

UTILIDAD DE LA PALPACIÓN RECTAL Y LA ECOGRAFÍA TRANSRECTAL EN EL DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN DEL GANADO CEBÚ EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE COSTA RICA

Usefulness of Rectal Palpation and Transrectal Ultrasonography in the Diagnosis of Gestation of the Zebu Cattle in the Humid Tropical in Costa Rica

*Liliana Alonso-Alanusa*¹, *Carlos Galina-Hidalgo*¹, *Juan José Romero-Zúñiga*^{2*},
*Sandra Estrada-König*² y *Jaime Galindo-Badilla*³

1. Departamento de Reproducción, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

2. Programa de Investigación en Medicina Poblacional. Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 3. Escuela de Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos. * Autor para correspondencia.

E-mail: jromero@medvet.una.ac.cr, Apdo. postal: 304-3000 Heredia, Costa Rica. Telefax (506) 22612155.

RESUMEN

Se determinó la eficacia del diagnóstico de la gestación por palpación rectal (PR) versus la ecografía (EG), en un sistema de monta natural de ganado cebú en condiciones tropicales de Costa Rica. Durante 2005 y 2006, en cada año, se utilizaron 98 vacas *Bos indicus* en pastoreo, amamantando, divididas en grupos de posparto tardío (LP) y temprano (EP). Se usaron dos parejas de toros de habilidad reproductiva comprobada; cada pareja estuvo con las vacas durante 21 días, para darle luego paso al otro par. Los días 23; 30; 37; 44; 51 y 60 desde la entrada de los toros se hizo una EG transrectal y se determinaron los niveles de progesterona mediante radioinmunoanálisis. El día 35 desde la entrada de los toros se realizó PR por un veterinario experto y se repitió cada semana hasta 45 días de la salida del último par de toros. Se estableció la sensibilidad (Se), especificidad (Sp) y los valores predictivos (VP+ y VP-) de la PR tomando la EG como prueba de oro; asimismo, se determinaron esos indicadores para la EG desde el día 20 de preñez. Las vacas LP gestaron más pronto que las EP, siendo el promedio de gestaciones para los dos años de 86,0% y de mortalidad embrionaria de 6,0%, sin diferencia estadística entre años ni grupos posparto. A partir de los 30 días de gestación, PR presentó: Se 94,0%, Sp 72,0%, VP+ 93,2% y VP- 74,6%. El punto más temprano de mayor exactitud diagnóstica por EG fue el día 27 (Se 93,2%, Sp 95,1%, VP+ 97,8%). El presente estudio demuestra que la ecografía es de

alta exactitud en el diagnóstico temprano (< 27 d) de gestación de vacas cebú en programas de monta natural, por encima de la palpación rectal. Estudios costo-efectividad son necesarios para determinar su utilidad en forma rutinaria en fincas de ganado cebú.

Palabras clave: Cebú, trópico húmedo, ecografía, palpación rectal, diagnóstico.

ABSTRACT

The diagnostic efficacy of rectal palpation (RP) was compared to ecography (EG) in a natural mating program of Zebu cattle under Costa Rican tropical conditions. Grazing and lactating *Bos indicus* females, 98 each year (2005 and 2006) were divided in two groups, early (EP) and late (LP) postpartum. Two couples of bulls with proven reproductive ability were used in a rotation program. Each couple was with the cows for 21 day periods. At 23, 30, 37, 44, 51 and 60 days since the entry of the bulls, a transrectal EG was practiced to all cows; progesterone level was assessed by radioimmunoassay. At 35th day since the entry of the bulls, a RP by an expert veterinary practitioner was performed and repeated each week until 45 d after the last couple of bulls left. Sensitivity (Se), specificity (Sp) and predictive values (+PV and -PV) of the PR were determined using the EG as gold standard test; besides, these indicators were calculated to EG for each day of the pregnancy from the 20th. The LP became pregnant earlier than EP. The average percentage of pregnancies for both years was 86.0%; in addition, the embryo mortality rate was 6.0%, there were not signifi-

cant differences by year or postpartum group. RP at 30 days of pregnancy indicated a Se 94.0%, Sp 72.0%, +PV 93.2% and -PV 74.6%. The earlier day of higher diagnostic exactitude by EG was the 27th day (Se 93.2%, Sp 95.1%, +PV 95.1%). This study shows that the EG is a highly exact test to the early diagnosis of pregnancy (< 27 d) in Zebu cattle under natural mating programs, over of the RP. Cost-effectiveness studies should have to be done to assess its usefulness in a routine way in farms of zebu cattle.

Key words: Zebu, humid tropic, ecography, rectal palpation, diagnosis.

INTRODUCCIÓN

Las principales técnicas que se utilizan como herramientas para el diagnóstico de preñez en el ganado *Bos taurus* y *Bos indicus* son la palpación rectal (PR) y la ecografía (EG) [29]; sin embargo, la primera es la más utilizada por la mayoría de técnicos a partir del día 40 posterior a la monta o inseminación artificial [24]. Asimismo, la PR tiene la limitante de que se debe hacer un diagnóstico confirmatorio a los 60 días de finalizado el programa de monta o inseminación artificial, generando información poco oportuna para identificar hembras vacías [15].

El uso de la EG en tiempo real ha sido de gran utilidad en el estudio de la reproducción bovina, tanto para conocer con mayor profundidad aspectos de su biología reproductiva, especialmente para monitorear los cambios fisiológicos ováricos y uterinos [15], como para determinar gestaciones tempranas y dar seguimiento del desarrollo embrionario [8, 25]; no obstante, por el costo de los equipos, es aún considerada una tecnología no prioritaria dentro de la práctica buiátrica, a pesar de que la información obtenida con su uso supera a la lograda mediante la PR [4, 26].

Dentro de las ventajas que se le atribuyen al empleo de la EG para el diagnóstico temprano de gestación se mencionan la observación del embrión, así como su desarrollo y su viabilidad a partir de la visualización del latido cardíaco [29], aspectos que mediante la PR son prácticamente imposibles. El embrión bovino puede ser observado mediante EG desde el día 20 de gestación, lo que permite desarrollar una escala de medición de acuerdo al crecimiento embrionario en ganado *Bos taurus*. Por otro lado, debido a importantes diferencias con esta escala, Rossiles y col. [30], al evaluar el desarrollo embrionario a partir del día 20 y hasta el día 40 posterior a la inseminación artificial (IA), propusieron otra escala para embriones *Bos indicus*. Estos autores concluyeron que las dimensiones de los embriones *Bos indicus*, mantenidos bajo condiciones del trópico, son menores a las encontradas en los embriones del ganado *Bos taurus*, y que el día 26 es el momento cuando se tiene un 100% de eficacia en la detección del latido cardíaco embrionario.

Mediante la EG, el diagnóstico de gestación puede ser efectuado en etapas más tempranas de la gestación pues se

puede diagnosticar una preñez antes de los 25 días post IA. Aún así, se debe tomar en cuenta que entre el 14 y el 16% de las vacas experimentan pérdida de gestación antes de los 56 días de preñez [14, 21], por lo que la confirmación de la gestación a los 60 días se hace imprescindible. Así, un valor agregado del uso de la EG en el diagnóstico temprano de una gestación es que la detección de muerte embrionaria podría ayudar a explicar, al menos en parte, la problemática de la baja eficiencia reproductiva de una finca. Por otro lado, cuando el diagnóstico de gestación por PR se hace después de 35 días, la exactitud del resultado, en el caso de un técnico experimentado, es muy elevada.

El objetivo del presente estudio fue determinar la eficacia diagnóstica de la gestación por PR, contra el realizado mediante EG, en un sistema reproductivo con monta natural de ganado cebú en condiciones tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en dos etapas durante los años 2005 y 2006. En ambos años, el apareamiento o temporada de montas se realizó entre los meses de junio y agosto, incluyéndose en cada año 98 hembras *Bos indicus* que variaron su distribución de anestro al periodo postparto en que se encontraban. La metodología del trabajo fue igual en ambos años, utilizando 98 vacas cada año, siendo la única diferencia el número de animales por grupo según el período posparto. Las vacas habían estado libres de la presencia de machos desde el parto. Al momento de iniciarse el período de monta, las vacas tenían una condición corporal promedio de 2,5 según la escala del 1 a 5 (emaciada), 5 obesa [12]. Con la finalidad de establecer el porcentaje de hembras ciclando al inicio del período de monta, se obtuvieron muestras pareadas de sangre con 4 días de intervalo entre ellas para determinar el nivel de progesterona (P4), en todas las hembras. Se utilizó como un valor indicativo de la presencia de un cuerpo lúteo funcional, una concentración de P4 >1ng/mL[1].

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' LN, 84° 32' LO, con una elevación de 75 m.s.n.m.. El clima de la región se clasifica como húmedo tropical, con una precipitación media de 3,096 mm anuales; temperatura media de 27°C y humedad relativa de 85,3% [7]. Los potreros tenían las siguientes especies de pastos: estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*), zacate pará (*Brachiaria mutica*) y ratana (*Ischaechum indicum*).

Animales

En 2005 y 2006 se trabajó con 98 hembras Cebú de distintas razas, predominando las Brahman y la Nelore, en distintos grados de encaste. El tiempo posparto promedio fue de 95

± 15 días para 2005 y de 83 ± 18 días en el 2006. La condición corporal media en ambos años fue de $3,0 \pm 0,75$, con valores mínimos y máximos de 2,0 y 4,0. La proporción de hembras ciclando al inicio del período de monta fue de 56 y 51% en 2005 y 2006, respectivamente. Se definieron como vacas en posparto tardío (LP) y posparto temprano (EP), aquellas con > 90 d y ≤ 90 días en posparto.

a) Año 2005

Se incluyeron un total de 98 vacas cebuinas amamantando, divididas en LP=44 y EP =54.

b) Año 2006

El mismo número de hembras amamantando se dividieron en dos; 18 en el grupo LP y 80 en EP.

En el período de monta se utilizaron dos parejas de toros cuya habilidad reproductiva fue evaluada según el protocolo propuesto por Chacón y col. [5]. Se siguió un programa de rotación de toros, en el cual cada pareja 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.

Ecografía (EG)

Con el objetivo de diagnosticar estadios de preñez temprana, a partir del día 23 posterior a la entrada de los machos, se realizó a todas las hembras un examen ecográfico por vía transrectal utilizando un equipo de ecografía (Aloka SSD-500, Japón) con una sonda de 7,5 MHz. Esta evaluación se realizó cada semana hasta finalizar el período de monta, es decir, los días 23; 30; 37; 44; 51 y 60 posterior a la entrada de cada par de toros.

Las vacas que se diagnosticaron gestantes en cualquiera de las semanas de evaluación establecidas fueron confirmadas preñadas por EG una semana después. En ambas ocasiones se tomó una muestra de sangre por punción de la vena coccígea para determinar si la concentración de P_4 era compatible con el diagnóstico de preñez. Si al momento de la segunda evaluación ecográfica se detectaba una gestación normal, y compatible con el diagnóstico previo, la hembra se excluía de las siguientes evaluaciones ecográficas semanales. Se utilizaron como criterios positivos de gestación temprana a EG los sugeridos por Curran y col. [9]: presencia de embrión en su vesícula (días 19 a 24), el latido cardiaco positivo (después de 21 días) y la presencia de alantoides (días 22 a 25).

Palpación rectal (PR)

El día 35 posterior a la entrada del primer par de toros al programa de rotación, un profesional en medicina veterinaria, con 25 años de experiencia en el diagnóstico reproductivo de bovinos, sin conocimiento previo del estado reproductivo de las hembras, realizó un diagnóstico de preñez mediante PR siguiendo el protocolo sugerido por Zemjanis [37]. En caso de detectarse una preñez, el veterinario estimó la edad del feto (embrión). A partir de esa fecha, las vacas fueron examinadas

por PR una vez a la semana hasta el día 45 desde la salida del último par de toros.

Estimación del tiempo de gestación al diagnóstico ecográfico

Para cada embrión detectado mediante EG se evaluó la presencia del latido cardiaco y la forma de la vesícula embrionaria; asimismo se midió el embrión en sentido longitudinal y transversal. Esas mediciones se compararon con la escala del desarrollo embrionario propuesta por Rosiles y col. [30] para estimar la edad correspondiente de cada embrión. De este modo se comparó el resultado del diagnóstico (gestante/no gestante) y la edad estimada de gestación entre las dos técnicas de evaluación utilizadas.

Procesamiento de las muestras sanguíneas

Las muestras de sangre fueron analizadas mediante la técnica de radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida para detectar la concentración de (P_4) en suero, de acuerdo al procedimiento propuesto por Pulido y col. [27]. Se consideró la presencia de un cuerpo lúteo cuando las concentraciones en suero fueron igual o mayores de 1ng/mL. Para esto se emplearon kits comerciales (Coat-A-Count, Diagnostic Products Corp., Los Ángeles, CA, EUA). Todas las muestras se analizaron en el mismo ensayo y se obtuvo un coeficiente de variación intraensayo de 3,6%. El análisis y procesamiento final de las muestras se realizó en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la UNAM, en el laboratorio de Endocrinología del Departamento de Reproducción.

Análisis estadístico

Los porcentajes de vacas gestantes se compararon entre grupos (EP y LP) y años de estudio mediante la prueba de Ji-cuadrado, utilizando el programa Infostat versión 1,1 [18]. Además, se describió la velocidad de entrada en gestación (tiempo transcurrido entre la entrada de los toros hasta la gestación) calculando los porcentajes de gestaciones nuevas por semana, así como comparando las curvas de sobrevida para las preñeces de EP y LP mediante la prueba del Logrank [20] con el programa Infostat versión 1,1 [18].

Se establecieron las características diagnósticas (sensibilidad, especificidad y valores predictivos) de la PR tomando como prueba de oro el diagnóstico por EG, mediante tablas de 2x2 en el programa WinEpiscope [35]. Dos observaciones seguidas al EG compatibles con gestación fueron consideradas el criterio definitivo de gestación positiva; por otro lado, el diagnóstico ofrecido por el experto desde los 30 días de posible gestación en adelante, confirmado en una segunda palpación una semana después, se consideró como gestación positiva por PR. Con estos criterios se llenó una tabla de 2x2, como la que se muestra en la TABLA I, para obtener las características diagnósticas de la PR.

TABLA I
TABLA DE 2X2 PARA EL CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS DE LA PALPACIÓN RECTAL
COMO PRUEBA ALTERNATIVA ANTE LA ECOGRAFÍA COMO PRUEBA DORADA.

		Diagnóstico por EG (prueba dorada)		Total
		Positivo	Negativo	
Diagnóstico por PR (prueba alternativa)	Positivo	A	B	A+B
	Negativo	C	D	C+D
	Total	A+C	B+D	N

Sensibilidad = $(A/A+C) * 100$. Especificidad = $(D/B+D) * 100$. Valor predictivo positivo = $(A/A+B) * 100$. Valor predictivo negativo = $(D/C+D) * 100$. Exactitud = $[(A+D)/N]*100$.

Adicionalmente, se determinaron las características del diagnóstico por EG para cada día de la gestación a partir del día 20 de posible preñez. Se tomó como criterio de gestación positiva un segundo diagnóstico ecográfico que confirmara al primero. Dos condiciones se tomaron en consideración; que la edad gestacional concordara entre la segunda y la primera EG, y que en ambos exámenes la vaca presentara niveles séricos de $P_4 > 1 \text{ ng/mL}$ [1].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencia estadística entre años ni grupos posparto en relación con los porcentajes de preñez, tanto en los animales con posparto temprano como tardío; así, los resultados de ambos años se integraron como un solo grupo de observaciones.

Gestaciones

El promedio de gestaciones para los dos años fue de 86%; el resto de los animales permanecieron vacíos durante todo el periodo de monta. Del total de hembras gestantes, el 68% corresponde al grupo EP y el 32,0% restante correspondió a vacas LP.

Los porcentajes de preñez tras la IA a tiempo fijo previa sincronización, han sido alrededor del 50,0% [31, 34]; porcentajes similares de 50,0 a 56,0% se reportan en rebaños (de carne) bajo sistemas de monta natural [22, 33]. El resultado del presente estudio difiere de éstos al obtenerse un 86,0% de gestaciones una vez finalizado el periodo de monta. Esta discrepancia puede deberse a que, en ganado Cebú, las tasas de fertilidad tienden a ser más elevadas cuando se usan toros de fertilidad comprobada como en este estudio, respecto a tasas menores obtenidas con la inseminación artificial a tiempo fijo [10, 11]; asimismo, podría deberse al proceso de selección de los animales en la finca a través de los años, que puede producir una población más homogénea en cuanto a sus características fenotípicas asociadas con el rendimiento reproductivo. Al respecto, Seebeck [32] analizó el efecto de la selección a través de los años con respecto al cruzamiento entre diferentes razas, observando que la fertilidad obtenida mejoraba conforme avanzaba el tiempo.

La ciclicidad del hato al inicio del período de monta fue un factor determinante para alcanzar una tasa de preñez elevada así como el efecto bioestimulador que provoca la presencia del toro [7, 36]. En el presente estudio, el 51,0% de los animales se encontraban ciclando al inicio del período de monta rotacional, lo que puede explicar que esta población de vacas ya era susceptible de quedar gestante tan pronto como entraran los toros al programa reproductivo.

Mortalidad embrionaria

La mortalidad embrionaria posterior al diagnóstico positivo de gestación por EG fue del 6,0%, sin diferencia estadística entre años de estudio ni entre grupos posparto. Este porcentaje tan bajo de muerte embrionaria pudiera ser también un reflejo de la selección efectuada en el ganado a través del tiempo. No se puede estimar 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 cardiaco, la hembra dejaba de ser monitoreada por EG, para ser diagnosticada luego por la PR correspondiente. De cualquier manera, esta baja mortalidad embrionaria confirma la inocuidad del ecógrafo al diagnóstico temprano de gestación [2, 3].

Comparación de la velocidad de gestación entre grupos en relación a la introducción de los toros

El 51% de las gestaciones correspondieron a la primera rotación de toros, el 36% a la segunda y el restante 13% a la tercera, que fueron los mismos que en la primera. El 70% de las gestaciones iniciaron dentro de las primeras 4 semanas del período de monta, sin diferencia estadística entre los grupos posparto. Para el grupo LP, el mayor porcentaje de gestaciones (28,0%) iniciaron en la semana 3, mientras que para el grupo EP, en las semanas 2 y 4 el porcentaje de gestaciones fue similar, 24,0 y 23,0%, respectivamente.

Asimismo, al comparar las curvas de Kaplan-Meier de las gestaciones para las vacas EP y LP, si bien es cierto que no existió diferencia significativa entre ellas (Logrank Test - $P=0,08$), se nota que las vacas del grupo LP gestan levemente más pronto que las EP (FIG. 1).

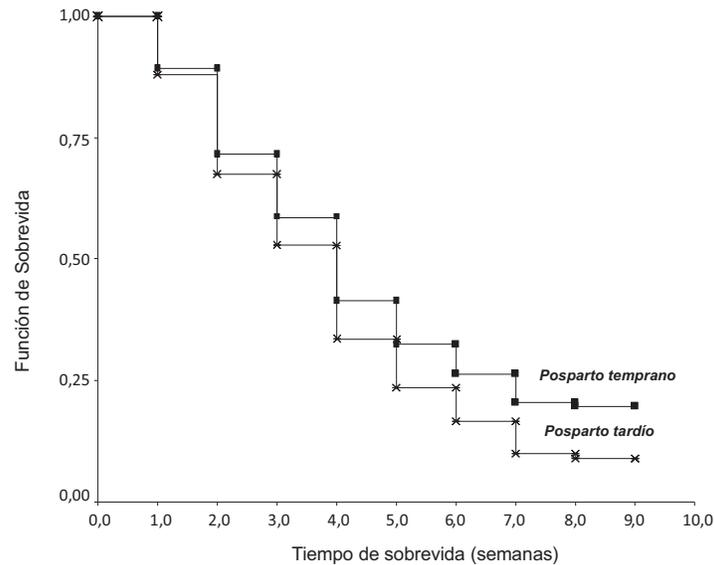


FIGURA 1. CURVA DE KAPLAN-MEIER DE FUNCIÓN DE SOBREVIVENCIA PARA COMPARAR LA VELOCIDAD DE GESTACIÓN EN HEMBRAS LP Y EP DURANTE EL PERÍODO DE MONTA ROTACIONAL.

Si bien el periodo posparto afecta el reinicio de la ciclicidad, y por tanto, la eficiencia reproductiva de las hembras [17], en el presente estudio, el porcentaje de gestaciones no fue diferente entre el grupo posparto temprano y tardío (81,0 y 90,0%, respectivamente). Este efecto había sido mencionado por Molina y col. [23], quienes indicaron un porcentaje acumulado de preñeces de 60,0% durante las primeras cinco semanas de apareamiento, mientras que en este estudio, el 75,0% de las gestaciones comenzaron en ese periodo.

Estas discrepancias pueden deberse a que, en el estudio de Molina y col. [23], los grupos posparto presentaron diferente velocidad de gestación, de modo que las hembras de LP acumularon el 72,0% de gestaciones, mientras que el grupo (EP) tenía acumulado el 48,0% de preñeces. En el presente estudio, al inicio de la quinta semana de periodo de monta, el porcentaje de gestaciones fue de 72,0% para LP y 78,0% para EP ($P= 0,08$). Este hecho favoreció al diagnóstico temprano de gestación mediante la EG, ya que para la cuarta evaluación (día 44 de iniciado el periodo de monta) se habían diagnosticado el 60,2% de las gestaciones. Si la velocidad de gestación hubiese sido como la reportada por Molina y col. [23], la ventaja reproductiva de emplear la EG para el diagnóstico temprano de gestación sería mayor, principalmente más elevada en el grupo EP debido a que desde las primeras semanas del periodo de monta se conocería su estado y por tanto se implementaría el manejo indicado a cada hembra, de modo que los resultados probablemente se equilibrarían con los del 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 tenían mayor tiempo posparto. Aunado a esto, tanto la rotación de toros como la presencia de hembras ciclando pudieron haber favo-

recido el reinicio de actividad ovárica en las hembras EP incorporándolas al periodo de monta.

Estudios realizados anteriormente con animales del tipo *Bos indicus* manejados con monta natural, muestran un comportamiento reproductivo diferente al observado en el presente trabajo. Tal es el caso del número de hembras preñadas por semana, a celo natural, en donde Galicia y col. [16] estimaron en 0,67 hembras, mientras que Molina y col. [22] obtuvieron un promedio de 3,3 vacas, en el presente estudio, este valor fue de 7,1. Esta variación podría estar reflejando el efecto de la selección en el ganado del hato, eliminando las vacas que no quedaban gestantes en el periodo de monta, lo que pudo haber provocado una selección de hembras más adaptadas a las condiciones del medio ambiente, lo cual, posiblemente, ocasionó mejores porcentajes de preñez, así como un menor lapso parto-gestación. En el año 2006 se detectó, en promedio, un inicio más temprano de las gestaciones; sin embargo, la diferencia no fue significativa respecto al año 2005. Asimismo, es de notar que el más alto porcentaje de la preñez se detectó antes de los 27 días al primer diagnóstico, y tan temprano como a los 19 días (FIG. 2).

Respecto al momento en el que se diagnosticaron por EG las gestaciones, sin importar si eran de posparto temprano o tardío, pero separado por año de estudio, en el 2005 al día 44 de iniciado el periodo de monta se había acumulado en 66,1% de las gestaciones, mientras que en el 2006, el porcentaje a ese mismo día fue del 52,9% (FIG. 2).

Ecografía versus palpación rectal

El 82% del total de gestaciones se diagnosticó, tanto por ecografía (EG) como por palpación rectal (PR), sin importar la

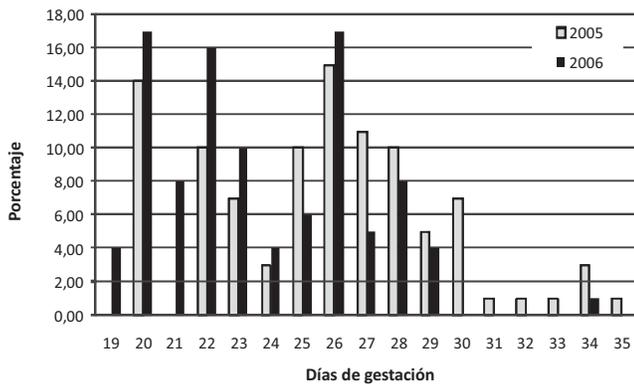


FIGURA 2. TIEMPO DE GESTACIÓN AL MOMENTO DEL PRIMER DIAGNÓSTICO ECOGRÁFICO CONFIRMADO, EN CADA AÑO DE ESTUDIO.

edad gestacional. La edad mínima estimada al primer diagnóstico positivo fue a los 19 días para el EG y 30 días para la PR.

Tras compararse la edad estimada mediante las medidas embrionarias obtenidas a partir de las evaluaciones ecográficas y la edad calculada al diagnóstico a través de PR, el porcentaje de concordancia entre técnicas fue de 67,6%, con un rango de error de ± 3 días, tomando en cuenta sólo aquellas gestaciones mayores a 30 días que es el límite aceptable para un técnico experimentado en PR. Este porcentaje incrementó a 81% cuando las gestaciones tuvieron más de 33 días.

Al tomar como prueba de oro el diagnóstico confirmado por EG (un segundo examen para confirmar el primero), las características diagnósticas de la PR, tomando todas las edades a partir de los 30 días, mostraron una sensibilidad de 94,0%, especificidad de 72,0%, valor predictivo positivo 93,2% y valor predictivo negativo de 74,6%.

Pocos son los estudios que han comparado el uso de la PR y la EG como técnicas de diagnóstico de gestación, y más aún, la relación que existe entre las edades determinadas por éstas. En el presente estudio, el 67,7% de las edades determinadas mediante la PR correspondieron con las estimadas por EG, tomando como referencia la escala de desarrollo embrionario propuesta por Rosiles y col. [30], y la cual fue validada, comprobándose la efectividad de la estimación del tiempo de gestación por EG con medición del embrión [6]. La escasa concordancia entre las edades diagnosticadas por ambos métodos indica que, si bien ambas técnicas son útiles para realizar el diagnóstico de preñez, la PR no es tan eficiente para determinar la edad exacta de la gestación en comparación con la EG, especialmente en gestaciones tempranas [15].

Otra diferencia entre las edades de gestación se observa al comparar los tiempos y edades en los cuales se realizó el diagnóstico, ya que el 70,1% de las gestaciones diagnosticadas por EG a la cuarta semana de evaluación comprendieron a una edad promedio de 24,4 ($\pm 1,9$) días de concepción,

mientras que si en la misma semana se hubiese practicado el diagnóstico por palpación rectal (PR) solo se hubiese detectado el 16% de gestaciones con un tiempo estimado de 30 días.

Lo anterior permite inferir que, si bien ambas herramientas para el diagnóstico reproductivo son útiles, la precisión que se logra con el uso de la EG no puede ser igualada a la obtenida con la PR, a pesar de ser esta última una técnica más difundida, más aún cuando se desconoce el momento en el cual las hembras están recibiendo el servicio.

De igual forma, la medición embrionaria mediante la EG permite conocer el momento de inicio de la gestación y por tanto predecir la eficiencia reproductiva, tanto de las hembras como de los machos, en un período de apareamiento 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 se usa monta natural una vez finalizado el periodo IA y por tanto, desconocen si la fertilidad obtenida es por resultado de la IA o del servicio dado por los sementales.

El 8,1% de las vacas diagnosticadas gestantes por EG pero no por PR pudieran explicarse debido a que, en el momento de la segunda evaluación ecográfica, los embriones tenían una edad estimada de 27 días, motivo por el cual la PR no fue efectiva para identificarlos. Por otra parte, las vacas únicamente diagnosticadas por PR (10,0%) pueden atribuirse, al menos una parte, a un error en el diagnóstico ecográfico. Sin embargo, como se observó en este mismo estudio, fue notable la divergencia entre el tiempo estimado por RP por el técnico contra la estimada por EG de acuerdo a la escala propuesta por Rosiles y col. [30], por lo que el error por parte del técnico no puede descartarse.

Características diagnósticas de la ecografía

Se determinó que la sensibilidad diagnóstica de la EG muestra un aumento escalonado desde los 20 días (33,3% de éxito) hasta los 35 días, donde alcanza prácticamente el 100%. De forma complementaria, la especificidad se mantiene en el tiempo, siempre sobre el 95%, alcanzando su punto máximo después del día 30 en que supera el 97,7%. El valor predictivo positivo, por su parte, incrementa paulatinamente hasta alcanzar su punto de estabilidad a partir del día 26 en que supera el 95%, indicando que, de 100 gestaciones de 26 o más días que son detectadas por primera vez mediante EG, sólo 5 tienen la posibilidad de no estar realmente gestantes. Asimismo, el valor predictivo negativo tiende a incrementarse con el tiempo, alcanzando más del 96,2% luego de los 27 días de gestación, indicando que conforme pasaron los días desde el inicio de la exposición de las vacas a los toros, sin observar estructuras indicativas de gestación, en efecto la vaca no estaba preñada.

El momento más temprano en que se tuvo la mayor exactitud en el diagnóstico por EG fue cuando se detectó por primera vez el embrión al día 27, lográndose una sensibilidad de 93,2%, una especificidad del 95,1%, un valor predictivo positivo

de 97,8% y un valor predictivo negativo de 84,8%, similares a lo reportado por Pieterse y col. [25]. Precisamente, en este momento es cuando la sensibilidad y especificidad así como valores predictivos (positivo y negativo) del presente estudio se estabilizaron entre los días 26 y 27 de gestación, resultados similares a otros estudios [13, 19, 21] que afirman que el embrión puede ser observado con alta certidumbre desde el día 26. Sin embargo, a diferencia de esos estudios, los valores fueron confirmados a partir de la segunda evaluación ecográfica realizada, la cual fue considerada como la prueba de oro con lo cual se confirma el primer diagnóstico; adicionalmente, el valor predictivo positivo fue significativamente alto, lo cual se confirma la precisión del EG en la detección temprana de preñez en los animales efectivamente gestantes.

Por tratarse de un sistema de monta natural, aunado a los resultados obtenidos de tiempo entre la exposición a los toros y la gestación, así como a las características diagnósticas de la EG, se podría inferir que, por medio de la EG, se tendría gran posibilidad de comenzar a detectar preñeces tempranas así como el número de hembras vacías desde el día 23 después de iniciado el período de monta, ofreciendo la posibilidad de aumentar el número de vacas con posibilidades de resultar preñadas.

En el presente estudio, el 14,0% de hembras que permanecieron vacías desde el inicio hasta finalizado el período de monta, en el caso de haber sido monitoreadas para conocer su estado fisiológico, principalmente en el anestro y si fue posible ser sincronizadas con la finalidad de favorecer la presentación del celo durante el programa reproductivo. De esa forma se podría disminuir el número de días vacíos en estas vacas con la posibilidad de aumentar el porcentaje final de preñez [24, 28].

CONCLUSIONES

La ventaja del diagnóstico reproductivo temprano radica en la separación de grupos de hembras gestantes y vacías para implementar estrategias y terapéuticas reproductivas que incrementen la fertilidad global. El presente estudio demuestra que el diagnóstico por ecografía es una técnica de alta exactitud en el diagnóstico temprano de gestación de vacas cebú en programas de monta natural, por encima de la palpación rectal. Estudios complementarios sobre costo-efectividad de la implementación de esta técnica, como práctica rutinaria en las fincas, serían necesarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ALILA, H.W.; DOWD, J.P. The control of corpus luteum function in domestic ruminants. **Oxf. Rev. Reprod. Biol.** 13: 203-237. 1991.

[2] BALL, P.J.H.; LOGUE, D.D.N. Ultrasound diagnosis of pregnancy in cattle. **Vet. Rec.** 134: 532. 1994.

[3] BAXTER, S.J.; WARD, W.R. Incidence of fetal loss in dairy cattle after pregnancy diagnosis using ultrasound scanner. **Vet. Rec.** 140: 287-288. 1997.

[4] BEAL, V.R.; PERRY, C.; CORAH, L.R. The Use of Ultrasound in Monitoring Reproductive Physiology of Beef Cattle. **J. Anim. Sci.** 70:924-929. 1992.

[5] CHACÓN, E.; PÉREZ, E.; MÜLER, L.; SÖDERQUIST, H.; RODRÍGUEZ- MARTÍNEZ, H. Breeding soundness evaluation of extensively manager bulls in Costa Rica. **Theriogenol.** 52: 221-231. 1999.

[6] CHÁVEZ-CRISOSTOMO, D.O. Aplicación de la ecografía 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 de Grado. 65 pp. 2005.

[7] CHÁVEZ, D.; MAQUIVAR, M.; GALINA, C.S.; GALINDO, J.; MOLINA, R.; MOLINA-MONTERO, R.; ESTRADA, S. Evaluation of early embryonic development after natural mating using ultrasonography in bos indicus cows in the humid tropics of Costa Rica. **Vet. Res. Commun.** 32: 393-400. 2008.

[8] CUPP, A.S.; ROBERSON, M.S.; STUMPF, T.T.; WOLFE, M.W.; WERTH, L.A.; KOJIMA, N.; KITOK, R.J.; KINDER, J.E. 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. 1993.

[9] CURRAN, S.; PIERSON, R.A.; GINTHER, O.J. Ultrasonographic appearance of the bovine conceptus from 20 through 60. **J. Am. Vet. Med. Ass.** 189: 1295-1302. 1986.

[10] CUTAIA, I.; VENERANDA, G.; TRÍBULO, R.; BARUSELLI, P.S.; BÓ, G.A. Programas de inseminación a tiempo fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. **V Simposio Internacional de Reproducción Animal.** Huerta Grande, Córdoba. 27-29 Junio. Argentina. Pp 119-132. 2003.

[11] CUTAIA, I.; BÓ, G.A. Factores que afectan los resultados en programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en rodeos de cría utilizando dispositivos con progesterona. **Primer Simposio Internacional de Reproducción.** Lara, 20-22/10. Venezuela. Pp 109-123. 2004.

[12] EDMONSON, A. J.; LEAN, I. J.; WEAVER, L. D.; FARVER, T.; WEBSTER, G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. **J. Dairy Sci.** 72: 68-78. 1989.

[13] FILTEAU, V.; DESCÔTEAUX, L. Predictive values of early pregnancy diagnosis by ultrasonography in dairy cattle. **Proc. AABP. Annu. Mtg.** Spokane, 21-26/Sept. WA, USA. 31:170-171. 1998.

[14] FRICKE, P.M.; GUENTHER, J.N.; WILTBANK, M.C. Efficacy of decreasing the dose of GnRH used in a protocol

- for synchronization of ovulation and timed AI in lactating dairy cows. **Theriogenol.** 50: 1275-84. 1998.
- [15] FRICKE, P.M. Scanning the Future - Ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 85: 1918-1926. 2002.
- [16] GALICIA, L.; ESTRADA, S.; GALINA, C.S.; PÉREZ, E.; MOLINA, R. Velocidad de gestación en el ganado *Bos indicus* en el trópico húmedo de Costa Rica. **Cien. Vet (Costa Rica).** 22: 59-69. 1999.
- [17] GALINA, C.S.; ARTHUR, G.H. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 3. Puerperium. **Anim. Breed. Abst.** 57: 899-910. 1989.
- [18] INFOSTAT. Manual del Usuario (Versión 1.1). Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba. Editorial Brujas. 1ª Ed. 262 pp. 2002.
- [19] KASTELIC, J.P.; BERGFELT, D.R.; GINTHER, O.J. Ultrasonic detection of the conceptus and characterization of intrauterine fluid on days 10 to 22 in heifers. **Theriogenol.** 35:569-581. 1991.
- [20] KLEINBAUM, D.G.; KLEIN, M. Kaplan -Meier survival curves and the log rank test. Survival analysis: a self learning text. Springer. 2nd Ed. 590 pp. 2005
- [21] MEE, J.F.; RYAN, D.P.; CONDON, T. Ultrasound diagnosis of pregnancy in cattle. **Vet. Rec.** 134: 532. 1994.
- [22] MOLINA, R.; GALINA, C.S.; CAMACHO, J.; MAQUIVAR, M.; DIAZ, G.S.; ESTRADA, S.; MARTÍNEZ, L. 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. 2002.
- [23] MOLINA, R.; GALINA, C.S.; MAQUIVAR, M.; ESTRADA, S.; CHÁVEZ, A.; DÍAZ, S. Pregnancy rate in Zebu cows with two different postpartum intervals exposed to a two-bull rotational system. **Vet. Res. Comm.** 27: 671-68. 2003.
- [24] OLTENACU, P.A.; FERGUSON, J.D.; LEDNOR, A.J. Economic evaluation of pregnancy diagnosis in dairy cattle: A decision analysis approach. **J. Dairy Sci.** 73: 2826-2831. 1990.
- [25] PIETERSE, M.C.; SZENCI, O.A.; WILLEMSEE, A.H.; BAJCOSY, C.S.A.; DIELEMAN, S.J.; TAVERNE, M.A.M. 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. **Theriogenol.** 33: 697-708. 1990.
- [26] PIERSON, R.A.; GINTHER, O.J. Ultrasonography for detection of pregnancy and study of embryonic development in heifers. **Theriogenol.** 22: 225-233. 1984.
- [27] PULIDO, A.; ZARCO, L.; GALINA, C.S.; MURCIA, C.; FLORES, G.; POSADAS, E. Progesterone metabolism during storage of blood samples from Gyr cattle effects of anticoagulant, time and temperature of incubation. **Theriogenol.** 35:965-975. 1991
- [28] ROCHE, J.F.; MACKEY, D.; DISKIN, M.D. Reproductive management of postpartum cows. **Anim. Reprod. Sci.** 60-61: 703-712. 2000.
- [29] ROMANO, J.E.; THOMPSON, J.A.; FORREST, D.W.; WESTHUSIN, M.E.; TOMASZWESKI, M.A.; KRAEMER, D.C. Early pregnancy diagnosis by transrectal ultrasonography in dairy cattle. **Theriogenol.** 67: 486-489. 2007.
- [30] ROSILES, V.A.; GALINA, C.S.; MAQUIVAR, M.; MOLINA, R.; ESTRADA, S. Ultrasonographic screening of the embryo development in cattle (*Bos indicus*) between days 20 and 40 of pregnancy. **Anim. Reprod. Sci.** 90: 31-37. 2005.
- [31] ROSS, P.J.; ALLER, J.F.; CALLEJAS, S.S.; BUTLERD, H.; ALBERIO, R.H. Estradiol benzoate given 0 or 24 h after the end of a progestagen treatment in postpartum suckled beef cows. **Theriogenol.** 62: 265-273. 2004.
- [32] SEEBECK, R.M. 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. 1973.
- [33] SILVA-MENA, C.; DELGADO-LEON, R. Sexual behavior and pregnancy rate in *Bos indicus* bulls. **Theriogenol.** 53: 991-1002. 2000.
- [34] STEGNER, J.E.; BADER, J.F.; KOJIMA, F.N.; ELLERSIECK, M.R.; SMITH, M.F.; PATTERSON, D.J. Fixed-time artificial insemination of postpartum beef cows at 72 or 80 h after treatment with the MGA. Select protocol. **Theriogenol.** 61: 7-8. 2004.
- [35] THRUSFIELD, M.; ORTEGA, C.; DE BLAS, I.; NOORDHUIZEN, J.P.; FRANKENA, K. WIN EPISCOPE 2.0: improved epidemiological software for veterinary medicine. **Vet. Rec.** 148:567-72. 2001.
- [36] WILDMAN, E. E.; JONES, G. M.; WAGNER, P. E.; BOMAN, R. L.; TROUTT, J.R. H. F.; LESCH, T. N. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. **J. Dairy Sci.** 65:495-501. 1982.
- [37] ZEMJANIS, R. Examen del embarazo. **Reproducción animal: Diagnóstico y técnicas terapéuticas.** 1ª Ed. Limusa. México. Pp 43-59. 1984.