



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**LA MEDICIÓN DEL EMBRIÓN EN GANADO *BOS INDICUS*  
MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA COMO INDICADOR PARA  
CALCULAR LA EDAD GESTACIONAL.**

**T E S I S**

**PARA EL OBTENER EL GRADO DE MÉDICO VETERINARIO  
ZOOTECNISTA**

**PRESENTA:**

**ANA LUCÍA MALVÁEZ PERALTA**

**ASESORES:**

**MVZ PhD CARLOS SALVADOR GALINA HIDALGO**

**MVZ PhD MANUEL DIONISIO CORRO MORALES**



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 la Universidad Nacional Autónoma de México por 9 años de formación académica, profesional y personal.

A mis padres Teresa y Martin y a mi hermana Mariana que me han inculcado el respeto a la vida. Gracias por el apoyo incondicional y estar siempre a mi lado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al doctor Carlos Galina por ser mi “padre académico”. Gracias por la disciplina, compromiso, honestidad, trabajo en equipo y confianza que depositó en mi a lo largo de todos estos años.

Zazil Sánchez, mi mentora y amiga que siempre ha mostrado estar personal y profesionalmente, alentándome siempre a mejorar y superarme.

Al Ingeniero José Luis Pablos por la paciencia en la elaboración de esta tesis y que con sus palabras me impulsa a desarrollarme como profesionalista.

A la doctora Ivette Rubio por ser mi profesora en el uso del ultrasonido, manejo con ganado y bases de datos.

A mis sinodales Carlos Gutiérrez, Eduardo Posadas, Adriana Saharrea y especialmente a la doctora Arantza Lassala por brindarme su tiempo en repetidas ocasiones para guiarme paso por paso en la realización y corrección de esta tesis, gracias por siempre mostrar amabilidad y comprensión.

Al equipo Galina, en especial a Manuel y Juan con los que he trabajado codo a codo, de quienes he aprendido del campo y con quienes no dejo de reír; a Elías que nuestra amistad inicio con la realización de este trabajo y desde entonces no ha dejado de apoyarme y de compartirme conocimiento.

A Suhad y Josué que nunca me han dejado sola a lo largo de esta carrera y siempre me han dado la mano para ayudarme, escucharme, abrazarme.

Gracias Rodrigo por ser mi mejor amigo y corresponder todo el cariño que sólo ha aumentado a lo largo del tiempo que nos hemos acompañado. Sigamos soñando y creciendo juntos.

## CONTENIDO

Resumen.....	1
1. Introducción.....	3
2.Hipótesis .....	10
3.Objetivo .....	10
4.Material y Métodos	
4.1 Animales .....	10
4.2 Manejo reproductivo .....	11
4.3 Diagnóstico de gestación y medición del embrión .....	12
4.4 Análisis estadístico .....	13
5.Resultados .....	14
6.Discusión.....	18
7.Bibliografía .....	21

## RESUMEN

MALVAEZ PERALTA ANA LUCIA. La medición del embrión en ganado *Bos indicus* mediante ultrasonografía como indicador para calcular la edad gestacional. Asesores: MVZ PhD Carlos Salvador Galina Hidalgo y MVZ PhD Manuel Dionisio Corro Morales.

Con el fin de establecer una curva de crecimiento a partir del largo promedio del embrión entre los 24 y 35 días de gestación en ganado *Bos indicus*, se midieron 55 embriones mediante ultrasonografía. Los embriones se dividieron en cuatro grupos, de acuerdo al primer día de visualización de una estructura ecogénica dentro de la vesícula embrionaria (Grupo 1: día 24, Grupo 2: día 26, Grupo 3: día 27 y Grupo 4: día 28). Se realizaron 3 medidas seriadas del diámetro mayor del embrión (cm) con intervalos de 2 a 5 días. Se evaluó el efecto del día de gestación sobre el largo del embrión mediante el modelo GEE (Estimación del Modelo de Ecuaciones Generalizadas), se compararon las medias del tamaño de los embriones de la segunda medición vs la medición inicial y de la tercera medición vs la segunda, con el objeto de establecer el cambio promedio del largo de los embriones a través del periodo citado. Se encontró diferencia ( $P \leq 0.005$ ) en las medias del largo del embrión de un día con la medición precedente dentro de todos los grupos, a excepción de la primera (día 24) y segunda evaluaciones (día 28) del grupo 1 ( $P=0.387$ ). Además, se realizó un análisis de regresión lineal

simple con el largo de los embriones y el día de gestación, independientemente de los grupos, encontrando una asociación lineal positiva entre el largo del embrión y los días de gestación ( $R^2=0.593$ ) con un aumento promedio de 0.078 cm por día ( $P=0.000$ ).

En conclusión, el largo del embrión establecido mediante ultrasonografía no permite conocer con precisión la edad de la gestación, debido a la amplia distribución de medidas que se encontró dentro de cada uno de los días de medición, en el periodo comprendido entre los días 28 y 33 de gestación. Sin embargo, sí es posible estimar un rango de edad en el que se encuentra el embrión. Por otra parte, la ultrasonografía es una herramienta confiable para confirmar la gestación y monitorear el desarrollo del embrión a partir del día 26 de edad. Esto permite reintroducir oportunamente a los animales a un programa reproductivo cuando sea necesario.

.



## 1. INTRODUCCIÓN

El trópico mexicano cuenta aproximadamente con el 45% de la producción láctea nacional y el 50% de la producción cárnica. Las razas bovinas que predominan en esta zona son genealógicamente el resultado de cruzamientos que se dieron durante varios años con ganado *Bos indicus*. La genética cebuína cárnica que se encuentran con mayor predominancia en el país es la Indobrasil, Brahman, Gyr, Guzerat, Nellore y Sardo Negro (33). En cuanto a la producción lechera, la raza cebuína Gyr cuenta con amplia distribución, además de poseer altos rendimientos (4).

El sistema de producción predominante en esta región es el extensivo, cuyos parámetros productivos suelen ser bajos por una serie de factores limitantes. Uno de los factores que define la producción de los rumiantes en el trópico es su baja eficiencia reproductiva, caracterizada por un porcentaje bajo de partos, edad avanzada al primer parto y periodos entre partos muy prolongados. Estos problemas se ven acentuados debido a inadecuados programas de alimentación, salud y manejo del hato en general (33).

Implementar programas de empadres controlados durante las estaciones más favorables del año, según la disponibilidad de agua y forraje, resulta conveniente para mejorar la eficiencia reproductiva, su finalidad es regular la estacionalidad de los servicios, de tal manera que los toros permanezcan con las vacas en los meses del año más apropiados para la concepción y que los becerros nazcan

agrupados en los meses del año más adecuados para cubrir sus necesidades nutricionales. Esto se logra empatando los partos y la lactación con la época de mayor disponibilidad de forraje para obtener lotes homogéneos de terneros que faciliten su comercialización (5,19).

Este sistema de empadre también permite realizar el diagnóstico de gestación temprano durante el periodo embrionario, lo que apoya en reconocer a los animales no gestantes y, de ser el caso, analizar las causas de la falla reproductiva que influyen sobre la producción. Es importante identificar a los animales que no estén gestantes lo antes posible tras el servicio, para poder tomar medidas extraordinarias que permitan realizar el servicio nuevamente como lo es modificar el nivel nutricional, inducir el estro mediante fármacos o aplicar la inseminación artificial para lotificar, y lograr de esta manera que queden gestantes (22, 19, 33).

Los métodos para el diagnóstico precoz de gestación que comúnmente se utilizan en bovinos son:

1. No retorno a estro

Se realiza la observación de los animales de 18 a 24 días posteriores al servicio, esperando que no se presenten signos de estro y de esta manera identificar a las vacas potencialmente gestantes. Una vaca se considera como posiblemente gestante si no ha presentado celo en al menos 60 días posteriores a la inseminación. Sin embargo, es indispensable realizar un examen por palpación transrectal o un estudio ultrasonográfico, para confirmar la gestación. Los signos

clásicos de estro incluyen: inquietud y búsqueda del macho, aumento en la marcha, intentos de monta, accede a ser montada por sus compañeras, presencia de moco cervical y aumento en el tamaño de la vulva (9).

## 2. Palpación transrectal del alantocorion

Durante la gestación temprana, es posible detectar 2 estructuras embrionarias por medio de la palpación transrectal: el alantocorion y la vesícula amniótica. Alrededor de los 35 a 40 días de gestación, el cuerno uterino grávido aumenta su tamaño por acúmulo de fluido alantoideo, detectable por medio de la palpación de la pared uterina. El alantocorion es identificado como una membrana que se desliza al pinzar la pared del cuerno uterino con los dedos. Es importante destacar que dicha membrana puede persistir por un periodo corto después de la muerte embrionaria, pudiendo generar un diagnóstico de gestación en ausencia de un producto viable. Por su parte la vesícula amniótica a los 30 días tiene un diámetro aproximado de 1 cm, en algunas vacas es perceptible a esta edad por medio de palpación. A los 40 días llega a 1.7 cm (22). El diagnóstico por medio de palpación de la vesícula amniótica debe ser confirmado con la presencia de un cuerpo lúteo en los ovarios. A los 65 días de gestación es más preciso el diagnóstico por palpación de la vesícula amniótica, ya que alcanza el tamaño de un huevo de gallina (22). Se debe mencionar que la palpación rectal ha sido asociada con un aumento en pérdidas de la gestación, por lo que se debe tener precaución al realizar este manejo (17).

### 3. Ultrasonografía

Las evaluaciones de rutina por este método no han demostrado tener efectos biológicos dañinos, por lo que es considerado un procedimiento seguro para el paciente, el operador y el personal, permitiendo que sea usado en cualquier locación sin necesidad de precauciones específicas (26, 32). Según la destreza y experiencia del técnico que realiza el diagnóstico, la confirmación de gestaciones muy tempranas se logra, desde el día 25 con una sensibilidad superior al 95%, sin que se vea comprometida la supervivencia del embrión. Además, esta técnica permite el seguimiento del crecimiento del embrión, desarrollo de la gestación y la identificación de anomalías embrionarias y fetales (12, 16). La observación del latido fetal y la toma de medidas como el diámetro de la masa embrionaria, la longitud del feto de la corona a la grupa, el largo occipitonasal, la circunferencia de la cabeza, la profundidad del pecho, los diámetros orbitales, abdominal, del cordón umbilical, del saco amniótico, torácico, y el diámetro uterino han sido propuestas para estimar la edad gestacional y relacionarlas con el correcto desarrollo de la cría. En las observaciones más tempranas se logra ver la distención de un cuerno uterino debida al acumulo de fluido en el alantocorion y eventualmente se observa la presencia de la vesícula amniótica con el embrión (16, 25). Este método presenta ventajas importantes cuando se trata de la reinscripción de un animal a un programa reproductivo, ya que se puede identificar a los animales no gestantes a partir de los 24 días de gestación.

El primer informe del diagnóstico de gestación por medio de ultrasonografía en ganado bovino fue realizado por Chaffaux, Valon y Martínez en 1982 (8). Su uso

ha resultado práctico para el manejo efectivo de los animales gestantes y, aún más importante, en la identificación temprana de los animales no gestantes. Puesto que el desarrollo de los tejidos embrionarios ocurre de manera temprana, el embrión puede ser identificado con una sensibilidad superior al 95% desde el día 26 de gestación, alcanzando el 100% para el día 29. (1).

El desarrollo del embrión comprende dos periodos:

- a) El periodo embrionario temprano, que incluye desde la concepción hasta el inicio de la adhesión al útero, que ocurre alrededor del día 16 de gestación. Este periodo resulta decisivo para el establecimiento de la gestación, ya que se lleva a cabo el reconocimiento materno de la gestación. Esta etapa incluye los procesos de segmentación, compactación, blastulación, expansión, eclosión y elongación. (29).
- b) El periodo embrionario, que comprende desde que concluye el proceso de elongación hasta el día 42 de gestación. El proceso más crítico, que culmina en una gestación exitosa, es la adhesión, en el que la membrana corioalantoidea inicia la unión al endometrio entre los días 30 y 35 después de la ovulación. Esta conexión se establece en el periodo fetal, entre los 40 y los 50 días de gestación, si este proceso no se lleva a cabo de manera correcta puede derivar en muerte de la cría (29).

Las pérdidas embrionaria y fetal han sido relacionadas con varios factores, que se caracterizan como genéticos, fisiológicos, endócrinos y ambientales (14). Se ha informado que entre los días 28 y 42 de gestación existe entre un 15% y un 30%

de muertes embrionarias (18, 24). La muerte fetal entre los 42 y 56 días de gestación es de 6.3% y entre los días 56 y 98 días de un 3.4% (12). La mortalidad varía considerablemente por factores como el clima, el estado metabólico y la situación general de salud del hato. Por lo anterior, en caso de que un diagnóstico de gestación temprano resulte positivo, es indispensable reconfirmar la gestación en un estadio más avanzado e identificar a aquellos animales que no la hayan mantenido (22).

Una de las principales ventajas del ultrasonido es que permite realizar medidas secuenciales del mismo producto en diferentes fases del desarrollo, para identificar variaciones en el tamaño que indiquen un crecimiento excesivo o retardado del embrión en relación con la edad gestacional, que pudieran ser indicadores que deriven en la muerte del embrión y tener implicaciones en el subsecuente desempeño de la vaca (16, 2).

Las curvas de crecimiento se definen como el aumento de las características geométricas de una estructura determinada en relación del tiempo (2). En el caso del embrión, los cambios en su tamaño permiten establecer una relación con la edad gestacional (12, 36). Actualmente, muchos equipos ultrasonográficos están equipados con programas que permiten estimar la edad del embrión y del feto bovino usando medias específicas de distintas estructuras corporales como son la distancia entre la corona o parte más alta de la cabeza y la grupa o el diámetro de la cabeza y el diámetro del tórax. De hecho estas son las dos medidas con mayor precisión para definir la edad y que resultan más fáciles de obtener (12, 16).

La precisión en el diagnóstico de gestación alcanzable por medio de ultrasonido puede sin embargo verse afectada por factores como lo es el equipo de ultrasonido, la frecuencia del transductor, la periodicidad en la realización del examen, la edad y los partos de la vaca, la etapa en la que se realiza el examen, el criterio y la experiencia del operador (32).

Laven (27) menciona la existencia de programas computacionales y cuadros que relacionan los días de gestación con el tamaño para varias medidas fetales y embrionarias que marcan una línea única de mejor ajuste. Estos proporcionan una sola cifra con conversiones que ignoran la variabilidad inherente de cualquier sistema natural por lo que la correlación nunca será del 100%. Esta variación puede ser mayor para unos días que para otros. Además, estas medidas han sido desarrolladas en ganado *Bos taurus*, por lo que la pertinencia de utilizarlas en ganado *Bos indicus* podría cuestionarse, según variaciones que se han observado en estudios anteriores (36, 34).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la curva de crecimiento, a partir de la medición del largo del embrión, entre los días 24 y 36 de la gestación, a través de un examen seriado por ultrasonografía en ganado *Bos indicus*.

## **2. HIPÓTESIS**

El largo del embrión entre los días 24 y 36 de gestación en ganado *Bos indicus* afecta la estimación de la edad gestacional por ultrasonografía.

## **3. OBJETIVO**

Establecer una curva de crecimiento a través de la medición del diámetro mayor del embrión entre los 24 y 36 días de gestación por medio de ultrasonografía en ganado *Bos indicus*.

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, CEIEGT, perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Localizado en Tlapacoyan, Veracruz, México a 20°4'N y 97°3'O. El clima es cálido húmedo con ausencia de una época de sequía definida. La precipitación pluvial anual promedio es de 1840 mm<sup>3</sup> y la temperatura promedio varía en un rango de 14 a 35°C (7).

### **4.1 Animales**

Se trabajó con un grupo de ochenta hembras *Bos indicus* de entre 3 y 7 años de edad, en un sistema de pastoreo extensivo, suplementadas con concentrado y sales minerales. Se seleccionaron vacas con al menos 45 días post-parto y una condición corporal de 3.0 a 3.5, de acuerdo a la escala propuesta por Edmonson *et al.* (15).



## 4.2 Manejo reproductivo

Se implementó un programa de sincronización de celos bajo el siguiente protocolo: El día 0 se aplicó un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR™, 1.9 g de progesterona natural en silicona, Zoetis®, México). Al día 9 se retiró el tratamiento de P<sub>4</sub> y se aplicó una dosis de 25mg de prostaglandina F<sub>2</sub>α (Dinoprost, Lutalyse, Zoetis®, México). Se realizó la detección de celos los días 10, 11, 12 y 13 mediante observación de 09:00 a 12:00 hrs y de 15:00 a 18:00 hrs, usando el comportamiento de monta como principal indicador de inicio del estro (28). Para complementar el seguimiento de celos, fuera del horario de observación, se usaron parches detectores (Scratch Pads, Magenta Direct, Irlanda). La inseminación artificial (IA) se realizó bajo un esquema AM-PM. En la figura 1 se muestra de forma cronológica el manejo reproductivo.



Figura 1. Protocolo de sincronización e inseminación artificial.

### **4.3 Diagnóstico de gestación y medición del embrión**

Las vacas se consideraron como posibles gestantes si no mostraban signos de estro para el día 24 posterior a la IA. Los animales diagnosticados como no gestantes, a través de dos exámenes seriados mediante ultrasonido, fueron eliminados del estudio (n=25). En las diagnosticadas gestantes (n=55), durante el examen ultrasonográfico se realizó la exploración del útero para la localización de la vesícula embrionaria, se tomó el registro del diámetro mayor (cm) de la masa ecogénica que correspondía al embrión. La medición de los embriones fue realizada usando un ultrasonido de tiempo real (Aloka SSD-500, Aloka, Tokio, Japón) equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz. Una vez que el embrión era localizado, se realizaba una captura de pantalla para poder efectuar la medición utilizando el sistema que para tal efecto tiene el equipo de ultrasonido. Las medidas fueron tomadas entre el día 24 posterior a la inseminación y el día 36 de gestación

Los embriones se dividieron en 4 grupos tomando en cuenta el primer día de la observación de una estructura ecogénica dentro de la vesícula embrionaria, lo que ocurrió entre los 24 y los 28 días posteriores a la inseminación. En el momento de la localización del embrión se corroboró la viabilidad observando el latido cardiaco. El día en el que se visualizó por primera vez al embrión, se tomó el primer registro del diámetro mayor del embrión (cm). Se realizó una segunda medición de 2 a 4 días después y una última pasados 3 a 5 días de la segunda observación.

Lo anterior con el fin de discernir si era posible observar un cambio en el patrón de crecimiento del embrión entre estos períodos.

En el cuadro 1 se muestran los días en los que se tomaron las medidas en los cuatro grupos de embriones.

Cuadro 1. Grupos de embriones y días de evaluación.

Grupos	1er día de evaluación	2do día de evaluación	3er día de evaluación
1	24	28	30
2	26	29	33
3	27	30	35
4	28	31	36

#### 4.4 Análisis estadístico

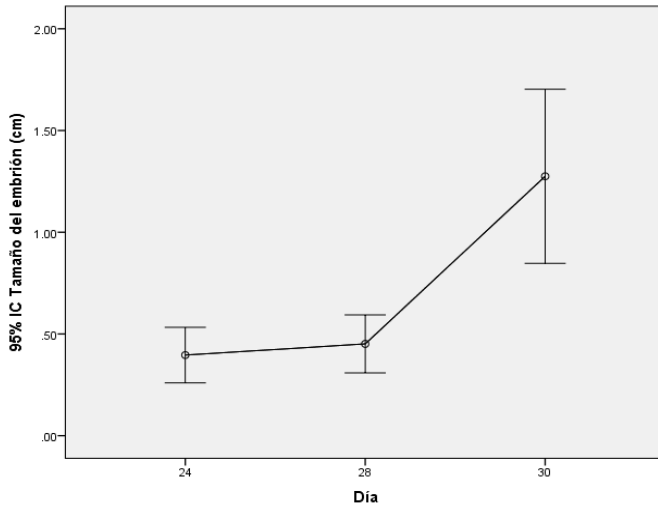
Se evaluó el efecto de los días mediante un modelo EEG (Estimación del modelo de Ecuaciones Generalizadas; por sus siglas en inglés (Generalized Estimating Equations model, GEE model). Los estimadores de los efectos del modelo corresponden a una supuesta estructura de independencia de los errores (30, 35). Posteriormente se compararon las medias del tamaño de los embriones (cm) de la segunda medición vs la medición inicial y de la tercera medición vs la segunda medición.

Se realizó un análisis de regresión lineal con el objetivo de establecer una curva de crecimiento que permitiera conocer la relación entre el largo del embrión y la edad del mismo.

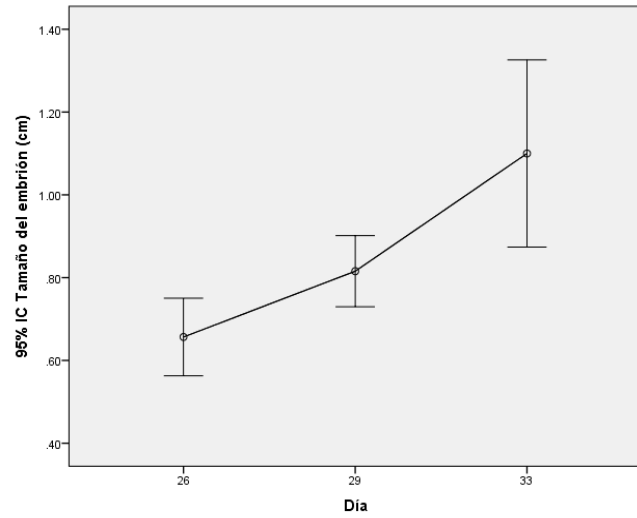
## 5. RESULTADOS

Del total de vacas seleccionadas para el estudio ( $n= 80$ ), 55 quedaron gestantes. En el grupo 1 con el 15% (8/55) de los embriones, se realizó una primera observación el día 24 de gestación, una segunda en el día 28 y una tercera en el día 30. El grupo 2 con el 16% (9/55) de los embriones, el primer día de observación fue el día 26, el siguiente el día 29 y por último el día 33. El grupo 3 con 36% (20/55) de los embriones, las mediciones se hicieron en el día 27 de gestación, en el día 30 y en el día 35. Por último, el grupo 4 con 33% (18/55) de los embriones, las observaciones se hicieron en los días 28, 31 y 36.

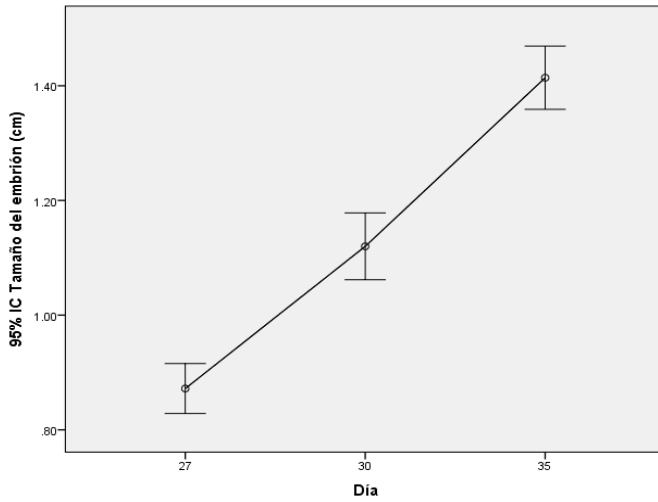
En la gráfica 1 se muestra la tendencia del crecimiento considerando las medias de los tres días de medición dentro de cada grupo, con un intervalo de confianza del 95%. En el grupo 1 (gráfica 1a) los embriones presentan para los días 24, 28 y 30 una media de  $0.39\pm 0.16$  cm,  $0.45\pm 0.17$  cm y  $1.27\pm 0.51$  cm respectivamente. Las medias e intervalos de confianza de las dos primeras mediciones presentan una variabilidad menor que la observada en el tercer día de medición. En el grupo 2 (gráfica 1b) los embriones presentan una media de  $0.65\pm 0.12$  cm para el día 26, en el día 29 el largo es de  $0.81\pm 0.11$  cm y en el día 33 de  $1.10\pm 0.29$  cm. Los grupos 3 y 4 (gráfica 1c y 1d) presentan una tendencia de crecimiento ascendente y aparentemente lineal. Los embriones del grupo 3 presentan una media de  $0.87\pm 0.09$  cm,  $1.12\pm 0.12$  cm y  $1.41\pm 0.11$  cm para los días 27, 30 y 35 respectivamente y, para el grupo 4, se obtuvo una media de  $1.05\pm 0.07$  cm,  $1.27\pm 0.09$  cm y  $1.45\pm 0.07$  cm en los días 28, 29 y 31.



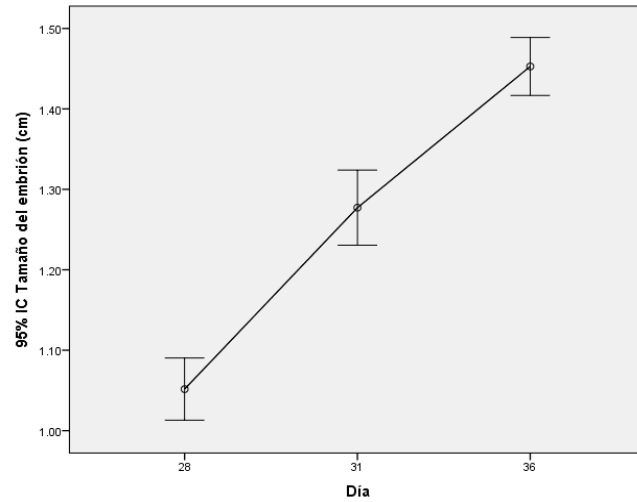
Gráfica 1a. Grupo 1.



Gráfica 1b. Grupo 2.



Gráfica 1c. Grupo 3.



Gráfica 1d. Grupo 4.

Gráfica 1. Tendencia del crecimiento embrionario, intervalo de confianza del 95% para las medias de los grupos 1 (día 24  $\bar{X}=0.39\pm 0.16$  cm, día 28  $\bar{X}=0.45\pm 0.17$  cm y día 30  $\bar{X}=1.27\pm 0.51$  cm; Gráfica 1a), grupo 2 (día 26  $\bar{X}=0.65\pm 0.12$  cm, día 29  $\bar{X}=0.81\pm 0.11$  cm y día 33  $\bar{X}=1.10\pm 0.29$  cm; Gráfica 1b), grupo 3 (día 27  $\bar{X}=0.87\pm 0.09$  cm, día 30  $\bar{X}=1.12\pm 0.12$  cm y día 35  $\bar{X}=1.41\pm 0.11$  cm; Gráfica 1c) y grupo 4 (día 28  $\bar{X}=1.05\pm 0.07$  cm, día 31  $\bar{X}=1.27\pm 0.09$  cm y día 36  $\bar{X}=1.45\pm 0.07$  cm; Gráfica 1d).

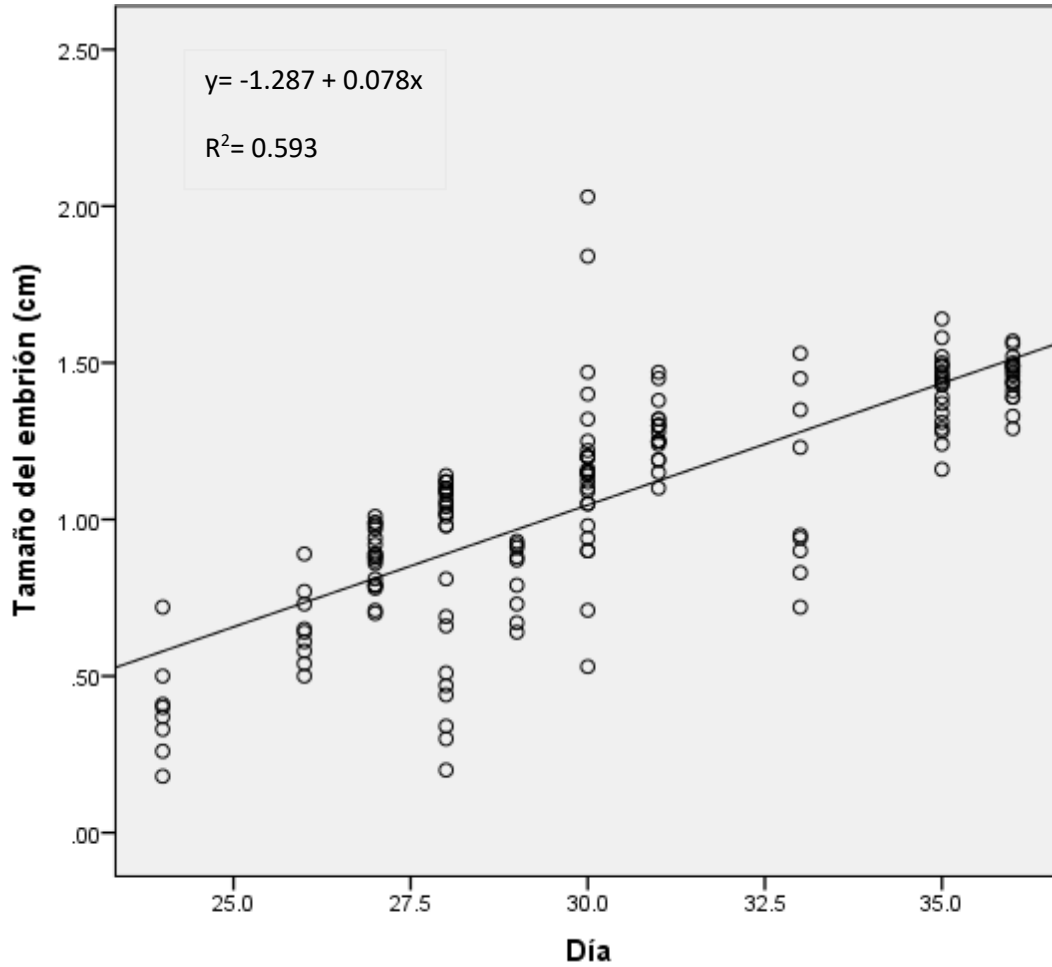
En el cuadro 2 se muestra el incremento medio del largo de los embriones entre la primera y segunda mediciones, y entre la segunda y tercera mediciones de cada uno de los grupos, así como el valor de P de la diferencia de las medias.

Cuadro 2. Diferencia de las medias del largo de los embriones entre los días de medición.

<i>Grupo</i>	Días de medición		Incremento medio del largo del embrión (cm)	Valor de P
	Del día	Al día		
1	24	28	0.05	0.387
	28	30	0.82	0.000
2	26	29	0.15	0.001
	29	33	0.28	0.012
3	27	30	0.24	0.000
	30	35	0.29	0.000
4	28	31	0.22	0.000
	31	36	0.17	0.000

Las medias del largo del embrión en el primer día de medición (día 24) y el segundo día de medición (día 28) en el grupo 1 no son diferentes ( $P=0.387$ ). En contraste, todas las mediciones obtenidas en los días subsecuentes y en los distintos grupos presentaron un incremento en el tamaño del embrión con el tiempo ( $P \leq 0.05$ ).

La gráfica 2 muestra una regresión simple que ilustra la curva de crecimiento y la dispersión del tamaño de los embriones entre los días 24 a 36, considerando la totalidad de las observaciones efectuadas.



Gráfica 2. Regresión lineal del crecimiento (cm) del largo del embrión de los 24 a 36 días.

Los datos muestran que existe una asociación lineal positiva entre el tamaño del embrión y los días de gestación ( $R^2=0.593$ ) con un aumento promedio del largo del embrión de 0.078 cm por día ( $P=0.000$ ).

## 6. DISCUSIÓN

El porcentaje de gestación de las vacas incluidas en el estudio fue de 68%, contrastado con reportes anteriores donde se obtienen porcentajes de no más del 25% de gestación, en programas de inseminación artificial en el trópico mexicano (3, 13). Sin embargo, existen informes de fertilidad de hasta un 60% con protocolos de sincronización similares al llevado a cabo en este trabajo. Las variaciones pueden deberse a factores como la condición corporal, el periodo posparto y la época del año, entre otros (22).

El 15 % de los embriones que fueron vistos por primera vez en el día 24 posterior a la inseminación conformaron al grupo 1. Esto coincide con los estudios de Curran, Pierson y Ginther (10), DesCoteaux, Colloton y Gnemmi (12), Totey *et al.* (36) y Rosiles *et al.* (34) donde se menciona que los embriones pueden ser inicialmente observados entre los 19 y 24 días de gestación, como una protuberancia ecogénica dentro de la vesícula embrionaria. En contraste, Chaffaux, Valon y Martinez (8) y Pierson y Ginther (31) indican que las observaciones no pueden hacerse de manera confiable sino hasta el día 26, lo que ocurrió en el presente estudio al obtener el 85% de las visualizaciones de los embriones a partir del día 26.

Las diferencias del largo del embrión en el tiempo fueron manifiestas a partir del día 26, y las mediciones posteriores confirmaron un crecimiento lineal en los días evaluados en este estudio (figura 1b). Este no fue el caso con las mediciones



hechas en los días anteriores (Grupo 1; Fig. 1a). Por lo tanto, nuestros resultados señalan que el utilizar la medición del diámetro mayor del embrión obtenida por ultrasonografía, para estimar su edad no es recomendable antes del día 26 de gestación. En relación con la observación del embrión para un diagnóstico de gestación temprano, este pudo realizarse en el 31% de los animales para el día 26. Rajamahendran, Ambrose y Burton (32), sugirieron que el primer diagnóstico debería comenzar el día 30 después de la IA y realizar una confirmación posterior alrededor del día 60. Debido a información existente sobre pérdida embrionaria de hasta el 30% (24), se vuelve imperativo realizar un diagnóstico de gestación tan temprano como sea posible para la identificación de las vacas no gestantes.

La regresión lineal con el total de los embriones evaluados evidenció la marcada dispersión de los datos, siendo mayor en los días 28, 30 y 33. Sin embargo, se calculó un incremento promedio de 0.078 cm en el largo del embrión por día. Rosiles *et al* (34) presentaron resultados similares, donde las mediciones obtenidas tuvieron una variabilidad mayor entre los días 28 y 32 de gestación, con un incremento promedio de 0.085 cm por día. En contraste, Ginther (20) y Pierson y Ginther (31) mencionan que el crecimiento promedio es de 0.11 cm entre los días 26 y 50 de la gestación. Estas variaciones en los resultados, durante el periodo embrionario se han asociado a distintos factores: a) el tipo de ultrasonido usado, b) la frecuencia del transductor, c) la periodicidad del examen, d) la edad y número de partos de la vaca y e) la experiencia del operador (32, 27). Podemos suponer que un factor adicional a la variación en estos días puede deberse a que

la adhesión del embrión al útero materno que se lleva a cabo entre el día 30 al 35 de gestación (29) no se ha completado dificultando la manipulación del mismo.

En conclusión, el diámetro mayor del embrión establecido mediante ultrasonografía no permite conocer con precisión la edad del embrión debido a la amplia distribución de medidas que se encontró dentro de cada uno de los días de medición en el periodo comprendido entre los días 28 y 33 de gestación. Sin embargo, sí es posible estimar un rango de edad en el que se encuentra el embrión. La ultrasonografía es además una herramienta apropiada para monitorear el desarrollo del embrión a partir del día 26 de gestación, ya que permite identificar cambios en el patrón de crecimiento que pudieran indicar la pérdida de la gestación. Esto permite reintroducir oportunamente a los animales a un programa reproductivo cuando sea necesario.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Abdullah, M., Mohanty, T.K., Kumaresan, A., Mohany, A.K., Madkar, A.R., Baithalu, R.K., Bhakat, M. (2014). "Early Pregnancy Diagnosis in Dairy Cattle: Economic Importance and Accuracy of Ultrasonography", *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 2, 464-467.
2. Ali, A. y Fahmy, S. (2008). "Ultrasonographic fetometry and determination of fetal sex in buffaloes (*Bubalus bubalis*)", *Animal Reproduction Science*, 106,. 90-99.
3. Alonso-Alanuza, L., Galina-Hidalgo, C.S., Maquivar-Linfoot, M., Romero-Zúñiga, J.J., Molina-Echeverry, I. y Carvajal-Arango, P. (2009) Evaluación de la fertilidad de hembras *Bos indicus* de acuerdo a la intensidad del celo, manejadas en un programa de inseminación artificial a tiempo fijo en condiciones de trópico. *Revista Científica-Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Zulia*, 6, 639-644.
4. Ávila, S. (2014). "Producción de leche con ganado bovino". México: Imagen Editorial Yire, 3e edición. 39.
5. Beorlegui, B. (1983). Producción extensiva de vacuno. Madrid, España: Mundi-Prensa. 183-187.

6. Blond, L., y Buczinski, S. (2009). "Basis of ultrasound imaging and the main artifacts in bovine medicine", *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 25, 553-565.
7. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.(FMVZ- UNAM) (2018) Centro de Enseñanza, Investigación y Extension en Ganadería Tropical, C.E.I.E.G.T- Tlapacoyan, Veracruz. Localización Geográfica. Consultado en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceiegt/localizacion.html>
8. Chaffaux, S., Valon, F. y Martinez, J. (1982). Development of the ultrasound image of the bovine fetus. *Bulletin de l'Academie Veterinaire de France*, 55, 213-221.
9. Compendio Digital para la Enseñanza de la Reproducción Bovina (2017). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Consultado en: [http://www.ceramevez.unam.mx/Compendiodigital/prof/10\\_deteccion\\_de\\_celo\\_e\\_inseminacion.html](http://www.ceramevez.unam.mx/Compendiodigital/prof/10_deteccion_de_celo_e_inseminacion.html)
10. Curran, S., Pierson, R. A. y Ginther, O. J. (1986). "Ultrasonographic appearance of the bovine conceptus from days 20 through 60", *Journal of American Veterinary Medical Association*, 189, 1295-1302.
11. Daniel, W. (2004) Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud. México: Editorial Limusa, 4ta edición.

12. DesCôteaux, L., Colloton, J. y Gnemmi, G. (2010). *Practical atlas of ruminant and camelid reproductive ultrasonography*: USA: John Wiley & Sons. 81-93.
13. Diaz, G. S., Galina, C. S., Basurto, C. H., & Ochoa, G. P. (2002). Effect of natural progesterone with and without estradiol benzoate on the onset signs of oestrus, ovulation and pregnancy in *Bos indicus* cattle raised under mexican tropical conditions. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 34, 235-244.
14. Diskin, M. G. y Morris, D. G. (2008). "Embryonic and early foetal losses in cattle and other ruminants", *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 261-268.
15. Edmonson, A., Lean, I., Weaver, L., Farver, T., y Webster, G. (1989). "A body condition scoring chart for Holstein dairy cows", *Journal of dairy science*, 72, 68-78.
16. Fitzgerald, A. M., Ryan, D. P., y Berry, D. P. (2015). "Factors associated with the differential in actual gestational age and gestational age predicted from transrectal ultrasonography in pregnant dairy cows", *Theriogenology*, 84, 358-364.

17. Franco, O. J., Drost, M., Thatcher, M. J., Shille, V. M., & Thatcher, W. W. (1987). Fetal survival in the cow after pregnancy diagnosis by palpation per rectum. *Theriogenology*, 27, 631-644.
18. Galicia, L., Estrada, K., Galina, C., Pérez, G., Romero, J., y Molina, S. (2006). "Ultrasonography as aid for early pregnancy diagnosis in Zebu cattle in a natural mating programme", *Journal of Applied Animal Research*, 29, 53-58.
19. Galina, C., Valencia, J. (2008) Reproducción de los animales domésticos. México: Limusa 3era Edición. 371-376.
20. Ginther, O. (1995). *Ultrasonic imaging and animal reproduction*. USA: Equiservices Publising. 179-194.
21. Giraldo, C. (2003). Principios básicos de ultrasonografía veterinaria. *Revista MVZ Córdoba*, 8, 303-309.
22. González, P., Dávalos, J L., y Rodríguez, O. (2015). "Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. México: REDGATRO-CONACYT. 170-178.
23. Gutiérrez-Lizarazo, D. E., y Báez-Sandoval, G. M. (2014). "La Ultrasonografía en Bovinos", *Respuestas*, 19, 99-106.

24. Holroyd, R., Entwistle, K., y Shepherd, R. (1993). "Effects on reproduction of estrous cycle variations, rectal temperatures and liveweights in mated Brahman cross heifers", *Theriogenology*, 40, 453-464.
25. Hughes, E y Davies, D. (1989). "Practical uses of ultrasound in early pregnancy in cattle", *The Veterinary Record*, 124, 456-458.
26. King, A. M. (2006). "Development, advances and applications of diagnostic ultrasound in animals". *The Veterinary Journal*, 171, 408-420.
27. Laven, R. (2014). Estimating fetal age—how accurate are we?, *Livestock*, 19, 217-220.
28. Orihuela, A., Galina, C., Escobar, J., y Riquelme, E. (1983). "Estrous behaviour following prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  injection in Zebu cattle under continuous observation", *Theriogenology*, 19, 795-809.
29. Peippo, J., Machaty, Z., y Peter, A. (2011). "Terminologies for the pre-attachment bovine embryo", *Theriogenology*, 76, 1373-1379.

30. Pennsylvania State University (Penn State) (2018). STAT 504 – Analysis of Discrete Data. Lesson 12: Advanced Topics I - Generalized Estimating Equations (GEE). Consultado en: <https://onlinecourses.science.psu.edu/stat504/>
31. Pierson, R. A.; Ginther, O. J. (1984) "Ultrasonography for detection of pregnancy and study of embryonic development in heifers." *Theriogenology*, 22, 225-233.
32. Rajamahendran, R., Ambrose, D. J., y Burton, B. (1994). "Clinical and research applications of real-time ultrasonography in bovine reproduction: a review". *Canadian Veterinary Journal*, 35, 563-572.
33. Roman, H. (1981). "Potencial de Producción de los bovinos en el trópico de México". *Ciencia Veterinaria*, 3, 393-431.
34. Rosiles, V. A., Galina, C. S., Maquivar, M., Molina, R., y Estrada, S. (2005). "Ultrasonographic screening of embryo development in cattle (*Bos indicus*) between days 20 and 40 of pregnancy". *Animal Reproduction Science*, 90, 31-37.
35. Song, P.X.-K. (2007). *Correlated Data Analysis: Modeling, Analytics, and Applications*. New York: Springer Verlag.



36. Totey, S. M., Singh, G., Taneja, M., y Talwar, G. P. (1991).  
“Ultrasonography for detection of early pregnancy following embryo transfer  
in unknown breed of *Bos indicus* cows”, *Theriogenology*, 35, 487-497.