición corporal y grasa dorsal

Condición corporal (CC)

Prioritariamente, los animales utilizan sus reservas corporales (grasa) para metabolismo basal, crecimiento, lactación y función reproductiva (Edmonson *et al.* 1989). Cuando los requerimientos nutricionales son mayores como durante la gestación y periodo posparto, se presenta un déficit nutricional y el ganado entra en BEN por lo que es importante que cuenten con reservas adecuadas que puedan usar en estas etapas críticas.

Nürnberg *et al.* (1998) sugirieron que el depósito de grasa es reflejo del balance energético positivo (BEP) entre el consumo de energía y el gasto de la misma, representando cerca del 80 al 90% de la energía total. Una forma indirecta para establecer el BE es mediante la estimación de la CC la cual varía según la deposición del tejido graso y es un mejor parámetro para valorar el estado nutricional que solo el peso corporal (Burke *et al.* 1998). Este último, a veces considerado erróneamente como indicador de la CC y las reservas grasas ya que el alimento presente en el rumen y los productos de la gestación evitan que el peso sea un indicador seguro de la CC (Saharrea *et al.* 2006).

Los cambios en la CC a lo largo del ciclo productivo son muy dinámicos pero pueden estimarse en forma confiable mediante la determinación del grado de gordura a través de la palpación y observación de las regiones lumbar y pélvica. La evaluación es sencilla, pero subjetiva; un punto de CC se asigna visualmente en áreas corporales definidas, variando esta según autores (Wildman *et al.* 1982; Edmonson *et al.* 1989, Ferguson *et al.* 1994; Elanco, 1996).

En bovinos productores de carne se utiliza la escala de puntos 1 a 9 (Selk *et al.* 1988). Sin embargo, en estudios que involucran CC y reproducción es común usar la escala 1 a 5 (Edmonson *et al.* 1989; Ferguson *et al.* 1994; Domecq *et al.* 1995) usada en ganado lechero.

Hay al respecto estudios como el de Richards *et al.* (1986) donde evaluaron el efecto de la CC al parto sobre el comportamiento reproductivo en ganado productor de carne, usando la escala 1 a 9 demostraron que la CC era un factor determinante para el reinicio de la actividad ovárica y de la gestación. Así, los animales que ganan CC y peso presentan mejores tasas de gestación en comparación con los que la pierden y después vuelven a ganar CC y peso según lo reportado por Selk *et al.* (1988).

Cutaia *et al.* (2003) reportaron un efecto de la CC sobre las tasas de concepción en vacas inseminadas a tiempo fijo (IATF) en donde se observó una CC mínima de 2.5 (escala 1 a 5) para el éxito de los programas de sincronización del estro en ganado *Bos indicus*. De la misma manera, Lalman *et al.*, (1997) encontraron aquellas que ganan CC presentan intervalos de concepción menores en comparación con las que la mantienen o pierden. Bolaños *et al.*, (1997) y Lalman

et al., (1997) concluyen que la CC al parto es un factor en la duración del anestro posparto. Por otra parte, una CC excesiva antes del parto puede ser tan perjudicial como una deficiente, afectando negativamente los parámetros reproductivos (Sheldon et al., 2006).

Grasa dorsal (GD)

A pesar de que la estimación de la CC es una herramienta útil para valorar los cambios de peso corporal y las reservas grasas, tiene en la subjetividad su mayor deficiencia.

Autores como Mösenfechtel *et al.* (2002); Schröder y Staufenbiel (2006); Ayres *et al.* (2009); coinciden en que el BE puede ser medido también por determinación de la grasa dorsal subcutánea (GD) ya que es una medida objetiva y de mayor precisión que la CC. La medida es práctica, rápida y no invasiva se realiza por ultrasonido comúnmente entre la tuberosidad isquiática y coxal (Schröder y Staufenbiel, 2006) aunque se han evaluado diversas regiones igualmente validas (Domecq *et al.* 1995; Mizrach *et al.* 1999; Mösenfechtel *et al.* 2002; Evans *et al.* 2004; Schröder y Staufenbiel, 2006; Yokoo *et al.* 2008; Ayres *et al.* 2009). Sea cual sea el área de elección, el espesor de la piel (de 5 a 6 mm) generalmente se incluye en la medición, y se debe restar del valor total obtenido, con el fin de ilustrar el espesor de la GD en sí.

Respecto al valor predictivo de comparar CC y GD, Domecq *et al.* (1995) encontraron una correlación positiva en un rango de 0.59 y 0.81 entre ambos, lo que sugiere que la CC refleja la cantidad real de GD. Ayres *et al.* (2009) indicaron que los valores de la CC y la GD en diferentes momentos del ciclo productivo de

las vacas *Bos indicus* tuvieron una alta correlación positiva (0.82 y 0.95). En efecto, Chávez *et al.* (2008) concluyen que la estimación de la CC y la medición de la GD llevada a cabo de manera conjunta y constante puede ayudar a determinar el estado nutricional de un animal y en base a ello establecer la influencia de la nutrición en eventos como número de vacas en anestro o con muerte embrionaria temprana.

Así pues, la posibilidad de evaluar la GD en conjunto con la CC puede resultar más útil para determinar el estado nutricional de un animal que con la sola evaluación de la CC. Hay que considerar finalmente que los cambios en la dieta por insuficiencia de pasto, el clima y en el consumo afectarán primeramente la GD y posteriormente la CC (Mösenfechtel *et al.* 2002).

Suplementación alimenticia

Con el fin de mejorar los parámetros reproductivos y productivos en el ganado de clima tropical se han puesto en práctica diversas estrategias como la suplementación en etapas fisiológicamente críticas como lo son el empadre y las pariciones (Peiris *et al.* 1995) de igual manera, como auxiliar para proporcionar los nutrientes que el forraje no aporta en épocas críticas del año.

Una implementación de este tipo demanda de la comprensión de ¿cómo el suplemento afecta el consumo voluntario?, la digestibilidad y la respuesta del animal, elementos que han sido considerados como prioritarios para explicar esta falta de conocimiento (Ørskov, 1999). En general, se debe considerar el proceso de manufacturado, el manejo, la frecuencia y el tipo de suplemento que se ha de ofrecer. Por ello, es necesario establecer prioridades basadas en la disponibilidad

del forraje siendo el objetivo incrementar la digestibilidad de la fibra y luego proporcionar una adecuada relación proteína-energía de lo que se absorbe a nivel intestinal. Poppi y McLennan (1995) mencionan que la alimentación con suplementos energéticos puede ser una forma de proveer fuentes extra de proteína microbiana. Es decir, un buen suplemento ha de proporcionar primero, nutrientes para la microflora ruminal mejorando con ello la fermentación en el rumen y en segundo plano aportar al animal hospedero los nutrientes deficientes en el forraje, de forma que se incremente el consumo voluntario y se eviten pérdidas de peso y CC (Aranda *et al.* 2001).

Al respecto, diversas investigaciones se han llevado a cabo con el fin de conocer el efecto de la suplementación en distintas etapas de la vida con particular interés sobre el desempeño productivo y reproductivo, obteniendo resultados variables.

Pubertad y suplementación

El peso adulto en razas cebú es alcanzado entre los 280 a 650kg, la edad al primer parto entre los 24 a 62 meses (Galina y Arthur, 1989, Anta *et al.* 1989) esta variación es debida a que los animales responden a las condiciones en las que son criados, a su capacidad de adaptación al clima, al manejo y sobre todo a las fuentes y disponibilidad de alimento. Lograr que animales lleguen a la pubertad precozmente implica una buena nutrición ya que está demostrado que el peso es la causa desencadenante más que la edad (Moran *et al.* 1989).

Existe evidencia que la suplementación en novillas en crecimiento puede reducir el intervalo entre partos (Oyedipe *et al.* 1982) probablemente debido a que las vaquillas que crecen más rápido ciclan más temprano (Gauthier y Thimonier,

1982) y paren de igual forma (Chopra y Khanna, 1980). En clima templado, Radcliff *et al.* (1997) evaluaron el efecto de dos dietas a los 120 días de edad hasta la pubertad en vaquillas Holstein alcanzándola a los 266 días mientras que en el grupo testigo fue hasta los 313 días. La diferencia de aproximadamente 40 días tiene obvias ventajas económicas dado que el animal que ingrese al sistema productivo temprano tiene en teoría más posibilidades de lograr tener una mejor eficiencia reproductiva y con ello acortar el intervalo entre partos y tener una producción de leche más constante.

El alimentar a novillas con dietas altas en energía ha demostrado adelantar la pubertad antes de los 300 días de edad en vacas productoras de carne. Así por ejemplo en Estados Unidos (Gasser *et al.* 2006a, b, c, d) investigaron los cambios en varios componentes del eje reproductivo que afectan a los animales que fueron destetadas precozmente y alimentadas con un suplemento energético, las concentraciones de hormona luteinizante (LH) son altas llegando a la pubertad a los 190 días de edad (Gasser *et al.* 2006a). En un segundo experimento se registró el crecimiento folicular alcanzado el folículo dominante su desarrollo a los 196 días, del mismo modo, se demostró que estas hembras tenían una oleada folicular más grande y altas concentraciones de estradiol (E₂) en comparación con las novillas que alcanzaron su pubertad después de los 300 días de edad (Gasser *et al.* 2006b). Todo lo anterior tiende a apuntar que el efecto combinado de destete precoz y la alimentación con una dieta alta en energía, induce un cambio en el eje reproductivo activando su maduración. Parece que la manipulación de la dieta causa cambios endocrinos en el desarrollo fisiológico de las vaquillas acortando la etapa prepuberal (del nacimiento al inicio de la pubertad) sin pasar

por la fase estática previa. Estos hallazgos merecen ser investigados bajo condiciones tropicales donde las fuentes naturales de energía son escasas.

Desarrollo folicular

La foliculogénesis se establece en forma de oleadas generalmente, dos o tres por ciclo estral (Roche y Boland, 1991) la actividad ovárica después de establecida la pubertad es un factor importante a tomar en cuenta, pues está fuertemente influenciada por el BE, reflejándose en la CC de la hembra durante la pubertad y el periodo posparto (Staples *et al.* 1990). La inconsistencia de los procesos de desarrollo folicular causa baja en la fertilidad tanto en ganado lechero como en cárnico causando serios problemas reproductivos que terminan en anestro (Bauman *et al.* 1980).

Varios estudios en vacas productoras de carne, han demostrado el efecto de la nutrición sobre la eficiencia reproductiva y más específicamente su efecto sobre la foliculogénesis. Mackey *et al.* (1999) sugieren que en estados en los cuales los animales sufren una restricción nutricional y por lo tanto caen dentro de un BEN, las hembras muestran un decremento en el desarrollo de los folículos dominantes, conduciendo esto hacia el estado anéstrico. A similares condiciones llegaron Bossis *et al.* (1999) quienes estudiaron 18 novillas Angus x Hereford en el altiplano norteamericano y demostraron que aquellas a las que se les practicó una restricción alimenticia, se encontraban anovulatorias, además observaron que el desarrollo folicular de los animales a los cuales se les practicó la restricción alimenticia era un 50% menor en comparación a las que presentaban las novillas

del grupo testigo. Lo anterior demostró que estados con déficit nutricional afectan el desarrollo del folículo dominante y por ende la ovulación.

En efecto, Diskin *et al.* (2003) en una revisión de literatura sugieren que el estado nutricional del animal afecta el crecimiento folicular, la maduración y la capacidad de ovulación. Las vías por las que esto ocurre son variadas, factores hormonales actúan como moduladores del equilibrio metabólico en función de la nutrición, lo que repercute en la actividad ovárica desde distintos niveles (Fig. 1). Esto refuerza la hipótesis de que una buena nutrición predecirá las condiciones para una función reproductiva eficiente, sobre todo en condiciones adversas.

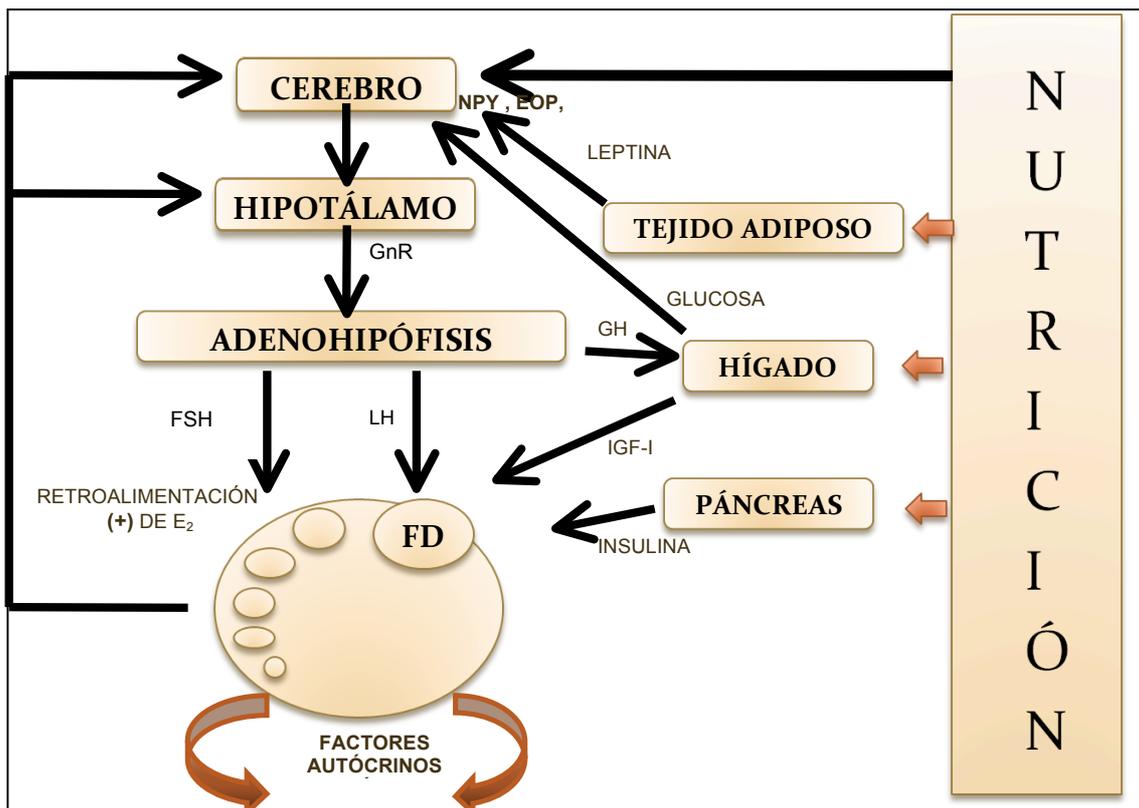


Figura 1. Mecanismos por los cuales la nutrición afecta la actividad ovárica.

Los efectos de la nutrición son medidos de dos maneras, directamente en las áreas hipotalámicas secretoras de GnRH o indirectamente sobre el eje GH-IGF-1 (mediadores locales en el cerebro y ovarios (E₂) también están involucrados). En vacas lecheras y cárnica, el BEN o la ingesta reducida de alimento, no afecta la

población de folículos pequeños a medianos, afecta el tamaño y la ovulación del FD. Efectos nutricionales directos sobre la función ovárica parecen ser mediados por GH a nivel hepático y éste a su vez sobre IGF-I. Mientras que los indirectos controlan al generador de impulsos de GnRH (en el hipotálamo) que reduce selectivamente la secreción pulsátil de LH, sin efectos adversos aparentes sobre los patrones de secreción de FSH. También los EOP, NPY, leptina, y la glucosa/insulina tienen un papel en la regulación nutricional de liberación de GnRH.

NPY=neuropéptido Y, EOP=polipéptidos opioides endógenos, GH=hormona del crecimiento, IGF-1=factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1, FSH=hormona folículo estimulante, LH=hormona luteinizante, FD=folículo dominante, E₂=estrogenos. *Modificado de Diskin et al. (2003).*

Al respecto, Richards *et al.* (1989) encontraron en vacas de carne no lactantes, que el disminuir la ingesta de nutrientes da como resultado una baja de la CC y peso, resultando en una reducción de la actividad lútea y ovárica, relacionados con la pobre respuesta a los programas reproductivos a causa de deficiencias nutricionales, por lo que estos eventos han tenido resultados muy variables (Stevenson *et al.* 1987). Así, en un estudio (Díaz *et al.* 2002) evaluaron el efecto de la sincronización con un progestágeno con y sin benzoato de estradiol sobre la presentación del celo, la ovulación y la tasa de gestación en novillas *Bos indicus*, encontrando que hasta el 30% de las hembras muestran celo pero no ovulan sobre todo si se utiliza en la sincronización de estro el benzoato de estradiol.

La implementación de la suplementación alimenticia sobre factores como la presentación de la conducta sexual (reflejo de un desarrollo folicular eficiente) se ve beneficiado según lo encontrado por Soto-Camargo *et al.* (1997a) quienes evaluaron el efecto de la suplementación sobre el desempeño productivo y reproductivo, en vaquillas Brahman, sus resultados indican que el concentrado mejoró la productividad de los animales reflejada en las ganancias diarias de peso

y en la CC pero no en el desarrollo folicular, respuesta a un tratamiento sincronizador y tasa final de preñez.

Aranda *et al.* (2001) alimentaron a 23 novillas lecheras con caña de azúcar con y sin urea más un suplemento proteínico a razón del 3% del peso y encontraron que las alimentadas con dicho tratamiento presentaron mejores ganancias de peso diarias si se compara con las testigo alimentadas solo con caña de azúcar con y sin urea. Por otra parte, León *et al.* (2004) evaluaron los efectos de la nutrición sobre el desarrollo folicular en novillas (*Bos indicus* x *Bos taurus*) que fueron dietadas y llevadas a una CC baja para posteriormente recuperar su peso. El estudio demostró que el tamaño y la persistencia del folículo dominante se mantenía, así mismo un número mayor de folículos conforme mejoraba el peso y la CC.

La administración de suplementos proteínicos a razón de 5.5 a 13% en novillas tiene un efecto sobre aspectos reproductivos indicando un aumento en la proporción de cuerpos lúteos (CL), un mayor porcentaje de animales en estro así como la duración del mismo pero sin cambios significativos en las ganancias de peso ni CC en el grupo con suplemento (Maquivar *et al.* 2006a). Alonso *et al.* (2008) evaluaron el efecto de la suplementación con melasa-urea más metionina como protector ruminal antes del periodo de empadre en una cruce de novillas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) sobre el rendimiento reproductivo encontrando que los animales que recibieron el suplemento mostraron un mayor porcentaje en el desarrollo de folículos >9mm y del CL en comparación al grupo testigo siendo además el porcentaje de ovulación superior en el grupo suplementado que el testigo (86 contra 62%).

Tasa de Gestación

Durante el ciclo reproductivo el animal experimenta cambios en la CC, generalmente durante la lactancia, suele perderla y recuperarla durante la gestación (Friggens *et al.* 2004). Selk *et al.* (1998) mencionaron que el porcentaje de preñez de los animales que tienen una buena CC antes o después del parto no es afectado por pequeños cambios de peso.

Richards *et al.* (1986) evaluaron el efecto de la CC al parto sobre el comportamiento reproductivo en ganado de carne, encontrando que la CC es determinante para el reinicio de la actividad ovárica y la gestación; Cavalieri y Fitzpatrick (1995) encontraron que animales con altas tasas del crecimiento y CC tienen mejores probabilidades de iniciar comportamiento sexual y quedar gestantes. Lalman *et al.* (1997) evaluaron el cambio de peso y la CC sobre el anestro posparto en novillas de primer parto encontrando que aquellas que ganan CC presentan intervalos de concepción menores en comparación con las que mantienen o pierden CC.

Soto-Camargo *et al.* (1997a) evaluaron el efecto de la suplementación sobre el desempeño productivo y reproductivo en vaquillas Brahman, sus resultados indican una mejora en las ganancias diarias de peso y CC; en relación a la sincronización, así como la tasa final de gestación, éstas no mostraron diferencias entre grupos. En contraste, Castellanos *et al.* (1998) al evaluar la fertilidad después de un programa de empadre estacional en novillonas Brahman suplementadas con distintos niveles de concentrado encontraron que a mayor aporte hay mejores tasas de preñez.

Por otro lado, se ha estimado el efecto de la suplementación en programas de sincronización con miras al uso de biotecnologías como la inseminación artificial (IA) y transferencia de embriones (TE). Al respecto, en una serie de experimentos Montiel *et al.* (2006b) calcularon entre otros parámetros, la tasa de gestación después de un programa de IA sincronizadas durante la época de secas y lluvias en el trópico en vacas F1 (*Bos taurus* x *Bos indicus*) posparto, encontrando una diferencia amplia en la época seca 33.3 vs 4.16% ($P < 0.05$) pero sin efecto de la suplementación. De igual manera, Montiel *et al.* (2006a) reportaron una tasa de gestación en dos experimentos después de la TE de 16 y 32.6% respectivamente siendo el primero afectado por el día en que se llevó a cabo la transferencia (día 7 u 8, $P < 0.05$) y el segundo debido a factores como el tipo de conducta de estro (espontáneo y sincronizado), suplementación alimenticia y CC (baja y alta; $P < 0.05$). Al siguiente año, evaluaron el efecto de la suplementación en vacas lactantes doble propósito en pastoreo sobre la CC, producción láctea, perfil metabólico y tasa de gestación tanto en secas como en lluvias, concluyendo que la suplementación afectó las concentraciones séricas de proteína total, urea y zinc; y la época del año (secas) afectó la CC, las concentraciones de albúmina, cobre, zinc y la tasa de gestación (Montiel *et al.* 2007).

En conclusión, la suplementación es una buena estrategia para incrementar la eficiencia reproductiva de los hatos en condiciones tropicales; no obstante, falta información sobre sus efectos en el desarrollo folicular y la tasa final de gestación en novillas en el entendido de que si se mejoran estos parámetros, a pesar de las condiciones difíciles en las que se desenvuelven los hatos, se habrá avanzado en la búsqueda de mejorar los índices productivos en estas regiones.

V. OBJETIVOS

Hipótesis

Existe efecto de la suplementación proteínica en novillas sobre la condición corporal, grasa dorsal, presentación de la ciclicidad, desarrollo de estructuras ováricas y tasa de gestación final bajo condiciones de pastoreo en el trópico.

Objetivo general

Caracterizar la consecuencia de la suplementación proteínica sobre el desarrollo de estructuras ováricas y la tasa de gestación en novillas *Bos indicus*.

Objetivos específicos

- Comprobar el efecto de la suplementación proteínica sobre la deposición de grasa dorsal y la estimación de la condición corporal.
- Evaluar por ultrasonido el desarrollo de las estructuras ováricas en novillas con y sin suplementación.
- Caracterizar en tiempo la ciclicidad y la gestación a fin de comprobar el efecto de la suplementación.
- Predecir la máxima probabilidad de ocurrencia de la gestación considerando el efecto de la suplementación, ciclicidad y el diagnóstico de gestación.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

Localización

El experimento se realizó en la estación experimental “La Balsa”, del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) sede San Carlos, localizado en el cantón de San Ramón, Provincia de Alajuela (10° 25' N y 84° 32'O) a una altura de 172 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 27.3°C, precipitación anual de 3062 mm y humedad relativa del 85.3%. El clima predominante es de tipo tropical ecuatorial lluvioso con precipitaciones tipo monzón y seco en invierno *Afmw'* (Koeppen, 1948).

Grupos experimentales y fases del estudio

Se utilizaron 41 novillas *Bos indicus*, nulíparas, con un peso promedio de 307 kg, de entre dos y tres años de edad. Divididas aleatoriamente en dos grupos: el suplementado (GS n=21) recibió concentrado comercial Citrocom® (Peletizado) Casa Dos Pinos, Costa Rica (13,5% PC, 2,850 Mcal ED/kg MS) a razón de 1% del peso vivo y el testigo (GNS n=20) sin suplemento. Ambos pastando Estrella africana (*Cynodon plectostachium*), Ratana (*Ischaemum indicum*) y Tanzania (*Panicum maximum*) con agua y sales minerales *ad libitum* (Ganafos Plus® Piensos S.A., Costa Rica).

Fases de estudio:

1. Fase de suplementación (FS): Inicio a finales de la época de secas con una duración de 54 días; comprendió la adaptación al concentrado (15 días), la suplementación (30 días) y la sincronización del celo (9 días). Durante esta fase

por US en la región de la grupa paralela a la vertebra sacra entre la tuberosidad coxal y la tuberosidad isquiática, según Schröder y Staufienbiel (2006) con un equipo ALOKA SSD-210DXII con transductor sectorial de 3.5 MHz (ALOKA, Tokio, Japón). Ambos parametros se relizaron con una periodicidad de quince días hasta el final del estudio; obteniendose en total ocho muestreos, cuatro durante la FS y cuatro en la FPS (Fig. 2 y 3).

Sincronización y estimación del celo

Al termino de la suplementación ambos grupos se sincronizaron mediante un implante auricular de P₄ sintética (3mg) Crestar® (Intervet México) mas una inyección intramuscular de 5mg de Valerato de estradiol (E₂) al momento de la inserción del implante, el cual permaneció *in situ* por 9 días (Fig. 2). Posterior al retiro del implante, las hembras fueron servidas por dos toros con capacidad reproductiva probada. La inclusión de parches Estrus Alert® colocados en la grupa permitió detectar las hembras que fueron montadas.

Diagnóstico de gestación y Estructuras ováricas

Se consideró el día 0 del empadre a las 18 hrs posteriores a la sincronización y entre los días 19 a 21 (Fig. 3) se iniciaron US con un transductor de 7.5 MHz (ALOKA, Tokio, Japón) tres veces por semana para detectar gestación temprana en ambos grupos. Bajo el criterio de que si en el primer monitoreo se observaba el embrión se rectificaba en el siguiente. La permanencia de los animales en el experimento terminó al momento de realizar el segundo diagnóstico positivo de gestación. Utilizando para ello lo propuesto por Rosiles *et al.* (2005). Aquellas que resultaran vacías, eran sometidas de nuevo a diagnóstico tomándose

definitivamente como no gestantes si al término de la FPS no se encontraba el embrión. Se registraron dos momentos de detección: animales con preñez positiva al día 33 y al día 45 respectivamente, contados a partir de la entrada de los toros al hato (Fig. 3). A la par, observaciones por US de las estructuras ováricas (folículos en crecimiento y cuerpos lúteos) fueron realizadas según lo descrito por Sirois y Fortune (1988) y concluidas cuando la gestación era confirmada.

Obtención y manejo de Muestras Biológicas

Se tomaron muestras sanguíneas por venopunción de la vena coccígea, (7 a 10 ml) colectadas en tubos Vacutainer® para determinar la concentración de P₄ en suero en ambas fases experimentales. Hacia la mitad de la suplementación dos veces por semana (Fig. 2) y de nuevo con la misma periodicidad al inicio de los monitoreos con US (Fig. 3). Las muestras se centrifugaron a 3500 rpm (2000 xg) por 15 minutos para obtener el suero, depositado en alícuotas identificadas y congeladas a -4°C para su posterior análisis por radioinmunoensayo en fase sólida (RIA por sus siglas en inglés) con kits comerciales (Coat-A-Count, Diagnostic Products Corp., Los Ángeles, CA, USA), según lo propuesto por Pulido *et al.* (1991). Todas las muestras se analizaron en el mismo ensayo y se obtuvo un coeficiente de variación intraensayo (CVI) de 8.3% con una sensibilidad de 0.1 ng/mL⁻¹. Se consideró que la novilla había ovulado si las concentraciones de P₄ eran mayores de 1ng/ml en al menos 2 muestras consecutivas (Gutiérrez *et al.* 1994). El análisis y procesamiento final se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la UNAM, dentro del Laboratorio de Endocrinología del Departamento de Reproducción.

Esquema experimental

El grupo suplementado (GS) y el grupo no suplementado (GNS) fue el tratamiento (factor A); los ensayos de P₄ formaron el factor B: ciclo en FS, FPS y no ciclo, cruzado con el factor A; el factor C lo constituyeron: gestantes y no gestantes, anidado en el factor B; y conforme la preñez era confirmada se formó el factor D: momento de detección 1 y 2, anidado en el factor C (cuadro 1).

FACTOR D/C		FACTOR B							Σ
		Ciclo en FS		ciclo en FPS		Ciclo FS	ciclo FPS	No ciclando	
		Gestantes (FACTOR C/B)				No Gestantes (FACTOR C/B)			
FACTOR A		detección 1	detección 2	detección 1	detección 2				
	GS		2	3	4	1	2	4	5
GNS		2	4	1	6	1	2	4	20
	Σ	4	7	5	7	3	6	9	41

Cuadro 1. Observaciones del diseño de factor anidado incompleto 2x2 con desigual número de repeticiones

El diseño experimental fue el denominado *completamente al azar* (Kuehl, 2001), las variables respuesta fueron: CC, GD, ovulación, actividad ovárica y tasa de gestación; para el análisis estadístico se usó el programa JMP 10 ® de SAS Institute Inc.

Análisis estadístico

Condición corporal y Grasa dorsal

Se realizó una comparación de medias (ANDEVA) para determinar el efecto del tratamiento (GS y GNS), tanto en la GD como en la CC (Kuehl, 2001).

Ciclicidad, estructuras ováricas y tasa de gestación

Se realizó una comparación de proporciones con la prueba Z (Dawson-Sanders y Trapp, 1997) para los porcentajes de ciclicidad (ciclo en FS, FPS y no ciclo), estructuras ováricas (folículos $\leq 3\text{mm}$, $5-7\text{mm}$, $\geq 8\text{mm}$ y CL) y tasa de preñez. Para la evaluación por ultrasonografía de los diferentes estadios de los folículos presentes en los ovarios en ambos grupos durante la FPS se contaron y clasificaron por categorías para determinar su proporción. El comportamiento de la ovulación y de la gestación a lo largo del estudio se evaluó con curvas de sobrevivencia de Kaplan-Meier (1958) que estiman la ocurrencia de un evento a través del tiempo comparando las curvas y estimando si existe diferencia entre ellas.

Ocurrencia de la gestación

Con base al cuadro 1 se realizó un modelo de regresión logística nominal (Gallant, 1987) para estimar la máxima probabilidad de que ocurra la gestación (utilizada como variable dependiente) y determinar posibles asociaciones con los momentos en que fue diagnosticada, la ovulación y la suplementación. Según la siguiente ecuación:

$$\text{Gest} = f(\text{GEST}, \text{CYC}, \text{TRAT})$$

Donde:

Gest= asociación de la presencia o ausencia de gestación.

GEST= asociación que considera tres posibles circunstancias, momento de detección 1 (producto de la sincronización), momento de detección 2 (producto de un celo natural) y no gestantes.

CYC= asociación que considera tres posibles circunstancias, ovulación en FS, en FPS y no ciclando.

TRAT= asociación que considera el GS y el GNS.

VII. RESULTADOS

Grasa dorsal y condición corporal

La grasa dorsal a lo largo del estudio fue en promedio de $.40 \pm .01$ mm. Los valores fueron similares en ambos grupos. En la figura 4 se observa la media de GD para el GS y GNS a lo largo del estudio, el GNS muestra una mayor GD entre los días 49 a 63 en fase de suplementación (FS) la cual va en descenso alcanzando su punto más bajo el día 105 para luego remontar al día 119 correspondiente a la fase de pos suplementación (FPS). En contraste, el GS es más homogéneo y con ligera tendencia a la alza desde el día 49 superando al GNS entre los días 115 a 119 donde alcanza su punto más alto.

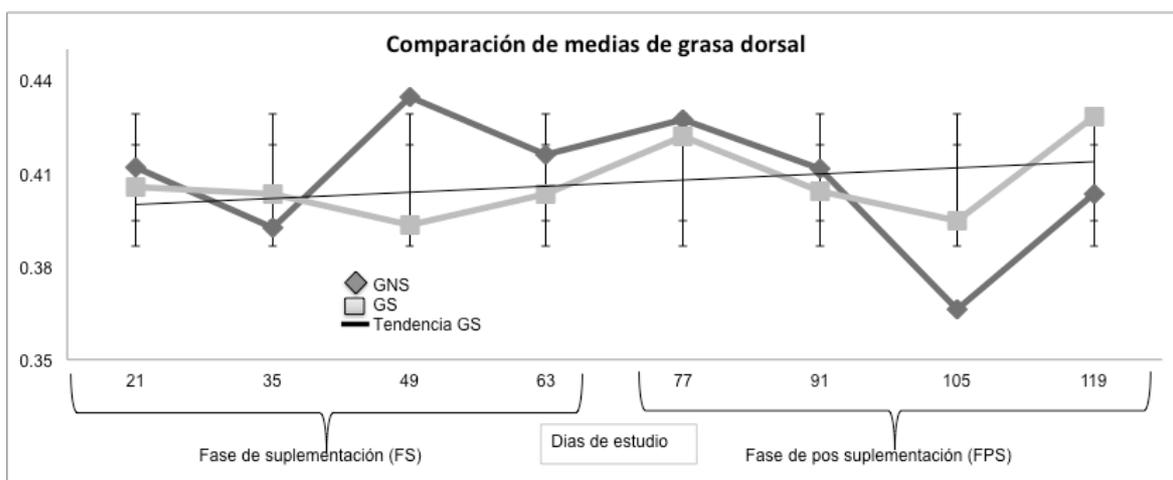


Figura. 4 Comportamiento de la grasa dorsal durante las fases del estudio en el grupo suplementado (GS) y en el grupo no suplementado (GNS). ($P > 0.05$).

La condición corporal a lo largo del estudio fue en promedio de $2.6 \pm .10$ puntos. En la figura 5 se muestran las medias de CC. Donde ambos grupos son muy similares, mantienen un rango entre 2.4 a 2.7 puntos durante la FS. Entre los días

63 a 77 ambos registran un aumento numérico (inicio de la FPS) superior en el GNS la cual decrece para el día 91, a partir de este punto y hasta el final del estudio el GS mantiene una discreta tendencia a la alza ($P>0.05$).

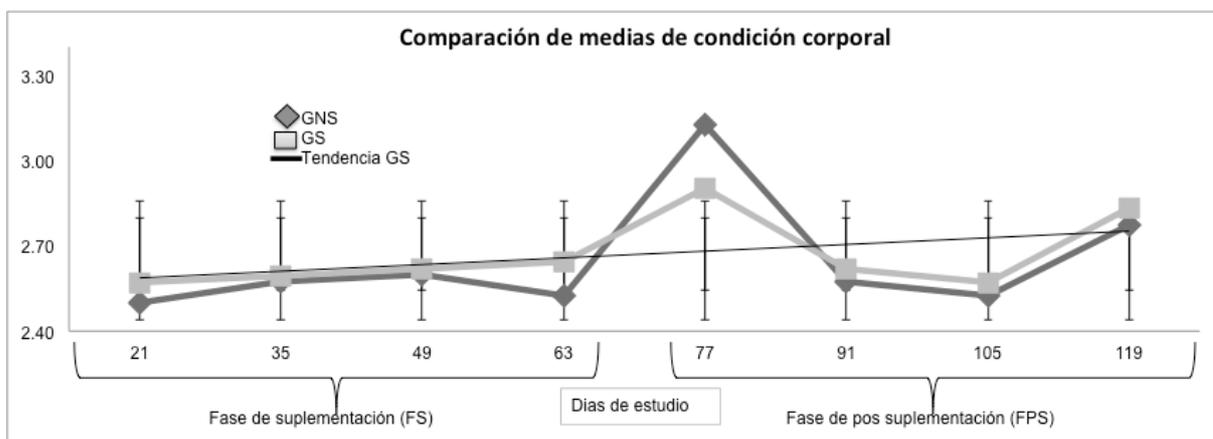


Figura. 5 Comportamiento de la condición corporal durante las fases del estudio en el grupo suplementado (GS) y en el grupo no suplementado (GNS). ($P>0.05$).

Ciclicidad

El total de animales que ciclaron durante el experimento fue 78% (32/41). De estas 37% (15/41) ciclaron durante la FS, el 41% (17/41) lo hicieron en la FPS y el resto no cicló. En general sin diferencia ($P>0.05$). Proporciones con poca variabilidad entre grupos, ligeramente mayor en el GNS durante la FS (38 vs 35%) tendencia que se invierte para la FPS con predominancia del GS (45 vs 38%). Fig. 6.

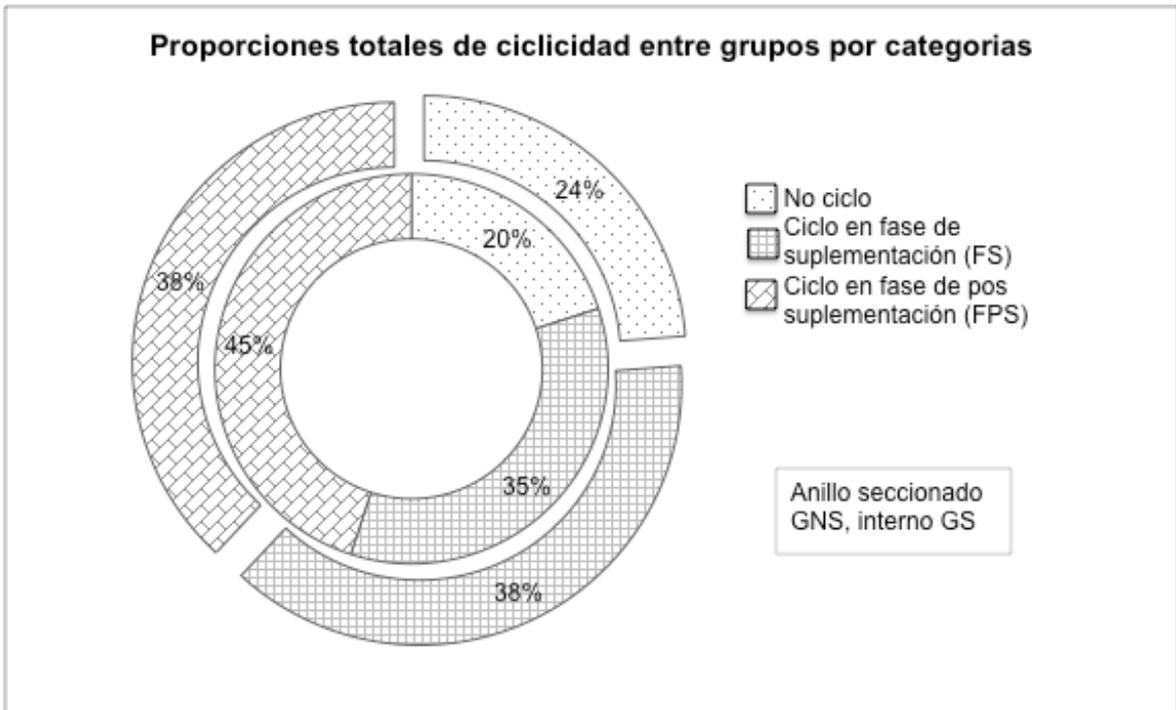


Figura 6. Comparación de proporciones entre el grupo no suplementado (GNS) y grupo suplementado (GS) por categoría ($P > 0.05$)

Con el fin de determinar la evolución de la ciclicidad durante el estudio en ambos grupos se utilizaron curvas de supervivencia de Kaplan-Meier. La figura 7 muestra los eventos de solamente los animales que ciclaron durante el estudio a través del tiempo (FS y FPS). De este modo, se observa que el GS inicio ligeramente antes sus ciclos estrales respecto al GNS; poco después de la mitad de la FS. (pentágono irregular) manteniendo esa precocidad al menos hasta el día 80 del estudio (flecha) tendencia que se invierte al final a favor del GNS. Sin diferencia significativa entre ellas ($P > 0.05$).

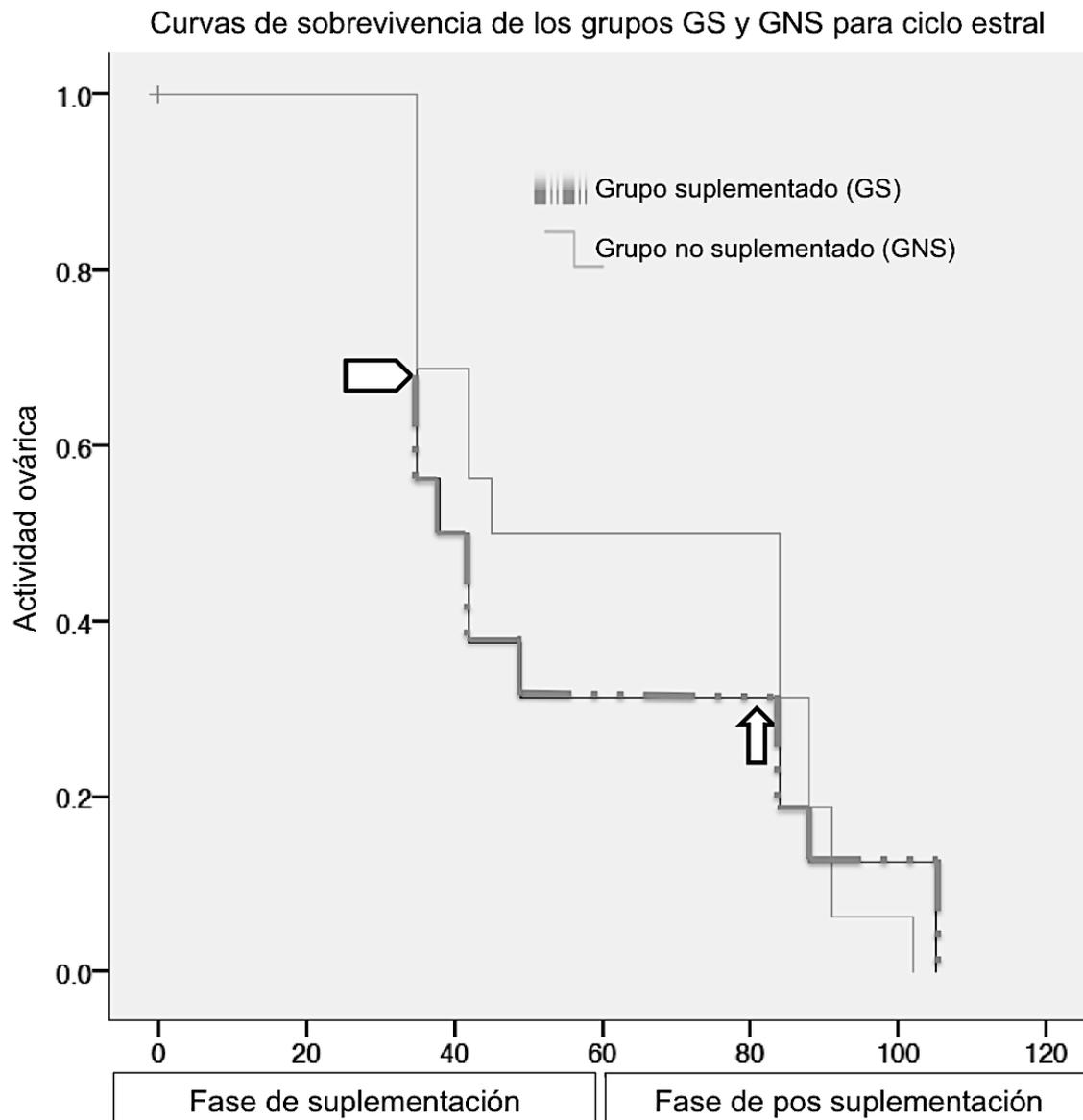


Figura. 7. Curvas de sobrevivencia de Kaplan-Meier de los grupos GS y GNS respectivamente para la variable ciclicidad a lo largo del estudio. Sin diferencia significativa entre ellas ($P > 0.05$).

Estructuras ováricas

La Figura 8 muestra que en la categoría de folículos $\geq 8\text{mm}$ y CL el GS fue proporcionalmente mejor. La prueba Z mostró que no hay diferencias ($P > 0.05$) ni entre categorías ni entre tratamientos.

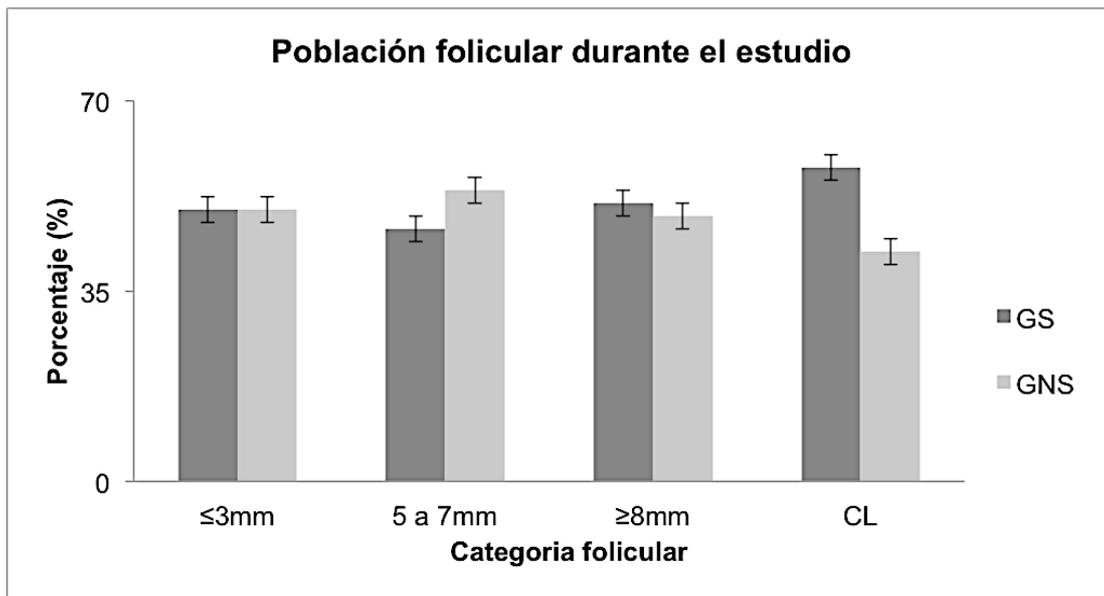


Figura. 8. Proporción de la población folicular en el grupo suplementado (GS) y en el grupo no suplementado (GNS) ($P>0.05$).

Tasa de Gestación

El total de animales gestantes fue 56% (23/41) de estos el 15% (6/41) fue diagnosticado al día 33 de la FPS, el 41% (17/41) el día 45 y el resto no se preñó. En general sin diferencia ($P>0.05$). Sin embargo, entre grupos al día 45 de la FPS numéricamente es superior el GS (50 vs 33%) con respecto al diagnóstico al día 33 donde la diferencia es solo de un punto porcentual (15 vs 14%). (Figura 9). También es interesante observar que aquellas hembras que resultaron vacías recaían en mayor porcentaje las del GNS.

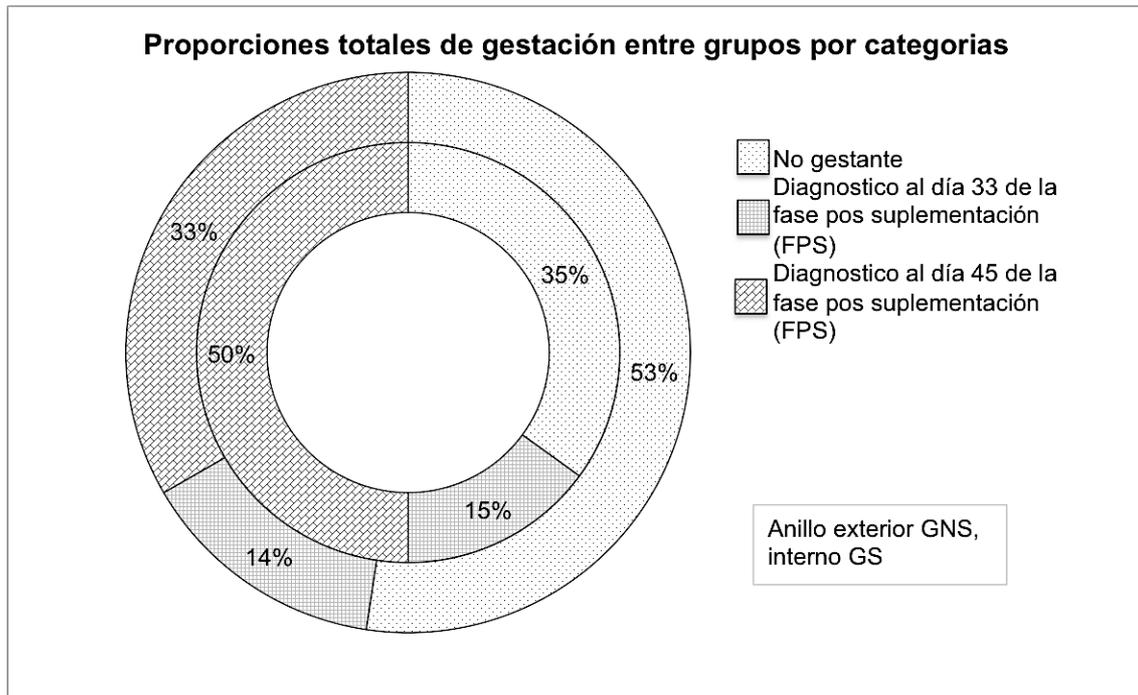


Figura 9. Comparación de proporciones entre el grupo no suplementado (GNS) y grupo suplementado (GS) respectivamente por categoría ($P > 0.05$)

La evolución de los momentos de detección de gestación se evaluó por medio de las curvas de sobrevivencia de Kaplan-Meier para determinar diferencia entre ellas. (Fig. 10). Se observa que el GS se separa ligeramente (flecha) del GNS mostrando cierta precocidad a favor del GS. Sin embargo, su duración no es la suficiente para marcar una diferencia ($P > 0.05$).

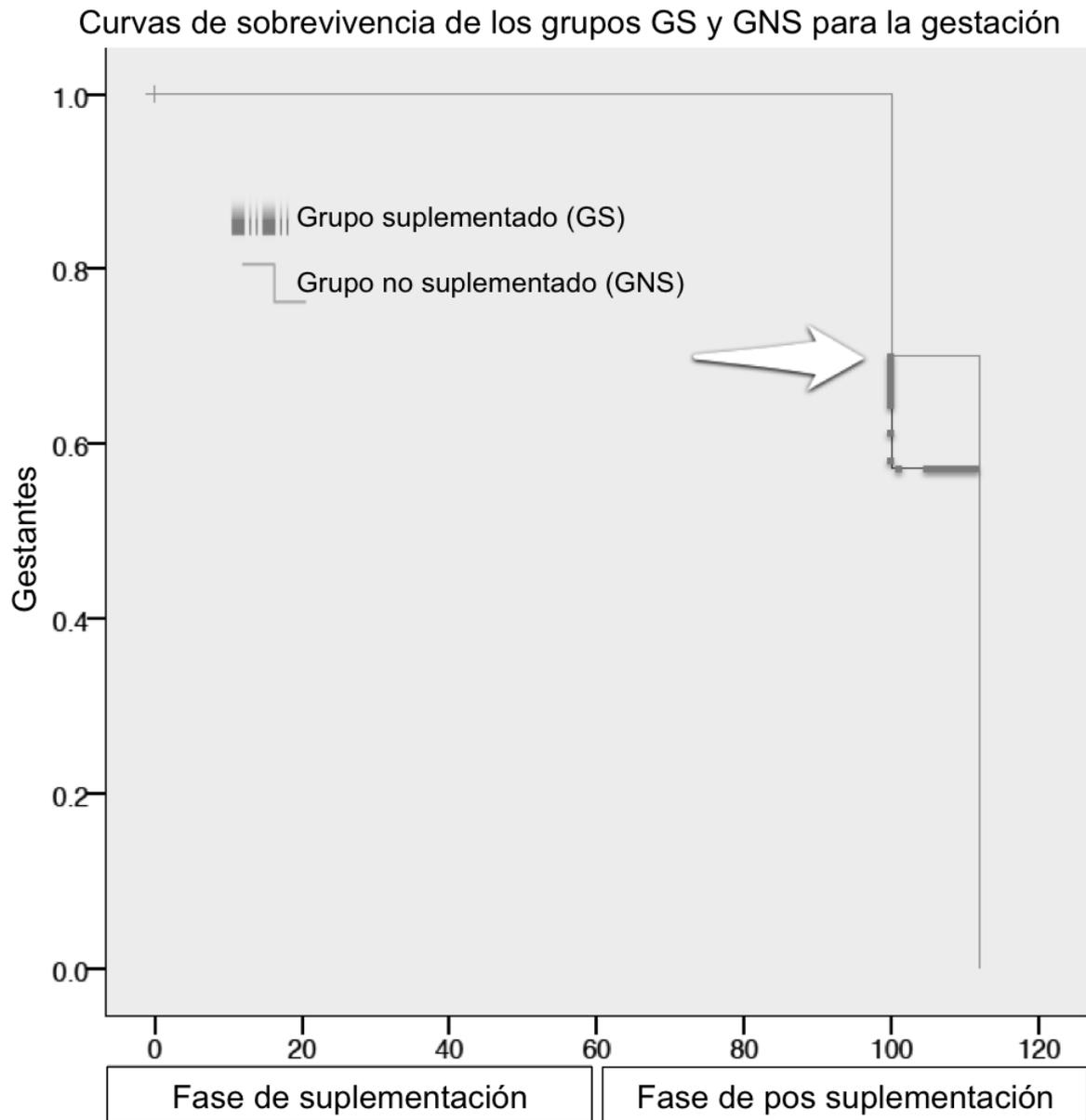


Figura 10. Curvas de sobrevivencia de Kaplan-Meier de los grupos GS y GNS respectivamente para la variable gestación a lo largo del estudio. No se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$).

Ocurrencia de la gestación

La tasa de gestación final se consideró como variable dicotómica dependiente para determinar posibles asociaciones con: el momento en el que fue diagnosticada (GEST), la ciclicidad a lo largo del estudio (CYC) y la

suplementación (TRT). Se realizó un modelo de regresión logística nominal cuyos estadísticos de prueba resumidos son los cuadros 2 y 3.

Cuadro 2. Arreglo logístico general para gestantes

Modelo	LogProb	G.L	Chi Cuadrado	Prob>X ²
Diferencia	27.818535	5	55.63707	<.0001
Completo	5.09762e-7			
Reducido	27.818536			

Razón probabilidad de la prueba

Cuadro 3. Estadísticos de prueba para la regresión logística nominal para la variable gestantes. No se halló asociación del tratamiento ni de la ciclicidad ($P>0.05$), en contraste se encontró diferencia altamente significativa ($P<.0001$) respecto a los momentos de detección de gestación.

Fuente de variación	Nparm	G.L	L-R X ²	Prob>X ²	Razón de probabilidad
CYC	2	2	0	1.0000	
GEST	2	2	42.2421953	<.0001	1.546e-16
TRT	1	1	0	1.0000	

El arreglo logístico general (cuadro 2) muestra el resumen de la prueba y la probabilidad de Chi cuadrada (X^2) general, y el cuadro 3 detalla la variable gestación y su asociación con el resto de las variables. Se halló efecto positivo en los momentos de detección de la gestación (GEST, $P<.0001$) indicando un fuerte efecto predictivo (con 1.5 más de probabilidad de éxito de que ocurra la gestación) lo que sugiere que el momento en el que se detecta la gestación (33 o 45 días pos empadre) después de un tratamiento con suplemento y sincronización podría influir al menos de manera indirecta sobre las tasas de gestación finales bajo estas condiciones.

VIII. DISCUSIÓN

Grasa dorsal y Condición corporal

El comportamiento general de la GD tanto en la FS como en la de FPS no mostró diferencias atribuibles al concentrado. Sin embargo, en el grupo suplementado los valores promedio fueron ligeramente superiores al testigo aunque con variaciones en el patrón de la GD a través del tiempo. Es posible que el efecto de la suplementación no se reflejó en la cantidad de grasa presente en el animal debido quizá a que la fase de suplementación fue demasiado corta (Alonso *et al.* 2008). Estudios en donde la suplementación tiene una duración de 130 días muestran que ésta se ve reflejada mayormente sobre la ganancia de peso (GP) y la CC, no sobre las variables reproductivas como dinámica folicular y porcentaje de hembras en celo (Soto-Camargo *et al.* 1997a, b).

La limitada respuesta de las novillas también pudo estar influenciada por el peso en que las hembras llegaron a la fase de suplementación, ya que podrían estar aún en etapa de crecimiento (Soto-Camargo *et al.* 1997a); en efecto, el peso promedio durante el experimento fue 307 kg y la media del peso adulto para vacas cebú es de 450 kg de acuerdo a una recopilación bibliográfica sobre el tema (Galina y Arthur, 1989); esto equivale al 68% de su peso adulto lo que quizá explica la movilización de las reservas grasas con miras hacia el crecimiento. En animales más pesados, si se ha encontrado un efecto de la suplementación, por ejemplo Maquivar *et al.* (2010) reportan que suplementando novillas por 45 días con un peso promedio de 340 kg (75% del peso adulto) hay diferencias entre el grupo suplementado y el testigo al día 30 del tratamiento.

Por otro lado, hay reportes que mencionan que el lugar de medición de la GD puede ser un factor discrepante cuando se comparan estudios similares. La variabilidad depende del sitio anatómico donde se tome la medida; Blas-Pérez (2011) realizó mediciones en la región lumbar obteniendo valores que oscilaban entre 0.79 a 0.97 cm y los comparó con las medidas obtenidas por otros autores (Domecq *et al.* 1995 (Holstein); Frasinelli *et al.* 2004 (Angus); Ayres *et al.* 2009 (Nelore)) encontrando un rango de 0.36 a 0.94 cm. Similar a lo encontrado por Silva *et al.* (2005) quienes la midieron perpendicular a la columna vertebral entre las vertebrae lumbares tercera y cuarta reportando rangos de 0.62 a 0.74 cm. En el presente trabajo, la medición de la GD se llevó a cabo en la grupa, paralela a la vertebra sacra entre la tuberosidades coxal e isquiática, según las observaciones de Schröder y Staufienbiel (2006) con valores promedio de 0.41 cm. Dado que no existe un estándar al respecto, resulta complicado evaluar la GD en base a la comparación. En el presente estudio se puede presumir que la región escogida tenía *per se* poca cantidad de GD, ya sea porque estaban creciendo y no almacenaban suficiente grasa, por que es posible que el excedente energético se utilizará para tal fin.

Al igual que la GD, la CC no explica el efecto de la suplementación, ya que no existieron diferencias de estas estimaciones durante las dos fases de estudio. Esto pudo ser debido a factores inherentes a la propia valoración como lo son su subjetividad (Kohiruimaki *et al.* 2006) y por ende la precisión, elementos que pueden jugar un papel importante cuando se juzga este parámetro. Existe evidencia de que cuando el personal es inexperto la precisión se ve afectada hasta en un 27% (Ferguson *et al.* 1994) lo que puede resultar en una amplia

variación. Buckley *et al.* (2003) mencionan que para que la CC refleje la GP y las reservas grasas la diferencia entre estimaciones no deberán ser superiores a 0.5 puntos. En el presente trabajo, hubo poca variación del orden de 0.4 a 0.5 en una escala de 1 a 5 razón por la cual esta variable tampoco reflejó un desarrollo significativo en ambos grupos. En efecto, Edmonson *et al.* (1989) encontraron también poca variabilidad; sin embargo, no compararon sus observaciones con una evaluación más objetiva como lo es la medición de la GD. Los resultados observados en nuestro estudio concuerdan con lo mencionado por Mönsenfetchel *et al.* (2002) acerca de que la evaluación de GD resulta más útil para determinar el estado nutricional del animal que con la sola estimación de la CC. Al evaluar de manera conjunta, permitió juzgar la subjetividad de la CC y presumir que los animales no perdieron o ganaron peso significativamente a lo largo de todo experimento. Si la suplementación no se evidenció en estos parámetros; esto no se debió posiblemente a errores en su estimación sino a otros factores.

El hecho de que la suplementación no se vio reflejada en la GD y CC puede deberse también a las condiciones climáticas. En efecto, Holroyd *et al.* (1983) demostraron que la influencia de la suplementación puede ser más significativa si el año anterior es pobre en lluvias. Maquivar *et al.* (2006a) en un estudio a dos años, evaluaron el efecto de la suplementación bajo condiciones del trópico húmedo; durante el primer año (mayormente seco), no demostraron que hubiera efectos significativos sobre la CC o el peso. En cambio, en el segundo año, el efecto del suplemento pudo ser más marcado mostrando diferencia en el peso debido quizá a la baja calidad del forraje en esta época. Es factible que en aquel trabajo y en este; el clima, la calidad del pasto o una interacción entre estos y el

concentrado (Riquelme, 1987) influenciara los resultados. En efecto, la suplementación se inició en abril (fin de la época de secas) y las lluvias comenzaron temprano lo que pudo ocasionar que no existieran diferencias de la suplementación sobre la CC y la GD. En contraste, Alonso *et al.* (2008) encontraron una influencia de la suplementación al final de la época seca sobre la CC no así sobre la GD, esto debido tal vez a aspectos metabólicos influenciados por factores medio ambientales. Al respecto, se sabe que los cambios metabólicos asociados con un aumento del consumo de energía mejoran aspectos fisiológicos en animales en producción.

En vacas lecheras, Canfiel y Butler (1990) demostraron una relación entre el estado energético posparto (BEN) y el aumento de la secreción hormonal después de que los animales alcanzan el NADIR (punto más bajo de balance energético) y se empiezan a recuperar energéticamente, aunque se mantienen en BEN hasta los días 70 a 80 y en vacas de primer parto hasta los 100 días posparto (Butler *et al.* 2000; Villa-Godoy *et al.* 1988) tiempo en el cual hay una baja fertilidad (Lucy *et al.* 1992). Un mecanismo similar puede explicar lo que ocurre en las novillas en el trópico, que al salir de la estación seca están bajo un régimen de restricción alimenticia durante esta época y por tanto en BEN, de modo que el uso de la suplementación, puede estar justificada a fin de promover la GP reflejada en CC y confirmada en la GD. Sin embargo, no se encontró tal efecto, lo que hace pensar que las variaciones en las condiciones climáticas entre años es el principal factor que incide sobre el desarrollo metabólico del animal. Es posible que la tendencia hacia la producción de animales magros por medio de la

eficiencia en el consumo de alimento haya tenido un efecto similar a lo reportado en la producción cárnica con *Bos taurus*.

En una revisión de literatura Randel y Welsh (2012) mencionan que una forma de lograrlo es por medio de la estimación del consumo de alimento residual (RFI), que considera el consumo de alimento promedio dividido por la media de la ganancia diaria de peso (GDP). Su uso ha tenido éxito en vaquillas *Bos taurus* acortando la edad a la pubertad posibilitando que los animales con un RFI pueden tener diferente metabolismo intermediario y, por lo tanto, diferencias en la edad a la pubertad. Bajos niveles de RFI ocasiona una pubertad a una mayor edad. Por tanto, la edad al primer parto se prolonga negativamente en términos productivos pero no el intervalo entre partos. Es posible que no haya ningún método aceptable para mejorar la eficiencia del alimento sin perjudicar la eficiencia reproductiva. En *Bos indicus* las vaquillas llegan a la pubertad tardíamente, su madurez sexual puede o no verse influenciada por la selección hacia el RFI. Factores tales como los patrones de crecimiento y madurez pueden afectar esta selección (Archer *et al.* 1999). Por lo tanto, el desempeño reproductivo en relación con la pubertad y después del parto de novillas primíparas puede verse afectado.

Por otro lado, se sabe que los forrajes pueden presentar gran variabilidad en disponibilidad y calidad entre años y entre épocas (Mendoza y Ricalde, 1996). Así, la falta de respuesta al suplemento pudo deberse a que el contenido de proteína de los forrajes fue mayor a la del concentrado lo que influyó sobre la GP en ambos grupos. En términos generales, se han encontrado GP de 0.5 kg/día en ganado pastando Estrella africana sin suplemento (Pérez *et al.* 2001) cuyos análisis bromatológicos estiman su contenido de proteína cruda (PC) en 5 a 9%

(Ramos *et al.* 1995; Aranda *et al.* 2001; Pérez *et al.* 2001). En este estudio el contenido de PC del suplemento fue de 13.5% ya que en ensayos previos se habían evaluado los efectos con 0.5, 1.0 y 1.5% PC (Castellanos *et al.* 1998), y con 5.5 a 13% PC respectivamente (Maquivar *et al.* 2006a). Los investigadores encontraron que a medida que aumenta el concentrado este puede influir en parámetros como la GD y la CC. Soto-Camargo *et al.* (1997a) suplementaron con 18% PC a razón de 1% del peso encontrando poco efecto sobre GD y la CC a pesar de la cantidad relativamente alta del concentrado. Sin embargo, no se encontraron diferencias posiblemente debido a que el grupo testigo no perdió peso ya sea por que la calidad de los forrajes fue buena ese año o la cantidad de proteína en el concentrado no fue suficiente. Holroyd *et al.* (1983) en un estudio realizado en Australia durante un período de cinco años, encontraron que para mostrar diferencias entre tratamientos, si los animales testigo no pierden peso los posibles efectos del suplemento son enmascarados por estos.

Finalmente habrá que considerar el posible efecto del consumo de materia seca (MS) del forraje, hay evidencia de que éste aumenta con la suplementación en animales criados en trópico, particularmente si el contenido de PC del forraje es inferior al 6% (Aranda *et al.* 2001). Otro factor a considerar es la cantidad y tipo de suplemento proporcionado; ya que suplementos altos en proteína pueden acidificar el pH ruminal y reducir la digestibilidad del forraje al disminuir la población bacteriana celulítica (Ørskov, 1999; Cabrera *et al.* 2000; Aranda *et al.* 2001) ocasionando poco aprovechamiento de nutrientes y por ende poca acumulación de reservas energéticas en forma de grasa. Queda por evaluar en

conjunto la calidad del forraje, la influencia estacional sobre su disponibilidad y su efecto cuando se implementan programas de suplementación.

En resumen, la respuesta animal a la suplementación bajo condiciones de pastoreo extensivo está en función de diversas interacciones con el forraje (calidad y disponibilidad), los microorganismos del rumen y su capacidad de degradación (Aranda *et al.* 2001), el clima (Holroyd *et al.* 1983), los nutrientes del suelo y el manejo de ganado (Mendoza y Ricalde, 1996). En general, al suplementar se pueden esperar efectos sustantivos, asociativos o antagónicos (Riquelme, 1987), pudiéndose reflejar en las GP o en sus estimadores asociados como la CC y la GD. Tal y como lo reportan estudios previos en novillas (Soto-Camargo *et al.* 1997a y b) la suplementación promueve la GP, así como la CC sin que estas mejoras productivas se reflejen necesariamente en la GD o los parámetros reproductivos. En vacas posparto, por ejemplo, Soto *et al.* (2001) encontraron que la suplementación puede tener diferencia numérica antes y después del parto sobre parámetros reproductivos, pero ésta no es significativa.

Ciclicidad y Estructuras ováricas

Se encontró que el 37% de las novillas tenían concentraciones de P₄ indicativos de un CL funcional en la FS y de 41% en la FPS (incluye animales de ambos grupos) sin que estos valores sean significativos. Sin considerar grupos, la ciclicidad general fue de 78%. Respecto al posible efecto de la CC o la GD sobre este parámetro en este trabajo no influyeron; sin embargo, Soto-Camargo *et al.* (1997a) reportan que aquellas novillas con una CC de entre 3 y 3.5 (escala 1-5) su respuesta al estro en el grupo suplementado fue mejor que en el grupo testigo

hacia el final del trabajo (100 y 93% respectivamente). Maquivar *et al.* (2006a) en un experimento de dos años de duración obtuvieron un porcentaje de ciclicidad en el grupo suplementado para el primer año del 100% y para el segundo un 95% pero cuando se comparan con sus respectivos testigos no hay diferencias estadísticas y ello resulta concordante con este trabajo al comparar ambos grupos; posiblemente el factor clima pudo jugar un papel importante pues en ambos estudios las condiciones ambientales fueron moderadas, lo que influyó en una mejor calidad del forraje y de manera indirecta una mejor ciclicidad general.

Al evaluar de manera separada y bajo condiciones del presente experimento el GNS en la FS mostró que el 38% de los animales estaba ciclando, y en la FPS lo hacía en la misma proporción. Para el GS los porcentajes fueron de 35 y 45% respectivamente (fig. 6); esto puede ser atribuible a la suplementación aunque no se reflejó estadísticamente. Otra explicación es que el programa sincronizador (al final de la fase de suplementación) influirá en la presentación de estros, como lo sigue Orihuela (2000). El autor describe diferencias entre celos naturales e inducidos siendo estos más intensos que los primeros, esto puede explicar el contraste en el GS, lo cual no se ratificó pues no se detectaron celos de forma intensiva. Por otro lado, la ocurrencia de la ciclicidad (eventos a través del tiempo desde el inicio del experimento hasta su final) en función de las concentraciones de P_4 para ambos grupos; no mostró efecto del concentrado. A pesar de la tendencia de precocidad durante la fase de suplementación en el grupo tratado.

Por otro lado, en este estudio se observó que el desarrollo de estructuras ováricas fue similar para ambos grupos, sin embargo, en los animales que recibieron el

suplemento hubo un número ligeramente mayor de folículos $\geq 8\text{mm}$ así como proporción notoria de CL's lo que se tradujo en mayor número de animales ciclando. Este hallazgo está de acuerdo con estudios previos (Maquivar *et al.* 2006a; Alonso *et al.* 2008) quienes también reportaron proporciones similares de folículos $>9\text{mm}$ y CL al final de sus experimentos en el grupo suplementado. Lo anterior apoya la hipótesis de Cavalieri y Fitzpatrick (1995) respecto a que a mayor CC y peso ofrecen mejores posibilidades de desarrollar un CL funcional a pesar de que en este trabajo no hubo una relación directa. En efecto, en la revisión de literatura de Diskin *et al.* (2003) sugieren que el estado nutricional del animal puede afectar el crecimiento folicular, maduración y por supuesto ovulación (fig. 1).

Los resultados obtenidos denotan que el efecto de la suplementación antes de un programa de sincronización puede tener un resultado similar a lo reportado en ovejas donde la alimentación estratégica produce un aumento en la tasa de ovulación (Bari *et al.* 2000). Respecto al crecimiento de los folículos de menor diámetro no se encontró un efecto atribuible a la suplementación similar a lo descrito ya por otros investigadores. Con base en las condiciones del presente experimento, se concluye que la suplementación mejora la proporción general de animales con CL, sin embargo, su efecto sobre el desarrollo folicular es variable lo que sugiere que su crecimiento es influido además por otros factores intrínsecos y no se debe solo al aumento en el consumo de energía.

Tasa y ocurrencia de gestación

Como ya se ha reiterado, la respuesta a la suplementación puede ser muy variable y depende de otros factores sobre todo cuando se habla de parámetros reproductivos. Respecto a la tasa de gestación Khireddine *et al.* (1998) trabajaron con dietas energéticas y sincronización, demostraron que tanto la dinámica folicular como la tasa de gestación final se ve beneficiada con esta práctica. En el presente estudio se obtuvo un 56% de gestación lo que concuerda con el 51-60% encontrado por otros autores tras un empadre con monta natural (Galicia *et al.* 1999; Chávez *et al.* 2008). Los trabajos anteriores no contemplan el efecto de suplementación alguna; pero al evaluar dicha variable no se encontraron diferencias estadísticas quizá debido a que el número de animales evaluados fue reducido. En este ensayo se registraron dos momentos de detección de la gestación contando a partir de la entrada de los toros (FPS), el primero al día 33 y el segundo al día 45; para el caso del primer período solo se detectaron 3 vacas por grupo; mientras que para el segundo se diagnosticaron 10 en el GS; es decir, 50% y 7 (33%) en el testigo. Es interesante que en este caso se registrara una mayor cantidad de gestaciones en el GS lo que equivale a un 17% superior al testigo; sin embargo, esto no fue significativo. Posiblemente la diferencia con que las hembras mostraron el celo haya influenciado en estos datos, en cuyo caso aquellas gestaciones tempranas al día 33 pudieron ser producto de la sincronización previa y para el segundo momento de un celo natural. Otra posibilidad radica en la exactitud en la estimación temprana de la preñez y su correlación con la escala propuesta por Rosiles *et al.* (2005) estos investigadores muestran que la gestación puede ser detectada por ultrasonido tan

tempranamente como al día 20, esto concuerda al menos en el primer momento, Pierson y Ginther (1984) por otro lado, afirman que el embrión puede ser observado entre los días 26 y 29. Para el caso del segundo momento es posible que las gestaciones registradas aquí no fueran detectadas sino hasta que las estructuras embrionarias fueron más evidentes lo que supondría un retraso en la detección.

Por otro lado, Alonso *et al.* (2012) en un estudio a dos años encontraron un promedio de gestaciones para los dos años de 86% en vacas posparto. Del total de hembras preñadas, el 68% corresponde al grupo posparto temprano (EP) y el remanente correspondió a vacas de posparto tardío (LP). Ellos al igual que en este estudio compararon la ocurrencia de gestación entre grupos en relación al tiempo transcurrido entre la entrada de los toros hasta la detección temprana de la gestación por ultrasonido y conforme se confirmaban fue posible construir curvas de sobrevida sin encontrar diferencias significativas al comparar entre grupos.

La estimación temprana de gestación a partir del ultrasonido nos permite predecir la eficiencia reproductiva tanto de las hembras como por parte de los machos en un empadre con monta natural, esto pudiera beneficiar no solo a hatos de carne mantenidos bajo las condiciones del presente estudio, sino también hatos lecheros los cuales dan servicio con monta natural una vez finalizado el periodo de inseminación artificial (IA) y por tanto desconocen si la fertilidad obtenida es por resultado de la IA o del servicio de monta natural por los sementales. En este estudio el porcentaje final de hembras vacías fue de 44% ya sea porque no se preñaron o debido a muerte embrionaria antes o después de establecido el diagnóstico gestacional; en esta última posibilidad no podemos inferir el momento

en el cual sucedió la pérdida ya que una vez confirmada la viabilidad del embrión en el segundo diagnóstico, la hembra dejaba de ser monitoreada. Así pues, el empleo del ultrasonido confirma que al menos hasta el segundo monitoreo el embrión seguía vivo lo cual corrobora la inocuidad de esta técnica (Ball y Logue, 1994; Baxter y Ward, 1997). Por tanto, se puede considerar que la pérdida embrionaria de nuestro estudio no es consecuencia del diagnóstico de gestación.

IX. CONCLUSIONES

Bajo condiciones de este trabajo queda de manifiesto que multitud de factores están en juego e influyen a diferentes niveles sobre el animal. En nuestra experiencia factores tales como la edad, la calidad de los forrajes y el clima fueron determinantes. Estas interacciones son de consideración y ameritan mas investigación. Existe la posibilidad de que particularmente en la época en que se llevó a cabo el estudio fue bueno en lluvias contrario a lo que en años pasados se reporta en la región. Por tanto los nutrientes aportados por los pastos eran al menos suficientes para los requerimientos de los animales pudiendo entonces enmascarar el efecto de la suplementación. Lo que repercutió en menos estrés en términos metabólicos para las vacas quedando claro que los factores medio-ambientales son difíciles de controlar y predecir es obvio que lo que sucede en una año anterior no necesariamente se repite en el siguiente. Por otro lado, son más perfectibles factores propios animal, la alimentación y del manejo del ható. Por lo tanto se sugiere atender estos aspectos en el entendido de que si este manejo es correcto, el posible impacto del ambiente puede ser minimizado y esto es muy importante en el trópico donde las condiciones son extensivas y el clima variable. En general, suplementar a corto plazo funciona como lo han demostrado otras investigaciones. En este trabajo, a pesar de que no se demostró su influencia directa es interesante que en la FPS el GS resultaba con modestas diferencias numéricas superiores al GNS en la mayoría de los casos y también que se halló evidencia de asociación entre los momentos de detección (día 45) de la gestación donde de nuevo el GS mostró mayor proporción quizá influenciado indirectamente por la suplementación. Sin embargo, hace falta evaluar el impacto

económico y ventajas de la implementación de concentrados en novillas en trópico donde aún hay poca información. Otra explicación posible es que efectivamente las novillas estaban muy jóvenes y creciendo por lo que no perdieron peso (sobre todo el grupo testigo) reflejado esto principalmente en la CC y la GD, por lo que el excedente energético del suplemento se utilizaba para este fin dejando a la reproducción en segundo plano. Finalmente, el tiempo requerido para ver cambios y sacar conclusiones no siempre es el adecuado ya que existen limitaciones técnicas sobretodo en el trópico latinoamericano. A pesar de ello es deseable que se encuentren los medios para hacer estudios a largo plazo que permitan dar recomendaciones mas apropiadas contribuyendo a la sustentabilidad del área y mejorar la calidad de vida de los animales y de quienes viven de ellos.

X. LITERATURA CITADA

1. Ahmed M.M.M., El-Hag F.M. Energy supply to livestock from tropical rangeland during the dry season. *Trop. Anim. Health. Prod.* 35: 169-177 (2003).
2. Alonso L., Galina C.S., Romero-Zúñiga J.J., Estrada S., Galindo J. Utilidad de la palpación rectal y la ecografía transrectal en el diagnóstico de gestación del ganado cebú en el trópico húmedo de Costa Rica. *Revista Científica, FCV-LUZ.*23: 9-16 (2012).
3. Alonso L., Maquivar M., Galina C.S., Mendoza G.D., Guzmán A., Estrada S., Villareal M., Molina R. Effect of ruminally protected methionine on the productive and reproductive performance of grazing *Bos indicus* heifers raised in the humid tropics of Costa Rica. *Trop. Anim. Health. Prod.* 40:667–672 (2008).
4. Anta E., Rivera J.A., Galina C.S., Porras A., Zarco L. Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. *Veterinaria México* 20: 11-18 (1989).
5. Aranda E., Mendoza G.D., García-Bojalil C., Castrejón F. Growth of heifers grazing star grass complemented with sugar cane, urea and a protein supplement. *Livestock Production Science.* 71: 201-206 (2001).
6. Archer J.A., Richardson E.C., Herd R.M., Arthur P.F. Potential for selection to improve feed efficiency in British-bred cattle. A Review. *Aust. J. Agric. Res.* 50:147-161 (1999).
7. Ayres H., Machado Ferreira R., de Souza Torres-Júnior J.R., Garcia Borges Demétrio C., Gonçalves de Lima C., Baruselli P.S. Validation of body

- condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. *Livestock Science* 123: 175–179 (2009).
8. Ball P.J.H; Logue D.D.N. Ultrasound diagnosis of pregnancy in cattle. *Vet. Rec.* 134: 532 (1994).
 9. Bari F., Khalid M., Haresign W., Murray A., Merrell B. Effect of mating system flushing procedure, progesterone dose and donor ewe age on the yield and quality of embryos within a MOET program in sheep. *Theriogenology*. 53: 727-742 (2000).
 10. Bauman D.E., Currie W.B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy. Sci.* 63: 1514-1529 (1980).
 11. Baxter S.J.; Ward W.R. Incidence of fetal loss in dairy cattle after pregnancy diagnosis using ultrasound scanner. *Vet. Rec.* 140: 287-288(1997).
 12. Blas Pérez Delfina Victoria. Relación entre condición corporal, grasa dorsal y desempeño reproductivo en vacas *Bos indicus*. Tesis de licenciatura. FMVZ-UNAM (2011).
 13. Bolaños J.M., Galina C.S., Estrada S., Forsberg M. Resumption of post-partum ovarian activity monitored by plasma progesterone in anoestrous zebu (*Bos indicus*) cattle following temporary weaning and progestagen treatment. *Reprod. Dom. Anim.* 32:267-271 (1997).
 14. Bossis I., Wettemann R.P., Welty S.D., Vizcarra J.A., Spicer L.J., Diskin M.G. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: Ovarian and endocrine function preceding cessation of ovulation. *J. Anim. Sci.* 77: 1536-1546 (1999).

15. Buckley F., O'Sullivan K., Mee J.F., Evans R.D., Dillon P. Relationships among milk yield, body condition, cow weight and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 86: 2308-2319 (2003).
16. Burke J.M., Hampton J.H., Staples C.R., Thatcher W.W. Body condition influences maintenance of a persistent first wave dominant follicle in dairy cattle. *Theriogenology.* 49: 751-760 (1998).
17. Butler W.R. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 449-457 (2000).
18. Cabrera E.J.I., Mendoza M.G.D., Aranda I.E., García-Bojalil C., Bárcena G.R., Ramos J.J.A. *Saccharomyces cerevisiae* and nitrogenous supplementation in growing steers grazing tropical pastures. *Animal Feed Science and Technology.* 83: 49-5 (2000).
19. Canfield R.W., Butler W.R. Energy balance and pulsatile LH secretion in early postpartum dairy cattle. *Domestic Animal Endocrinology.* 7: 323-330 (1990).
20. Castellanos A., Castillo E., Rubio I., Galina C.S., Martínez A. Efecto del nivel de suplementación sobre la fertilidad de novillonas Brahman en un clima cálido-húmedo Af (m). *Avances en Investigación Agropecuaria.* 7: 22-29 (1998).
21. Cavalieri J., Fitzpatrick L.A. Artificial insemination of *Bos indicus* heifers: The effects of body weight, condition score, ovarian cyclic status, and insemination regimen on pregnancy rate. *Australian Veterinary Journal.* 72: 441-447 (1995).

22. Chaudry M.Z., Kalil-ur-Rehman S.S.K. Breeding efficiency and its relationships with other traits in Sahiwal and Sahiwal crossbred cows. *Pakistan Veterinary Journal*. 4: 135-138 (1984).
23. Chávez D., Maquivar M., Galina C.S., Galindo J., Molina R., Molina-Montero R., Estrada S. Evaluation of early embryonic development after natural mating using ultrasonography in *Bos indicus* cows in the humid tropics of Costa Rica. *Vet. Res. Commun.* 32:393–400 (2008).
24. Chopra S.C., Khanna A.S. Relationship between weight and age at sexual maturity in crossbred cattle. *Indian J. Anim: Genet.* 2: 12 (1980).
25. Córdova D.F. Efecto de la suplementación nitrogenada y un cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la digestibilidad y consumo de pasto insurgente (*Brachiaria brizantha*) en toretes. Montecillo, Edo. de México, Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados Tesis de Maestría; 66pp, (1996).
26. Cutaia L., Veneranda G., Tribulo R., Baruselli P.S., Bó G.A. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. *Memorias del 5° Simposio Internacional de Reproducción Animal*. 2003 junio 27-29; Huerta Grande Córdoba, Argentina; 2003: 119-132.
27. Dawson-Saunders B., Trapp G.R. *Bioestadística Médica*. 2da Edición Ed. Manual Moderno. México D.F. (1997).
28. Díaz G.S., Galina C.S., Basurto C.H., Ochoa G.P. Efecto de la progesterona natural con o sin la adición de benzoato de estradiol sobre la presentación de celo, ovulación y gestación en animales tipo *Bos indicus* en el trópico mexicano. *Arch. Med. Vet.* 34: 235-244 (2002).

29. Diskin M.G., Mackey D.R., Roche J.F., Sreenan J.M. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 78: 345-370 (2003).
30. Domecq J.J., Skidmore A.L., Lloyd J.W., Kaneene J.B. Validation of body condition scores with ultrasound measurements of subcutaneous fat of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78: 2308-2313 (1995).
31. Edmonson A.J., Lean I.J., Weaver L.D., Farver T., Webster G. A body condition score chart for Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 72: 68–78 (1989).
32. Elanco. Body condition scoring in dairy cattle. *Elanco Animal Health Bull.* AI 8478. Elanco Animal Health, Greenfield, IN. (1996).
33. Escobar F.J., Jara L.C., Galina C.S., Fernández Baca S. Efecto del amamantamiento sobre la actividad reproductiva posparto en vacas Cebú, criollas y F1 (Cebú x Holstein) en el trópico húmedo de México. *Veterinaria México* 15: 243-248 (1984).
34. Evans H.L., Willard S.T., King R., Van R.C. Case study: Relationships among live animal carcass traits, the estrous cycle, and synchronization of estrus in beef heifers. *Prof. Anim. Sci.* 20: 453-459 (2004).
35. Ferguson J. D., Galligan D. T., Thomsen N. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77:2695. (1994).
36. Fordyce G., Tyler R., Anderson V.J. Effect of reproductive status, body condition and age of *Bos indicus* cross cows early in a drought on survival and subsequent reproductive performance. *Aust. J. Exp. Agric.* 30: 315–322 (1990).

37. Frasinelli C.A., Casagrande H.J., Veneciano J.H. La condición corporal como herramienta de manejo en rodeos de cría bovina. EEA San Luis 2004. Información técnica N° 68: 1-17.
38. Friggens N.C., Inguatsen K.L., Emmans G.C. Prediction of body lipid change in pregnancy and lactation. J. Dairy Sci. 87: 988-1000 (2004).
39. Galicia L.L., Estrada K.S., Galina C.S., Pérez G.E., Molina S.R. Velocidad de gestación en el ganado *Bos indicus* en el trópico húmedo de Costa Rica. Ciencias Veterinarias (Costa Rica) 59-69 (1999).
40. Galina C.S., Arthur G.H. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 1. Puberty and age at first calving. Animal Breeding Abstracts. 57: 583-590 (1989).
41. Gallant, A.R. Nonlinear Statistical Models. Ed. John Wiley and Sons. New York (1987)
42. Gasser C.L., Behlke E.J., Grum D.E., Day M.L. Effect of timing of feeding high-concentrate diet on growth and attainment of puberty in early-weaned heifers. J. Anim. Sci. 84: 3118-3122 (2006d).
43. Gasser C.L., Bridges G.A., Mussard M.L., Grum D.E., Kinder J.E., Day M.L.: Induction of precocious puberty in heifers III: hastened of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. J. Anim. Sci. 84: 2050-2056 (2006c).
44. Gasser C.L., Burke C.R., Mussard M.L., Behlke E.J., Grum D.E., Kinder J.E., Day M.L. Induction of precocious puberty in heifers II: advanced ovarian follicular development. J. Anim. Sci. 84: 2042-2049 (2006b).

45. Gasser C.L., Grum D.E., Mussard M.L., Fluharty F.L., Kinder J.E., Day M.L. Induction of precocious puberty in heifers I: enhanced secretion of Luteinizing Hormone. *J. Anim. Sci.* 84: 2035-2041 (2006a).
46. Gauthier D., Thimonier J. Seasonal variations in criollo heifer cyclicity: effect of growth, age and emotionalism. *Reprod. Nut. Develop.* 22: 681 (1982).
47. Gutiérrez C., Galina C.S., Zarco L., Rubio I. Patterns of follicular growth during prepuberal anoestrus and transition from anoestrus to oestrus cycles in *Bos indicus* heifers. *Adv. Agri. Res.* 3: 1-11 (1994).
48. Holroyd R.G., O'Rourke P.K., Clarke M.R., Loxton I.D. Influence of pasture type and supplement on fertility and live weight of cows, and progeny growth rate in the dry tropics of northern Queensland. *Aust. J. Exp. Agric.* 23: 4-13 (1983).
49. Kaplan E.I., Meir P. *J. Am. Stat. Assoc.* 53: 457 (1958).
50. Kennedy P.M., Lowry J.B., Coates D.B., Oerlemans J. Utilization of tropical dry season grass by ruminants is increased by feeding fallen leaf of siris (*Albizia lebeck*). *Animal Feed Science and Technology.* 96: 175-192 (2002).
51. Khireddine B., Grimard B., Ponter A.A., Ponsart C., Boudjenah H., Mialot J.P., Sauvant D., Humblot P. Influence of flushing on LH secretion, follicular growth and the response to estrus synchronization treatment in suckled beef cows. *Theriogenology.* 49: 1409-1423 (1998).
52. Koeppen W. *Climatología*. Fondo de Cultura Económica, México. 477 pp. (1948).

53. Kohiruimaki M., Ohtsuka H., Hayashi T., Kimura K., Masui M., Ando T., Watanabe D., Kawamura S. Evaluation by weight change rate in dairy herd condition. *J. Vet. Med. Sci.* 68: 935-940 (2006).
54. Kuehl O.R. *Diseño de experimentos*. 2da. Edición México: Ed. Thompson Learning. (2001).
55. Lalman D.L., Keisler D.H., Williams J.E., Scholljegerdes E.J., Mallet D.M. Influence of postpartum weight and body condition change on duration of anestrus by undernourished suckled beef heifers. *J. Anim. Sci.* 75: 2003-2008 (1997).
56. León H.V., Hernández-Cerón J., Keisler D.H.; Gutierrez C.G. Plasma concentrations of leptin, insulin-like growth factor-I, and insulin in relation to changes in body condition score in heifers. *J. Anim. Sci.* 82: 445-451(2004).
57. Lucy M.C., Staples C.R., Thatcher W.W., Erickson P.S., Cleale R.M., Firkins J.L. *et al.* Influence of diet composition, dry matter intake, milk production and energy balance on time of post partum ovulation and fertility in dairy cows. *Anim. Prod.* 54: 323-321 (1992).
58. Mackey D.R., Sreenan J.M., Roche J.F., Diskin M.G., Effect of acute nutritional restriction on incidence of anovulation and periovulatory estradiol and gonadotrophing concentration in beef heifers. *Biology of Reproduction.* 61: 1601-1607 (1999).
59. Madalena F.E. A simple scheme to utilize heterosis in tropical dairy cattle. *Wld. Anim. Review.* 74/75: 17-25 (1993).
60. Maquivar M., Galina C.S. Factors affecting the readiness and preparation of replacement heifers in tropical breeding environments. *Reprod. Dom. Anim.* 45: 937-942 (2010).

61. Maquivar M., Galina C.S., Galindo J., Estrada S., Molina R., Mendoza G.D. Effect of protein supplementation on reproductive and productive performance in *Bos indicus* × *Bos taurus* heifers raised in the humid tropics of Costa Rica. *Trop. Anim. Health. Prod.* 42: 555–560 (2010).
62. Maquivar M., Galina C.S., Mendoza G., Verduzco A., Galindo J., Molina R., Estrada S. Predicción de la ganancia diaria de peso mediante el uso del modelo NRC en novillas suplementadas en el trópico húmedo de Costa Rica. *Revista Científica, FCV-LUZ.* 16: 634-641 (2006b).
63. Maquivar M., Galina C.S., Verduzco A., Galindo J., Molina R., Estrada S., Mendoza M.G. Reproductive response in supplemented heifers in the humid tropics of Costa Rica. *Anim. Reprod. Sci.* 93 16–23 (2006a).
64. McCosker T.H., O'Rourke P.K., Eggington A.R. Effects of providing supplements during the wet season on beef production in the Darwin district of the Northern Territory. *Rangeland J.* 13: 3–13 (1991).
65. Mendoza M.G.D., Ricalde V.R. Suplementación de bovinos en crecimiento en pastoreo. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México D.F. (1996).
66. Mizrach A.U., Flitsanov U., Maltz E., Spahrm S.L., Novakofski J.E., Murphy M.R. Ultrasound assessment of body condition changes of the dairy cow during lactation. *Trans. ASAE.* 42: 803-812 (1999).
67. Montiel F., Ahuja C. Body condition and suckling as factors influencing the duration of post partum anestrus in cattle: a review. *Anim. Reprod. Sci.* 85: 1-26 (2005).
68. Montiel F., Galina C.S., Lamothe C., Castañeda O. Effect of a feed supplementation during the mid-lactating period on body condition, milk

- yield, metabolic profile and pregnancy rate of grazing dual-purpose cows in the Mexican humid tropic. *Arch. Med. Vet.* 39: 207-213 (2007).
69. Montiel F., Galina C.S., Lamothe C., Castañeda O.G. Pregnancy rate in crossbred cows induced with norgestomet. *Indian Veterinary Journal.* 1179-1181 (2006b).
70. Montiel F., Galina C.S., Rubio I., Corro M. Factors affecting pregnancy rate of embryo transfer in *Bos indicus* and *Bos taurus/Bos indicus* cows. *J. Appl. Anim. Res.* 29: 149-152 (2006a).
71. Moran C., Quirke J.F., Roche, J.F. Puberty in heifers: a review. *Anim. Reprod. Sci.* 18: 167–182 (1989).
72. Mösenfetschel S., Hoedemaker M., Eigenmann U.J., Rüscher P. Influence of back fat thickness on the reproductive performance of dairy cows. *Veterinary Record.* 151: 387–388 (2002).
73. Mukassa-Mugerwa E. A review of reproductive performance of female *Bos indicus* (zebu) cattle. ILCA Monografía N°6 International Livestock Centre of Africa. 117-125 (1989).
74. Nürnberg K., Wegner J., Ender K. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science.* 56: 145-156 (1998).
75. Orihuela A. Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review. *Appl. Anim. Behavior Sci.* 70: 1-6 (2000).
76. Ørskov E. R. Supplement strategies for ruminants and management of feeding to maximize utilization of roughages. *Preventive Veterinary Medicine.* 38: 179-185 (1999).

77. Oyedipe E.O., Osori D.I.K., Akerejola O., Saror D., Effect of level of nutrition on onset of puberty and conception rates of Zebu heifers. *Theriogenology*. 18:525–539 (1982).
78. Peiris H., Elliott R., Hles J.M., Norton W. Alternative management strategies for maximizing productivity in beef cattle in the subtropics. *Aust. J. Exp. Agr.* 35: 317-324 (1995).
79. Pérez P.J., Alarcón Z.B., Mendoza G.M., Bárcena G.R., Hernández G.A., Herrera H.J.G. Efecto de un banco de proteína de kudzu en la ganancia de peso de toretes en pastoreo de Estrella africana. *Tec. Pec. Mex.* 39: 39-52 (2001).
80. Pierson R.A., Ginther O.J. Ultrasonography for detection of pregnancy and study of embryonic development in heifers. *Theriogenology*. 22: 225-233 (1984).
81. Poppi D.P., McLennan S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.* 73: 278-290 (1995).
82. Pulido A., Zarco L., Galina C.S., Murcia C., Flores G., Posadas E. Progesterone metabolism during storage of blood samples from Gyr cattle: Effects of anticoagulant, time and temperature of incubation. *Theriogenology*. 35: 965-975 (1991).
83. Radcliff R.P., VandeHaar M.J., Skidmore A.L., Chapin L.T., Radke B.R., Lloyd J.W., Stanisiewski E.P., Tucker H.A. Effects of diet and bovine somatotropin on heifer growth and mammary development. *J. Dairy Sci.* 80: 1996 -2003(1997).
84. Ramos J.A., Mendoza M.G., Aranda I.E., García B.C., Bárcena G.R. Caracterización del nitrógeno del pasto Estrella con dos sistemas: proteína

- metabolizable y proteína cruda digestible. Rev. Fac. Agron. Zulia. 12: 209-220 (1995).
85. Randel R D. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. J Anim Sci 68, 853-862 (1990).
86. Randel R.D., Welsh T.H. Interactions of feed efficiency with beef heifer reproductive development. J. Anim. Sci. published online October 9, (2012).
87. Richards M.W., Spitzer J.C., Warner M.B. Effect of varying levels of postpartum nutrition body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. J. Anim. Sci. 62: 300-306 (1986).
88. Richards M.W., Wettemann R.P., Schoenemann H.M. Nutritional anestrus in beef cow: body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. J. Anim. Sci. 64: 643-653 (1989).
89. Riquelme V.E. Suplementación energética para bovinos en pastoreo. En: Memoria del Seminario Internacional de Suplementación para Bovinos en Pastoreo. González S.M. (Ed.). Centro de Ganadería Colegio de Posgraduados. (1987).
90. Roche J.E., Boland M.P. Turnover of dominant follicles in cattle in different reproductive states. Theriogenology. 35: 81-90 (1991).
91. Rosiles V.A., Galina C.S., Maquivar M., Molina R., Estrada S. Ultrasonographic screening of embryo development in cattle (*Bos indicus*) between days 20 and 40 of pregnancy. Anim. Reprod. Sci. 90:31-37 (2005).
92. Saharrea M.A., Basurto C.H., Rubio I. Efecto de la condición corporal en la reproducción. Memorias del 14° día del Ganadero. 2006 julio 7; Rancho "El Clarín" FMVZ-UNAM 26-47 (2006).

93. Sánchez J.M., Soto H. Contenido de energía estimada para el crecimiento del ganado bovino, en los forrajes del trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 23: 173-178 (1999).
94. Schröder U.J., Staufenbiel R. Invited Review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of back fat thickness. *J. Dairy Sci.* 89: 1–14 (2006).
95. Seibert B.D., Playne M.J., Edey L.A. The effects of climate and nutrient supplementation on the fertility of heifers in North Queensland. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 11: 249-252 (1976).
96. Selk G.E., Wettemann R.P., Lusby K.S., Oltjen J.W., Mobley S.L., Rasby R.J., Garmendia J.C. Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J. Anim. Sci.* 66: 3153-3159 (1988).
97. Sheldon I.M., Wathes D.C., Dobson H. The management of bovine reproduction in elite herds: Review. *The Vet. J.* 171: 70-78 (2006).
98. Silva, S.R., Gomes M.J., Dias-da-Silva, A., Gil, L.F., Acevedo, J.M.T. Estimation *in vivo* of the body and carcass chemical composition of growing lambs by real-time ultrasonography. *J. Anim. Sci.* 83: 350–57 (2005).
99. Sirois J., Fortune J.E. Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real time ultrasonography. *Biology of Reproduction*. 39: 308-317 (1988).
100. Soto Camargo R., Galina C.S., Rubio I., Castillo E., Basurto H. Efecto de la suplementación alimenticia sobre el desempeño productivo y reproductivo en vaquillas Brahman a pastoreo en el trópico húmedo de México. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5: 51-64 (1997a).

101. Soto Camargo R., Galina C.S., Rubio I., Castillo E., Basurto H. Efecto de la suplementación alimenticia, condición corporal y sincronización del estro sobre la actividad de monta de vaquillas Brahman a pastoreo en el trópico húmedo de México. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5: 65-78 (1997b).
102. Soto R., Rubio I., Galina C.S., Castillo E., Rojas S. Effect of pre- and post-partum feed supplementation on the productive and reproductive performance of grazing primiparous Brahman cows. Trop. Anim. Health Prod. 33: 253-264 (2001).
103. Staples C.R., Thatcher W.W. Relationships between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. J. Dairy. Sci. 73: 938-947 (1990).
104. Stevenson J.S., Lucy M.C., Call E.P. Failure of timed inseminations and associated luteal function in dairy cattle after two injections of prostaglandin F2 alpha. Theriogenology. 28: 937-946 (1987).
105. Stonaker H.H. Beef production system in the tropics I. Extensive production systems on in fertile soils. J. Anim. Sci. 41: 1218-1223 (1975).
106. Villa-Godoy A., Hughes T.L., Emery R.S., Chapin L.T., Fogwell R.L. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 71: 1063-1072 (1988).
107. Villareal M., Estrada S., Bolaños J.M. Reproductive performance of Zebu heifers grazing on African star grass (*Cynodon nlemfuensis*) pastures, with or without access to *Arachis pintoii* protein banks in the humid tropics of Costa Rica. Tropical Agriculture. 77: 67-70 (2000).

108. Wildman E.E., Jones G.M., Wagner P.E., Boman R.L., Troutt J.R.H.F., Lesch T.N. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J. Dairy Sci.* 65:495-501 (1982).
109. Yamamoto W., ApDewi I., Ibrahim M. Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. *Agricultural Systems* 94: 368–375 (2007).
110. Yokoo M.J., Albuquerque L.G., Lôbo R.B., Bezerra L.A.F., Araujo F.R.C., Silva J.A.V., Sainz R.D. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and back fat thickness in Nelore cattle. *Liv. Sci.* 117: 147-154 (2008).

XI. ANEXOS

Análisis Bromatológico de Pastos encontrados en la Finca La Vega y La Balsa, San Carlos; Alajuela. Costa Rica

Pasto Tanzania:

Tabla 1. Composición química y digestibilidad del *Panicum maximum* cv. Tanzania en el período lluvioso.

Edades (días)	MS (%)	PB (%)	FB (%)	P (%)	Ca (%)	DMS (%)	DMO (%)
30	16.86 ^a	11.62 ^a	29.31 ^a	0.33 ^a	0.56 ^a	63.5 ^a	68.74 ^a
45	20.89 ^b	9.75 ^b	30.86 ^b	0.29 ^b	0.34 ^b	56.5 ^b	61.17 ^b
60	23.42 ^c	8.05 ^c	32.06 ^c	0.19 ^c	0.32 ^c	54.15 ^c	58.36 ^c
75	24.64 ^d	7.25 ^d	33.43 ^d	0.15 ^c	0.30 ^d	52.25 ^d	55.42 ^d
90	25.4 ^e	6.18 ^e	35.10 ^e	0.10 ^d	0.28 ^d	51.38 ^e	53.86 ^e
105	29.02 ^f	5.31 ^f	35.53 ^f	0.10 ^d	0.28 ^d	49.83 ^f	51.98 ^f
ES±	0.919	0.517	0.538	0.046	0.023	1.092	1.347

Letras diferentes en una misma columna difieren para $p < 0.05$ según Newman-Keuls.

Tabla 2. Composición química y digestibilidad del *Panicum maximum* cv. Tanzania en el período poco lluvioso.

Edades (días)	MS (%)	PB (%)	FB (%)	P (%)	Ca (%)	DMS (%)	DMO (%)
30	21.00 ^a	11.25 ^a	28.76 ^a	0.29 ^a	0.64 ^a	64.49 ^a	69.28 ^a
45	22.30 ^b	10.80 ^b	30.11 ^b	0.27 ^{ab}	0.54 ^b	60.72 ^b	64.48 ^b
60	23.60 ^c	8.25 ^c	31.77 ^c	0.27 ^{ab}	0.52 ^c	56.12 ^c	60.42 ^c
75	27.30 ^d	7.80 ^d	32.33 ^d	0.25 ^b	0.44 ^d	53.08 ^d	59.08 ^d
90	28.58 ^e	6.32 ^e	34.97 ^e	0.25 ^b	0.36 ^e	51.65 ^e	54.23 ^e
105	30.24 ^f	5.56 ^f	35.20 ^e	0.19 ^c	0.36 ^e	50.55 ^f	53.02 ^f
ES±	0.828	0.510	0.569	0.007	0.024	1.218	1.361

Letras diferentes en una misma columna difieren para $p < 0.05$ según Newman-Keuls.

Pasto Estrella:

Cuadro 2. Calidad Nutricional del Pasto Estrella Africana en el Trópico Húmedo de Costa Rica (Base Seca).

Nutrimento	Época		
	Seca ¹	Lluviosa	\bar{X}
Proteína cruda, %	8.23	17.45	12.84
Fibra detergente neutro, %	76.12	72.18	74.15
Carbohidratos no fibrosos, %	6.26	8.12	7.19
Energía neta de lactancia, Mcal/kg (3x)	1.14	1.33	1.24
Energía neta de mantenimiento, Mcal/kg	1.14	1.33	1.24
Energía neta de ganancia, Mcal/kg	0.51	0.69	0.60
¹ Promedio de 40 muestras			

Pasto Ratana:

Presenta un 7.2% de proteína cruda y una digestibilidad in vitro promedio de la materia seca de un 58% a los 27 días de rebrote. Posee una producción de forraje diaria de 22 kg MS/ha.