



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN
Y DE LA SALUD ANIMAL**

**EVALUACIÓN ECONÓMICA Y REPRODUCTIVA DEL USO DE LA
ULTRASONOGRAFÍA VS PALPACIÓN RECTAL PARA
DIAGNOSTICAR GESTACIÓN EN UN PROGRAMA DE MONTA
NATURAL EN BOVINOS DEL TRÓPICO HÚMEDO DE COSTA RICA**

**T E S I S
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
P R E S E N T A :
L I L I A N A A L O N S O A L A N U Z A**

TUTOR: Ph.D. CARLOS S. GALINA HIDALGO.

**COMÍTE TUTORAL: Ph.D. TERESA SÁNCHEZ TORRES ESQUEDA.
Ph.D. LUIS ALBERTO ZARCO QUINTERO.**

MÉXICO, D.F.

2007



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.

DEDICATORIA

**A Bertha, Luis Francisco, Dulce, Luis Alberto e Higinia.
Gracias por ser mi familia !!!**

**A Flash, Barrigona, Joshen, Sindy, Chiquilín, Nuby, Rogelio, Giya, Junior, Polo,
Timón, Kuky, Frida, Dana, Tebo, Beto, Simón, Félix, Mina y Benito.
Gracias por ser mis amigos !!!**

*Si te sientas en el camino,
ponte de frente a lo que aún has de andar
y de espaldas a lo que ya has andado.*

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Carlos Galina, por que sin conocerme me dio la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, por todo su apoyo en mi formación profesional y personal, por enseñarme el significado de responsabilidad.

A mi comité tutorial, Dra. Teresa Sánchez y Dr. Luis Zarco, por sus valiosas aportaciones para que este trabajo se realizará de la mejor manera; así como a mi comité complementario, Dr. Jaime Gallegos y Dra. Ivette Rubio.

A la Universidad Nacional Autónoma de México que por medio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, me brindó la oportunidad de crecer y con orgullo ser parte de esta Institución.

A CONACyT por la beca otorgada para la realización de este trabajo.

A la Dra. Sandra Estrada, al Dr. Juan José Romero y al Dr. Rafael Molina por todo su apoyo, consejos y tiempo que me dedicaron durante mi estancia en Costa Rica.

A la Universidad Nacional de Costa Rica y al Instituto Tecnológico de Costa Rica, principalmente a toda la gente que conforma las fincas la Vega y la Balsa, ya que sin su ayuda este trabajo no existiría.

A los ranchos el Clarín y la Soledad, especialmente a Ivette Rubio y Don Jorge por todas sus enseñanzas y buenos deseos para continuar con mi crecimiento en el mundo de la investigación.

Al departamento de Reproducción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por ser mi segunda casa, así como al posgrado por su apoyo constante.

A mis compañeros y amigos: Martín, Alejandro Contreras, Diana, Alejandra, Alejandro Jiménez, Marco Alarcón, Alonso, Armando, Tobe, Toño; por que hicieron de cada día en el departamento, un montón de risas y muy buenos momentos.

A ti Chompipe por que sin saberlo, me enseñaste a apreciar cada instante con las personas que amo.

..... Pero principalmente, agradezco a todos los animales que a lo largo de mi camino me muestran el valor de la vida y la amistad incondicional.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.2. Objetivos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Técnicas de diagnóstico de gestación	4
2.1.1 Palpación Rectal	4
2.1.2 Ultrasonografía	6
2.1.3 Métodos hormonales	10
2.2 Mortalidad embrionaria	12
2.2.1. Reconocimiento de la gestación	13
2.2.2. Factores que provocan la mortalidad embrionaria	14
2.3 Empadre con monta natural	16
2.3.1 Empadre simple versus Empadre Múltiple	17
2.3.2 Rotación de toros	18
2.4 Tiempo postparto	18
2.4.1. Involución uterina	18
2.4.2 Reinicio de actividad ovárica	19
2.4.3 Estado Nutricional	20
2.5 Balance económico	22
III. MATERIAL Y MÉTODOS	24
IV. RESULTADOS	29
V. DISCUSIÓN	36
VI. CONCLUSIONES	43
VII. LITERATURA CITADA	44

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El diagnóstico de gestación en ganado bovino es usualmente realizado a través de la palpación rectal del útero a partir del día 40 posterior a la monta y/o inseminación artificial (Oltenucu *et al.*, 1990). La precisión del método depende de la experiencia del clínico en la determinación de los criterios utilizados para tal fin como son: la fluctuación uterina como resultado de la presencia de líquido fetal, la identificación de la vesícula amniótica así como identificación del deslizamiento de membranas (Pieterse *et al.*, 1990).

Por otra parte, la técnica ultrasonográfica para el diagnóstico de gestación radica en determinar la presencia del embrión a una edad más temprana que la que se puede detectar mediante la palpación rectal. Asimismo, la ultrasonografía no requiere de la manipulación física directa del tracto reproductivo, donde está resguardado el producto, disminuyendo el riesgo de muerte embrionaria (Beal *et al.*, 1992). A pesar del costo que implica la adquisición del equipo de ultrasonido, su uso es ventajoso ya que permite la visualización de los tejidos del cuerpo del animal como son detección de la presencia y tamaño de estructuras internas en el ovario (folículos y cuerpos lúteos), así como la observación del propio embrión aumentando la precisión conforme la gestación avanza (Pieterse *et al.*, 1990). Al respecto, Kastelic y Ginther (1989) realizaron un estudio para estimar la precisión del diagnóstico temprano de gestación entre el día 10 y 20, obteniendo de un 50-60% entre el día 10 y 16 e incrementando casi al 100% en el día 22. En un trabajo reciente, Rosiles *et al.* (2005) realizaron una medición diaria del desarrollo embrionario en vacas cebú con el fin de establecer una escala de crecimiento del embrión desde el día 22 de gestación tomando en cuenta el tamaño de la vesícula y el latido cardíaco. Dicha escala permite estudiar la evolución del embrión a pesar de desconocerse la fecha exacta de servicio. Así pues, mediante ultrasonografías seriadas estratégicas sería técnicamente posible detectar la muerte embrionaria de estructuras que no reflejen el crecimiento del embrión una vez que haya sido estimada la hembra como gestante por primera ocasión.

La mayoría de los estudios que incluyen el empleo del ultrasonido para el diagnóstico precoz de gestación, han sido en ganado de leche en sistemas intensivos, donde se conoce la fecha exacta del servicio (Inseminación Artificial y/o Monta Natural), reportando la presencia de la vesícula amniótica, masa embrionaria y latido cardíaco, a partir del día 19 (Kastelic *et al.*, 1991; Totey *et al.*, 1991; Beal *et al.*, 1992).

En contraste, en el ganado productor de carne mantenido en condiciones extensivas dicha práctica no es común ya que generalmente desconocemos la fecha del servicio al ser mediante monta natural y bajo condiciones de pastoreo extensivo.

Por otra parte, la eficiencia reproductiva de un hato está íntimamente relacionada con los días posparto en los que se encuentren las vacas afectando de manera directa la posibilidad de observar gestaciones de forma temprana. Molina *et al.* (2003) observaron que mediante un programa de empadre rotativo y monta natural el factor que afecta directamente la velocidad de gestación son los días posparto que presenten las hembras al momento de iniciar el empadre, siendo de manera más lenta en aquellos animales que tengan menos de 100 días de haber parido.

Finalmente, considerando que en las regiones tropicales el 85% de los apareamientos ocurren por monta natural (Galina y Arthur, 1990) desconociéndose el momento de la monta, el diagnóstico eficaz de hembras que tras el servicio no quedan gestantes, permitiría reducir el número de días abiertos y con esto implementar oportunamente medidas que favorezcan el estado reproductivo del hato (Oltenacu *et al.*, 1990) aunado al beneficio económico que esto representa.

1.2. Objetivo general

El objetivo del presente estudio es comparar el costo económico y el beneficio reproductivo obtenido mediante el diagnóstico de gestación por palpación rectal o por ultrasonografía, para establecer cual ofrece el mejor costo/beneficio en el diagnóstico de gestación en un empadre de monta natural.

Objetivos específicos

- ❖ Determinar el costo económico y el beneficio reproductivo del uso de la ultrasonografía como técnica de diagnóstico de preñez comparado con la palpación rectal utilizada para un diagnóstico de gestación tradicional.
- ❖ Determinar la eficiencia, precisión y sensibilidad de la detección de gestación a partir de la técnica de ultrasonografía vs palpación rectal.
- ❖ Comparar la edad embrionaria al momento de realizar el diagnóstico tanto por ultrasonografía como con palpación rectal, mediante la escala propuesta por Rosiles *et al.* (2005).

❖ Evaluar el estado nutricional de las hembras y su relación con el desarrollo embrionario.

RESUMEN

LILIANA ALONSO ALANUZA. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y REPRODUCTIVA DEL USO DE LA ULTRASONOGRAFÍA VS PALPACIÓN RECTAL PARA DIAGNOSTICAR GESTACIÓN EN UN PROGRAMA DE MONTA NATURAL EN BOVINOS DEL TRÓPICO HÚMEDO DE COSTA RICA. (Dirigido por: PhD Carlos Galina Hidalgo).

Con el fin de evaluar la eficiencia diagnóstica y económica del ultrasonido (US) comparado con palpación rectal (PR) se realizó el siguiente trabajo durante dos años consecutivos (2005-2006). Cada periodo de evaluación fue por 3 meses contándose por etapa con 98 hembras *Bos indicus* y dos parejas de toros con permanencia por pareja de 21 días con la subsecuente entrada a al siguiente par. Las hembras fueron divididas por periodo posparto que tuvieron al inicio del empadre, quedando como posparto temprano (EP) hembras con un intervalo de ≤ 90 días y como posparto tardío (LP) vacas con > 90 días. A partir del día 23 posterior a la entrada de los machos, se realizó semanalmente a todas las hembras un examen ultrasonográfico transrectal hasta la finalización del empadre, el día 60 posterior a la entrada de cada par de toros se realizó la PR. Las vacas que por ultrasonido mostraran gestación se confirmaron en la siguiente evaluación. Si se detectaba una gestación normal y compatible con el diagnóstico previo, la hembra se excluía de las evaluaciones ultrasonográficas hasta ser evaluada por PR. Cada embrión observado mediante US se midió longitudinal y transversalmente. A partir de estas mediciones se determinó la edad correspondiente, así mismo, en gestaciones diagnosticadas por PR se estimó la edad del producto. Se comparó tanto el diagnóstico (gestante/no gestante) como la edad de gestación dada por cada una de las técnicas del estudio. Una vez por mes se evaluaron condición corporal, peso y a través de ultrasonografía se midió capa dorsal de grasa lumbar. Se compararon las mediciones de los embriones y las edades correspondientes evaluándose las alteraciones que pudiera haber presentado el desarrollo embrionario como consecuencia de cambios en las variables. Se realizó una comparación de porcentajes de gestación en ambos grupos por medio de una prueba de Chi cuadrada. La velocidad de gestación se evaluó mediante un análisis de varianza de una vía. Para establecer las características diagnósticas de la ultrasonografía (sensibilidad, especificidad y valores predictivos), se utilizó el programa WinEpiscope tomándose Golden Standard Test (GST) en la segunda evaluación como

gestante a partir de ultrasonográfica. Para determinar diferencias entre las mediciones de peso, grasa y condición corporal se utilizó la prueba “t student”. La evaluación económica se realizó a partir del costo beneficio de cada una de las técnicas medido a partir de los días abiertos que se acumularon en cada hembra desde el comienzo de la seriación ultrasonográfica hasta el inicio de la gestación o bien hasta la finalización del periodo de empadre. El costo de la realización de palpación rectal fue de \$200usd/0-200 vacas palpadas/día, y un 20% adicional sobre este costo si la evaluación era mediante ultrasonido (\$240.00usd). El costo por día abierto se estimó \$3.00usd/día. El costo inicial del equipo \$11,500usd. Se comparó el costo final de la evaluación de cada técnica con el costo total de días abiertos durante el empadre. El promedio de gestaciones fue del 86%. El 70% de las gestaciones iniciaron dentro de las primeras 4 semanas del empadre sin diferencia estadística entre los grupos posparto. El 82% del total de gestaciones se diagnosticó tanto por ultrasonido (US) como por palpación rectal (PR). El grado de concordancia (Kappa) entre ambas técnicas para el diagnóstico de gestación fue de 0.75; con una sensibilidad de 92%, especificidad 66%, valor predictivo positivo 92% y negativo 67%. La concordancia entre técnicas con respecto a la edad calculada por cada una fue 60%. Por US el 82% de las gestaciones fueron diagnosticadas a una edad de ≤ 26 días. La sensibilidad y la especificidad del diagnóstico por US se equilibran entre los días de gestación de 26 y 27. Del 92% diagnosticada como gestante por ultrasonografía, en el 18% de estas hembras la edad del embrión no correspondía entre mediciones siendo en el 100% de los casos de menor edad en la segunda medida con respecto a la primera. En la categoría de mal crecimiento del embrión, si hubo diferencia ($P < 0.05$) entre la segunda medida con respecto a la primera y última. Esta segunda medida comparada con grupo de vacas cuyo embrión creció favorablemente no presentó diferencia ($P > 0.05$). El costo total por PR fue de \$400.00usd; mientras que el costo total del uso del US fue de \$3,675.00usd durante el empadre. El costo por el total de días abiertos fue de \$6,771.00usd. El ultrasonido utilizado como método de diagnóstico de preñez temprana bajo condiciones de empadre con monta natural reduce el tiempo en el cual conocemos el estado fisiológico de las hembras permitiendo dar un manejo oportuno al ganado desde el día 23 de iniciado el empadre, dando la posibilidad de obtener mayor porcentaje de preñez y reduciendo el costo que implica el acumulado de días abiertos durante el periodo de empadre. El seguimiento de los cambios en grasa dorsal por medio de su medición ultrasonográfica podría ser una medida de manejo útil para predecir el adecuado desarrollo embrionario y con ello el éxito de la gestación.

Palabras clave: *Bos indicus*, ultrasonografía, palpación rectal, embrión, grasa dorsal, día abierto, empadre.

ABSTRACT

LILIANA ALONSO ALANUZA. ECONOMIC AND REPRODUCTIVE EVALUATION OF THE USE OF ULTRASONOGRAPHY VS RECTAL PALPATION FOR DIAGNOSIS PREGNANCY IN A PROGRAM BASED ON NATURAL MATE IN CATTLE UNDER HUMID TROPIC OF COSTA RICA.

(Directed by: PhD Carlos Galina Hidalgo).

With the aim of evaluate the diagnostic and economic efficacy of ultrasound (US) compared with rectal palpation (RP), this work was done in two subsequent years (2005-2006). Each period had duration of three months, 98 *Bos indicus* females and two pairs of bulls, each one stayed with the cows for 21 days after this time the next pair was introduced. The cows were assigned in two groups: females LP (late postpartum) that had calved more than 90 days and EP (early postpartum) that had less than 90 days. From day 23 of the beginning of natural mate at the end of the three months of breeding, all the cows were evaluated each week by transrectal ultrasonography for early pregnancy diagnosis. After day 60 of beginning of breeding in each pair of bulls all the animals were evaluate by rectal palpation. The cows that showed pregnancy by ultrasound were confirmed seven days later than the firs pregnancy diagnosis. If pregnancy continues this cows were out of the examination until rectal palpation. During the ultrasonography screening were evaluate measurements (cm) longitudinal and transversal axis of embryo and heat contractions. With this measurements were estimated the age of the embryo. In all the pregnancy diagnosis determinate by RP, were estimated the age. Ones a month were evaluated body condition score, weight and dorsal fatty this last by US. Each measurement evaluated in embryo was compared with age determinate by RP and compared alteration that could be present in embryo development. Static analysis was made with square Xi, Student T; sensibility, specificity and predictive value (by Winepiscope) where the Gold Standar Test was the second evaluation did by ultrasonography. Economic balance was evaluated between the cost of each evaluation (US, RP) based on open day accumulated in each female since beginning until end of the ultrasonography evaluations. Cost of PR was \$200usd/0-200/cow/day and a plus of 20% if the evaluation was made by US (\$240.00usd). Open day were estimated in \$3.00usd/day. Ultrasonography equipment was \$11,500usd. The average of pregnancy was 86%; 70% of this began in the first four weeks with out differences between LP and EP ($P>0.05$). The 82% of pregnancies were diagnosis by both techniques with a Kappa value of 0.75, 92% of sensibility, 66% specificity, 92% positive predictive value and

67% negative predictive value. The concordance in ages estimated by US and RP were 60%. The 82% of pregnancy estimate by US was at age of ≤ 26 days. In the 18% of pregnancy diagnosed by US the age of embryo didn't correspond between measurements been smaller the second evaluation compared with the first one. Only in females which embryo did nott has a correct development, the fatty dorsal was difference between measurements. The cost for RP was \$400.00usd, for US was \$3,675.00usd, for open days in the two years of evaluation were \$6,771.00usd. Finally, the use of US for early pregnancy diagnosis on natural mate reduce the time in which we know the physiological state of females since day 23 of the beginning of reproductive program. The evaluation of fatty dorsal could be an important contribution of the US evaluations and lend us predict development of embryos and so the success of pregnancy.

Key words: *Bos indicus*, Ultrasonography, rectal palpation, embryo, fatty dorsal, open day, natural mate.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN

El ganado criado en condiciones tropicales presenta diversas limitantes, entre las que se encuentran un bajo rendimiento productivo, expresado por las ganancias de peso reducidas y retraso en la manifestación de eventos fisiológicos tales como la presentación de la pubertad y el reinicio de la actividad ovárica posparto (Smith y Akinbamijo, 2000). Además, cerca del 85% de estos hatos se manejan mediante empadre con monta natural (Galina y Arthur, 1990), desconociéndose el momento en el cual el macho da servicio a la hembra así como el estado reproductivo de las hembras hasta el momento del diagnóstico de gestación, lo que trae como consecuencia intervalos entre partos más largos y por tanto, deficiencias productivas dentro del hato. Para solucionar dicha problemática, es necesaria la realización de un diagnóstico de no gestación certero y oportuno que permita al productor implementar las medidas pertinentes para acortar el número de días abiertos (Thomson *et al.*, 1994).

Las principales técnicas que actualmente se mencionan como herramientas para el diagnóstico de preñez son la palpación rectal y la ultrasonografía (Romano *et al.*, 2007); cada una con ventajas y desventajas; la palpación rectal es barata mientras que la ultrasonografía reduce el número de días abiertos al utilizarse como método de diagnóstico temprano de gestación. Ambas técnicas son de utilidad en la práctica veterinaria; sin embargo, el conocer el potencial así como las limitantes de cada una es importante para obtener el mejor beneficio tanto en el diagnóstico fisiológico como en aspectos patológicos dentro del hato (Szenci *et al.*, 2000).

Así pues, al tomar la decisión del método a utilizar para diagnóstico de gestación, debemos recordar que la pronta identificación de las vacas vacías después del servicio mejorará su eficiencia reproductiva (Frike, 2002).

2.1.1 Palpación rectal

La palpación rectal es la herramienta más utilizada para el diagnóstico de gestión en ganado bovino (Oltenacu *et al.*, 1990) realizándose entre los días 35-50 posteriores a la monta (Thurmond y Picanso, 1993). En programas de IA o monta natural el diagnóstico mediante esta técnica generalmente se implementa a los 40 días posteriores al servicio,

teniendo que realizar un diagnóstico confirmatorio aproximadamente 60 días después de finalizado el programa de empadre (Nation *et al.*, 2003; Chebel *et al.*, 2004).

La precisión del método depende de la experiencia del clínico en la determinación de la edad del feto y de los criterios utilizados para el diagnóstico, como son la fluctuación uterina debida a la presencia de líquido fetal, identificación de la vesícula amniótica y deslizamiento de membranas (Pieterse *et al.*, 1990). Algunos reportes (Fissore *et al.*, 1986; Sheldon y Noakes D, 2002) indican que la simple presencia de fluido intrauterino es signo positivo de preñez temprana; sin embargo, en caso de existir muerte embrionaria, la sola aplicación de este criterio para diagnóstico de gestación puede ser errada. El diagnóstico positivo de preñez mediante esta técnica basado en la fluctuación uterina entre los días 35-70 de gestación es un método mucho más seguro en comparación al deslizamiento de membranas o palpación de vesícula amniótica; sin embargo, a pesar de que el deslizamiento de membranas es menos traumático que la palpación de la vesícula embrionaria, este signo persiste tiempo después de presentarse un aborto (Abbitt *et al.*, 1978). Romano *et al.* (2007) tras analizar el efecto del diagnóstico temprano de gestación mediante palpación rectal concluyeron que si ésta se realizaba entre los días 34-41 utilizando como indicador el deslizamiento de membranas no se afectaba la viabilidad del embrión/feto.

El diagnóstico mediante palpación rectal tiene como finalidad optimizar la producción (Thompson, 1995); no obstante, el aplicar un diagnóstico temprano mediante esta técnica puede aumentar el riesgo de mortalidad embrionaria (Paisley *et al.*, 1978). Al mismo tiempo, una vaca diagnosticada como gestante tempranamente tendrá mayor probabilidad de aborto que aquella en la cual el diagnóstico se hizo en gestación avanzada (Bearden *et al.*, 1956) debido a que el diagnóstico estará realizado en base a la presencia de líquido. Así mismo, el diagnosticar falsos negativos lleva a la administración de tratamientos hormonales tales como prostaglandinas (Thompson, 1994), causando pérdidas de gestación. Es por ello que el diagnóstico de gestación temprana mediante esta técnica antes de los 25 días posteriores al servicio es poco confiable, más aún cuando se desconoce la fecha de la monta (Kelton *et al.*, 1988).

Aunado a esto, por el tiempo en el cual se realiza el diagnóstico de gestación mediante palpación rectal, no contamos oportunamente con la información para la identificación de hembras vacías (Fricke, 2002).

2.1.2 Ultrasonografía

El uso de la ultrasonografía dentro del área médica comenzó a principios de 1970; sin embargo, no fue hasta finales de esta década que su uso en ámbito veterinario se convirtió en una herramienta útil en el estudio del aparato reproductor del ganado vía transrectal (Pierson *et al.*, 1988). Para 1990 se estableció el uso del ultrasonido como una herramienta práctica en la producción animal. Desde entonces, es considerada como una técnica no invasiva y con la ventaja de mostrar imágenes en tiempo real (Miyamoto *et al.*, 2006).

Dentro de las grandes ventajas que representa su utilización en el diagnóstico de gestación esta la posibilidad de detectar el embrión más temprano al ser una técnica no invasiva que permite la revisión repetida en un mismo animal sin poner en riesgo su estado reproductivo (Ribadu y Nakao, 1999). Por tanto, la capacidad de recolectar información mediante el ultrasonido supera ampliamente la de palpación rectal (Ginther, 1995). Otra ventaja que se le atribuye al empleo del ultrasonido como diagnóstico temprano de gestación es la observación de la viabilidad del embrión a partir de la observación del latido cardíaco (Beal *et al.*, 1992), lo cual es imposible mediante palpación rectal. Así pues, Curran *et al.* (1986) afirman que el feto bovino se puede ver desde el día 20 posteriores al servicio y conforme avanza la gestación las estructuras que se pueden visualizar serán mayores (Cuadro 1).

Día de la primera observación

Característica	Promedio	Rango
Embrión	20.3	19 a 24
Latido cardíaco	20.9	19 a 24
Alantoides	23.2	22 a 25
Columna vertebral	29.1	26 a 33
Miembros anteriores	29.1	28 a 31
Membrana amniótica	29.5	28 a 33
Orbita ocular	30.2	29 a 33
Miembros posteriores	31.2	30 a 33
Placentomas	35.2	33 a 38
Pezuñas	44.6	42 a 49
Movimiento fetal	44.8	42 a 50
Costillas	52.8	51 a 55

Cuadro 1. Día de la primera detección de características identificables en el concepto bovino (Adaptado de Curran *et al.*, 1986)

Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos por Rosiles *et al.* (2005) la escala no fue similar para embriones *Bos indicus*, ya que tras evaluar el desarrollo embrionario a partir del día 20 hasta el día 40 posterior a la IA, concluyeron que las dimensiones de embriones *Bos indicus* mantenidos bajo condiciones del trópico son menores en comparación con el ganado *Bos taurus* y que no es sino hasta el día 26 cuando se tiene un 100% de eficiencia en la detección del latido cardiaco embrionario.

Así mismo, con la utilización del ultrasonido se confirma o excluye la apreciación realizada por palpación rectal, constituyendo un diagnóstico certero de los eventos reproductivos de la hembra tales como dinámica folicular, determinación de gestaciones tempranas, sexado de crías así como la evaluación de procesos patológicos del sistema reproductor (Fricke, 2002).

Con respecto a la exactitud en el diagnóstico precoz de gestación mediante la visualización del embrión así como de la vesícula embrionaria se han realizado diversas investigaciones. Al respecto, Curran *et al.* (1986) realizando diagnóstico de gestación temprana con novillas Holstein, obtuvieron una precisión del 20% al día 10 posterior a la IA, en la observación de la vesícula embrionaria, sugiriendo que esta precisión aumenta conforme avanza el tiempo de gestación. Así mismo, Nation *et al.* (2003) señalan que la observación de fluido uterino y de membranas embrionarias puede realizarse más temprano que la observación del propio embrión requiriendo de una menor interferencia con los cuernos uterinos, por lo que es menos traumático para la vaca y más fácil de realizar para el operador.

Con respecto a la observación del embrión, Hughes y Davis (1989) encontraron un 100% de precisión en la detección del embrión cuando el diagnóstico se hacía 28 días después de realizada la IA, mientras que Kastelic y Ginther (1989) reportaron 100% de precisión en el diagnóstico precoz de gestación desde los días 20 y 22 posteriores a la IA. Estas diferencias pudieran deberse al tipo de animal con el cual trabajaron ya que en el primer estudio fue con vacas mientras que en el segundo fue con novillas.

Posteriormente, los estudios acerca de la eficiencia del empleo del ultrasonido como diagnóstico de preñez temprana, se basaron en la detección del latido cardiaco embrionario y por tanto confirmación en la viabilidad del embrión. Al respecto, Pierson y Ginther (1984) detectaron latido cardiaco entre los días 26 y 29 de realizada la IA, a diferencia de Curran *et al.* (1986) quienes observaron el latido cardiaco desde el día 21 posterior a la IA, en ambos casos con una precisión del 100%. Mas tarde, a partir del

desarrollo de una escala de medición del crecimiento embrionario en hembras *Bos indicus*, se reportó la presencia del latido cardiaco a partir de la visualización ultrasonográfica, en el día 23 posterior a la realización de la IA (Rosiles *et al.*, 2005).

Por otra parte, Pieterse *et al.* (1990) evaluaron la sensibilidad del ultrasonido utilizado como un método de diagnóstico de gestación concluyendo que entre los días 21-25 posterior a la IA la sensibilidad y especificidad eran del 44.8 y 82.3% respectivamente, pero que estas aumentaban a 97.7 y 87.8% respectivamente entre los días 26 y 33 posterior a la IA. Estos resultados difieren de los obtenidos por Badtram *et al.* (1991) y Galicia *et al.* (2006) cuyo porcentaje de sensibilidad obtenido en el mismo periodo de tiempo fue del 83%; dichas discrepancias pueden deberse al manejo de los hatos, ya que en ganado lechero, a diferencia del ganado de carne, se conocen las fechas del servicio, por lo que la evaluación del tiempo de gestación puede realizarse de manera precisa en base a los registros (Galicia *et al.*, 2006). Badtram *et al.* (1991) analizando los factores que pudieran influir sobre los porcentajes de precisión cuando se realiza el diagnóstico de gestación mediante ultrasonido concluyeron que la experiencia del operador, número de partos o la edad de la hembra no tenían ningún efecto sobre la precisión del diagnóstico, atribuyéndole a las características propias del equipo, la variación entre estudios.

Debido a que la preñez puede ser determinada más temprano con ultrasonido que con palpación rectal, la tasa de pérdida de preñez posterior al diagnóstico positivo es casi siempre mayor. Al respecto, se menciona que del 14 al 16% de las vacas con preñez confirmada por ultrasonografía a los 28 días post IA, experimentan pérdida de preñez antes de los 56 días (Mee *et al.*, 1994; Fricke *et al.*, 1998). Sin embargo, se piensa que estas muertes embrionarias no son debidas a el uso del ultrasonido (Ball y Logue, 1994; Baxter y Ward, 1997), sino que la detección temprana de la gestación permite identificar embriones que habitualmente no son detectados cuando el diagnóstico de gestación se realiza más tarde, cuando la mortalidad embrionaria ya ha ocurrido debido a alteraciones en el desarrollo del propio embrión o a fallas endocrinológicas por parte de la hembra en el mantenimiento de la gestación (Mann y Lamming, 2001).

2.1.2.1 Funcionamiento

Un equipo de ultrasonografía utiliza ondas de sonido de alta frecuencia medidas en MegaHertz (1 MHz = 1.000.000 de oscilaciones por segundo) produciendo imágenes de los tejidos blandos y órganos internos. El aparato está compuesto por el transductor y la consola; el transductor está integrado por una gran cantidad de pequeños cristales que vibran al ser estimulados por la corriente eléctrica proveniente de la consola, resultando en la emisión de ondas de sonido que viajan a través de los tejidos en diferentes ángulos, de acuerdo a la orientación dada al transductor. De acuerdo a su composición, los tejidos y líquidos del organismo tienen la capacidad de reflejar o propagar las ondas de sonido. El eco resultante será captado por los cristales del transductor, que transformarán las vibraciones en corriente eléctrica, que irá a la consola para ser luego transformada en imágenes (Fig. 1). La intensidad y frecuencia de las ondas son directamente proporcionales a la distancia y la consistencia de los tejidos. El color de las imágenes se traducirá en distintos tonos de gris, desde el blanco al negro. Los líquidos (folículo, amnios) se ven en la pantalla de color negro debido a que no reflejan las ondas del ultrasonido, por lo que se dice que son no ecogénicos o anecóicos. Los tejidos densos, como los huesos, al reflejar una alta proporción de las ondas se ven de color blanco y se los llama hiperecogénicos (Bo y Caccia, 2000).

Los equipos más utilizados en el área de reproducción bovina son los de modo-B (imágenes bidimensionales) en tiempo real (capacidad de reflejar imágenes en movimiento). Los transductores utilizados son los de frecuencias 3.5 y 7.5 MHz. A mayor frecuencia del transductor tendrá mayor poder de resolución pero menor capacidad de penetración. Por otra parte, los transductores pueden ser lineales o sectoriales. Los transductores lineales tienen cristales a lo largo por lo que proyectarán una imagen rectangular, mientras que los sectoriales tienen los cristales en la punta por lo que requieren menor superficie de contacto y proyectarán una imagen triangular con el vértice hacia arriba (Ribadu y Nakao, 1999).

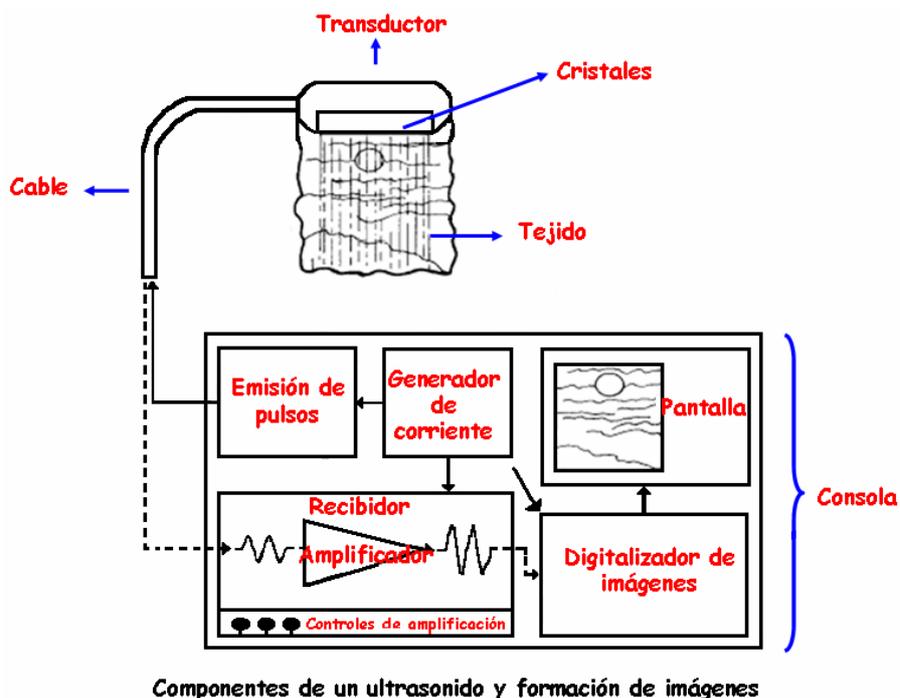


Figura 1. Componentes de un equipo ultrasonográfico (adaptado de Pierson *et al.*, 1988)

2.1.3 Métodos hormonales

A pesar de que la palpación rectal ha sido la herramienta de diagnóstico de gestación utilizada por años, actualmente existen diversos métodos hormonales de diagnóstico de gestación temprana (Oltenucu *et al.*, 1990). Sin embargo, todos tienen la desventaja de requerir de un laboratorio especializado para su medición, lo que impide su utilización a nivel de campo.

a) *Medición del Factor Temprano de Gestación (EPF)*

EPF es una glicoproteína que puede detectarse en el suero o en la leche desde el día tres posterior a la monta o IA (Sheldom *et al.*, 2002). La función que parece desempeñar la EPF es la de un inmunomodulador que permite al producto defenderse de la respuesta inmunológica materna ante la presencia del embrión (Morton *et al.*, 1984). Se ha reportado su presencia en orina de mujer gestante así como en restos placentarios de borrega. Existen diferentes teorías acerca de cuál es el mecanismo de secreción de esta hormona. Para 1980 se pensaba que la secreción temprana de EPF se daba por parte de la madre durante el periodo de preimplantación e implantación, mientras que la

secreción tardía de EPF se originaba en el embrión después de la implantación (Ito *et al.*, 1995). Posteriormente se supo que existían dos formas de secreción de esta hormona por lo que las pruebas para su medición debían incluirlas, estas son: EPF-A, el cual es secretado en oviducto durante el proestro y estro y EPF-B secretado en el ovario cuando recibe la señal de que el ovulo ha sido fertilizado (Koch *et al.*, 1983). Otra técnica de medición para EPF es la prueba para ECF (early conception factor) utilizado para el diagnóstico de no preñez en vacas después de la monta o IA (Gandy *et al.*, 2001). Sin embargo, sea cual sea la técnica a utilizar, la desventaja que actualmente tiene la medición de esta proteína es la necesidad de pruebas de laboratorio y por tanto el costo que esto representa.

b) *bPSPB* (glicoproteína específica de la gestación bovina_B)

Puede detectarse en suero de vaca preñada a partir del día 24 después de la IA o monta; la desventaja de esta hormona es que tiene una vida media muy larga por lo que puede estar presente aún después de haber ocurrido la muerte embrionaria o posterior al parto (Sheldom *et al.*, 2002).

c) *Progesterona*

Dentro de los métodos para diagnóstico de gestación está la medición de los niveles de progesterona (P4); siendo los inmunoensayos (IE) los métodos más ampliamente utilizados para este fin. Desde sus inicios, estos análisis se han realizado en muestras colectadas de sangre y leche (Bulman y Lamming, 1979; Eastman, 1979).

Un IE se define como una técnica analítica que usa anticuerpos (Ac) para la determinación selectiva de compuestos presentes en muestras biológicas, siendo altamente selectivos, con bajos límites de detección y pueden ser adaptados para la determinación de diferentes compuestos (Hage, 1993). El procedimiento sigue el principio básico del radioinmunoensayo, que consiste en la competición entre un antígeno radioactivo y otro no radioactivo por una cantidad fija de lugares de unión a anticuerpos (Yalow y Berson, 1971).

En un inicio, la cuantificación de las concentraciones hormonales fue mediante la técnica de radioinmunoanálisis (RIA) en el cual la separación del antígeno libre y el unido a anticuerpos se realiza rápida y fácilmente mediante decantación de tubos.

Posteriormente, se desarrollaron técnicas inmunológicas (EIA) las cuales fueron adoptadas como una técnica más para medir los niveles de progesterona (Rioux y Rajotte, 2004).

Desafortunadamente, al medir los niveles de P4 y confirmar como gestante a una hembra en base a ello, existe la posibilidad de que las concentraciones de esta hormona empiezan a disminuir probablemente por muerte embrionaria, de esta forma, el identificarla como no gestante dependerá del tiempo en que se realice el diagnóstico confirmatorio (Stevenson *et al.*, 2003).

2.2 MORTALIDAD EMBRIONARIA

Actualmente los porcentajes de fertilización están entre el 90-100%. Sin embargo, únicamente el 70% de las concepciones llegarán al nacimiento representando importantes pérdidas económicas para los productores (Vanroose *et al.*, 2000). Parte de este descenso se debe a la mortalidad embrionaria que presentan las hembras después del servicio; sin embargo, no hay un factor específico al que se le pueda atribuir la muerte del embrión, ya que el éxito de una gestación se debe a la interacción del embrión, ambiente uterino así como a las características propias de la vaca. Así pues, la sincronía entre el embrión y el ambiente uterino son esenciales para el establecimiento de una gestación; cuando esta sincronización no se produce, puede provocar diversos efectos como son: fallas en la implantación del embrión, muerte embrionaria temprana o un crecimiento y desarrollo retardados (Barnes, 2000); sugiriéndose que los cambios uterinos provocados por las concentraciones de progesterona durante los primeros días de la gestación serán la pauta para un desarrollo y establecimiento adecuado del embrión (Garret *et al.*, 1988).

La manera en la cual se le ha clasificado a la muerte embrionaria es de acuerdo al tiempo de la gestación en la cual se presentó dicho evento, refiriéndose a mortalidad embrionaria temprana cuando esta sucedió antes del reconocimiento de la gestación (que en la vaca tendrá que ser antes de que ocurra la lisis del cuerpo lúteo), mientras que mortalidad embrionaria tardía son las pérdidas que se dan posteriores al reconocimiento de la gestación hasta que la diferenciación celular ha concluido, es decir, alrededor del día 42 de iniciada la preñez (Humblot, 2001). Sin embargo, la mayor parte de las pérdidas embrionarias ocurren dentro de los 18 días posteriores al servicio (Dunne *et al.*,

2000), siendo la causa más importante de las fallas reproductivas representando cerca del 18% de las pérdidas (Hansel, 1981).

La gran diferencia entre la muerte embrionaria temprana y tardía, es que en la primera la hembra presenta el siguiente celo en promedio 21 días posteriores al estro anterior, dando oportunidad al animal de quedar gestante por segunda ocasión (Fricke, 2002) en corto plazo.

2.2.1 Reconocimiento de la gestación

El crecimiento y desarrollo de la gestación requiere de la presencia de progesterona así como de la acción de las hormonas placentarias sobre el útero regulando la diferenciación y funcionamiento del endometrio, el reconocimiento de la gestación y la receptividad del útero a la implantación del blastocisto así como la interacción del producto con la madre (Carson *et al.*, 2000). En el caso de los bovinos, la progesterona producida por el cuerpo lúteo es necesaria para el mantenimiento de la gestación; dicha hormona estimula y mantiene las secreciones uterinas como son nutrientes, factores de crecimiento, agentes inmunosupresores, enzimas (Graham y Clarke, 1997) permitiendo así el crecimiento del embrión, implantación, placentación y finalmente permitiendo que el producto llegue con éxito hasta el final de la gestación (Spencer y Bazer, 2004). Para lograr esto, durante la gestación temprana, el embrión deberá inhibir el desarrollo de los mecanismos luteolíticos manteniendo la secreción de progesterona necesaria para continuar su desarrollo. Así pues, las células embrionarias del trofoectodermo secretan una proteína llamada Interferon tau (IFN- τ) cuya función es actuar directamente en útero inhibiendo la secreción pulsátil de PGF2 α , mediante la inhibición del reciclaje de receptores para oxitocina (Robinson, 1999). Esta señal deberá darse antes de que se inicie la lisis del cuerpo lúteo que en el caso de los bovinos será alrededor del día 16-17 posterior a la ovulación (Watches y Lamming, 1995). Por tanto, al ser IFN- τ una proteína secretada directamente por el embrión existirá una relación directa entre el tamaño del embrión y la cantidad de IFN- τ secretado (Robinson *et al.*, 2001).

2.2.2 Factores que provocan la mortalidad embrionaria

a) *Genéticos*

Muchas de las alteraciones genéticas pueden provocar la muerte del embrión dentro de las primeras dos semanas de gestación; algunas de estas alteraciones se deben a un número cromosómico anormal que provoca daños en el crecimiento del producto y finalmente la muerte dentro del primer trimestre de gestación (King, 1990).

b) *Nutricionales*

La condición corporal ha demostrado ser un estimador del estado nutricional así como un indicador de las reservas del animal (Short *et al.*, 1990). Algunos estudios indican que el balance energético negativo antes del parto afecta la calidad del ovocito (Butler y Smith, 1989); de esta forma aunque el ovocito sea fertilizado puede haber fallas en el bloqueo de la poliespermia provocando que el embrión que se desarrolla muera en los siguientes días posteriores a la fertilización (Zavy, 1994).

b.1) *Efectos tóxicos*

El efecto de plantas tóxicas sobre el desarrollo del embrión es muy variable de acuerdo al ambiente así como a la época del año; sin embargo, la presencia de estas toxinas no solo provocará mortalidad embrionaria sino también abortos, anormalidades esqueléticas y retardo en el crecimiento fetal (James *et al.*, 1992). Por lo tanto, la identificación de posibles plantas tóxicas es indispensable para un buen manejo del hato.

b.2) *Niveles deficientes de proteína y energía*

Tanto los niveles adecuados de energía así como los proteicos son fundamentales para el mantenimiento de la gestación. Es esencial que las vacas conserven una buena condición corporal para reducir los riesgos de pérdidas embrionarias (Wiltbank *et al.*, 1962; Buckley *et al.*, 2003). Así mismo, las dietas con niveles excesivos de proteína pueden

afectar la síntesis de hormonas como progesterona lo que llevaría a fallas en el mantenimiento del embrión (Elrod y Butler, 1993).

c) *Infeciosos*

Con el desarrollo de vacunas y otros métodos efectivos para el control de enfermedades, el riesgo de que estos agentes sean responsables de afectar la viabilidad embrionaria ha disminuido. Dentro de las infecciones que pueden ocasionar pérdida de gestación en el ganado bovino están:

Agentes bacterianos: *Actinomyces pyogenes*, *Campylobacter fetus*, *Brucella abortus* y *Leptospira sp*, entre otros.

Agentes virales: *Herpesvirus Bovino* tipo-1 (BHV-1), Diarrea Viral Bovina (BVD).

d) *Niveles de progesterona*

La progesterona es la hormona esencial en el mantenimiento de la gestación; si la vaca no produce niveles adecuados de esta hormona la preñez se perderá (Mann y Lamming, 1999). Básicamente existen dos causas por las cuales no se secreten cantidades normales: presencia de un cuerpo lúteo de vida corta o presencia de un cuerpo lúteo de vida normal pero que no tiene la capacidad de sintetizar las concentraciones adecuadas para la viabilidad del embrión (Hunter, 1991).

e) *Palpación rectal*

La palpación rectal es la técnica más utilizada para el diagnóstico de gestación en ganado bovino (Oltenucu *et al.*, 1990), sin embargo, el aplicar un diagnóstico temprano mediante esta herramienta puede aumentar el riesgo de mortalidad embrionaria (Paisley *et al.*, 1978). El criterio a utilizar contribuirá a estas pérdidas, así pues, la palpación mediante fluctuación entre 35 a 70 días de gestación es un método muchos más seguro en comparación al deslizamiento de membranas o palpación de vesícula en donde hay mayor riesgo de provocar mortalidad embrionaria (Abbitt *et al.*, 1978).

2.3. EMPADRE CON MONTA NATURAL

Dentro de las fallas que pueden darse al tener un programa reproductivo basado en la monta natural podemos mencionar: problemas de libido o en la calidad del semen (Vishwanath, 2003), infertilidad en el toro dominante (Amann *et al.*, 2000) así como la transmisión de enfermedades venéreas tales como *Leptospira*, BVD entre otras. Sin embargo, se ha informado sobre el efecto bioestimulador que tiene la presencia del macho sobre el estado reproductivo de las hembras expuestas a esta presencia. Al respecto, Rodríguez y Rivera (1999) observaron que la fertilidad obtenida en vacas y novillas que recibieron monta estéril al ser detectadas en estro y posteriormente se inseminaron, fue mejor (60%) comparada con aquellas que recibieron la monta después de haber sido IA (25%) o con aquellas que no recibieron la monta (36%), concluyendo que el efecto bioestimulador de la monta cuando las hembras son detectadas en celo mejoraba la tasa de concepción independientemente de factores como edad, momento de IA, época e incluso condición del animal.

Para 1956 se estimó que posterior al periodo de monta, aproximadamente el 100% del hato resultaba gestante; sin embargo, el porcentaje de concepción disminuía un 50%. La causa de esta pérdida embrionaria, asociada a múltiples factores, provocaría que una vaca diagnosticada como gestante de manera temprana tuviera mayor probabilidad de aborto que aquella cuyo diagnóstico de gestación se realizó de manera tardía (Bearden *et al.*, 1956). Aunado a esto, el tiempo posparto que presenten las hembras al momento del inicio del empadre y su reinicio de la actividad ovárica es otro obstáculo para mejorar la eficiencia reproductiva de las vacas bajo condiciones del trópico (Molina *et al.*, 2002).

Actualmente, a el uso de la monta natural se le atribuyen porcentajes de gestaciones mayores en comparación con los obtenidos tras la IA, esto basado en que los toros detectan con mayor eficiencia a las hembras que se encuentren en celo (Vishwanath, 2003) en comparación con el humano el cual se basa en la visualización de signos de estro específicos de la especie. Desafortunadamente, la elección y manejo de los toros que entran al empadre se realiza a partir de la apreciación del productor, el cuál decide a partir de la apariencia física de los machos; esto puede llevar a pérdidas económicas si se considera que aproximadamente el 30% de los toros no tienen las habilidades para trabajar bajo condiciones de monta natural (Chenoweth, 1981). Así mismo, el

comportamiento de los machos estará dictado genéticamente, reportándose que toros cebuinos tardan más en reaccionar ante vacas en estro en comparación con machos *Bos taurus* (Price, 1987), sugiriendo que los primeros preñan a un menor número de hembras tras un periodo de apareamiento en comparación con los *Bos taurus* (Larsen *et al.*, 1990).

Pocos son los estudios que han evaluado las diferencias en parámetros como son porcentaje de gestación e intervalo entre partos tras la IA o monta natural (Rodríguez y Rivera, 1999) y el papel que tienen los toros en dichos resultados. Sin embargo, se estima que la falla reproductiva de un toro puede representar pérdidas de entre 25-50 becerros por cada 100 vacas (Carrillo, 1988).

2.3.1 Empadre simple versus Empadre Múltiple

En condiciones de monta natural con un solo toro sirviendo al lote de hembras, la evaluación de la eficiencia reproductiva estará determinada por la cantidad de hembras preñadas después de la temporada de monta. En hatos grandes en donde se introduce más de un toro esta evaluación se dificulta ya que machos subfértiles pueden pasar desapercibidos (Molina, 2001), lo que traerá como consecuencia pérdidas económicas si esto no se detecta a tiempo (Chenoweth, 1981).

Cuando se emplea un empadre múltiple se espera que al disminuir la cantidad de vacas por toro, estas sean cubiertas en un 100% pero tiene la desventaja de que al estar presentes varios toros en un mismo momento del empadre tendrán que establecerse primero las jerarquías, y posiblemente un solo macho sea el que se encargue de servir a la mayoría de las hembras (Blocke, 1981). En contraste, en un empadre simple un solo toro deberá servir al total de hembras vacías sin la necesidad de competir con otros machos. La desventaja será que el tomar una decisión incorrecta en la selección del toro podría repercutir en el porcentaje final de preñez. Al respecto, Molina *et al.* (2000) tras comparar el comportamiento entre un empadre simple versus múltiple, encontraron similitud entre la cantidad y el tipo de actividades de comportamiento sexual realizadas por los toros y aunque no hubo diferencia estadística, el número de montas realizadas en el empadre simple fue mayor en comparación con el empadre múltiple (8.3 vs 3.5 respectivamente), finalmente la tasa de preñez fue similar entre los grupos.

2.3.2 Rotación de toros

En regiones tropicales el apareamiento natural utilizando uno o varios toros sigue siendo el método más empleado haciendo que la selección adecuada de los machos sea uno de los factores más importantes para las producciones ganaderas (Molina *et al.*, 2002). No obstante, información acerca del comportamiento de machos *Bos indicus* (Galina y Arthur, 1991) bajo condiciones tropicales es escasa; esto asociado al retraso en el reinicio de la actividad ovárica posparto por parte de las hembras contribuye a la baja eficiencia reproductiva en los hatos. De igual forma, los problemas que se presentan en un grupo de machos tales como dominancia así como agresión afectan el bienestar de los animales (Fields *et al.*, 1982). Para solucionar esto, el empleo de rotación de toros durante el periodo de apareamiento pudiera ser una estrategia para mejorar la eficiencia reproductiva así como potencializar el efecto bioestimulador en las hembras; sin embargo, Molina *et al.* (2003) tras comparar el efecto de alternar toros en un grupo de hembras, no encontraron diferencias en los porcentajes finales de preñez en las hembras.

2.4 TIEMPO POSPARTO

El periodo posterior al parto se caracteriza por una serie de eventos fisiológicos para la recuperación funcional del eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero, cuya finalidad es que la hembra se prepare para mantener con éxito una nueva gestación. A este periodo se le denomina puerperio (Hafez y Hafez, 2000).

Los dos eventos importantes dentro de puerperio son la involución uterina y el reinicio de la actividad ovárica; factores como infecciones uterinas, amamantamiento y la nutrición pueden poner en riesgo que estos eventos se den de manera normal (Short *et al.*, 1990) provocando un estado de anestro prolongado en las vacas.

2.4.1 Involución uterina

Inmediatamente después del parto, el cuerno grávido es más grande en comparación con el cuerno opuesto (no grávido). Así pues, se considera que el útero ha involucionado cuando ambos cuernos tienen aproximadamente el mismo tamaño, siendo un proceso más rápido en hembras primíparas y amamantando (Hafez y Hafez, 2000). El tiempo

requerido para que los órganos reproductores internos regresen a su tamaño normal se verá influenciado por la raza, edad, época del año (Short *et al.*, 1990) así como por factores de manejo del hato tales como la nutrición y enfermedades periparturientas (retención placentaria, distocias, metritis, etc).

Así mismo, este proceso será diferente entre especies y estará determinado por el tipo de placentación que desarrollen siendo en vacas una placentación de tipo cotiledonaria por lo que la involución del útero es más compleja constando de tres pasos simultáneos: contracción muscular peristáltica, pérdida del tejido y finalmente recuperación del tejido dañado.

En promedio en ganado lechero este proceso tomara alrededor de unas tres semanas mientras que en ganado productor de carne será de 35 a 60 días (Kindahl *et al.*, 1999) o más.

2.4.2. Reinicio de la actividad ovárica

La gestación temprana está asociada con un desarrollo folicular similar al que ocurre durante la fase lútea del ciclo estral, mientras que la gestación tardía se caracteriza por una supresión en la secreción de gonadotropinas, principalmente en los pulsos de LH. Así mismo, debido a la destrucción del cuerpo lúteo al parto, las concentraciones de progesterona descienden rápidamente y con la expulsión de las membranas fetales al momento del parto, las concentraciones de 17β -estradiol también disminuyen. Sin embargo, después del día 9 posparto comienzan a aumentar las concentraciones de estrógenos provenientes del desarrollo de folículos pero con fluctuaciones debido al crecimiento y regresión de estos (Yavas y Walton, 2000). Por otra parte, las concentraciones de FSH se elevan a los pocos días posteriores al parto con lo cual inicia el desarrollo de oleadas foliculares similares a las observadas en un ciclo estral de duración normal, pero ningún folículo se desarrolla lo suficiente para ovular debido a que no hay el estímulo apropiado en pulsos de LH (Salfen *et al.*, 2001).

Durante el anestro posparto temprano, el hipotálamo modifica su sensibilidad hacia los estrógenos tal como sucede en un animal prepuber, es decir, el estradiol tiene una retroalimentación negativa o un efecto inhibitorio sobre la secreción de GnRH, provocando un bloqueo o disminución en la secreción de LH (Wiltbank *et al.*, 2002). Para que este efecto negativo por parte de los estrógenos hacia hipotálamo cambie es necesario que las concentraciones de estrógenos secretados por un folículo dominante

aumenten de tal forma que cambien la sensibilidad del hipotálamo hacia ellos, permitiendo así incrementar los pulso de GnRH y por tanto, desencadenar el pico preovulatorio de LH capaz de provocar la ovulación.

Indudablemente, factores como el amamantamiento y la nutrición pueden poner en riesgo el que estos eventos se den de manera normal (Short *et al.*, 1990) afectando principalmente el reinicio en la actividad cíclica del animal (Fig. 2). Así pues, la baja disponibilidad de energía durante el periodo posparto no solo suprime la secreción pulsátil de LH sino también disminuye la respuesta ovárica a la estimulación por esta hormona (Butler, 2000), siendo el factor que limita el desarrollo folicular y por tanto la ovulación posparto impidiendo que el animal pueda establecer una nueva preñez.

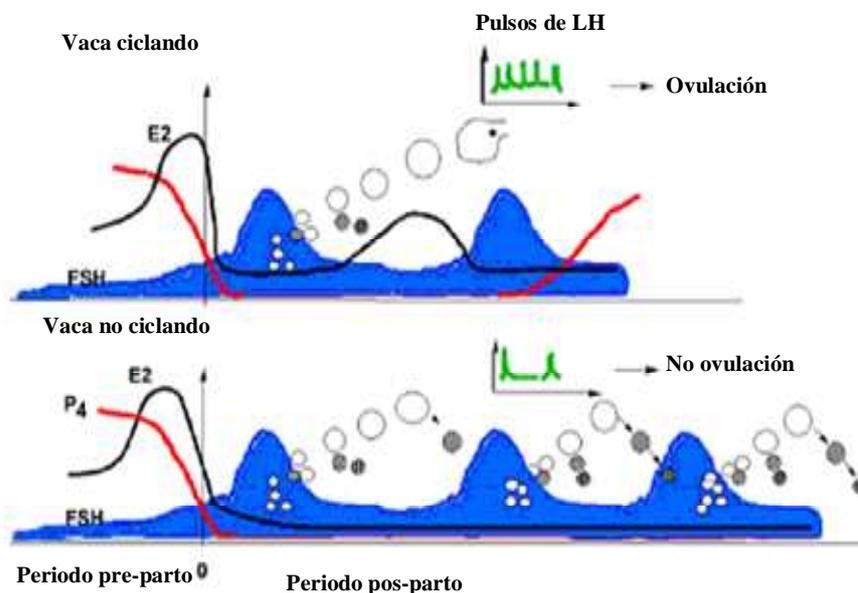


Fig. 2. Dinámica folicular, ovulación y concentraciones de FSH, progesterona, estradiol (E2) pulsos de LH en vacas que están reiniciando la ovulación en posparto temprano (vacas ciclando) o en aquellas que falla la ovulación (vacas anestricas) dentro de los días 30-40 posparto (Adaptado de Roche, 2006).

2.4.3 Estado nutricional

El estado nutricional de la vaca tiene un efecto significativo sobre la fertilidad, afectando no solo el intervalo parto-primera ovulación sino también el éxito a la concepción (Sheldon *et al.*, 2006), siendo el factor más importante el balance energético que presente la hembra en el periodo posparto temprano. Así pues, las prioridades nutricionales del animal estarán encaminadas hacia: 1. Metabolismo basal, 2. Actividad, 3. Crecimiento, 4. Reservas energéticas básicas, 5. Reproducción, 6. Lactación, 7. Reservas

energéticas adicionales, 8. Reinicio de actividad ovárica y finalmente hacia reservas energéticas extras (Short *et al.*, 1990). Cambios nutricionales en la hembra determinarán su desempeño reproductivo (Armstrong *et al.*, 2003).

Los cambios metabólicos asociados con el parto y el inicio de la lactación llevarán al animal a un estado de balance energético negativo (BEN) que tendrá un efecto negativo sobre la reproducción; la habilidad de cada vaca para adaptarse fisiológicamente a estos cambios metabólicos aunado a las bajas reservas energéticas que presenten los animales en este momento repercutirá en su fertilidad (Jorritsma *et al.*, 2003). Así mismo, durante el periodo posparto, las concentraciones circulantes de la hormona del crecimiento (GH) aumentan provocando movilización de grasas (lipólisis) y disminuyendo las concentraciones de insulina. Este aumento en los niveles de GH ocasiona pérdidas en la condición corporal y el peso de los animales (Lucy, 2003); aunado a esto, las concentraciones de IGF-1 disminuyen durante el periodo de posparto temprano. Esta disminución en IGF-1 se ha señalado como un indicador del estado nutricional del animal (Zula *et al.*, 2002).

Cuando las vacas se encuentran en un balance energético negativo (BEN) atraviesan por una serie de cambios metabólicos y hormonales; los niveles de ácidos grasos no esterificados, glucosa, insulina así como de IGF-1, se han señalado como indicadores del estado metabólico del animal (O'Callaghan *et al.*, 2001).

La evaluación de la condición corporal (CC) es un método simple que nos permite estimar sus reservas energéticas observándose que cambios en esta condición durante el periodo posparto afectará la fertilidad de la vaca (Beam y Butler, 1999). Esto aunado a que en regiones tropicales las vacas son ordeñadas bajo el estímulo del becerro y el amamantamiento se alarga hasta por 6-8 meses, provoca que los intervalos entre partos sean muy prologados (Escobar, 1984). Oliver y Richardson (1976) postularon que las hembras que pierden entre 25-30% de su peso corporal no quedan preñadas debido a un mecanismo de protección fisiológica. Por otra parte Soto *et al.* (1997), evaluaron la relación entre la condición corporal y la fertilidad concluyendo que las hembras para ciclar y ser inseminadas tenían que perder 10% de su peso vivo, alcanzar el punto más bajo del BEN y posteriormente reiniciar la actividad ovárica cíclica.

No obstante, a pesar del estudio que se tiene del efecto de la nutrición sobre la actividad gonadotropina, es poco lo que se sabe acerca de su efecto sobre el ovocito y/o embrión (Adamiak *et al.*, 2006). Se ha evaluado el efecto de la cantidad de ácidos grasos

presentes en el ovocito (Mc Evoy *et al.*, 2000) más no así el efecto de estos sobre el folículo que lo liberará así como su relación con el desarrollo del embrión.

Sin duda, estas alteraciones en el crecimiento embrionario afectarán la eficiencia en el diagnóstico de gestación principalmente en aquellos animales en los cuales se desconoce el momento del servicio como lo es en ganado de carne, en su mayoría manejado bajo condiciones de empadre con monta natural (Galina y Arthur, 1990).

Así pues, dentro de las aplicaciones del ultrasonido dentro la práctica veterinaria, está la posibilidad de evaluar la condición corporal así como medir grasa dorsal de cada animal; esta última de gran utilidad para evaluar con mayor precisión el estado nutricional del animal que con la simple evaluación de la condición corporal (Mösenfechtel *et al.*, 2002) o el peso vivo.

2.5 BALANCE ECONÓMICO

La ineficiencia reproductiva es uno de los problemas más importantes dentro de la producción del ganado bovino. Un intervalo entre partos de 12-13 meses ha demostrado ser el que da más beneficios económicos; sin embargo, difícilmente se logra debido a problemas en los ciclos reproductivos (Domecq *et al.*, 1991). Una herramienta importante para lograr un intervalo entre partos apropiado es la realización de un diagnóstico de no gestación oportuno, que permite tomar las medidas de manejo reproductivo necesarias para conseguir dejar gestante a un animal detectado como vacío. Sin embargo, a pesar de la importancia económica que esto representa, pocos son los estudios que se han realizado acerca del costo-beneficio que esto implica (Oltenucu *et al.*, 1990). Sin duda alguna, factores como intervalo parto-concepción, realización de diagnósticos de gestación temprana, así como pérdidas embrionarias y deficiencias en detección de celos serán determinantes en estos beneficios económicos.

Así pues, aunque el diagnóstico de gestación realizado a través de palpación rectal ha sido el más utilizado por años, las ventajas económicas que esto represente en comparación con otros métodos que existen actualmente para dicho fin como son ultrasonografía y métodos hormonales, se darán si los porcentajes de muerte embrionaria no aumentaron como resultado de esta manipulación directa sobre el tracto reproductor de la hembra así como de los días abiertos que presente una hembra al ser diagnosticada como vacía. Al respecto Tenhagen *et al.* (2004) después de evaluar la eficiencia reproductiva y económica de la aplicación del programa de sincronización Ovsynch,

encontraron que el número de días abiertos representa el mayor costo económico dentro del hato; incluso se ha reportado que por cada día que se retrase el diagnóstico de gestación mediante palpación rectal después del día 30 de realizada la IA, provocará un incremento de 1.09 días dentro del intervalo entre parto (Thompson *et al.*, 1995).

Se han reportado diferentes estimaciones económicas que se han reportado acerca del costo real de un día abierto en el ganado. Así pues, De Vries y Conlin (2003) lo calculan en \$0.73usd a \$1.24usd por día, mientras que Tenhagen *et al.* (2004) estiman un costo por día abierto de \$0.50€ a \$4.50€. Indudablemente el aumento en días vacíos de la vaca causará daños importantes en el aspecto reproductivo que finalmente se reflejarán en pérdidas económicas; por tanto, hacer un diagnóstico oportuno del estado fisiológico del animal así como la confiabilidad en la técnica a utilizar, será primordial en el éxito de la producción.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en dos etapas durante los años 2005 y 2006. El empadre se realizó en los meses de junio, julio y agosto, siguiéndose la misma metodología del trabajo en ambos años, utilizándose 98 vacas en cada etapa y siendo la única diferencia el número de animales por grupo según el período posparto. Las hembras fueron de tipo *Bos indicus*, con una condición corporal promedio al inicio del empadre, de 2.5 en escala 1 a 5 (1: emaciado, 5: obeso, Pullan *et al.*, 1978). Con la finalidad de determinar el porcentaje de hembras ciclando al inicio del empadre, a todas las hembras se les tomó una muestra de sangre por punción de la vena coccígea para la determinación de los niveles de progesterona (P4), considerándose que existía un CL funcional si los niveles de P4 eran ≥ 1 ng/ml de P4, corroborando la presencia de un CL (Pulido *et al.*, 1991).

Localización

La fase de campo se llevó a cabo en la Unidad de Producción Bovina La Vega perteneciente al Instituto Tecnológico de Costa Rica, la cual se localiza a 10° 25' latitud Norte, 84° 32' longitud Oeste, con una elevación de 75 m.s.n.m.. El clima de la región se clasifica como tropical húmedo, con una precipitación media de 3,096 mm anuales; la temperatura media es de 27 °C y la humedad relativa es de 85.3%. Los potreros tienen, principalmente, pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*), zacate pará (*Brachiaria mutica*) y ratana (*Ischaechum indicum*).

Animales

a) Año 2005

Se utilizaron 98 vacas cebú amamantando divididas en dos grupos: 44 en el grupo con posparto tardío (LP) con >90 días posparto y 54 el grupo con posparto temprano (EP) con ≤ 90 días.

b) Año 2006

Se utilizaron 98 vacas cebú amamantando divididas en dos grupos, 18 en el grupo con posparto tardío (LP) con >90 días posparto y 80 el grupo con posparto temprano (EP) con ≤ 90 días.

Para el empadre se utilizaron dos parejas de toros que fueron previamente evaluados en su habilidad reproductiva según el protocolo propuesto por Chacón *et al.* (1999). Cada

par se mantuvo con las vacas durante un período de 21 días, para darle luego paso al otro par. Para ambos años se contó con los mismos pares de toros.

Ultrasonografía

Con el objetivo de diagnosticar estados de preñez temprana, a partir del día 23 posterior a la entrada de los machos, se realizó a todas las hembras un examen ultrasonográfico (ALOKA SSD-500) por vía transrectal, utilizando una sonda de 7.5 MHz. Esta evaluación se realizó cada semana hasta la finalización del empadre, es decir, a los días 23, 30, 37, 44, 51 y finalmente el día 60 posterior a la entrada de cada par de toros.

Evaluación del desarrollo embrionario observado mediante ultrasonográfica seriada

A las hembras detectadas como preñadas por ultrasonografía, se les hacía una segunda medición del embrión, siete días posteriores a la primera, confirmándose la presencia de latido cardiaco. Si en este momento se detectaba una gestación normal y compatible con el diagnóstico previo, la hembra se excluía de las evaluaciones ultrasonográficas semanales hasta ser evaluada mediante palpación rectal.

En ambas ocasiones se tomó una muestra de sangre por punción de la vena coccígea para determinar si los niveles de P₄ eran compatibles con preñez.

Palpación rectal

En el día 60 posterior a la entrada de los toros, un profesional en medicina veterinaria, con 25 años de experiencia en el diagnóstico reproductivo de bovinos mediante palpación rectal y sin conocimiento previo del estado reproductivo de las hembras, realizó una palpación rectal siguiendo el protocolo sugerido por Zemjanis (1984), diagnosticando el estado de preñada o vacía, y estimando la edad del feto.

Estimación del tiempo de gestación al diagnóstico ultrasonográfico

En cada embrión de las hembras diagnosticadas como gestantes mediante ultrasonido, se evaluó la presencia del latido cardiaco, la presencia y forma de la vesícula embrionaria, además de medir el embrión en sentido longitudinal y transversal. Esas mediciones se

comparaban con la escala del desarrollo embrionario propuesta por Rosiles *et al.* (2005), con lo que se estimaba la edad correspondiente a cada embrión. De este modo, se comparó tanto el diagnóstico (gestante/no gestante) como la edad estimada de gestación por cada una de las técnicas del estudio.

Evaluación del estado nutricional de los animales

Este estudio solamente se realizó durante el empadre del 2006 (segundo año del trabajo), contándose con 98 hembras.

Con el fin de determinar el estado nutricional de todos los animales, una vez por mes se evaluaron los siguientes puntos:

- 1.- Condición corporal en una escala de 1 a 5 (Pullan *et al.*, 1978), donde 1 es un animal emaciado y 5 un animal obeso.
- 2.- Peso del animal mediante balanza eléctrica.
- 3.- A través de ultrasonografía se realizó la medición de la capa dorsal de grasa lumbar mediante una sonda de 3.5 MHz.

Finalmente se evaluó el efecto de los cambios en peso, condición corporal y grasa dorsal sobre el desarrollo embrionario.

Procesamiento de las muestras sanguíneas

Las muestras de sangre fueron analizadas mediante la técnica de Radioinmunoanálisis (RIA) para determinar los niveles de P4. Este análisis se realizó en el laboratorio de Endocrinología del Departamento de Reproducción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Análisis estadístico

Se realizó una comparación de los porcentajes de gestación en ambos grupos por medio de una prueba de Chi cuadrada (SAS). Por otra parte, la velocidad de gestación se evaluó mediante un análisis de varianza de una vía. Para establecer las características diagnósticas de la ultrasonografía (sensibilidad, especificidad y valores predictivos), se utilizó el programa WinEpiscope. De ese modo, se determinó el momento de mayor exactitud y con el mayor valor predictivo positivo (Thrusfield *et al.*, 2002) tomándose

como Prueba de Oro la segunda evaluación como gestante a partir de ultrasonografica realizada en cada hembra. Para determinar diferencias entre las mediciones de peso, grasa y condición corporal se utilizó la prueba “t student” (SAS).

Estimación económica

a) Costos durante el estudio y b) para el productor

La evaluación se realizó a partir del costo-beneficio de utilizar como diagnóstico reproductivo cada una de las técnicas desarrolladas medido a partir de los días abiertos que se acumularon en cada hembra desde el comienzo de la seriación ultrasonográfica hasta el inicio de la gestación o bien hasta la finalización del periodo de empadre.

Palpación Rectal y Ultrasonografía

El costo de la realización de cada una de las técnicas de evaluación, se aplicó de acuerdo a los datos proporcionados por la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), considerándose en \$200usd / 0-200 vacas palpadas/ día, y un 20% adicional sobre este costo si la evaluación era mediante ultrasonido, es decir, \$240.00usd.

Evaluación de costo por día abierto

El costo por día abierto se estimó en \$3.00usd/día de acuerdo al promedio reportado en la literatura (LeBlanc, 2001; Frike, 2002; Tenhagen *et al.*, 2004).

Posteriormente, de acuerdo a las diferencias en los tiempos de diagnóstico de gestación por cada una de las técnicas y al número de hembras que resultaron vacías al finalizar el empadre con monta natural, se estimó cual era el beneficio económico de utilizar el ultrasonido; este cálculo se realizó en base al número de días abiertos a partir del inicio de la seriación ultrasonográfica hasta el momento de la realización del último diagnóstico mediante palpación rectal.

Finalmente se comparó el costo final de la evaluación de cada técnica con el costo total de días abiertos durante el empadre.

c) Costos para el Médico Veterinario

Costo por la adquisición de un equipo de ultrasonografía

A partir del costo del equipo ultrasonográfico se realizó un cálculo de la depreciación del mismo para estimar el costo mensual que se tendría que invertir para su compra. El costo inicial del equipo fue de \$11,500usd de acuerdo al precio de compra del 2006 de los distribuidores ALOKA SSD.

Los valores de depreciación del equipo ultrasonográfico se estimaron de acuerdo al método propuesto por De LaSota (1998):

Valor de recuperación: $\frac{\text{Valor compra} * 40\%}{100}$

100

Depreciación anual: $\frac{\text{Valor de compra} - \text{Valor de recuperación}}{\text{Vida Útil (años)}}$

Vida Útil (años)

Interés promedio = $\frac{(\text{Valor de compra} - \text{Valor de recuperación}) * 10\%}{100}$

100

Reparaciones = $\frac{(\text{Valor de compra} - \text{Valor de recuperación}) * 10\%}{100}$

100

Seguros = $\frac{(\text{Valor de compra} - \text{Valor de recuperación}) * 15\%}{100}$

100

Finalmente se calculó el costo que implicaría al Médico Veterinario la adquisición del equipo ultrasonográfico y el tiempo que le tomaría recuperar la inversión a partir del costo por el servicio de diagnóstico de gestación a partir de esta técnica.

IV. RESULTADOS

Gestaciones

El promedio de gestaciones fue del 86%; el resto de los animales permanecieron vacíos desde el inicio hasta el fin del periodo del empadre. La mortalidad embrionaria posterior al primer diagnóstico positivo por ultrasonido fue del 6%, sin diferencia entre años de estudio ni entre grupos posparto ($P>0.05$).

Del total de hembras; 68% de las gestaciones correspondía al grupo EP, el restante 42% correspondió a vacas LP.

Velocidad de gestación

El 51% de las gestaciones correspondieron al primer par de toros, el 36% a la segunda pareja y el restante 13% a la tercera rotación, correspondiente al primer par de machos. El 70% de las gestaciones iniciaron dentro de las primeras 4 semanas del empadre sin diferencia estadística entre los grupos posparto. Para el grupo LP el mayor porcentaje de gestaciones (28%) iniciaron en la semana 3 mientras que para el grupo EP tanto en la semana 2 como en la 4 el porcentaje de gestaciones fue similar siendo 21% y 20% respectivamente (Figura 2). El promedio de vacas preñadas por semana fue de 7.1.

Ultrasonografía y Palpación rectal

El 82% del total de gestaciones se diagnosticó tanto por ultrasonido (US) como por palpación rectal (PR); el restante 18% fue diagnosticado mediante US en un 8%, y por PR en 10%. La edad mínima estimada al primer diagnóstico positivo fue a los 20 días para el US y 30 días para la PR.

El grado de concordancia (Kappa) entre ambas técnicas para el diagnóstico de gestación fue de 0.75; observándose una sensibilidad de 92%, especificidad de 66%, valor predictivo positivo de 92% y negativo de 67% (Cuadro 2).

El momento en el cual se diagnosticaron las gestaciones de acuerdo a las evaluaciones con ultrasonido (Figura 3), se observa que para el día 44 de iniciado el empadre se había acumulado en el 2005 el 66% de las vacas diagnosticadas como gestantes, mientras que en el 2006 el porcentaje diagnosticado fue del 51% ($P>0.05$) en el mismo tiempo del empadre.

Estimación del tiempo de gestación al diagnóstico ultrasonográfico

Tras compararse la edad estimada mediante las medidas embrionarias obtenidas a partir de las evaluaciones ultrasonográficas y la edad calculada al diagnóstico a través de palpación rectal (PR), el porcentaje de concordancia entre técnicas fue de 60%.

A pesar de que el promedio de días al primer diagnóstico de gestación no fue diferente entre el año 2005 y el 2006, si se observó una pequeña reducción en los días durante el segundo año (Figura 4), llegando a 26 días de preñez teniendo que el 82% de las gestaciones fueron diagnosticadas a una edad de ≤ 26 días.

Finalmente al comparar el acumulado en la eficiencia en detección de las gestaciones tempranas entre la palpación rectal (PR) y el ultrasonido (US) y tomando como fecha de detección de preñez mediante PR una edad de 30 días; es hasta el día 58 de iniciado el empadre cuando se igualan los porcentajes de preñez detectados a partir de ambas técnicas (Figura 5).

La sensibilidad y la especificidad del diagnóstico por US mejoran conforme avanza el tiempo; sin embargo, entre los días 26 y 27 es cuando estas variables se equilibran (Cuadro 3). No obstante, el valor predictivo (+) es alto en todas las edades de diagnóstico.

Durante la segunda etapa del estudio, el 92% (76/83) de gestaciones fueron diagnosticadas por ultrasonografía. En el 82% (62/76) de estas hembras el crecimiento del embrión, de acuerdo a la escala de Rosiles *et al.* (2005), fue acorde con el tiempo entre mediciones; en el 18% (14/76) restante de las hembras la edad del embrión no correspondía entre mediciones siendo en el 100% de los casos de menor edad en la segunda medida con respecto a la primera; sin embargo, en el 79% (11/14) de los casos la edad calculada al momento de la palpación rectal correspondía a la estimada a partir de la primera medición del embrión; en el 21% restante la edad del producto al diagnóstico por palpación era menor a la calculada de acuerdo al último ultrasonido realizado.

En los cambios en peso, grasa y condición corporal entre hembras cuyo desarrollo de embrión fue el adecuado en comparación con las vacas cuyo embrión no tuvo este mismo crecimiento, se encontró diferencia estadística únicamente en grasa dorsal a diferencia de las variables peso y condición corporal. Sin embargo, en todas las variables las hembras que no tuvieron un crecimiento adecuado del embrión mostraron más pérdidas a partir de la segunda medición (12 de julio) y no se recuperaron en la tercera medición (9 de agosto) con respecto a las hembras cuyo embrión tuvo un desarrollo correcto (Figuras 6, 7 y 8).

Con respecto a condición corporal, ambos grupos de hembras tuvieron menor condición corporal en la última evaluación con respecto a la primera, siendo estas diferencias en promedios de 2.9 a 2.7 puntos para hembras con desarrollo adecuado del producto y de 3.0 a 2.6 puntos para vacas con un mal crecimiento del embrión ($P > 0.05$ en ambos grupos); en esta variable ambos grupos tuvieron el mismo promedio de condición corporal (2.6) en la segunda medición (Figura 6). Así pues, la mayor disminución que presentó esta variable fue de 0.4 puntos y fue en el grupo de hembras con un inadecuado desarrollo embrionario.

En las mediciones de peso (kg) las hembras con crecimiento adecuado del embrión tuvieron menos peso en la última medición (473.8 kg) con respecto a la primera evaluación (490.5 kg), mientras que las vacas con un retraso en el desarrollo embrionario para la última evaluación ganaron peso (485.6 kg) con respecto a la primera (481.6 kg), sin embargo, no hubo diferencia para ninguno de los grupos de animales ($P > 0.05$; Figura 7).

Finalmente, en las mediciones de grasa dorsal mientras que los animales cuyo embrión creció favorablemente ganaron grasa dorsal entre la primera y la última medición (0.42mm a 0.48mm respectivamente), las hembras con un retraso en el crecimiento del producto tuvieron el mismo valor (0.45mm) en estas mediciones. Al evaluar la segunda medición con respecto al resto; en ambos grupos fue menor con respecto a la primera; sin embargo, para la categoría de adecuado desarrollo embrionario no presentó diferencia con las demás mediciones mientras que en la categoría de mal crecimiento del embrión, si hubo diferencia ($P < 0.05$) entre la segunda medida con respecto a la primera

y última; sin embargo, esta segunda medida comparada con el grupo de vacas cuyo embrión creció favorablemente no presentó diferencia ($P > 0.05$; Figura 8).

Estimación económica

a) Costos durante el estudio

Costo por la realización de la palpación rectal:

Al ser un costo de \$200.00usd/0-200 vacas, el costo de realizar el diagnóstico de gestación mediante esta técnica en el estudio hubiese sido de \$200.00usd al contar con 98 vacas en cada año de estudio y realizándose a los 60, 79 y 93 días de iniciado el empadre. Por lo que el costo total sería de \$600.00usd.

Costo por la realización de la evaluación ultrasonográfica:

Considerándose un 20% adicional por hacer el diagnóstico mediante US, en base al costo de la evaluación mediante palpación rectal, se pagaría por realizar el diagnóstico con US \$240.00usd; al ser un total de 11 exámenes ultrasonográficos, el costo al final del empadre sería de \$2,640.00usd.

b) Costos para el productor

Costo por la realización de la palpación rectal:

Con un costo de \$200.00usd/0-200 vacas, el costo de realizar el diagnóstico de gestación mediante esta técnica en el estudio hubiese sido de \$200.00usd al contar con 98 vacas en cada año de estudio. De acuerdo a la distribución de los porcentajes de gestación, los días recomendados para la realización de las evaluaciones mediante PR son 58 y 93 de iniciado el empadre. Por lo que el costo total sería de \$600.00usd.

Costo por la realización de la evaluación ultrasonográfica:

Considerándose un 20% adicional por hacer el diagnóstico mediante US, en base al costo de la evaluación mediante palpación rectal, se pagaría por realizar el diagnóstico con US \$240.00usd. De acuerdo a la distribución de los porcentajes de gestación los días recomendados para la realización de las evaluaciones ultrasonográficas son los días 23, 44, 64 y 93 de iniciado el empadre. Por lo que el costo total sería de \$960.00usd.

Cálculo de días abiertos para el 2005:

a) Hembras diagnosticadas como vacías por ambas técnicas

Hubo un total de 19 animales vacíos hasta el final del empadre, transcurriendo 57 días a partir del inicio de la seriación ultrasonográfica (día 23 del empadre) acumulándose 1083 días abiertos (por el total de hembras vacías) hasta la finalización del empadre; a un costo de \$3.00 usd/día abierto, tiene un costo total de \$3,249.00usd.

b) Hembras diagnosticadas como gestantes únicamente por palpación rectal

El 40% (2/5) del total de estas vacas fueron diagnosticadas como gestantes hasta el día 57 de iniciado el empadre por lo que debieron ser diagnosticadas mediante US en la cuarta evaluación (día 51 del empadre), por tanto, el costo de ese tiempo estimando en días abiertos fue de \$30.00usd.

El 60% restante (3/5) fue diagnosticado hasta el día 79 de iniciado el empadre, por lo que debió diagnosticarse por US en la séptima evaluación, acumulándose 27 días abiertos a partir del inicio de la seriación ultrasonográfica, por tanto, un costo total por los días abiertos de \$243.00usd.

El total por días abiertos en este grupo de hembras fue:

$$** \$3,249.00usd + (\$30.00usd + \$243.00usd) = \$3,522.00usd.$$

Cálculo de días abiertos para el 2006:

a) Hembras diagnosticadas como vacías por ambas técnicas

Hubo un total de 9 animales vacíos hasta el final del empadre, transcurriendo 71 días abiertos a partir del inicio de las evaluaciones ultrasonográficas hasta finalizado el empadre acumulándose 639 días por el total de vacas. A un costo de \$3.00usd/d y 639 días, sería un total de \$1,917.00usd.

b) Hembras diagnosticadas como gestantes únicamente por palpación rectal

El 50% (4/8) de estas vacas fueron diagnosticadas como gestantes el día 58 de iniciado el empadre, por lo que en este grupo de hembras no hubo ganancia de días abiertos con respecto al inicio de la gestación.

Para el día 79 de iniciado el empadre se diagnosticó la preñez del 12% (1/8) del total de animales en este grupo; con un total de 21 días abiertos a partir del inicio de la seriación ultrasonográfica, dando un costo de \$63.00usd.

En el 38% (3/8) restante se diagnosticó la preñez hasta el día 93 del empadre iniciándose la gestación el día 63 del empadre y por tanto un total de 40 días abiertos a partir de que comenzaron las evaluaciones ultrasonográficas, dando un total de \$360.00usd.

El total por los días abiertos en este grupo de hembras fue:

** \$1,917.00usd + (\$63.00usd + \$360.00usd) = **\$2,340.00usd**

Resumen de costos:

- a) Costo por la evaluación mediante US durante el empadre: **\$960.00usd**
- b) Costo por la evaluación mediante PR: **\$600.00usd**
- c) Costo por el total de días abiertos durante el empadre del 2005: **\$3,522.00usd**
- d) Costo por el total de días abiertos durante el empadre del 2006: **\$2,340.00usd**

b) Costos para el Médico Veterinario

Costo por la adquisición de un equipo de ultrasonografía:

Valor de compra (U\$)	11,500.00
Valor de recuperación (U\$)	4,600.00
Vida útil (años)	4
Tasa depreciación (%)	25

	Porcentaje	Costo (U\$)
Depreciación anual	25	1,725.00
Interés promedio	10	690
Reparaciones	10	690
Seguro	15	1,035.00
	Depreciación anual	4,140.00
	Depreciación mensual	345

Fincas a evaluar mediante US para recuperar la inversión en un año:

Valor de compra (\$usd)	11,500.00
Valor de recuperación (\$usd)	4,600.00
Costo total (\$usd) (11,500.00 + 4,600.00)	16,100.00
Costo por realizar US en 200 vacas (\$usd)	240.00
Total de fincas a evaluar mediante US (\$16,100.00 / \$240.00usd)	67.08 fincas
Fincas / mes (67.08 / 12)	5.6 fincas

Fincas a evaluar mediante US en un año, para recuperar la inversión dentro de la vida útil del equipo (4años):

Valor de compra (\$usd)	11,500.00
Depreciación anual (\$usd)	4,140.00
Costo por realizar US en 200 vacas (\$usd)	240.00
Total de fincas a evaluar mediante US en un año (\$4,140.00 / \$240.00usd)	17.25
Total de fincas a evaluar mediante US en los 4 años de vida útil (17.25 * 4)	69

V. DISCUSIÓN

Los porcentajes de preñez tras la aplicación de tratamientos hormonales con la finalidad de sincronizar la manifestación de celos y emplear técnicas como son la inseminación artificial a tiempo fijo, han sido alrededor del 50% (Ross *et al.*, 2004; Stenger *et al.*, 2004). Estos resultados son similares a los obtenidos tras empadre con monta natural, en los cuales se ha encontrado de un 50% a 56% (Silva-Mena y Delgado-Leon 2000; Molina *et al.*, 2002). Sin embargo, el resultado del presente estudio difiere al obtenerse un 86% de gestaciones una vez finalizado el empadre. Esta discrepancia puede deberse al proceso de selección de los animales en la finca a través de los años, provocando un mejoramiento en las características reproductivas. Este hecho fue reportado por Seebeck (1973) quien al analizar el efecto de la selección a través de los años con respecto al cruzamiento entre diferentes razas, observó que la fertilidad obtenida mejoraba conforme avanzaba el tiempo; sin duda, la ciclicidad del hato al inicio del empadre es un factor determinante para conseguir una tasa de preñez elevada así como el efecto bioestimulador que provoca la presencia del toro (Cupp *et al.*, 1993; Vishwanath, 2003). En nuestro estudio el 51% de los animales se encontraban ciclando al inicio del empadre rotacional, lo que puede explicar que la población de vacas ya era susceptible de quedar gestante tan pronto como entraran los toros al programa reproductivo.

A diferencia de lo encontrado acerca del porcentaje de mortalidad embrionaria en donde este supera el 15% (Kastelic *et al.*, 1991; Gregory *et al.*, 1996), el resultado de nuestro trabajo fue del 6%, similar al obtenido por Rosiles *et al.* (2005). Sin embargo, a diferencia de estos estudios, no podemos inferir el momento en el cual sucedió la pérdida embrionaria ya que una vez confirmada la viabilidad del embrión, a partir de la presencia del latido cardíaco, la hembra dejaba de ser monitoreada por ultrasonografía para ser diagnosticada nuevamente hasta el momento de la palpación rectal correspondiente. Así pues, el empleo del ultrasonido como diagnóstico precoz de preñez confirma que al menos hasta el segundo ultrasonido el embrión seguía presentando latido cardíaco lo cual confirma la inocuidad de esta técnica de diagnóstico de gestación (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. Si bien el periodo posparto afecta el reinicio de la ciclicidad y por tanto la eficiencia reproductiva de las hembras (Galina y Arthur, 1989), en nuestro estudio el número de animales gestantes no fue diferente entre grupo posparto temprano y tardío (81% y 90%

respectivamente). Este efecto ya había sido encontrado por Molina *et al.* (2003) quienes tras evaluar la eficiencia de un empadre rotacional con diversos intervalos posparto de las hembras, no obtuvieron diferencia entre estos con respecto a los porcentajes finales de gestación; sin embargo, este trabajo difiere del nuestro en cuanto a la velocidad de gestación, ya que mientras que Molina *et al.* (2003) encuentra un 60% de gestaciones dentro de las primeras cinco semanas de empadre, en nuestro estudio un 75% de las gestaciones comenzaron en este periodo de tiempo. Estas discrepancias pueden deberse a que en el primer estudio los grupos posparto presentaron diferente velocidad de gestación, teniendo que las hembras posparto tardío (LP) acumularon el 72% de gestaciones mientras que para el grupo posparto temprano (EP) tenía acumulado el 48% de preñez. En nuestro estudio no se presentó esta diferencia ya que para la quinta semana de empadre el porcentaje de gestaciones entre grupos fue de 72% para LP y 78% para EP. Este hecho favoreció al diagnóstico temprano de gestación a partir del ultrasonido ya que para la cuarta evaluación (día 44 de iniciado el empadre) se tenía diagnosticado el 60% del total de gestaciones. Si la velocidad de gestación hubiese sido como la reportada por Molina *et al.* (2003), la ventaja reproductiva del empleo del ultrasonido como diagnóstico temprano de gestación sería mayor principalmente en el grupo EP ya que desde el inicio del empadre se conocería su estado y por tanto se realizaría el manejo indicado para cada hembra de tal forma que se equilibrara su condición reproductiva con respecto al grupo LP.

De igual forma, aunque la clasificación de EP se refiere a hembras con ≤ 90 días posparto, sin duda, las primeras vacas en preñarse bajo esta categoría fueron las que tenía mayor tiempo posparto, así a partir de la sexta semana de iniciado el empadre comenzaron a quedar gestantes aquellos animales que al inicio del empadre tenía en promedio 40 días de paridas, lo que significa que para esta sexta semana de empadre su tiempo posparto estaba alrededor de 80 días, cuando fisiológicamente tienen mayores posibilidades de mantener la preñez.

Este comportamiento reproductivo no es similar al encontrado previamente en programas con animales del tipo *Bos indicus* manejados con monta natural, tal es el caso del número de hembras gestadas por semana en donde Galicia (1999) estimó a celo natural en 0.67 hembras y Molina *et al.* (2002) obtuvieron un promedio de 3.3 vacas mientras que en nuestro estudio este valor fue de 7.1 vacas por semana, reflejándose así el efecto de la selección en el ganado eliminando las vacas que no quedaban gestantes en el empadre lo cual provocó por selección hembras mas adaptadas a las condiciones del

medio ambiente lo cual muy posiblemente ocasionó mejores porcentajes de preñez a través de la selección del hato.

Pocos son los estudios que han comparado el uso de la palpación rectal y/o la ultrasonografía como técnicas de diagnóstico de gestación, y más aún la relación que existe entre las edades diagnosticadas por estas. En nuestro estudio el 60% de las edades dadas a partir de la evaluación mediante PR correspondían a la edad estimada mediante US a través de la escala de desarrollo embrionario propuesta por Rosiles *et al.* (2005) y la cual fue validada comprobándose su efectividad en estimación del tiempo de gestación a partir de la medición del embrión (Chávez, 2005). Por lo anterior, la falta de congruencia en las edades diagnosticadas que fue tan alta como un 40% presume que la técnica de palpación rectal no es tan eficiente en determinar la edad exacta de la gestación.

Así pues, la estimación del tiempo de gestación a partir de la medición embrionaria mediante el uso del ultrasonido nos permite conocer el momento de inicio de la gestación y por tanto 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 dado por los sementales.

El grado de concordancia obtenido entre las técnicas (0.75) así como los porcentajes de sensibilidad, especificidad y valores predictivos negativos y positivos demuestran que ambas técnicas son precisas en el diagnóstico dado por cada una y entre sí; sin embargo, la diferencia entre estas se da al comparar los tiempos en los cuales se realizó el diagnóstico, ya que el 70% de las gestaciones que se tenían diagnosticadas por el ultrasonido a la cuarta semana de evaluación fue a una edad promedio de 24 días de concepción mientras que si en esa semana se hubiese hecho diagnóstico por palpación rectal (PR) solo se hubiese obtenido el 16% de total gestaciones y con un tiempo estimado de gestación de 30 días. Este hecho podría aumentar el porcentaje de muerte embrionaria ya que el diagnóstico por PR antes del día 45 de gestación ha demostrado aumentar la mortalidad del producto sobre todo al realizarse a partir del desplazamiento de membranas (Thurmond y Picanso, 1993).

Por otra parte, con el US el 82% de las gestaciones diagnosticadas fue a una edad de ≤ 26 días, mientras por PR solo el 10% de las gestaciones fueron diagnosticadas a una edad

de 30 días. Lo anterior nos permite inferir que si bien ambas herramientas reproductivas son eficientes, la precisión que se obtiene a partir del uso de la ultrasonografía no puede ser superada por la obtenida a partir de palpación rectal, a pesar de ser la técnica más difundida, más aún cuando se desconoce el momento en el cual las hembras están recibiendo el servicio.

Del porcentaje de hembras diagnosticadas como gestantes solo por ultrasonido (8%) se debió a que siete días posteriores a la evaluación ultrasonográfica esos embriones tenía una edad estimada de 27 días por lo que para la PR era prácticamente imposible detectarlas, por otra parte, las vacas únicamente diagnosticadas por PR (10%) puede atribuirse a un error en el diagnóstico ultrasonográfico. Sin embargo, este cálculo se basó en el tiempo estimado de gestación por palpación rectal y al evaluarse ese diagnóstico por US fue notable la divergencia entre el tiempo estimado por el palpador contra la estimada por el US de acuerdo a la escala propuesta por Rosiles (2005). Así, las vacas detectadas por PR que se presumían de 30 días de gestantes en realidad tenían un tiempo de gestación de 27 días por lo cual en el último US aplicado 7 días antes de la palpación las estructuras indicativas de gestación eran todavía efímeras.

Por otra parte, la sensibilidad y especificidad así como valores predictivos (+) y (-) de nuestro estudio, se estabilizaron entre el día 26 y 27 de gestación, resultados similares a los obtenidos por Pierson y Ginther, (1984) quienes afirman que el embrión puede ser observado a temprana edad entre los días 26 y 29. Sin embargo, a diferencia de este estudio nuestros valores son a partir de la segunda evaluación realizada ya que esta fue considerada como la Prueba de Oro con lo cual se confirma el primer diagnóstico con una edad de 21 y 22 días de gestación, no obstante, al ser menor número de animales diagnosticados con esta edad, los valores de sensibilidad y especificidad son bajos más no así el valor predictivo (+) con el cual se confirma la precisión del US en la detección temprana de preñez.

En la comparación de los porcentajes de hembras detectadas como gestantes mediante el ultrasonido y palpación rectal en cada una de las evaluaciones ultrasonográficas; es hasta el día 58 de iniciado el empadre cuando los porcentajes no muestran diferencias, mientras que en las evaluaciones previas a esta fecha los porcentajes de preñez detectados mediante ultrasonido son superiores a las de que pudieran ser diagnosticados a partir de palpación. Al ser un empadre con monta natural y en base a los resultados obtenidos en cuanto a velocidad de gestación, sensibilidad, especificidad así como valores predictivos podríamos inferir que al día 23 de iniciado el empadre se tendría

gran posibilidad de comenzar a detectar preñez temprana así como el número de hembras vacías, ofreciendo la posibilidad de dar solución a esto para aumentar el número de vacas con posibilidades de preñarse.

Así pues, la ventaja de diagnosticar gestaciones así como a las hembras vacías desde muy temprano de iniciado el empadre, favorece a la formación de lotes de hembras vacías así como de preñadas ayudando a obtener una mejor tasa de concepción así como a un mejor manejo general de nuestro hato. En el presente estudio el 14% de hembras que permanecieron vacías desde el inicio hasta finalizado el empadre, hubiesen podido ser monitoreadas para conocer su estado fisiológico, principalmente en caso de anestro y si fuese posible ser sincronizadas con la finalidad de favorecer la presentación del celo durante el programa reproductivo disminuyendo el número de días abiertos en estas vacas con la posibilidad de aumentar el porcentaje final de preñez.

Por otra parte, aunque el anestro es el componente principal de la infertilidad posparto en ganado de carne prolongándose más de 90 días posteriores al parto (Short *et al.*, 1990), cambios en condición corporal, peso así como grasa dorsal después del parto pueden utilizarse como indicadores del balance energético de los animales. Estos cambios energéticos durante la gestación tendrán efecto directo sobre el desarrollo del producto ya sea en etapas embrionarias o bien a nivel fetal.

Sin embargo, a pesar de que la condición corporal es considerada como una forma de evaluar las reservas energéticas del animal (Short *et al.*, 1990; Roche *et al.*, 2000) es una medida muy subjetiva acerca de su desempeño reproductivo (Kohiruimaki *et al.*, 2006). En el presente estudio, a pesar de la poca variación que hubo entre las evaluaciones, esto no afectó la posibilidad de que las hembras mantuvieran la gestación hasta el momento de su última revisión realizada mediante palpación rectal. Esto concuerda con lo encontrado por Buckley *et al.* (2003) quienes mencionan que para que los cambios en condición corporal no causen efectos sobre la reproducción, estos no deberán ser mayores a 0.5 unidades. Los cambios de condición corporal de nuestro estudio no fueron superiores a 0.4 unidades.

Así pues, aunque la medición de condición corporal es un método de evaluación externa, la pérdida de peso (kg) indica cambios en el estado del animal siendo un mejor indicador de su bienestar (Kohiruimaki *et al.*, 2006). En nuestro estudio los cambios en peso fueron mayores en hembras con un adecuado desarrollo embrionario lo cual puede atribuirse al momento en el cual se realizó la medida ya que al existir un intervalo de 30 días entre mediciones no podemos saber si el animal está perdiendo o ganando peso con

respecto al periodo previo a la medición; razón por la cual esta variable parece no ser responsable del desarrollo inadecuado por parte del grupo de hembras en las cuales el peso final es superior al peso con el cual iniciaron el empadre.

Los resultados observados en el presente estudio concuerdan con lo mencionado por Mönsenfechtel *et al.* (2002) acerca de que la evaluación de grasa dorsal resulta más útil para determinar el estado nutricional de un animal que con la sola evaluación de la condición corporal o el peso. Cuando el animal está en balance energético negativo comienza a desarrollar una movilización de grasas así como de proteínas de reservas provocando así desordenes metabólicos como lo son la cetosis y acidosis y con ello comprometiendo el mantenimiento de la gestación (Jorritsma *et al.*, 2003; Roche, 2006). El 18% de los embriones diagnosticados a partir del US no tuvieron un crecimiento adecuado en el intervalo de siete días entre cada evaluación realizada, lo cual puede atribuirse a los cambios en grasa dorsal medida a partir del US. Al ser captada esta pérdida en reservas energéticas el embrión inició un periodo de inhibición del crecimiento, sin embargo, un 79% de estos embriones recuperaron su crecimiento al momento de ser diagnosticados mediante palpación rectal. Por lo anterior, podemos inferir que una vez que las hembras percibieron la recuperación de estas reservas, se reinició el crecimiento embrionario compensándose su desarrollo.

Así pues, al no perderse la gestación a pesar de este descenso en grasa dorsal, una posible explicación pudiera ser que en vacas se presente el evento conocido como diapausa facultativa reportada en marsupiales y roedores (Lopes *et al.*, 2004); de esta forma, la hembra fue capaz de mantener al producto pero deteniendo su crecimiento hasta que se comenzó a estabilizarse su estado nutricional y el embrión fue capaz de reiniciar su crecimiento. No podemos precisar en que momento se estableció el desarrollo embrionario debido a que una vez diagnosticada como gestante a través del ultrasonido, la hembra se dejaba de muestrear y no era hasta la realización de la palpación rectal cuando su estado reproductivo se evaluaba nuevamente. Probablemente las pérdidas en las reservas energéticas de la hembras aunado al estrés que esto produce sobre el embrión es el responsable de este retraso en el crecimiento del producto (Bloomfield *et al.*, 2004) sin verse comprometido en su viabilidad. Un estudio con un seguimiento detallado de la evolución y crecimiento del embrión es una estrategia recomendable para futuras investigaciones.

Por otra parte, si el porcentaje de muerte embrionaria del presente estudio hubiese sido como los encontrados para ganado *Bos indicus* (Gregory *et al.*, 1996; Romano *et al.*,

2007), es decir, superior al 10%, los efectos de pérdidas en grasa dorsal sobre el crecimiento retardado del embrión se hubiesen observado por más tiempo. Al no tenerse observaciones ultrasonográficas continuas del embrión esto no se puede asegurar.

En relación al aspecto económico que implica la utilización de la palpación rectal (PR) y/o ultrasonido (US) como técnica de diagnóstico de gestación en un empadre con monta natural, se estimó un costo de \$2,640.00usd por el total de evaluaciones durante los tres meses de empadre a partir de US, en comparación con \$600.0usd por diagnóstico a partir de PR, no obstante, al calcular los costos por los días abiertos del total de las hembras este fue de \$3,249.00usd para el 2005 y \$3,522.00usd para el 2006.

Si desde un inicio de las evaluaciones se hubiese implementado un manejo reproductivo más agresivo a las hembras vacías, estas pérdidas económicas se hubieran reducido considerablemente. Así mismo, el costo total del uso del ultrasonido así como el de la palpación rectal fue en base al número de evaluaciones realizadas durante el estudio. Si se realizaran únicamente dos diagnósticos a partir de palpación rectal el costo sería de \$400.00usd mientras que si las evaluaciones a partir de US se realizan de acuerdo a los momentos de mayor porcentajes de gestaciones mostrados en la Figura 4 (días 23, 44, 64 y 93 del empadre) el costo por el total de revisiones se reduce a \$960.00usd, considerando el costo de \$240.00usd por cada evaluación ultrasonográfica. Así pues, el ahorro económico que proporciona el ultrasonido al productor supera el costo que implica aumentar días abiertos. Ahora bien, si el médico adquiere este equipo necesitaría un total de 5.6 fincas palpadas al mes, es decir, 1.4 fincas palpadas por semana, considerándose un costo de \$240.00usd por cada finca palpada a partir del ultrasonido; el uso de esta técnica por parte de los médicos no solo es redituable a corto plazo sino también aumenta la precisión del diagnóstico dado a cada animal.

Sin duda, la eficiencia de ambas técnicas estará influenciada por el estado reproductivo con el que comiencen las hembras, la velocidad de gestación, así como los porcentajes de muerte embrionaria una vez finalizado el empadre.

Así pues, tanto el médico responsable del diagnóstico como las características propias del hato, son factores que pueden tener diversos efectos en la relación entre palpación rectal y pérdida embrionaria (Thompson, 1994). Así mismo, a diferencia del ultrasonido, diagnosticar gestaciones de 24 días es prácticamente imposible mediante palpación rectal más aún cuando se desconocen las fechas de monta o IA; incluso cuando dicho diagnóstico lo realice un técnico experimentado (Kelton *et al.*, 1988), como lo fue en el presente trabajo.

VI. CONCLUSIONES

Se concluye que el ultrasonido utilizado como método de diagnóstico de preñez temprana bajo condiciones de empadre con monta natural reduce el tiempo en el cual conocemos el estado fisiológico de las hembras permitiendo dar un manejo oportuno al ganado desde el día 23 de iniciado el empadre, dando la posibilidad de obtener mayor porcentaje de preñez y reduciendo el costo que implica el acumulado de días abiertos durante el periodo de empadre. Poco se sabe acerca de cuál es el efecto que tiene el cambio en pérdidas de peso, condición corporal o grasa dorsal, sobre el crecimiento adecuado del embrión. Por tanto, el seguimiento de los cambios en grasa dorsal por medio de su medición ultrasonográfica podría ser una medida de manejo útil para predecir el adecuado desarrollo embrionario y con ello el éxito de la gestación. Sin embargo, se necesitan de mayores estudios sobre todo en programas de monta natural en los cuales no conocemos el momento en el cual la hembra está recibiendo el servicio.

VII. LITERATURA CITADA

1. Abbitt B, Ball L, Kitto GP, Sitzman CG, Wilgenburg B, Raim LW, Seidel GE (1978). Effect of three methods of palpation for pregnancy diagnosis per rectum on embryonic and fetal attrition in cows. *J Am Vet Med Assoc* 173: 973-977.
2. Adamiak SJ, Powell K, Rooke JA, Webb R, Sinclair KD (2006). Body composition, dietary carbohydrates and fatty acids determine post-fertilization development of bovine oocytes in vitro. *Reproduction* 131: 247-258.
3. Amann R, Seidel G, Mortimer R (2000). Fertilizing potential *in vitro* of semen from young beef bulls containing a high or low percentage of sperm with a proximal droplet. *Theriogenology* 54: 1499-515.
4. Armstrong DG, Gong JG, Webb R (2003). Interactions between nutrition and ovarian activity in cattle: Physiological, cellular and molecular mechanisms. *Reproduction Supplement* 61: 403-414.
5. Badtram GA, Gaines JD, Thomas CB, Bosu WTK (1991). Factors influencing the accuracy of early pregnancy detection in cattle by real-time ultrasound scanning of the uterus. *Theriogenology* 35:1153-1167.
6. Ball PJH y Logue DDN (1994). Ultrasound diagnosis of pregnancy in cattle. *Vet. Rec.* 134: 532.
7. Barnes FL (2000). The effect of early uterine environment on the subsequent development of embryo and fetus. *Theriogenology* 53: 649-658.
8. Baxter SJ y Ward WR (1997). Incidence of fetal loss in dairy cattle after pregnancy diagnosis using ultrasound scanner. *Vet. Rec.* 140: 287-288.
9. Beal WE, Perry RC, Corah LR (1992). The use of ultrasound in monitoring reproductive physiology of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 70: 924-929.
10. Beam SW y Butler WR (1999). Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fert. Sup.* 54: 411-424.
11. Bearden HJ, Hansel W, Bratton RW (1956). Fertilization and embryonic mortality rates of bulls with histories of either low or high fertility in artificial breeding. *J. Dairy Sci.* 39: 312-314.
12. Blocke MA (1981). Observations on group mating of bulls at pasture. *Applied of Animal Ethologic* 5:15-34
13. Bo GA y Caccia M (2000). Ultrasonografía reproductiva en el ganado Bovino. *Taurus* 2(5):23-39.
14. Bloomfield FH, Oliver MH, Hawkins P, Holloway AC, Campbell M, Gluckman PD, Harding JE, Challis JRG (2004). Periconceptional undernutrition in sheep

accelerates maturation of the fetal hypothalamic-pituitary-adrenal axis in late gestation. *Endocrinology* 10-30.

15. Buckley F, O'Sullivan K, Mee JF, Evans RD, Dillon P (2003). Relationships among milk yield, body condition, cow weight and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 86:2308–2319.
16. Bulman DC y Lamming GE (1979). The use of milk progesterone analysis in the study of oestrus detection, herd fertility and embryonic mortality in dairy cows. *Br. Vet. Journal.* 135: 559-567.
17. Butler WR y Smith RD (1989). Interrelationships between energy balance on postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72, 767-783.
18. Butler WR (2000). Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle *Anim. Reprod. Sci.* 60–61:449–457.
19. Carrillo J (1988). Manejo de un rodeo de cría. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina 194p.
20. Carson DD, Bagchi I, Dey SK, Enders AC, Fazleabas AT, Lessey BA, Yoshinaga K (2000). Embryo implantation. *Dev. Biol.* 223:217-237.
21. Chacón E, Pérez E, Müller L, Söderquist H, Rodríguez-Martínez (1999). Breeding soundness evaluation of extensively managed bulls in Costa Rica. *Theriogenology* 52: 221-231.
22. Chávez Crisostomo Diana Ofelia (2005). Aplicación de la ultrasonografía como medida diagnóstica del desempeño de un programa reproductivo en vacas (*Bos indicus*). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tesis Licenciatura.
23. Chebel RC, Santos JEP, Reynolds JP, Cerri RLA, Juchem SO, Overton M (2004). Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 84:239-255.
24. Chenoweth PJ (1981). Libido and mating behaviour in bulls, boars and rams. A review. *Theriogenology* 16:155-177.
25. Cupp AS, Roberson MS, Stumpf TT, Wolfe MW, Werth LA, Kojima N, Kittok RJ, Kinder JE (1993). Yearling bulls shorten the duration of postpartum anestrus in beef cows to the same extent as do mature bulls. *J. Anim. Sci.* 71, 306–309.
26. Curran S, Pierson RA, Ginther OJ (1986). Ultrasonographic appearance of the bovine conceptus from days 20 through 60. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 189:1295-1302.
27. De la Sota RL (1998). Bovine reproductive ultrasonography. Proceedings of the 4th SIPAR Follow Up Seminar on Animal Reproduction and Biotechnology for

Latin America, Swedish International Cooperation Agency and Universidad Federal do Para, Belén/Castanhal/Pará/Brasil. February 8-20, pp:193-208.

28. De Vries A y Conlin BJ (2003). Economic value of timely determination of unexpected decreases in detection of estrus using control charts. *J. Dairy Sci.* 86:3516–3526.
29. Domecq JJ, Nebel RL, McGilliard ML, Pasquino AT (1991). Expert system for evaluation of reproductive performance and management. *J Dairy Sci* 74: 3446-3453.
30. Dunne LD, Diskin MG, Sreenan JM (2000). Embryo and foetal loss in beef heifers between day 14 of gestation and full term. *Anim. Reprod. Sci.* 58: 39–44.
31. Eastman SA (1979). Methods of improving the accuracy of positive results from milk progesterone pregnancy tests. *Br Vet J* 135:489-490.
32. Elrod CC y Butler WR (1993). Reduction of fertility and alteration of uterine Ph in heifers fed excess ruminally degradable protein. *J. Anim. Sci.* 71:694-701.
33. Escobar FC, Carlos JL, Galina CS, Fernández-Baca S (1984). Efecto del amamantamiento sobre la actividad reproductiva posparto en vacas cebú criollas y F1 (Cebú-Holstein) en el trópico húmedo de México. *Veterinaria México* 15: 243-248.
34. Fields MJ, Hentengs JF, Corenlisse KW (1982). Aspects of the sexual development of Brahman versus Angus bulls in Florida. *Theriogenology* 18, 17–31.
35. Fissore RA, Edmonson AJ, Phashen RL, Bondurant RH (1986). The use of the ultrasonography for the study of the bovine reproductive tract. II. Non-pregnant, pregnant and pathological conditions of the uterus. *Anim. Reprod. Sci.* 12: 167-177.
36. Fricke PM, Guenther IJN, Wiltbank MC (1998). Efficacy of decreasing the dose of GnRH used in a protocol for synchronization of ovulation and timed AI in lactating dairy cows. *Theriogenology* 50:1275-1284.
37. Fricke PM (2002). Scanning the Future - Ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85:1918-1926.
38. Galicia L, Estrada S, Galina CS, Pérez E, Molina R (1999). Velocidad de gestación en el ganado *Bos indicus* en el trópico húmedo de Costa Rica. *Ciencias Veterinarias (Costa Rica)* 22: 59-69.
39. Galicia LL, Estrada KS, Galina CS, Pérez GE, Romero JJ, Molina SR (2006) Ultrasonography as aid early pregnancy diagnosis in zebu cattle in a natural mating programme. *J. Appl. Anim. Res.* 29:53-58.

40. Galina CS y Arthur GH (1989). Review of cattle reproduction in the tropics. Part 3. Puerperium. *Anim. Breed. Abst.* 57: 899-910.
41. Galina y Arthur (1990). Review of cattle reproduction in the tropics. Part 4. Oestrous cycles. Galina CS, Arthur GH. *Anim. Breed. Abst.* 58: 805-813.
42. Galina CS y Arthur GH (1991) Review of cattle reproduction in the tropics. Part 6. The male. *Anim. Breed. Abst.* 59: 403-412.
43. Gandy B, Tucker W, Ryan P, Williams A, Tucker A, Moore A, Godfrey R, Willard S (2001). Evaluation of the Early Conception Factor (ECF™) test for the detection of nonpregnancy in dairy cattle. *Theriogenology* 56:637-647.
44. Garret JE, Geisert RD, Zavy MT, Morgan GL (1988). Evidence for maternal regulation of early conceptus growth and development in beef cattle. *J. Reproduction Fertil* 84:437-446.
45. Ginther OJ (1995). Ultrasonic imaging and animal reproduction. Equiservices Publishing, Cross Plains, WI.
46. Graham JD y Clarke CL (1997). Physiological action of progesterone in target tissues. *Endocrinology Review* 18: 502-519.
47. Gregory RM, Mattos RC, Lamprecht M (1996). Embryonic mortality in bovine ultrasonographic evaluation. *Arq. Fac. Vet. UFRGS, Porto Alegre.* 24: 25-29.
48. Hafez ESE y Hafez B (2000) Reproducción e Inseminación Artificial en animales. Séptima edición, Editorial McGraw-Hill, USA.
49. Hage DC (1993). Immunoassays. *Analytical Chemistry*, 65:12, 420-424.
50. Hansel W (1981) Plasma hormone concentrations associated with early embryo mortality in heifers. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 30: 231-239.
51. Hughes EA and Davis DAR (1989). Practical uses of ultrasound in early pregnancy in cattle. *Vet Rec* 124: 456-458.
52. Humblot P (2001). Use of pregnancy specific proteins and progesterone assay to monitor pregnancy and determine the timing, frequencies and sources of embryonic mortality in ruminants. *Theriogenology* 56: 1417-1433.
53. Hunter MG (1991). Characteristics and causes of the inadequate corpus luteum. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 43: 91-99.
54. Ito k, Ikemizu Y, Takahashi J, Yasuda Y, Kawahata K, Goto T (1995). Early Pregnancy Factor: EPF-like substance(s) purified from pregnant bovine ovary and *in vitro* fertilized ovum culture medium. *J. Reprod. Dev.* 41(1).

55. Jorritsma R, Wensing T, Kruip TAM, Vos PLAM, Noordhuizen PTM (2003). Metabolic changes in early lactation and impaired reproductive performance in dairy cows. *Vet. Res.* 34, 11–26.
56. Kastelic JP, Ginther OJ (1989). Accuracy of ultrasonography for pregnancy diagnosis on days 10 to 22 in heifers. *Theriogenology* 31: 813-820
57. Kastelic JP, Bergfelt DR, Ginther OJ (1991). Ultrasonic detection of the conceptus and characterization of intrauterine fluid on days 10 to 22 in heifers. *Theriogenology* 35: 569-581.
58. Kelton DF, White ME, Hodges RJ, Guard CL, Powers PM, Dinsmore RP, Stehman SM, Hillman RB, Yoder SS (1988). The relationships among palpator experience, milk progesterone concentration and estrus and fertility in cows with palpable corpora lutea treated with cloprostenol. *Cornell Vet* 12:105-112.
59. Kindahl H, Bekana M, Kask K, Königsson H, Odensvik (1999) Endocrine aspects of uterine involution in the cow. *Reprod. Dom. Anim.* 34: 261-268.
60. King WA (1990). Chromosome abnormalities and pregnancy failure in domestic animals. *Adv. Vet. Sci. Comp. Med.* 34:229.
61. Koch E, Morton H, Ellendorff F (1983). Early pregnancy factor: Biology and practical application. *Br Vet J* 139: 53-58.
62. Kohiruimaki M, Ohtsuka H, Hayashi T, Kimura K, Masui M, Ando T, Watanabe D, Kawamura S (2006). Evaluation by weight change rate in dairy herd condition. *J. Vet. Med. Sci.* 68 (9); 935-940.
63. Larsen RE, Littell R, Rooks E, Adams EL, Falcon C, Warnik AC (1990) Bull influences in conception percentage and calving date in Angus, Hereford, Brahman and Senepol single sire herds. *Theriogenology* 34:549-568.
64. LeBlanc S (2001). The ovsynch breeding program for dairy cows- A review and economic perspective. *The Bovine Practitioner* 35: 13-22.
65. Lopes FL, Desmarais JA and Murphy BD (2004). Embryonic diapause and its regulation. *Flavia. Reproduction* 128 669–678.
66. Lucy MC (2003). Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reproduction Suppl.* 61, 415–427.
67. Mann GE y Lamming GE (1999). The influence of progesterone during early pregnancy in cattle. *Reproduction in Domestic Animals* 34:269-274.
68. Mann GE y Lamming GE (2001). Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanism in cows. *Reproduction* 121: 175-180.

69. McEvoy TG, Coull GD, Broadbent PJ, Hutchinson JS, Speake BK (2000). Fatty acid composition of lipids in immature cattle, pig and sheep oocytes with intact zona pellucida. *J. Reprod. and Fert.* 118 163–170.
70. Mee JF, Ryan DP, Condon T (1994). Ultrasound diagnosis of pregnancy in cattle. *Vet. Rec.* 134: 532.
71. Miyamoto A, Shirasuna K, Hayashi KG, Kamada D, Kawashima C, Kaneko E, Acosta TJ, Matsui M (2006). A potential use of color ultrasound as a tool of reproductive management: New observations using color ultrasound scanning that were not possible with imaging only in black and white. *J. Reprod. Dev.* 52: 153-160.
72. Molina R, Bolaños I, Galina CS, Pérez E, Paniagua G, Estrada S (2000). Sexual behaviour of Zebu bulls in the humid tropics of Costa Rica: single versus multiple-sire groups. *Anim. Reprod. Sci.* 64:139–148.
73. Molina Sánchez Rafael (2001) Estudios sobre el comportamiento reproductivo de toros cebuinos (*Bos indicus*) manejados bajo condiciones de empadre simple y múltiple. Tesis de Doctorado. UNAM, FMVZ
74. Molina R, Galina CS, Camacho J, Maquivar M, Diaz GS, Estrada S, Martínez L (2002). Effect of alternating bulls as a management tool to improve the reproductive performance of suckled Zebu cows in the humid tropics of Costa Rica. *Anim. Reprod. Sci.* 69: 159–173.
75. Molina R, Galina CS, Maquivar M, Estrada S, Chávez A, Díaz S (2003). Pregnancy rate in Zebu cows with two different postpartum intervals exposed to a two-bull rotational system. *Veterinary Research Communications* 27: 671-680.
76. Mösenfechtel S, Hoedemaker M, Eigenmann UJ, Rüh P (2002). Influence of back fat thickness on the reproductive performance of dairy cows. *Vet. Rec.* 151: 387-388.
77. Morton H (1984). Early pregnancy factor (EPF): A link between fertilization and immunomodulation. *Aust. J. Biol. Sci.* 37:393-407.
78. Nation DP, Malmo J, Davis GM and Macmillan KL (2003) Accuracy of bovine pregnancy detection using transrectal ultrasonography at 28 to 35 days after insemination *Aust. Vet. J.* 81 (1-2): 63-65.
79. O'Callaghan D, Lozano JM, Fahey J, Gath V, Snijders S, Boland MP (2001). Relationships between nutrition and fertility in dairy cattle. British Society of Animal Science. Occasional publication No. 26, pp. 147–159.
80. Oliver J y Richardson FD (1976). Relationship between conception rate in beef cattle and body weight change. Proceedings Beef Cattle Production in Developing Countries. Edinburgh, UK, 154-157.

81. Oltenacu PA, Ferguson JD, Lednor AJ (1990) Economic evaluation of pregnancy diagnosis in dairy cattle: A decision analysis approach. *J. Dairy Sci.* 73 :2826-2831.
82. Paisley LG, Mickelsen WD, Frost OL (1978). A survey of the incidence of prenatal mortality in cattle following pregnancy diagnosis by rectal palpation. *Theriogenology* 9 (6): 481-491.
83. Pierson RA y Ginther OJ (1984). Ultrasonography for detection of pregnancy and study of embryonic development in heifers. *Theriogenology* 22: 225-233.
84. Pierson RA, Kastelic JP, Ginther OJ (1988). Basic principles and techniques for transrectal ultrasonography in cattle and horses. *Theriogenology* 29: 3-20
85. Pieterse MC, Szenci OA, Willemsee AH, Bajcosy CSA, Dieleman SJ, Taverne MAM (1990). Early pregnancy diagnosis in cattle by means of linear-array real-time ultrasound scanning of the uterus and a qualitative and quantitative milk progesterone test. *Theriogenology* 33: 697-708.
86. Price E (1987). Male sexual behaviour. *Veterinary Clinics of North America* 3:405-422.
87. Pulido A, Zarco L, Galina CS, Murcia C, Flores G, Posadas E (1991) Progesterone metabolism during storage of blood samples from Gyr cattle: Effects of anticoagulant, time and temperature of incubation. *Theriogenology* 1991; 35: 965-975.
88. Pullan NB (1978). Condition scoring of white fulani cattle. *Trop. Anim. Hlth. Prod.* 10: 118-120.
89. Ribadu AY y Nakao T (1999). Bovine reproductive ultrasonography: A review. *J. Reprod. Dev.* 45:13-28.
90. Rioux P y Rajotte D (2004). Progesterone in milk: A simple experiment illustrating the estrous cycle and enzyme immunoassay. *Adv Physiol Educ* 28:64-67.
91. Robinson RS, Mann GE, Lamming GE, Wathes DC (1999). The effect of pregnancy on the expression of uterine oxytocin, oestrogen and progesterone receptors during early pregnancy in the cow. *Journal of Endocrinology* 160:21-33.
92. Robinson RS, Mann GE, Lamming GE, Wathes DC (2001). Embryonic endometrial interactions during early pregnancy in cows. *British Society of Animal Science Occasional Publication* 26: 289-295 citado por Wathes DC, Taylor VJ, Cheng Z and Mann GE (2003) Follicle growth, corpus luteum function and their effects on embryo development in postpartum dairy cows. *Reproduction Suppl.* 61: 219-237.
93. Roche JF, Mackey D, Diskin MD (2000). Reproductive management of postpartum cows. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 703-712.

94. Roche JF (2006). The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Anim. Reprod. Sci.* 96: 282–296.
95. Rodriguez R, Rivera M (1999). Fertility of beef cattle females with mating stimuli around insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 54: 221-6.
96. Romano JE, Thompson JA, Forrest DW, Westhusin ME, Tomaszewski MA, Kraemer DC (2007). Early pregnancy diagnosis by transrectal ultrasonography in dairy cattle *Theriogenology* 67: 486-93
97. Rosiles VA, Galina CS, Maquívar M, Molina R, Estrada S (2005). Ultrasonographic screening of the embryo development in cattle (*Bos indicus*) between days 20 and 40 of pregnancy. *Anim. Reprod. Sci.* 90: 31-37.
98. Ross PJ, Aller JF, Callejas SS, Butlerd H, Alberio RH (2004). Estradiol Benzoate given 0 or 24 h after the end of a progestagen treatment in postpartum suckled beef cows. *Theriogenology* 62:265-273.
99. Salfen BE, Kojima FN, Bader JF, Smith MF, Garverick HA (2001) Effect of short-term calf removal at three stages of follicular wave on fate of a dominant follicle in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 79: 2688-2697.
100. SAS Institute Inc. 2002: JMP version 5. SAS Institute Inc., Cary, NC
101. Seebeck RM (1973). Sources of variation in the fertility of a herd of zebu, British, and zebu x British cattle in Northern Australia. *J. Agric. Sci. Camb* 81: 253-262.
102. Sheldon IM, Wathes DC, Dobson H (2006). The management of bovine reproduction in elite herds: Review. *The Veterinary Journal* 171:70–78.
103. Sheldon M y Noakes D (2002). Pregnancy diagnosis in cattle. *Farm Animal Practice. In Practice* 310-317.
104. Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE (1990). Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef. *J. Anim. Sci.* 68:799-816.
105. Silva-Mena C y Delgado-Leon R (2000). Sexual behavior and pregnancy rate in *Bos indicus* bulls. *Theriogenology* 53: 991–1002.
106. Smith OB y Akinbamijo OO (2000). Micronutrients and reproduction in farm animals. *Anim. Reprod. Sci.* 60: 61549–560.
107. Soto CR, Galina CS, Rubio I, Basurto H (1997). Efecto de la suplementación sobre el desempeño productivo y reproductivo de vaquillas Brahman a pastoreo en el trópico de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5(1): 51-64.

108. Spencer TE y Bazer FW (2004). Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. Review. *Reproductive Biology and Endocrinology* 2:49-53.
109. Stenger JE, Bader JF, Kojima FN, Ellersieck MR, Smith MF, Patterson DJ (2004). Fixed-time artificial insemination of postpartum beef cows at 72 or 80 h after treatment with the MGA. Select protocol. *Theriogenology* 61:1299-1305
110. Stevenson JS, Cartmill JA, Hensley BA, El-Zarkouny SZ (2003). Conception rates of dairy cows following early not-pregnancy diagnosis by ultrasonography and subsequent treatments with shortened Ovsynch protocol. *Theriogenology* 60:475-483.
111. Szenci O, Beckers JF, Humblot P, Sulon J, Sasser J, Taverne MAM, Varga J, Baltusen R, Gy Schekk (1998). Comparison of ultrasonography, bovine pregnancy specific protein B, and bovine pregnancy-associated glycoprotein 1 test for pregnancy detection in dairy cows. *Theriogenology* 50: 77-88.
112. Szenci O, Humblot P, Beckers JF, Sasser G, Sulon J, Baltusen R, Varga J, Bajcsy CA, Taverne MA (2000). Plasma profiles of progesterone and conceptus proteins in cows with spontaneous embryonic/fetal mortality as diagnosed by ultrasonography. *Vet J.* 159(3):287-90.
113. Tenhagen BA, Drillich M, Surholt R, Heuwieser W (2004). Comparison of timed AI after synchronized ovulation to AI at estrus: Reproductive and economic considerations. *J. Dairy Sci.* 87:85–94.
114. Thomson JA, Marsh WE, Calvin JA, Etherington WG, Momont HM, Kinsel ML (1994). Pregnancy associated with pregnancy testing by rectal palpation. *J. Dairy Sci.* 77:3382-3387.
115. Thompson JA, Marsh WE, Etherington WG, Momont HW, Kinsel ML (1995). Evaluation of the benefits of the timing of pregnancy testing by transrectal palpation in dairy cattle. *JAVMA* 207:1462–1465.
116. Thurmond MC y Picanso JP (1993). Fetal loss associated with palpation per rectum to diagnose pregnancy in cows. *J Am Vet Med Assoc* 203; 432-435.
117. Thrusfield M.: *Epidemiología Veterinaria*. 2ª ed. Acribia, Zaragoza, 2002.
118. Totey SM, Singh, Taneja M, Talwar GP (1991). Ultrasonography for detection of early pregnancy following embryo transfer in unknown breed of *Bos indicus* cows. *Theriogenology* 35: 487-497.
119. Vanroose G, De Kruif A, Van Soom A (2000). Embryonic mortality and embryo-pathogen interactions. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61:131-143.
120. Vishwanath R (2003). Artificial insemination: The state of the art. *Theriogenology* 59: 571-584.

121. Watches DC y Lamming GE (1995) The oxytocin receptor, luteolysis and the maintenance of pregnancy. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 49: 53-67.
122. Wiltbank, JN, Rowden WW, Ingalls JE, Gregory KE, Koch RM (1962). Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 21:219.
123. Wiltbank MC, Gümen A, Sartori R (2002) Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology* 57: 21-52.
124. Yalow R y Berson S (1971). Introduction and general considerations. IN: Odell WD, Daughaday WH (eds): Principles of Competitive Protein Binding Assay. J.B. Lippincott Co., Philadelphia, pp 1-19.
125. Yavas Y y Walton JS (2000) Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows. A review. *Theriogenology* 54: 1-23.
126. Zavy MT (1994). Embryonic mortality in cattle. In: Zavy MT and Geisert RD, editors. Embryonic mortality in domestic species. Boca Raton: CRC Press 99-140.
127. Zemjanis R (1984). Reproducción animal: Diagnóstico y técnicas terapéuticas. 1Ed. LIMUSA. México. 252 pp.
128. Zula VC, Nakao T, Sawamukai Y (2002). Insulin-like growth factor-I as a possible hormonal mediator of nutritional regulation of reproduction in cattle. *J. Vet. Med. Sci.* 64, 657-665.

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

- Cuadro 2.** Sensibilidad, especificidad y valores predictivos negativo y positivo en el comparativo Palpación Rectal y Ultrasonografía sin importar la edad al diagnóstico ultrasonográfico. **55**
- Cuadro 3.** Diagnóstico de la sensibilidad (Sen), especificidad (Esp), valor predictivo positivo (Vp (+)) y valor predictivo negativo (Vp (-)) en las edades en las cuales fue diagnosticada la gestación. **59**
- Figura 2.** Velocidad de gestación en hembras LP y EP durante las 9 semanas de empadre rotacional. **54**
- Figura 3.** Porcentaje de hembras diagnosticadas como gestantes de acuerdo al periodo de monitoreo ultrasonográfico. **56**
- Figura 4.** Tiempo de gestación al momento del diagnóstico ultrasonográfico, en cada año de estudio. **57**
- Figura 5.** Comparativo entre el ultrasonido y la palpación rectal con respecto a la eficiencia en detección de gestaciones durante el empadre. **58**
- Figura 6.** Cambios en condición corporal (puntos) en hembras con un crecimiento del embrión adecuado y vacas sin el mismo comportamiento. **60**
- Figura 7.** Cambios en peso (kg) en hembras con un crecimiento del embrión adecuado y vacas sin el mismo comportamiento. **61**
- Figura 8.** Cambios en grasa dorsal (mm) en hembras con un crecimiento del embrión adecuado y vacas sin el mismo comportamiento. **62**

CUADROS Y FIGURAS

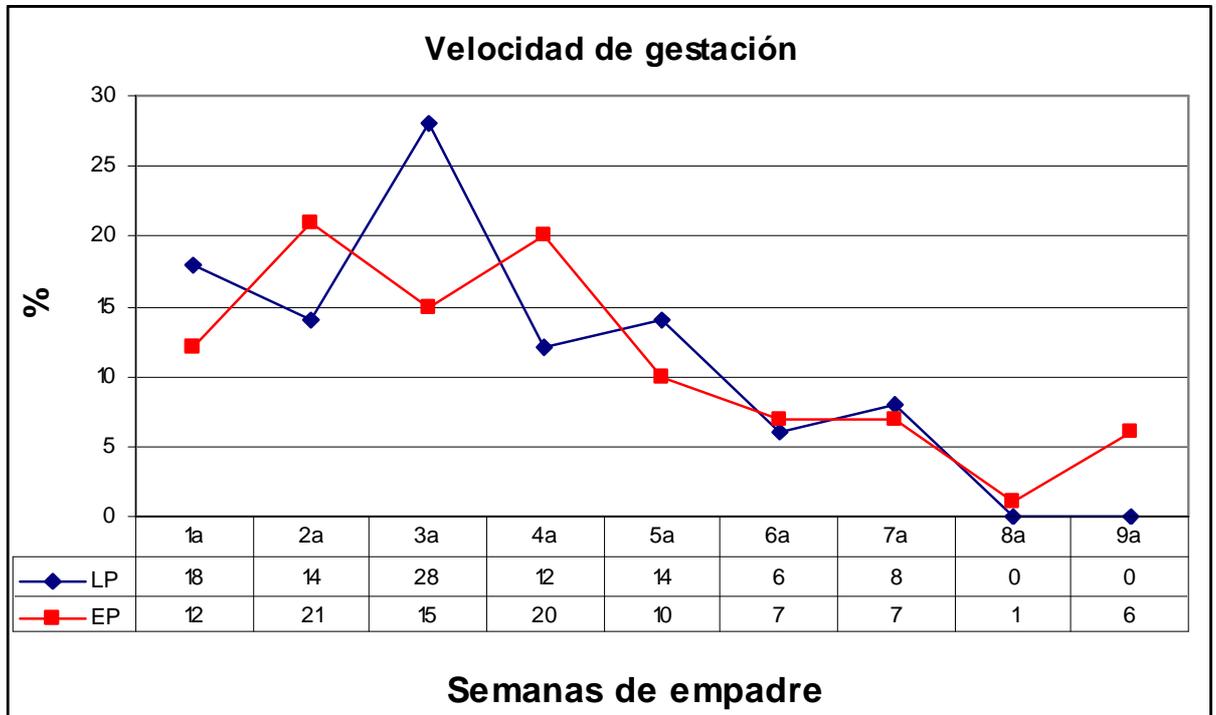


Figura 2. Velocidad de gestación en hembras *LP y *EP durante las 9 semanas de empadre rotacional ($P>0.05$).

* LP: Hembras con >90 días posparto, EP: Hembras con ≤ 90 días posparto.

Sensibilidad	92%
Especificidad	66%
Valor predictivo (+)	92%
Valor predictico (-)	67%

Cuadro 2. Sensibilidad, especificidad y valores predictivos negativo y positivo en el comparativo Palpación Rectal y Ultrasonografía sin importar la edad al diagnóstico ultrasonográfico.

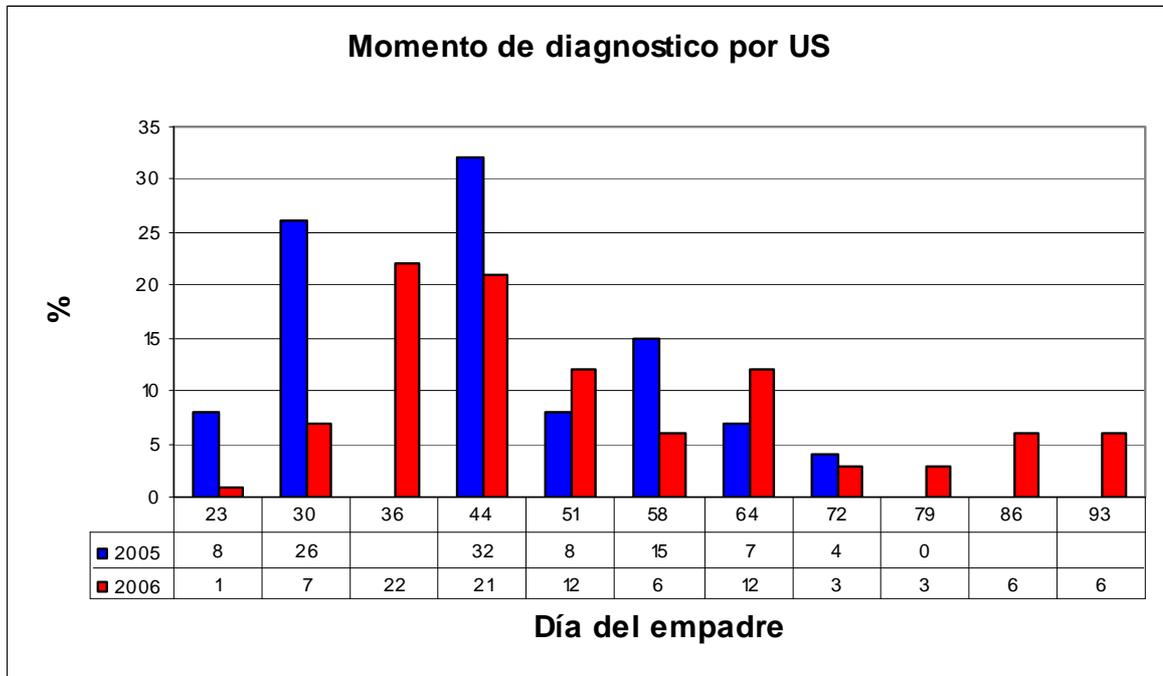


Figura 3. Porcentaje de hembras diagnosticadas como gestantes de acuerdo al periodo de monitoreo ultrasonográfico.

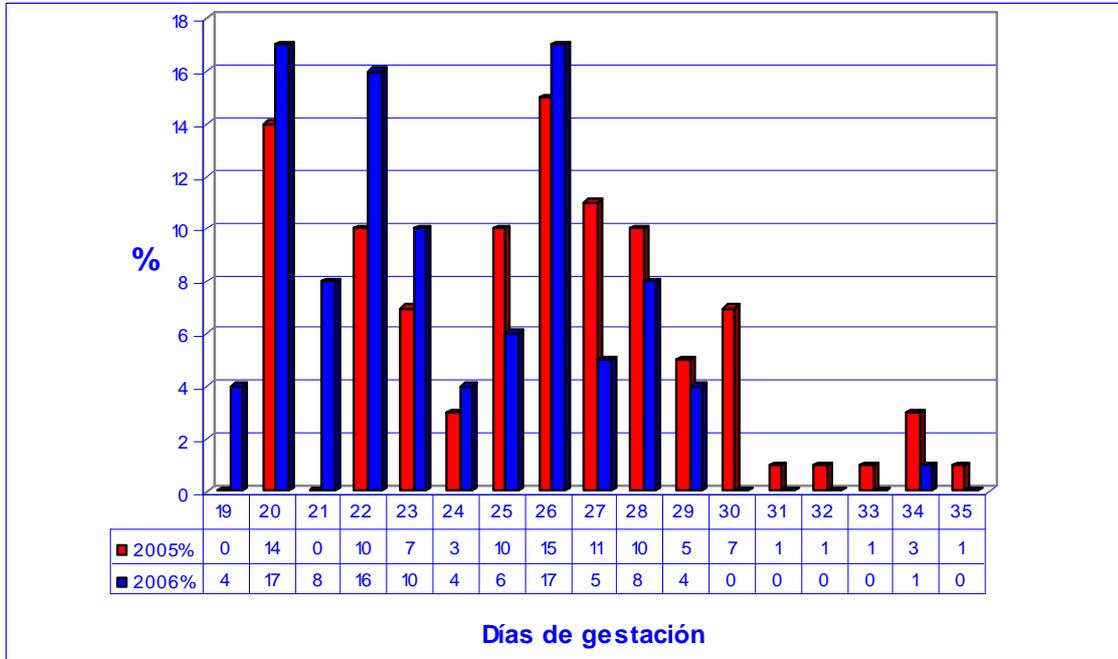


Figura 4. Tiempo de gestación al momento del diagnóstico ultrasonográfico, en cada año de estudio.

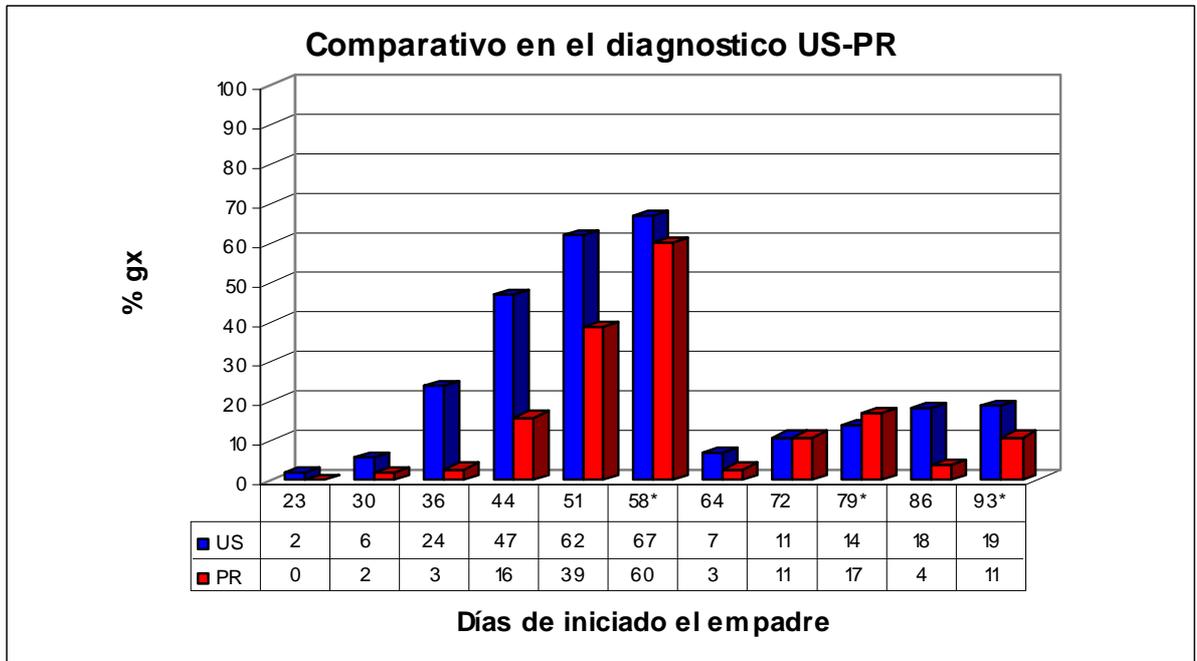


Figura 5. Comparativo entre el ultrasonido y la palpación rectal con respecto a la eficiencia en detección de gestaciones durante el empadre.

Edad al Dx	Sen	Esp	Vp (+)	Vp (-)
19	2.3	100.0	100.0	12.2
20	14.7	100.0	100.0	6.4
21	21.1	72.2	84.8	11.0
22	23.5	75.00	94.1	5.4
23	30.9	75.0	95.5	6.0
24	44.5	33.3	83.1	7.5
25	44.1	75.0	96.8	7.3
26	60.3	75.0	97.6	10.0
27	72.1	75.0	98.0	13.6
28	82.4	50.0	96.5	14.3
29	86.8	25.0	95.2	10.0
30	92.7	20.0	94.0	16.7
31	94.1	20.0	94.1	20.0
32	95.6	20.0	94.2	25.0
33	97.1	20.0	94.3	33.3
34	98.6	20.0	94.4	50.0
35	98.6	20.0	94.4	50.0

Cuadro 3. Diagnóstico de la sensibilidad (Sen), especificidad (Esp), valor predictivo positivo (Vp (+)) y valor predictivo negativo (Vp (-)) en las edades en las cuales fue diagnosticada la gestación.

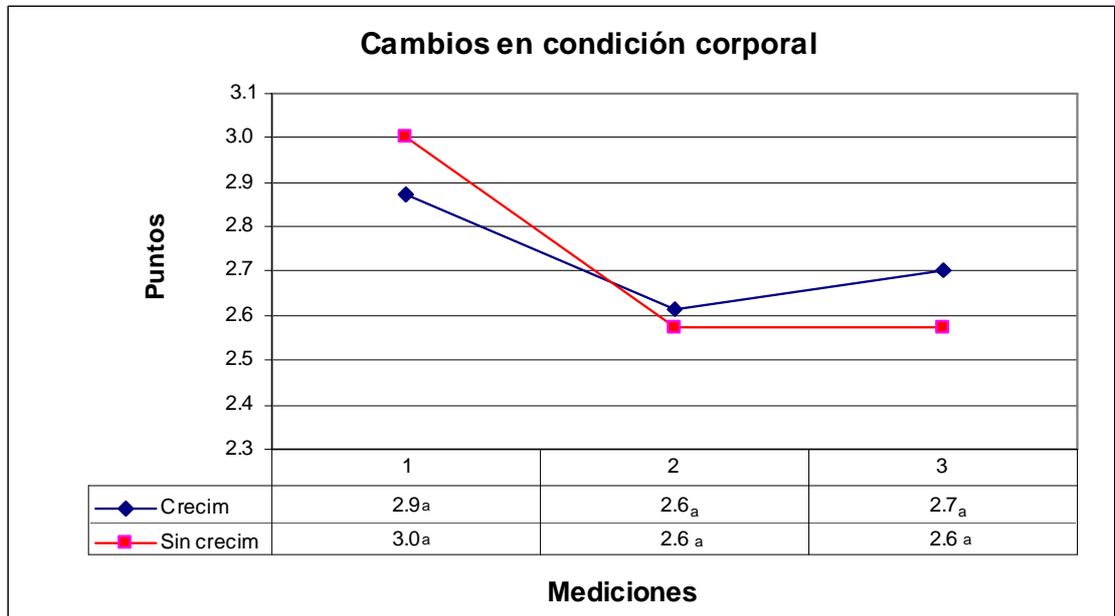


Figura 6. Cambios en condición corporal (puntos) en hembras con un crecimiento del embrión adecuado y vacas sin el mismo comportamiento ($P>0.05$)

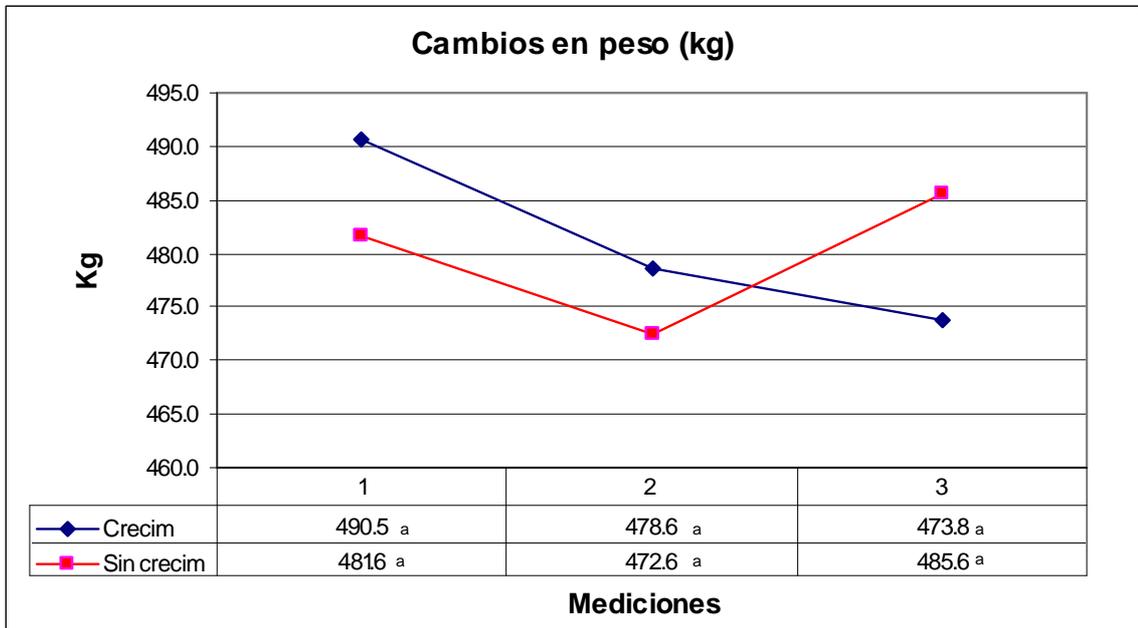


Figura 7. Cambios en peso (kg) en hembras con un crecimiento del embrión adecuado y vacas sin el mismo comportamiento ($P>0.05$).

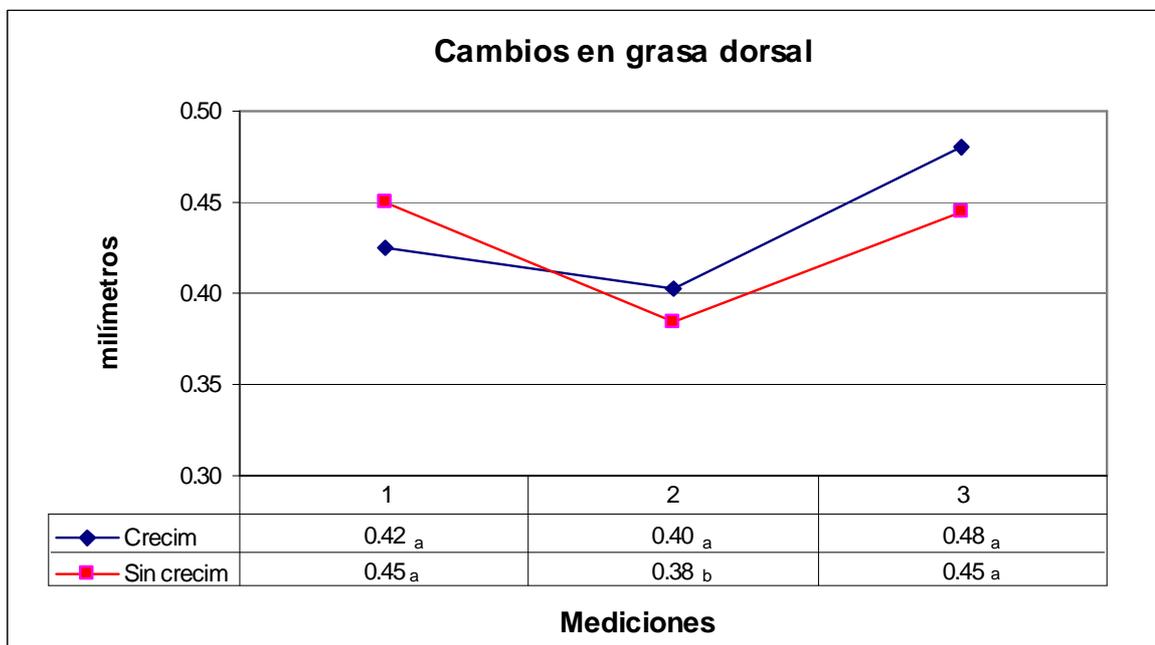


Figura 8. Cambios en grasa dorsal (mm) en hembras con un crecimiento del embrión adecuado y vacas sin el mismo comportamiento ($P < 0.05$)