



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## CAMPUS TABASCO

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**ALTERNATIVA SUPEROVULATORIA DE BAJO COSTO (eCG) EN LA  
TRANSFERENCIA DE EMBRIONES EN VACAS EN PASTOREO.**

**MVZ. SARA DEL REFUGIO ÁVILA RUEDA**

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

2018

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR  
Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el(la) que suscribe Ávila Rueda Sara del Refugio, alumno(a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Jesús Alberto Ramos Juárez**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Alternativa superovulatoria de bajo costo (eCG) en la transferencia de embriones en vacas en pastoreo** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

H. Cárdenas, Tabasco, 30 de enero de 2018.



Firma



Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis

La presente tesis, titulada: **Alternativa superovulatoria de bajo costo (eCG) en la transferencia de embriones en vacas en pastoreo**, realizada por la alumna: **Sara del Refugio Ávila Rueda**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**POSTGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO:



---

DR. JESÚS ALBERTO RAMOS JUÁREZ

DIRECTOR DE TESIS:



---

DR. SANTIAGO RAMÍREZ VERA

ASESOR:



---

DR. EMILIO MANUEL ARANDA IBÁÑEZ

ASESOR



---

DR. GERARDO ROGELIO CANSINO ARROYO

H. Cárdenas, Tabasco, 30 enero de 2018.

# ALTERNATIVA SUPEROVULATORIA DE BAJO COSTO (eCG) EN LA TRANSFERENCIA DE EMBRIONES EN VACAS EN PASTOREO.

Sara del Refugio Ávila Rueda, M.C.

Colegio de Postgraduados 2018

## RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo general la búsqueda de alternativas que incrementen la productividad y mejoren la respuesta en las biotecnologías reproductivas; sincronización y transferencia de embriones (TE), por ello la investigación se divide en dos capítulos: Se realizaron dos experimentos, en el primero se determinó el costo de los embriones en vacas sometidas a dos diferentes protocolos superovulatorio, se utilizaron 18 vacas distribuidas en un diseño completamente aleatorio con dos tratamientos (T) y 9 repeticiones, T1: Vacas superovuladas con 200 mg de FSH y T2: Vacas superovuladas con 2000 UI de eCG. En el segundo, se determinó el costo de la gestación en vacas sometidas a un programa de transferencia de embriones, se utilizaron 33 vacas receptoras con un tratamiento de sincronización, distribuidas en grupos, el primero grupo (GA, n=16) recibió por transferencia un embrión viable procedente de las vacas del T1 y al segundo grupo (GB, n=17) se les transfirió un embrión del T2. Los datos se compararon con prueba no paramétricas (Mann-Whitney U Test) o prueba de t student. La tasa de gestación se analizó con una prueba de Chi cuadrada ( $\chi^2$ ). No se encontró diferencias en la cantidad de embriones recolectados ( $7.0 \pm 1.1$  y  $7.3 \pm 0.8$  para T1 y T2, respectivamente), ni en los viables ( $4.6 \pm 0.6$  y  $5.4 \pm 0.4$  para T1 y T2, respectivamente). El costo por donadora fue menor en 10.8 % para T2 en relación a T1 (US 811.97 y 910.59, respectivamente). El costo por embrión viable fue menor en 35.63 % para T2 en relación a T1 (US 150.44 y 202.3, respectivamente). La tasa de gestación no difirió entre los grupos (31.3 y 35.3 % para GA y GB). El costo por gestación fue menor en el GB en relación al GA (US 456.66 y 507.38, respectivamente). En vacas en pastoreo la superovulación con la hormona eCG disminuye el costo del programa de transferencia de embriones. En el segundo el objetivo de este trabajo fue determinar la eficacia de la prostaglandina sobre la regresión del CL en vacas sometidas a una sincronización con dos dosis de prostaglandinas y comparar la respuesta fisiológica en vacas sometidas a dos

diferentes protocolos de sincronización. Se utilizaron 40 vacas distribuidas en dos tratamientos (T). En el T1 las vacas (n=28), se sometieron a un protocolo de sincronización basado en dos dosis luteolítica de prostaglandina y el T2, las vacas (n=12) se sometieron a un protocolo de sincronización con progesterona P4 (CIDR). Los datos obtenidos se compararon mediante prueba no paramétricas (Mann-Whitney U Test) o la prueba de t student para grupos independientes. la proporción de vacas que mostraron lisis del cuerpo lúteo se sometió a una prueba estadística de chi cuadrada ( $\chi^2$ ). La eficiencia de los protocolos de sincronización en la regresión (lisis) del CL, el porcentaje de lisis fue mayor en el T2 (91.7 %) comparado con el número de vacas del T1 (35.7 %; P=0.001). atribuyéndolo a que en el T1 sólo el 71.4 % de las vacas tenían un CL funcional ( $20.7 \pm 1.0$  mm de diámetro y concentración de progesterona de  $3.7 \pm 0.6$  ng mL<sup>-1</sup>) de este porcentaje se observó que solo el 50 % sufrió lisis del CL a las 96 horas ( $7.5 \pm 1.6$  mm de diámetro y concentración de progesterona de  $0.6 \pm 0.2$  ng mL<sup>-1</sup>). Se concluye que las vacas sincronizadas con la progesterona (CIDR) presentaron mayor regresión del cuerpo lúteo y manifestación del celo en relación a las vacas sincronizadas con dos dosis de prostaglandina.

Palabras clave: transferencia de embriones (TE), gonadotrofina coriónica equina (eCG) sincronización, prostaglandina (PGF<sub>2</sub>α), costos, progesterona.

# LOW COST SUPEROVULATORY ALTERNATIVE (eCG) IN THE TRANSFER OF EMBRYOS IN GRAZING COWS.

Sara del Refugio Ávila Rueda, M.C.

Colegio de Postgraduados 2018

## ABSTRACT

The general objective of this study was to search for alternatives that increase productivity and improve the response in reproductive biotechnologies; synchronization and embryo transfer (ET), therefore the investigation is divided into two chapters: Two experiments were carried out. In the first one, the cost of embryos in subjected cows was determined to two different superovulatory protocols, 18 cows were distributed in a completely random design with two treatments (T) and 9 repetitions, T1: Superovulated cows with 200 mg FSH and T2: Superovulated cows with 2000 IU of eCG. In the second experiment, the cost of gestation was determined in subjected cows to an embryo transfer program, 33 recipient cows with a synchronization treatment were used, distributed in groups, the first group (GA, n = 16) a viable embryo from the cows of T1 was received by transfer and an embryo of T2 was transferred to the second group (GB, n = 17). The data were compared with nonparametric test (Mann-Whitney U Test) or student t test. The gestation rate was analyzed with a Chi square test ( $\chi^2$ ). No differences were found in the number of embryos collected ( $7.0 \pm 1.1$  and  $7.3 \pm 0.8$  for T1 and T2, respectively), nor in the viable ones ( $4.6 \pm 0.6$  and  $5.4 \pm 0.4$  for T1 and T2, respectively). The cost per donor was lower, 10.8% in T2 than T1 (US 811.97 and 910.59, respectively). The cost per viable embryo was lower, 35.63% in T2 than T1 (US 150.44 and 202.3, respectively). The gestation rate did not differ between groups (31.3 and 35.3% for GA and GB). The cost per pregnancy was lower in GB than GA (US 456.66 and 507.38, respectively). The cost of the embryo transfer program decrease by grazing cows superovulation with the hormone eCG. In a second the objective of this study was to determine the efficacy of prostaglandin on the regression of CL in cows subjected to a synchronization with two doses of prostaglandins and to compare the physiological response in subjected cows to two different synchronization protocols. 40 cows were distributed in two treatments (T). In T1 the cows (n = 28) were underwent to a synchronization protocol based on two luteolytic doses of prostaglandin and in T2

the cows (n = 12) were underwent to a synchronization protocol with progesterone P4 (CIDR). The data obtained were compared by nonparametric test (Mann-Whitney U Test) or the student t test for independent groups. The proportion of cows that showed lysis of the corpus luteum was subjected to a statistical test of chi square ( $\chi^2$ ). The efficiency of the synchronization protocols in the regression (lysis) of CL, the percentage of lysis was higher in T2 (91.7%) compared to the number of cows in T1 (35.7%, P = 0.001). Attributing to the fact that in T1 only 71.4% of the cows had a CL functional ( $20.7 \pm 1.0$  mm in diameter and progesterone concentration of  $3.7 \pm 0.6$  ng mL<sup>-1</sup>) of this percentage it was observed that only 50% suffered a lysis of the CL at 96 hours ( $7.5 \pm 1.6$  mm in diameter and progesterone concentration of  $0.6 \pm 0.2$  ng mL<sup>-1</sup>). It is concluded that the cows synchronized with progesterone (CIDR) presented higher regression of the luteum corpus and manifestation of heat in relation to the synchronized cows with two doses of prostaglandin.

Key words: embryo transfer (ET), equine chorionic gonadotropin (eCG) synchronization, prostaglandin (PGF2 $\alpha$ ), costs.

## DEDICATORIA

***Primeramente, agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir y regalarme a una familia maravillosa.***

***En memoria de mi padre: Guadalupe Ávila Bautista, al cual no dejo de extrañar y recordar. Gracias papá que tu amor y paciencia me orientaron y apoyaron para prepararme, a pesar de las dificultades. Hoy puedo valorar los sacrificios inmensos que tuviste que pasar para sacarnos adelante. Con todo mi amor donde quiera que estés.***

***A mi madre: Petrona Rueda de Feria, a quien admiro por su fortaleza, sabiendo que sacrificaba mi ausencia en casa, no dudo en darme ánimos para aventurarme en los campos del conocimiento, a ella, que por su lucha y oraciones constante me impulsaron a seguir adelante.***

***Con mucho amor y cariño a mis hermanas, compañeras, cómplices de aventuras, risas y llantos, a ellas que me han tolerado y orientado, nunca buscando condenar mis acciones, ni juzgándome; por su gran ejemplo y su valioso apoyo en todo momento. ¡Siempre amándome!***

***A mis Primos, Amigos y familia, que con su amor y locura hacen que me sienta a un más bendecida por encontrar su apoyo desinteresado durante toda la vida y por todos aquellos maravillosos momentos que hemos vivido juntos.***

## AGRADECIMIENTOS

***Ávila Rueda Sara del Refugio, agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para los estudios de maestría y al Colegio de Postgraduados (COLPOS) por apoyo parcial para la elaboración del proyecto de investigación. A la División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por los animales utilizados para esta investigación.***

***De igual manera agradezco sinceramente a aquellas personas que compartieron sus conocimientos, especialmente al Dr. Santiago Ramírez Vera, Dr. Jesús Alberto Ramos Juárez, Dr. Gerardo Rogelio Cansino Arroyo y al Dr. Emilio Manuel Aranda Ibáñez., por su paciencia y asesoría siempre dispuesta y sobre todo por brindarme su amistad.***

***Agradezco al MC. José Luis Ruíz Cruz y al C. Jorge Ramón Pérez por su dedicación y el apoyo técnico en el manejo de los animales.***

***Así mismo aprecio el cariño, conocimientos y valiosa colaboración en los análisis hormonales de; MVZ. Clara Murcia Mejía y MC. Susana Rojas Maya del Laboratorio de Endocrinología, FMVZ, UNAM, México.***

## CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT .....	v
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS .....	viii
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ANEXOS .....	xi
1 INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
1.1 LITERATURA CITADA .....	2
2 USO DE eCG COMO ALTERNATIVA DE COSTO BAJO DE LOS PROGRAMAS DE TRANSFERENCIA DE EMBRIONES EN VACAS EN PASTOREO TROPICAL ..4	
2.1 RESUMEN .....	4
2.2 ABSTRACT .....	5
2.3 INTRODUCCIÓN.....	6
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....	7
2.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	7
2.4.2 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	11
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
2.6 CONCLUSION .....	16
2.7 LITERATURA CITADA .....	17
3 EFECTO DE DOS PROTOLOS DE SINCRONIZACIÓN EN LA REGRESIÓN DEL CUERPO LÚTEO DE VACAS EN PASTOREO.....	20
3.1 RESUMEN .....	20
3.2 ABSTRACT .....	21
3.3 INTRODUCCIÓN.....	22
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....	23
3.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	23
3.4.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN. ....	25
3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
3.6 CONCLUSIONES.....	31
3.7 LITERATURA CITADA.....	31
4 CONCLUSIONES GENERALES.....	35
ANEXOS .....	36

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Efecto del uso de la hormona FSH y la hormona eCG en el número y calidad de embriones en vaca superovuladas..... 12
- Cuadro 2.** Costos (US) de la colección de embriones del programa superovulatorio utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.....13
- Cuadro 3.** Costo (US) por concepto de embriones recolectados y viables en vacas superovuladas utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.....15
- Cuadro 1A.** Porcentaje, concentración de progesterona y tamaño de los cuerpos luteo (CL) en vacas sincronización con dos dosis de prostaglandinas.....27
- Cuadro 2A.** Porcentaje, concentración de progesterona y tamaño de los cuerpos luteo (CL) con luteolisis o falla luteolítica en vacas sincronización con dos dosis de prostaglandinas.....28
- Cuadro 3A.** Porcentaje, concentración de progesterona y tamaño de los cuerpos luteo (CL) en vacas sincronización con prostaglandina y progesterona.....29

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Estimación de costos por gestación en relación a diferentes tasas de gestación con los insumos obtenidos en los programas superovulatorio con la hormona FSH y eCG .....16
- Figura 1A.** Porcentaje de vacas con CL funcional (○) o no funcional (●) después de la 2ª aplicación de prostaglandinas.....26

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Costo (US) de sincronización y superovulación en vacas superovuladas utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.....	36
<b>Anexo 2.</b> Costo (US) de mano de obra en vacas superovuladas utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.....	37
<b>Anexo 3.</b> Costo (US) de insumo en la colección de embriones en vacas superovuladas utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.....	38
<b>Anexo 4.</b> Costo (US) de amortización y alimentación de las donadoras utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.....	39
<b>Anexo 5.</b> Costo (US) sincronización de las vacas receptoras sometidas a transferencia de embriones.....	39
<b>Anexo 6.</b> Costo (US) insumo de la transferencia de las vacas receptoras sometidas a transferencia de embriones.....	40
<b>Anexo 7.</b> Costo (US) de mano de obra de las vacas receptoras sometidas a transferencia de embriones.....	40
<b>Anexo 8.</b> Costo (US) de amortización y alimentación de las vacas receptoras sometidas a transferencia de embriones.....	41

## 1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Desde la inseminación artificial en los 40`s, se han desarrollado generaciones de biotecnologías reproductivas: Sincronización de estros (1970), transferencia de embriones (1975), sexado de embriones (1990), fertilización *in vitro* (1992), clonación (1995) y transgénesis (2000), sin embargo, la implementación de estas tecnologías no alcanza el 2% de la población ganadera (Thibier, 2005). La tecnología más utilizada es la inseminación artificial (IA), según Thibier (2005), en el año 2005, más de 100 millones de vacas fueron inseminadas en el mundo de las 543 millones existentes. Mientras que la superovulación y transferencia solo se transfirieron 500,000 embriones en ese mismo año, de igual manera, en el año 2002 los embriones transferidos fueron similares al año 2005.

La transferencia de embriones se ha convertido en una tecnología muy importante en los programas de mejoramiento genético, seleccionando animales altamente productivos y por consecuencia incrementan la producción de leche y carne, ya que es una de las estrategias biotecnológicas más importantes en producción bovina que trata de alcanzar elevados estándares de calidad y eficiencia, permitiendo multiplicar la descendencia de las hembras, especialmente las de excelente calidad genética, acortando simultáneamente el intervalo generacional. Además, facilita diferentes actividades de mejoramiento como la evaluación de progenie y la comparación entre grupos de animales (Hafez y Hafez, 2002). Sin embargo, en México, las técnicas reproductivas como la inseminación artificial, la sincronización de estro y ovulación y la transferencia de embriones, no ha tenido el impacto esperado entre los ganaderos mexicanos (Domínguez *et al.*, 2014; González, 2001; Ahuja *et al.*, 2010). La ganadería afronta bajo nivel de productividad atribuido en parte, a la gran variabilidad en eficiencia tecnológica, por ejemplo, la transferencia

de embriones tiene poco impacto en los hatos ganaderos ya que hay baja repuestas a los protocolos utilizados, algunos estudios indican que el 30 % de las vacas superovuladas, no producen embriones de buena calidad (Looney *et al.*, 1984; Armstrong, 1993).

Baruselli *et al.* (2000), citado por Bó *et al.* (2002), indican que la sincronización del estro y ovulación con prostaglandinas en vacas receptoras tiene una eficiencia del 51.6 %, es decir, al momento de la transferencia de embriones el 48.4 % no presentan algún cuerpo lúteo. Posiblemente causada por la baja funcionalidad, inmadurez y sensibilidad del CL a la prostaglandina y falla en la síntesis de PGF<sub>2</sub> $\alpha$  intralútea (Silva *et al.*, 2000). Por lo anterior, en diversos estudios se han empleado diferentes esquemas y metodologías en los programas de transferencia de embriones, siendo cada vez más complejos (Palomino, 2000; Huanca, 2005). En algunos países en crecimiento, existe la necesidad de multiplicar animales con alto mérito genético y productivo (Baruselli *et al.*, 2005), pero la baja eficiencia y los altos costos de los programas han reducido el impacto e implementación de tecnologías en la ganadería bovina.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es determinar la eficacia y el costo de la alternativa superovulatoria de la hormona coriónica equina en vacas bajo pastoreo tropical sometidas a la transferencia de embriones y la eficiencia de prostaglandinas sobre la regresión del cuerpo lúteo en vacas sometidas a una sincronización con dos dosis de prostaglandinas.

## 1.1 LITERATURA CITADA

Ahuja, A. C., Montiel, P.F., Pérez, H. P., Villanueva-Jiménez, J. A., Retamendiola, J. A. (2010). Interés de productores de bovinos de doble propósito por la transferencia de embriones para la mejora genética. En: *Memoria de la*

*XXIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y II del Trópico Mexicano 2010. Veracruz, México. 216.*

- Armstrong, D. T. 1993. Recent advances in superovulation of cattle. *Theriogenology*. 39:7-24.
- Baruselli, P. S., de Sá Filho, M. F., Martins, C. M., Nasser, L.F., Nogueira, M. F., Barros, C. M., Bó, G. A. 2005. Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*. 65:77-88.
- Bo, A. G., Baruselli, S. P., Moreno, D., Cutaia, L., Caccia, M., Tríbulo, R., Tríbulo, H., and Mapletoft, J. R. 2002. The control of follicular wave development for self-pointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology*. 57: 53-72.
- Domínguez, R. R. P., Martínez, J. A. S., Jordán, C. M. A., Castañeda, F. E. M., Juárez, N. C., Fuentes, G. Á., and Haro, J. H. 2014. Análisis de costos y estrategias productivas en la lechería de pequeña escala en el periodo 2000–2012. *Contaduría y administración*. 59: 253-275.
- González, G. G. 2001. Uso de innovaciones en el grupo de ganaderos para la validación y transferencia de tecnología “Joachín”, Veracruz, México. *Terra Latinoamericana*. 19: 385-392.
- Hafez, E. S., Hafez B. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. Séptima edición. Ed. Mc Graw Hill. 519.
- Huanca W. 2005. Aplicación de biotecnologías en el mejoramiento genético de llamas y alpacas. Fase I: Desarrollo y evaluación de un protocolo de transferencia de embriones. *Boletín* 55: 8-12.
- Looney, C. R., Oden, A. J., Massey, J. M., Johnson, C. A., Godke, R. A. 1984. Pregnancy rates following hCG administration at the time of transfer in embryo-recipient cattle. *Theriogenology*. 21:246.
- Palomino M. H. 2000. Biotecnología del transplante y micromanipulación de embriones de bovinos y camélidos de los Andes. Perú. Ed Importadores. 444.
- Silva, P. J., Juengel, J. L., Rollyson, M. K., and Niswender, G. D. 2000. Prostaglandin metabolism in the ovine corpus luteum: catabolism of prostaglandin F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>) coincides with resistance of the corpus luteum to PGF<sub>2α</sub>. *Biology of Reproduction*. 63:1229-1236.
- Thibier, M. 2005. The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. *Reproduction Nutrition Development*, 45:235-242.
- Baruselli, S. P., Marques, O. M., Madureira, H. E., Bó, A. G., Costa-Neto, P. W., Grandinetti, R. R. 2000. Superestimulação ovariana de receptoras de embriões bovinos visando o aumento de corpos lúteos, concentração de P4 e taxa de prenhez. *Arquivo da Faculdade de Veterinária.UFRGS*. 28: 218.

## 2 USO DE eCG COMO ALTERNATIVA DE COSTO BAJO DE LOS PROGRAMAS DE TRANSFERENCIA DE EMBRIONES EN VACAS EN PASTOREO TROPICAL

Sara del Refugio Ávila Rueda, M.C.

Colegio de Postgraduados 2018

### 2.1 RESUMEN

Se realizaron dos experimentos, en el primero se determinó el costo de los embriones en vacas sometidas a dos diferentes protocolos superovulatorio, se utilizaron 18 vacas distribuidas en un diseño completamente aleatorio con dos tratamientos (T) y 9 repeticiones, T1: Vacas superovuladas con 200 mg de FSH y T2: Vacas superovuladas con 2000 UI de eCG. En el segundo, se determinó el costo de la gestación en vacas sometidas a un programa de transferencia de embriones, se utilizaron 33 vacas receptoras con un tratamiento de sincronización, distribuidas en grupos, el primero, grupo (GA, n=16) recibió por transferencia un embrión viable procedente de las vacas del T1 y al segundo grupo (GB, n=17) se les transfirió un embrión del T2. Los datos se compararon con prueba no paramétricas (Mann-Whitney U Test) o prueba de t student. La tasa de gestación se analizó con una prueba de Chi cuadrada ( $\chi^2$ ). No se encontró diferencias en la cantidad de embriones recolectados ( $7.0 \pm 1.1$  y  $7.3 \pm 0.8$  para T1 y T2, respectivamente), ni en los viables ( $4.6 \pm 0.6$  y  $5.4 \pm 0.4$  para T1 y T2, respectivamente). El costo por donadora fue menor en 10.8 % para T2 en relación a T1 (US 811.97 y 910.59, respectivamente). El costo por embrión viable fue menor en 35.63 % para T2 en relación a T1 (US 150.44 y 202.3, respectivamente). La tasa de gestación no difirió entre los grupos (31.3 y 35.3 % para GA y GB). El costo por gestación fue menor en el GB en relación al GA (US 456.66 y 507.38, respectivamente). En vacas en pastoreo la superovulación con la hormona eCG disminuye el costo del programa de transferencia de embriones.

Palabras clave: hormonas, bovinos, trópico, gonadotrofina coriónica equina (eCG), hormona folículo estimulante (FSH).

# USE OF eCG AS AN ALTERNATIVE OF LOW COST OF EMBRYO TRANSFER PROGRAMS IN TROPICAL GRAZING COWS

Sara del Refugio Ávila Rueda, M.C.

Colegio de Postgraduados 2018

## 2.2 ABSTRACT

Two experiments were carried out. In the first one, the cost of embryos in subjected cows was determined to two different superovulatory protocols, 18 cows were distributed in a completely random design with two treatments (T) and 9 repetitions, T1: Superovulated cows with 200 mg FSH and T2: Superovulated cows with 2000 IU of eCG. In the second experiment, the cost of gestation was determined in subjected cows to an embryo transfer program, 33 recipient cows with a synchronization treatment were used, distributed in groups, the first group (GA, n = 16) a viable embryo from the cows of T1 was received by transfer and an embryo of T2 was transferred to the second group (GB, n = 17). The data were compared with nonparametric test (Mann-Whitney U Test) or student t test. The gestation rate was analyzed with a Chi square test ( $\chi^2$ ). No differences were found in the number of embryos collected ( $7.0 \pm 1.1$  and  $7.3 \pm 0.8$  for T1 and T2, respectively), nor in the viable ones ( $4.6 \pm 0.6$  and  $5.4 \pm 0.4$  for T1 and T2, respectively). The cost per donor was lower, 10.8% in T2 than T1 (US 811.97 and 910.59, respectively). The cost per viable embryo was lower, 35.63% in T2 than T1 (US 150.44 and 202.3, respectively). The gestation rate did not differ between groups (31.3 and 35.3% for GA and GB). The cost per pregnancy was lower in GB than GA (US 456.66 and 507.38, respectively). The cost of the embryo transfer program decrease by grazing cows superovulation with the hormone eCG.

Key words: hormones, cattle, tropics, equine chorionic gonadotrophin (eCG), follicle stimulating hormone (FSH).

## 2.3 INTRODUCCIÓN

El uso de biotecnologías reproductivas tiene un bajo impacto en los hatos ganaderos, por lo cual, según Bolívar y Maldonado-Estrada (2008), Alarcón *et al.* (2010) y Sánchez *et al.* (2015), no es confiable o económicamente viable. El bajo impacto puede deberse a dos causas principales: variabilidad en los resultados y el costo de la tecnología.

En relación a la variabilidad en los resultados, Medrano *et al.* (2014), encontró que sólo 53.5 % de vacas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas manifestaron conducta estral, de ellas solo el 31 % fueron aptas para transferir embriones (presencia de cuerpo lúteo (CL). Asimismo, Gutiérrez-Reynoso *et al.* (2015) y García-Díaz *et al.* (2017) señalaron que en la sincronización de vacas con progesterona (P4), prostaglandina(PGF<sub>2α</sub>) y hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) e inseminadas artificialmente, se obtiene una tasa de gestación de 35 a 40 % y en la transferencia de embriones (TE) la tasa de gestación varía de 21 a 45 % (Gouveia-Nogueira *et al.*, 2004; Baruselli *et al.*, 2010). El número de embriones que se obtienen en los tratamientos superovulatorio varía de 2 a 22 embriones por vaca, de ellos, solo son viables para transferir entre 50 y 79 % (Tríbulo *et al.*, 2011; Hiraizumi *et al.*, 2015).

El costo de la biotecnología reproductiva es alto, Molina *et al.* (2012) y Edwards *et al.* (2015) señalaron que el costo la inseminación artificial (IA) es 26 a 79 US por vaca, mientras que la sincronización del estro y ovulación de 406 hasta 522 US por vaca (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008). Estas en conjunto en el programa de (TE) tienen un costo total en promedio de 1,227 US vaca (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008; Alarcón *et al.*, 2010).

En programas con baja respuesta, los costos pueden incrementar, por ejemplo, el costo de la IA con una eficiencia de 40 % es de US 398 por vaca gestante, mientras que cuando se obtiene una tasa de gestación de 60 %, el costo es de US 154.8 por vaca gestante (Edwards *et al.*, 2015).

En los programas de transferencia de embriones, con gestación del 50 %, el costo es de 882 hasta 1200 US por vaca (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008; Sánchez *et al.*, 2015) y con gestación del 27 % es de US 1,447 por vaca (Alarcón *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 2015), si el porcentaje de gestación disminuye al 10 %, los costos pueden elevarse entre US 850 y 5900 por vaca (Sánchez *et al.*, 2015).

El mayor costo de la transferencia de embriones se atribuye a 3 aspectos importantes: costo de la donadora en la superovulación y el manejo (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008).

En 111 publicaciones de Pubmed y Academic google realizadas entre el año 2012 y 2017 sobre reproducción bovina, el 87.4 % utilizan la hormona Folículo estimulante (FSH) en los programas de superovulación, sólo el 7.2 % utilizan la gonadotropina coriónica equina (eCG) y un 5.4 % utiliza un combinado de ellas.

Estudios demuestran que con el uso de la eCG para superovular se obtienen 10.41 embriones y 9.58 con el uso de FSH, siendo estadísticamente similares (Martins *et al.*, 2008), asimismo, el porcentaje de embriones viables es similar. Por otro lado, el uso de FSH incrementa el costo por mano de obra ya que se requieren ocho secciones de manejo en las vacas donadora (Mikkola y Taponen, 2017), mientras que con el uso de la eCG solo se da un manejo a las vacas donadora, siendo el costo por concepto de mano de obra menor (Martins *et al.*, 2008). Estos argumentos nos permiten diversificar el uso de hormonas alternativas, sin embargo, en la TE no hay evidencias sobre el costo real estimado de los diversos programas hormonales. Actualmente el uso su uso de la eCG no es muy difundido, sin embargo, en tratamientos superovulatorios sería una buena alternativa para abaratar los costos hormonales y de mano de obra, reduciendo el manejo y el estrés de los animales. Por lo cual, el objetivo de este trabajo es, determinar la eficacia y el costo de la alternativa superovulatoria con eCG en vacas bajo pastoreo tropical sometidas a TE.

## 2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en una región tropical (Centro municipio de Villahermosa Tabasco) de México (17° 43 S y 92°35 E) a 10 m de altitud, clima cálido húmedo, temperatura promedio anual de 27.3°C y humedad de relativa de 68 a 90 %; SMN, 2010), Durante diciembre 2016 y febrero 2017.

Animales experimentales. En una unidad de producción de 86 vacas, se seleccionaron 51 vacas homogenizadas según la raza, edad, producción, estado reproductivo y presencia de al menos un cuerpo lúteo, 3 a 4 de condición corporal (CC) de escala de 1-5 (Edmonson *et al.*, 1989). Todas las vacas se alimentaban

bajo un sistema de pastoreo extensivo (*Brachiaria brizantha*) y se fueron distribuidas en dos experimentos:

En el primer experimento, se determinó el costo de los embriones en vacas donadoras sometidas a dos diferentes protocolos superovulatorio (tratamientos). Se utilizaron 18 animales (5 vacas y 11 novillonas) de 2 a 4 años de edad con cruce de  $\frac{3}{4}$  Gyr y  $\frac{1}{4}$  Simbra. Al inicio todas las vacas fueron sometidas al mismo protocolo de sincronización de estros y ovulación descrito por Baruselli *et al.* (2011), en el día cero, se colocó un dispositivo intravaginal (Progesterona 10 %: 1,9 g; CIDR, Zoetis®), + la aplicación IM de 2 mL estradiol (benzoato de estradiol 2 mg; Sincrodiol, Ourofino®) y 1 mL de progesterona (progesterona 50 mg; Progesvit A-E, Brovel®).

En el día cinco, las vacas fueron distribuidas en un diseño completamente aleatorio asignadas a dos tratamientos (T) con 9 repeticiones, T1: Vacas superovuladas con 200 mg de FSH y T2: Vacas superovuladas con 2000 UI de eCG.

En el T1, las vacas fueron sometidas a una estimulación de ovulación múltiple (OM) con ocho aplicaciones de hormona folículo estimulante cada 12 h (FSH; 200 mg, Folltropin-V®, Rx -Agtech®) en forma decreciente (39, 35, 31, 27, 23, 19, 15 y 11 mg dosis<sup>-1</sup>). En el T2, las vacas fueron sometidas a ovulación múltiple con la hormona gonadotrofina coriónica equina aplicando una sola dosis de 2000 UI de eCG (Folligon, Intervet®).

En el día siete, a los dos tratamientos, se le administró 5 mL de prostaglandina (25 mg, Dinoprost; Lutalyse, Zoetis®) y en el día ocho, se retiró el CIDR. Posteriormente, se observó la manifestación del estro y se inseminó a las 12, 18 y 24 h post-estro, a las 12 h post-estro, se aplicó 30 mg de GnRH (Gonadorelina; Fertagyl, Intervet®). En el día 16, se realizó la recolección de embriones mediante la técnica no quirúrgica descrita por Palma (2008).

En la segunda fase, se determinó el costo de la gestación en vacas sometidas a un programa de transferencia de embriones, se utilizaron 33 vacas receptoras (3.0 – 3.4; CC) con un tratamiento de sincronización; en el día cero, se colocó un dispositivo intravaginal, (progesterona 10 % : 1.9 g; CIDR, Zoetis®) + 2 mL vía intramuscular estradiol (2 mg, benzoato de estradiol; Sincrodiol, Ourofino®) y 1 mL de progesterona (50 mg, progesterona; Progesvit A-E, Brovel®), en el día siete, se

administró 5 mL de prostaglandina (Dinoprost, 25 mg; Lutalyse, Zoetis®) y en el día ocho, se realizó el retiro del CIDR y la aplicación de 2.5 mL de un análogo de GnRH (30 mg, Gonadorelina; Fertagyl®), posteriormente, se observó el inicio o la manifestación del estro. Al día siete de manifestado el estro, las receptoras fueron aleatoriamente distribuidas a dos grupos; el primero (n=16), grupo A (GA), recibieron por transferencia un embrión viable procedente de vacas del T1 y el segundo (n=17) grupo B (GB) se les transfirió un embrión del T2. La transferencia del embrión a las vacas receptoras de ambos grupos se realizó mediante la técnica no quirúrgica descrita por Palma (2008).

#### Variables medidas

Costo del programa de transferencia de embriones.

El costo de transferencia de embrión se determinó bajo la valoración de dos esquemas de OM; los costos de los insumos y de los materiales utilizados en cada actividad se determinó como costos variables y el equipo utilizado como costos fijos. El costo de cada insumo se utilizó para calcular las siguientes variables: costos del protocolo de sincronización y superovulación, costo por vaca donadora, costo por embrión recolectado y viable. Los costos están expresados en US (valor promedio de enero a septiembre de 2017 (18.9); (SAT, 2017).

Los costos variables fueron: *Sincronización* (dispositivo intravaginal, progesterona, benzoato de estradiol, prostaglandina y hormona liberadora de gonadotropina), *Superovulación* (hormona folículo estimulante, gonadotropina sérica de yegua preñada), *Mano de obra (trabajo de campo;* considerando el número de operaciones de manejo realizado a los animales, trabajo en corrales, colocación y retiro de CIDR, Aplicación de FSH y eCG, IA, lavado y transferencia, *Asesoría profesional;* se consideró los días en el que el especialista realizó una asistencia profesional como la selección de donadoras, método de aplicación de hormonas, inseminación artificial y la ejecución de recolección de embriones) y *Insumo de laboratorio* (pajilla de semen., lubricante, camisa sanitaria, funda para IA, filtros miniflush , sondas-cateter Foley, manguera tygon larga, solución harman, medio “ViGro, complete flush, heparina, caja petri , SYNGRO holding media, microplacas multipozos, jeringas (1, 5 y 20 mL), agujas, yodo, sanitas y alcohol).

Los costos fijos fueron: *Costo de la donadora* (se determinó mediante una consulta a 15 vendedores, cinco internacionales y 10 nacionales; animales de raza pura y con

antecedes de alta producción, obteniendo un costo de vaca de aproximadamente US 396.82 ± 150, estimando cuatro lavados y una vida útil de cinco años), *Costos de alimentación* (se estimó la cantidad de pasto que consumieron las donadora/receptora durante los 90 días de duración del programa de transferencia de embriones, considerando un índice de consumo del 4 % de peso vivo base seco, el peso de las vacas del grupo GFSH fue 340.52 ± 22.91 kg, calculando un consumo de 1225.9 kg de pasto y el peso de las vacas del grupo eCG fue de 361 ± 17.85 kg, calculando un consumo de 1299.6 kg de pasto. Para el caso de las receptoras el peso de las vacas fue de 353.3 ± 19.02 kg, calculando un consumo de 1271.88 kg de pasto. Se consideró el kg de pasto seco en US 0.1, según Bolívar y Maldonado-Estrada (2008).

#### Cantidad y calidad del embrión

El número y la calidad de los embriones se determinó al día 17, mediante los criterios morfológicos descritos por Palma (2008) con ayuda de un microscopio estereoscópico en un aumento de 10-35X. Clasificando los embriones en: Excelentes (células formando una estructura compacta), Buenos (numerosas células no compactadas), Regulares (pocas células.) y Malos (células con signos de degeneración). Además, los embriones encontrados se clasificaron de acuerdo a su morfología como se recomienda por la Sociedad Internacional de Transferencia de Embriones (Stringfellow y Givens, 2011).

#### Costo por gestación en el programa de transferencia de embriones

El costo de una gestación por embrión transferible se determinó mediante el cálculo de los costos de los insumos utilizados y la respuesta gestacional de la transferencia de embriones. Se realizó el diagnóstico de gestación en el día 40 postransferencia (Ultrasonido Mindray DP-10 Vet con transductor intracavitario de arreglo lineal 7.5 Mhz en tiempo real). El costo se determinó mediante la siguiente ecuación;

$$CG = \frac{(TCEV + CTSR) (NR)}{TG}$$

Donde CG: costo de la gestación, TCEV: costo por embrión viable, CTSR: Costo de la sincronización en receptoras, NR: Número de receptoras y TG: Tasa de gestación.

## 2.4.2 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.

Los datos de los costos e insumos se sometieron a una prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov One-Sample Test), después se analizaron con pruebas no paramétricas (Mann-Whitney *U* Test) o la prueba de *t* student para grupos independientes. La tasa de gestación se analizó mediante una prueba de Chi cuadrada. Los datos son descritos en media aritmética  $\pm$  error estándar de la media aritmética. Los análisis estadísticos se realizaron con SYSTAT (versión 13; Chicago, Illinois, USA).

## 2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Eficiencia de la eCG sobre el número y calidad embrionaria.**

No se encontró diferencias en número de embriones recolectados para los dos tratamientos estudiados ( $7.0 \pm 1.1$  vs.  $7.3 \pm 0.8$  embriones para el tratamiento 1 y 2, respectivamente;  $P = 0.65$ ), asimismo, el número de embriones viables fue similar entre ambos tratamientos ( $4.6 \pm 0.6$  vs.  $5.4 \pm 0.4$  embriones para el tratamiento 1 y 2, respectivamente;  $P = 0.18$ ; Cuadro 1). Estos resultados coinciden a los reportados por Martins *et al.* (2008) donde no encontró diferencias en vacas Holstein a dos programas de superovulación obteniendo 10.4 embriones con el uso de eCG y 9.6 embriones con el uso de la FSH. Asimismo, se han obtenidos resultados similares a los nuestros con la aplicación de eCG, en nuestro estudio se obtuvo 7.3 embriones y Martins *et al.* (2007) reporta 7.67 embriones (2000 UI de eCG) y 5.9 embriones utilizando 2500 UI de eCG. La cantidad de embriones viables fue de 5.4 en nuestro estudio, estos resultados coinciden con lo reportado por Martins *et al.*, (2006 y 2007), ellos reportan de 6.7 a 6.9 embriones cuando aplican 2000 UI de eCG y de 4.4 a 10.41 cuando aplican 2500 UI.

En relación a la condición corporal, no se encontró diferencias entre los tratamientos estudiados ( $3.4 \pm 0.2$  y  $3.5 \pm 0.5$  puntos para el tratamiento 1 y 2, respectivamente;  $P=0.89$ ), Makarevich *et al.* (2015) demostró que con una condición corporal entre 2.5 a 3.25 se obtiene mayor cantidad de embriones (hasta 22.5 %), mientras que en vacas con una CC de 2.0 a 2.25 y de 3.5 a 5.0, la producción de embriones es muy baja.

### Costo del programa de transferencia de embriones.

El costo de una vaca sometida a un protocolo de transferencia de embriones utilizando un programa superovulatorio con eCG (T2) es 10.8 % menor que cuando se utiliza la FSH (T1), lo cual se atribuye a dos aspectos importantes: primero, a la reducción en el costo del tratamiento superovulatorio en un 59.7 % (FSH = 129 vs. 51.9 US con eCG) y segundo, a la disminución del número de sesiones de manejo de los animales (mano de obra) en la aplicación del hormona (8 aplicaciones cuando se utiliza la FSH y 1 una aplicación cuando se utiliza eCG, US 55.07 vs. 25.39, respectivamente, P = 0.001; Cuadro 2, anexo 1, 2, 3, 4 y 5). Los costos de nuestro estudio, coinciden con lo reportado por Bolívar y Maldonado-Estrada (2008), ellos reportan que en los programas de TE el mayor costo es el valor de la vaca donadora (25.7 %), seguido de la superovulación (17.5 %) y la mano de obra (13 %). En nuestros estudios, el protocolo donde se usó la eCG (T2) fue 10.8 % más bajo en relación al protocolo donde se usó la FSH (T1). Lo anterior está relacionado a la mano de obra (4.24 US por sección de manejo), ya que en el protocolo donde se usó la eCG fue 14.2 % más bajo en relación al protocolo donde se usó la FSH (una vs. ocho aplicaciones). El poco manejo en la aplicación de la eCG se atribuye a la vida media de 72 h que se tienen, mientras que la vida media de la FSH es de cinco a 12 h (Rengifo *et al.*, 2011).

**Cuadro 1.** Efecto del uso de la hormona FSH y la hormona eCG en el número y calidad de embriones en vaca superovuladas.

TRATAMIENTOS	EMBRIONES RECUPERADOS	EMBRIONES TRANFERIBLES
Vacas superovuladas con 200 mg de FSH <sup>2</sup>	7.0 ± 1.1	4.56 ± 0.6
Vacas superovuladas con 2000 UI de eCG <sup>3</sup>	7.3 ± 0.8	5.4 ± 0.4
P <sup>1</sup>	0.65	0.18

<sup>1</sup>P ≤ 0.05 entre columna, indica diferencia estadísticas entre tratamientos

<sup>2</sup>FSH: Hormona folículo estimulante; <sup>3</sup>eCG: Hormona gonadotrofina coriónica equina

### Costo de la transferencia de embriones por embrión recolectado y embriones viables.

En relación al costo por embrión recolectado, no se encontró diferencias entre los

tratamientos estudiados ( $P=0.45$ ). Sin embargo, el costo del tratamiento superovulatorio con relación al número de embriones recolectados fue menor ( $P = 0.001$ ) en las vacas del T2 (eCG) en relación al T1 (FSH). Las demás variables de los costos estudiados, no difirieron ( $P \geq 0.4$ ) entre los tratamientos estudiados (Cuadro 3). Sin embargo, el costo para producir un embrión viable para la transferencia de embriones es menor ( $P = 0.046$ ) en las vacas del T2 en relación a las vacas del T1. Lo anterior se atribuye al menor costo de la hormona superovulación por embrión viable (83.3 %) en vacas del T2 con respecto a las vacas de T1 ( $P = 0.001$ ). Asimismo, el costo de la mano de obra por embriones viables es menor en un 37.8 % en el T2 respecto al T1.

**Cuadro 2.** Costos (US) de la colección de embriones del programa superovulatorio utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.

<b>COSTOS</b>	<b>FSH (T1)</b>	<b>eCG (T2)</b>	<b>P<sup>1</sup></b>
Sincronización y superovulación	129.0±1.6	51.9±4.0	P=0.025
Insumo en la colección de embriones	61.82±6.2	62.84±4.1	P=0.06
Mano de obra	204.87±1.6	175.23±1.6	P=0.001
Amortización de la donadora	396.83±0.1	396.8±0.3	P=0.07
Alimentación de las donadoras	118.06±14.6	125.15±15.01	P=0.11
Costo total / vaca <sup>-1</sup>	910.59±40.6	811.97±38.3	P=0.001

<sup>1</sup> $P \leq 0.05$  entre línea, indica diferencia estadísticas entre tratamientos  
T1: Vacas superovuladas con 200 mg de FSH; T2: Vacas superovuladas con 2000 UI de eCG

**Costos estimados en diferentes tasas de gestación en los programas de transferencia de embriones.**

La tasa de gestación del programa de transferencia de embriones no difirió entre las vacas que recibieron un embrión de donadora del T1 en comparación con aquellas que se les transfirió un embrión proveniente de vacas tratadas con el T2 (31.3 % vs 35.3 %, respectivamente  $P=0.73$ ). Sin embargo, el costo por vaca sometida a un

programa de transferencia de embriones, sin importar la respuesta, es más bajo en las vacas a las cuales se les transfieren embriones obtenidos de vacas superovuladas con eCG (GB= US 456.95) comparado con las vacas superovuladas con FSH (GA= US 507.38; P = 0.001). Asimismo, la baja tasa de gestación obtenida (31.3 % en GA y 35.3 % en GB), incrementó el costo de la gestación (vacas del GA US 1,623.6 vs. US 1,294.6 en vacas del GB; P=0.002). Estos costos difieren a los obtenidos por Bolívar y Maldonado-Estrada (2008), ellos encontraron que el costo de las vacas receptora preñada fue de US 846.5, lo cual puede atribuirse a que las estimaciones de ellos, fueron basadas en una tasa de gestación del 50 % y en el estudio obtuvimos entre el 31 y 35 %. Si con el costo de nuestros insumos, se determinara el costo por gestación utilizando una tasa del 50 %, el costo sería de US 1,014.76 en el programa donde se utilizó la hormona FSH, mientras que en el programa donde se utilizó la hormona eCG, el costo sería de US 913.90, de esta forma, los resultados serían similar a los reportados por Bolívar y Maldonado-Estrada (2008). Sin embargo, estudios de transferencia de embriones reportan tasas de gestación diferentes, Medrano *et al.* (2014) reporta del 22 al 66.7 % y Oliveira *et al.* (2012) reporta el 30 %.

Los resultados coinciden con lo obtenido por Alarcón *et al.* (2010), tuvieron un costo por gestación de US 1,447, estimado con una tasa de gestación del 27 % utilizando la hormona FSH; en el estudio, el costo utilizando la hormona FSH fue de US 1,623.6 (con el 31.3 % de gestación), mientras que cuando se utilizó la hormona eCG, el costo fue menor (US 1,294.6, estimado con el 35.3 % de tasa de gestación). Sin embargo, con la variación en las tasas de gestación publicadas, una proyección del costo de los insumos de nuestro trabajo con diferentes porcentajes de gestaciones reduciría o incrementaría el costo de cada gestación (Figura 1).

Con los insumos utilizados en el estudio y sus costos, el costo estimado por gestación de acuerdo a Richard *et al.* (2015) sería de US 760.6 y de acuerdo a Medrano *et al.* (2014) sería de US 2,306.27 (66.7 y 22 % de tasa de gestación, respectivamente). Lo anterior nos indican que la variación en los costos de los programas de transferencia de embriones, dependen de los porcentajes en las tasas de gestación que se obtiene.

Las variaciones en la tasa gestación se puede atribuir a la calidad embrionaria; Richar *et al.* (2015), mencionan que, en los embriones de excelente calidad, la tasa de gestación es de 66 %, sin embargo, en los embriones de buena y regular calidad,

el porcentaje es menor (15 a 12 %, respectivamente). Otro factor que influye, es la calidad del CL al momento de la transferencia; en CL mayor a 2 cm, la tasa de gestación es de 58.4 %, en CL de 1.5 a 2 cm, la tasa de gestación es de 41.5 % y CL de menor tamaño, se observa una tasa de gestación del 31.8 % (Baruselli *et al.*, 2000). Un mayor tamaño del CL produce mayor secreción y síntesis de progesterona (2.15 cm del CL, 1.35 ng mL<sup>-1</sup> de progesterona vs 2.9 cm del CL y 2.3 ng mL<sup>-1</sup> de progesterona), lo cual permite obtener una mayor tasa de gestación (Bo *et al.*, 2002).

**Cuadro 3.** Costo (US) por concepto de embriones recolectados y viables en vacas superovuladas utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.

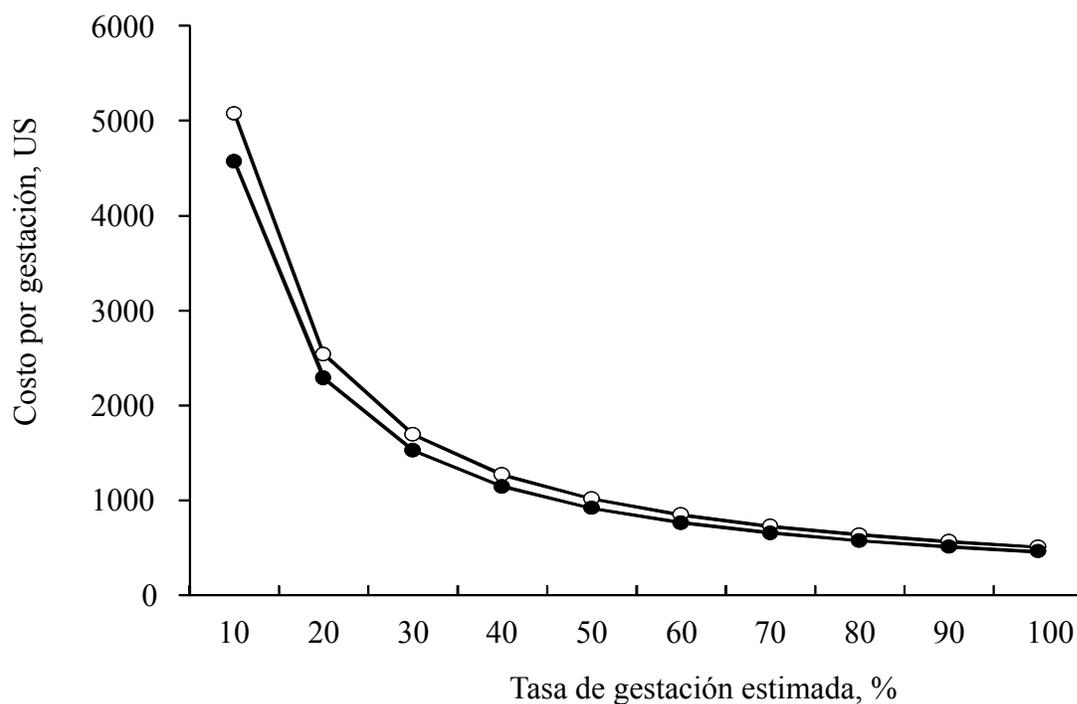
COSTO	EMBRIONES RECOLECTADOS		P <sup>1</sup>	EMBRIONES VIABLES		P <sup>1</sup>
	FSH (T1)	eCG (T2)		FSH (T1)	eCG (T2)	
	Sincronización	2.09±1.14	1.80±0.6	0.89	2.62±1.35	2.23±0.37
Superovulación	19.6±10.7	3.84±1.4	0.01	28.30±13	4.74±0.8	0.01
Colección de embriones	10.70±5.76	9.23±3.5	0.75	11.52±7.0	11.36±2	0.19
Mano de obra	36.7±16.8	26.7±10	0.44	52.97±24	32.96±5.92	0.044
Amortización de la donadora	71.7±39.3	61.0±23.4	0.65	80.4±46	75.29±13	0.17
Alimentación de las donadoras	21.0±10.7	19.50±8	0.26	26.49±14	23.85±4.9	0.23
TOTAL	161.9±88.	122.2±46.8	0.45	202.3±105	150.4±28	0.04

<sup>1</sup>P ≤ 0.05 entre línea, indica diferencia estadísticas entre tratamientos  
T1: Vacas superovuladas con 200 mg de FSH; T2: Vacas superovuladas con 2000 UI de eCG

### **Análisis de costo beneficios de la transferencia de embriones.**

En los resultados, el costo de por gestación fue de US 1631.4 vs US 1297.4 para el GA y GB, respectivamente). Bolívar y Maldonado-Estrada (2008), indican que una limitante para el uso y adopción de la transferencia de embriones es su alto costo. Sin embargo, ésta es clasificada como una biotecnología propia para el mejoramiento genético, lo cual garantiza obtener ejemplares de alto valor genético.

Los animales de alto valor genético tienen un costo que varía entre US 2,645.5 a 5,291.0 (Cotización del Rancho los Nogales, Tamaulipas, México, 2017). Bolívar y Maldonado-Estrada (2008), reportan que una vaca con alto valor genético y utilizada como donadora tiene un costo de US 7,500. En el costo de los animales utilizando el trasplante de embrión, puede disminuir hasta un 69.3 % cuando se usa la hormona FSH en el programa y un 75 % cuando se utiliza la hormona eCG en relación a la compra directa del ejemplar.



**Figura 1.** Estimación de costos por gestación en relación a diferentes tasas de gestación con los insumos obtenidos en los programas superovulatorio con la hormona FSH (○) y eCG (●) .

## 2.6 CONCLUSION

En los programas de transferencia de embriones de vacas en pastoreo, la respuesta embrionaria fue similar utilizando la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona gonadotrofina coriónica equina (eCG). Sin embargo, el costo del embrión y el costo de la gestación fue menor en las vacas donde se utilizó la hormona eCG en relación a la hormona FSH.

## 2.7 LITERATURA CITADA

- Alarcón, A. M., Galina, S. C., Corro, D. M., and M. Asprón, A. M. 2010. Embryo transfer, a useful technique to be applied in small community farms? *Tropical Animal Health Production*. 42: 1135-1141.
- Baruselli, S. P., Ferreira, M. R., Sa Filho, F. M., Nasser, F. L., Rodrigues, A. C., and Bo, A. G. 2010. Bovine embryo transfer recipient synchronisation and management in tropical environments. *Reprod. Fertil. Dev.* 22: 67-74.
- Baruselli, S. P., Ferreira, M. R., Sales, S. J. N., Gimenes, U. L., Sá Filho, F. M., Martins, M. C., Rodrigues, A. C., and Bó, A. G. 2011. Timed embryo transfer programs for management of donor and recipient cattle. *Theriogenology*. 76: 1583-1593.
- Baruselli, S. P., Marques, O. M., Madureira, H. E., Bó, A. G., Costa-Neto, P. W., Grandinetti, R. R. 2000. Superestimulação ovariana de receptoras de embriões bovinos visando o aumento de corpos lúteos, concentração de P4 e taxa de prenhez. *Arquivo da Faculdade de Veterinária.UFRGS*. 28: 218.
- Bo, A. G., Baruselli, S. P., Moreno, D., Cutaia, L., Caccia, M., Tríbulo, R., Tríbulo, H., and Mapletoft, J. R. 2002. The control of follicular wave development for self-pointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology*. 57: 53-72.
- Bolívar, A. P., y Maldonado-Estrada, J. 2008. Análisis de costos de esquemas de transferencia de embriones bovinos utilizados en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 21: 351-364.
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., and Webster, G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*. 72: 68-78.
- Edwards, A. SA., Bo, A. G., Chandra, A. K., Atkinson, C. P., and McGowan, R. M. 2015. Comparison of the pregnancy rates and costs per calf born after fixed-time artificial insemination or artificial insemination after estrus detection in *Bos indicus* heifers. *Theriogenology*. 83: 114-120.
- García-Díaz, J. R., Hernández-Barreto, M., y Pazinato, J. 2017. Eficacia de dos tratamientos hormonales para la inducción del celo en la vaca lechera. *Archivos de zootecnia*. 66: 67-71.
- Gouveia-Nogueira, M. F., Melo, S. D., Carvalho, M. L., Fuck, J. E., Trinca, A. L., and Moraes-Barros, C. 2004. Do high progesterone concentrations decrease pregnancy rates in embryo recipients synchronized with PGF2 $\alpha$  and eCG?. *Theriogenology*. 61: 1283-1290.
- Gutierrez-Reinoso, M. A., Masaquiza-Aragon, J. J., Quinteros-Pozo, R., and Garcia-Herreros, M. 2015. Prevalencia de endometritis clínica y subclínica en

vaquillas repetidoras mantenidas en ambiente tropical húmedo. *Spermova*. 5: 97-101.

Hiraizumi, S., Nishinomiya, H., Oikawa, T., Sakagami, N., Sano, F., Nishino, O., Kurahara, T., Nishimoto, N., Ishiyama, O., Hasegawa, Y., and Hashiyada, Y. 2015. Superovulatory response in Japanese Black cows receiving a single subcutaneous porcine follicle-stimulating hormone treatment or six intramuscular treatments over three days. *Theriogenology*. 83: 466-473.

Makarevich, A. V., Stádník, L., Kubovičová, E., Hegedüšová, Z., Holásek, R., Louda, F., Beran, J., and Nejdlová, M. 2015. Quality of preimplantation embryos recovered in vivo from dairy cows in relation to their body condition. *Zygote*. 24: 378-388.

Martins, M. C., Oliveira, G. L., Crepaldi, A. G., Sales, S. J. N., Baruselli, S. P. 2007b. Efeito de diferentes doses de eCG na resposta superovulatória de doadoras Nelore (*Bos indicus*) inseminadas em tempo fixo. *Acta Scientiae Veterinariae*. 35: 1237.

Martins, M. C., Santos, C. I. C., Valentim, R., Sales, S. J. N., Reis, O. P., Crepaldi, A. G., P. Baruselli, S., D'Occhio, J. M. 2008. Efeito da redução do número de administrações de FSH na resposta superovulatória e na produção de embriões de doadoras nelore. *Acta Scientiae Veterinariae*.

Martins, M. C., Torres-júnior, S. J. R., Souza, H. A., Souse, G. M., Baruselli, S. P. 2006a. Superovulação com eCG ou FSH em doadoras Nelore (*Bos indicus*) inseminadas em tempo fixo. *Acta Scientiae Veterinariae*. 34: 227.

Medrano, R. J., Evangelista, V. S., Sandoval, M. R., Ruiz, G. L., Delgado, C. A., y Santiani, A. A. 2014. Aplicación de la técnica no quirúrgica de transferencia de embriones bovinos en un establo de la cuenca lechera de Lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 25: 103-107.

Mikkola, M., and Taponen, J. 2017. Embryo yield in dairy cattle after superovulation with Folltropin or Pluset. *Theriogenology*. 88: 84-88.

Molina, J. J., Molina, I., Jiménez, A., Galina, S. C., and Romero, J. J. 2012. Pharmacological control of estrus in tropical cattle, an economical assessment of different synchronization protocols. *Open Journal of Veterinary Medicine*. 2: 151-157.

Oliveira, F. M. E., Cordeiro, F. M., Ferreira, M. R., Souza, F. S., Pieroni, P. J. S., Rodrigues S. L. F., Souza, P. J., and Vicente, R. W. R. 2012. Does supplemental LH changes rate and time to ovulation and embryo yield in Santa Ines ewes treated for superovulation with FSH plus eCG?. *Ciência Rural*. 42: 1077-1082.

Palma, G. A. 2008. Recolección de los embriones bovinos. *Biotecnología de la Reproducción Repróbiotec*, Segunda Edición: 109-124.

Rancho los Nogales, Tamaulipas México. En; [http://redbrangus.com.mx/web/?page\\_id=3371](http://redbrangus.com.mx/web/?page_id=3371).

Rengifo, O., Murga, L., Vásquez, M., Alvarez, Y., y Chipana, O. 2011. Efecto de dos dosis diferentes de eCG sobre la producción de embriones en vaquillas Holstein en condiciones tropicales. *Spermova*. 1: 111-112.

Richard, C., Hue, I., Gelin, V., Neveux, A., Champion, E., Degrelle, S. A., Heyman, Y., and Chavatte-Palmer, P. 2015. Transcervical collection of bovine embryos up to Day 21: an 8-year overview. *Theriogenology*. 83: 1101-1109.

Sánchez, Z., Lammoglia, A. M., Alarcón, A. M., Romero, J. J., and Galina, S. C. 2015. Is the production of embryos in small-scale farming an economically feasible enterprise?. *Reproduction in domestic animals*. 50: 574-579.

Servicio de Administración Tributaria (SAT). En ; [http://www.sat.gob.mx/informacion\\_fiscal/tablas\\_indicadores/paginas/tipo\\_cambio.aspx](http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/tablas_indicadores/paginas/tipo_cambio.aspx).

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2010. Normales climatológicas Tabasco. Periodo de 1981-2010. En; <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=tab>.

Stringfellow, D., y Givens, D. 2011. Manual de la Sociedad Internacional de Transferencia de embriones. Cuarta Edición. *International Embryo transfer Society*. Illinois. USA.

Tríbulo, A., Rogan, D., Tribulo, H., Tribulo, R., Alasino, V. R., Beltramo, D., Bianco, I., Mapletoft, R., and Bó, A. G. 2011. Superstimulation of ovarian follicular development in beef cattle with a single intramuscular injection of Folltropin-V. *Animal Reproduction Science*. 129: 7-13.

### 3 EFECTO DE DOS PROTOLOS DE SINCRONIZACIÓN EN LA REGRESIÓN DEL CUERPO LÚTEO DE VACAS EN PASTOREO

Sara del Refugio Ávila Rueda, M.C.

Colegio de Postgraduados 2018

#### 3.1 RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la eficacia de la prostaglandina sobre la regresión del CL en vacas sometidas a una sincronización con dos dosis de prostaglandinas y comparar la respuesta fisiológica en vacas sometidas a dos diferentes protocolos de sincronización. Se utilizaron 40 vacas distribuidas en dos tratamientos (T). En el T1 las vacas (n=28), se sometieron a un protocolo de sincronización basado en dos dosis luteolítica de prostaglandina y el T2, las vacas (n=12) se sometieron a un protocolo de sincronización con progesterona (1.9 g, progsterona, CIDR®). Los datos obtenidos se compararon mediante prueba no paramétricas (Mann-Whitney U Test) o la prueba de t student para grupos independientes. la proporción de vacas que mostraron lisis del cuerpo lúteo se sometió a una prueba estadística de chi cuadrada ( $\chi^2$ ). La eficiencia de los protocolos de sincronización en la regresión (lisis) del CL, el porcentaje de lisis fue mayor en el T2 (91.7 %) comparado con el número de vacas del T1 (35.7 %; P=0.001). atribuyéndolo a que en el T1 sólo el 71.4 % de las vacas tenían un CL funcional ( $20.7 \pm 1.0$  mm de diámetro y concentración de progesterona de  $3.7 \pm 0.6$  ng mL<sup>-1</sup>) de este porcentaje se observó que solo el 50 % sufrió lisis del CL a las 96 horas ( $7.5 \pm 1.6$  mm de diámetro y concentración de progesterona de  $0.6 \pm 0.2$  ng mL<sup>-1</sup>). Se concluye que las vacas sincronizadas con la progesterona (CIDR) presentaron mayor regresión del cuerpo lúteo y manifestación del celo en relación a las vacas sincronizadas con dos dosis de prostaglandina.

Palabras claves: lisis, cuerpo lúteo, prostaglandina, progesterona, CIDR.

# EFFECT OF TWO PROTECTS OF SYNCHRONIZATION ON THE REGRESSION OF THE LUCKY BODY OF GRAZING COWS.

Sara del Refugio Ávila Rueda, M.C.  
Colegio de Postgraduados 2018

## 3.2 ABSTRACT

The objective of this study was to determine the efficacy of prostaglandin on the regression of CL in cows subjected to a synchronization with two doses of prostaglandins and to compare the physiological response in subjected cows to two different synchronization protocols. 40 cows were distributed in two treatments (T). In T1 the cows (n = 28) were underwent to a synchronization protocol based on two luteolytic doses of prostaglandin and in T2 the cows (n = 12) were underwent to a synchronization protocol with progesterone P4 (CIDR). The data obtained were compared by nonparametric test (Mann-Whitney U Test) or the student t test for independent groups. The proportion of cows that showed lysis of the corpus luteum was subjected to a statistical test of chi square ( $\chi^2$ ). The efficiency of the synchronization protocols in the regression (lysis) of CL, the percentage of lysis was higher in T2 (91.7%) compared to the number of cows in T1 (35.7%,  $P = 0.001$ ). Attributing to the fact that in T1 only 71.4% of the cows had a CL functional ( $20.7 \pm 1.0$  mm in diameter and progesterone concentration of  $3.7 \pm 0.6$  ng mL<sup>-1</sup>) of this percentage it was observed that only 50% suffered a lysis of the CL at 96 hours ( $7.5 \pm 1.6$  mm in diameter and progesterone concentration of  $0.6 \pm 0.2$  ng mL<sup>-1</sup>). It is concluded that the cows synchronized with progesterone (CIDR) presented higher regression of the luteum corpus and manifestation of heat in relation to the synchronized cows with two doses of prostaglandin.

Key words: lysis, luteum corpus, prostaglandin, progesterone.

### 3.3 INTRODUCCIÓN

La prostaglandina se ha utilizado por décadas en los programas de sincronización del estro y ovulación por su acción luteolítica (Cordova-Izquierdo *et al.*, 2011). Sin embargo, tiene gran variabilidad en su eficiencia (37 a 100 %) en algunas especies (Fierro *et al.*, 2013). Por ejemplo, Arroyo-Idezma *et al.* (2015) observaron una respuesta estral del 100%, Meilán y Ungerfeld (2014) y Ungerfeld (2011) reportaron un 90 % de respuesta en ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas, Mérola *et al.* (2012) reportaron en bovinos una respuesta estral del 87% y una fertilidad de 63% en programas de sincronización con una sola dosis de prostaglandinas, sin embargo, Gioso *et al.* (2005), obtuvo una respuesta del 64%. Giordano *et al.* (2013) y Liu *et al.* (2018), reportaron en bovinos una sincronización del 70 %.

La eficiencia de la prostaglandina es variable, Hernández-Cerón *et al.* (2001) reportó 37.3 % de eficiencia de la prostaglandina y Herrera (1990) reportó un 67%. Es importante mencionar que en los estudios donde prostaglandina alcanza una eficiencia entre el 80 y 100%, los periodos evaluados son de 8 a 12 días posaplicación (Ungerfeld, 2011; Mérola *et al.*, 2012) y donde los valores son más bajos, los periodos de evaluación son de 3 a 6 días (Hernández-Cerón *et al.*, 2001). Se ha demostrado que la acción de la prostaglandina es en promedio de 72 h (ovinos; Thimonier, 1981) y de 96 h (bovinos; Córdova *et al.*, 1983; Liu *et al.*, 2017 y 2018) posaplicación. Posiblemente la mayoría de los resultados publicados presentaron efectos que no son atribuidos a la acción de las prostaglandinas. Álvarez-Reyna *et al.* (1994) y Hernández-Cerón *et al.* (2001), reportan que entre el 57.2 a 64.3 % de las ovejas manifiestan una falla de la prostaglandina sobre la lisis del cuerpo lúteo (CL). En bovino existen escasos estudios sobre la eficiencia de las prostaglandinas sobre la lisis del CL, se han reportado una ineficiencia de la prostaglandina en sincronización del estro y ovulación con prostaglandinas. En vacas receptoras tiene una eficiencia del 51.6 %, es decir, al momento de la transferencia de embriones el 48.4% no presentan algún cuerpo lúteo (Baruselli *et al.*, 2000 y Tribulo *et al.*, 2002 en Bó *et al.*, 2002).

Otra causa puede ser la ineficiencia de la hormona para causar lisis del cuerpo lúteo (falla luteolítica; Hernández-Cerón *et al.*, 2001). En ovejas se ha demostrado que el 67.3 % tiene fallas en la lisis del cuerpo lúteo, posiblemente causada por; la

funcionalidad, inmadurez y sensibilidad del CL a la prostaglandina, y falla en la síntesis de PGF<sub>2</sub>α intralútea (Silva *et al.*, 2000). Por lo que la regresión lútea después de la segunda inyección, puede confundirse con un ciclo normal, ya que, si las vacas y ovejas tienen falla en la segunda aplicación de PGF<sub>2</sub>α, el estro del ciclo normal se observaría dentro de los 5 días siguientes. En bovinos existen escasas evidencias sobre la falla luteolítica de la prostaglandina en los protocolos de sincronización, por lo cual es interesante investigar si la administración de prostaglandinas es eficiente para lizar el cuerpo lúteo en un periodo no mayor de 4 días (periodo de respuesta). Por lo cual, el objetivo de este trabajo fue determinar la eficacia de la prostaglandina sobre la regresión del CL en vacas sometidas a una sincronización con dos dosis de prostaglandinas y comparar la respuesta fisiológica en vacas sometidas a dos diferentes protocolos de sincronización.

### 3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El trabajo se realizó en la región tropical en el sureste de México, Villahermosa, Tabasco (18° 20 N, 17° 78 S, 92° 95 E y 93° 15 'W), la cual muestra un clima cálido-húmedo-seco, temperatura máxima de 43.5°C y mínima de 10.5 °C (SMN, 2010).

#### Animales experimentales

Se utilizaron 40 vacas adultas (3-4 años de edad) con una condición corporal en promedio de  $3.2 \pm 0.49$  puntos (escala de 0 a 5; Edmonson *et al.*, 1989) y con al menos un cuerpo lúteo, las cuales se alimentaron con pasto humidícola (*Brachiaria brizantha*) durante todo el proceso de estudio. Posteriormente las vacas se distribuyeron a dos tratamientos (T) de forma aleatoria. En el T1 las vacas (n=28), se sometieron a un protocolo de sincronización basado en dos dosis luteolítica de prostaglandina, PGF<sub>2</sub>α (25 mg, Dinoprost, Lutalyse, Zoetis®), con un intervalo de tiempo entre cada dosis de 12 días (López *et al.*, 1999), en el T2, las vacas (n=12) se sometieron a un protocolo de sincronización con progesterona P4, en el día 0 se les colocó un dispositivo intravaginal (1,9 g de progesterona, CIDR, Zoetis®), + 2 mg de benzoato de estradiol (IM; Sincrodiol, Ourofino®) y 50 mg de progesterona IM (Progesvit A-E, Brovel®), al día 7 se aplicó una dosis de PGF<sub>2</sub>α (25 mg, Lutalyse,

Zoetis®) y al día 8 se retiró el CIDR (Baruselli *et al*, 2011). A todas las vacas de ambos grupos se le proporcionó agua limpia y fresca diariamente.

Variables medidas

Dinámica lútea

El número y tamaño de los cuerpos lúteos (CL) se determinaron a partir de la última dosis de PGF<sub>2</sub>α 0, 48, 96 y 162 h, mediante ultrasonografías con ayuda de un ultrasonido Mindray DP-10 Vet a través de un transductor intracavitario de arreglo lineal 7.5 Mhz en tiempo real.

El diámetro del CL se determinó mediante la ecuación descrita por Sartori *et al.* (2004):

$$D = \frac{L + A}{2}$$

$D$ = Diámetro del CL (mm),  $L$  = largo del CL (mm),  $A$  = Ancho del CL (mm).

Conducta estral

Experimento I, la conducta estral se determinó observando durante una hora dos veces al día (6:00 y 18:00 h) durante cinco días, iniciando la aplicación de la segunda dosis PGF<sub>2</sub>α (efecto de la prostaglandinas según Orihuela *et al.* (1983), se consideró una vaca en estro cuando recibía una monta y permanecía inmóvil (congéneres o semental).

Concentración de progesterona (P4).

La determinación de la concentración de progesterona (P4), se realizó a 0, 24, 48, 96 y 156 h después de la última dosis de prostaglandinas, para lo cual se colectaron muestras sanguínea por venopunción las cuales se pusieron en tubos vacutainer® con anticoagulante (6 ml, 80-100 UI de heparina), las muestras fueron mantenidas a una temperatura de 4°C hasta su centrifugación a 3000 rpm durante 10 min a temperatura ambiente, posteriormente se almacenó a -20 °C hasta su análisis. La progesterona se determinó mediante la técnica de inmunoabsorción de enzimas ligadas a enzimas (ELISA) en fase sólida, basado en el principio de unión competitiva, descrita por Siregar *et al.* (2017), con ayuda de un kit comercial (DGR® EIA 1561, GmbH, Alemania), y un lector de microplacas calibrado (450±10 nm).

Se determino la eficiencia de la prostaglandina sobre la respuesta estral y lútea.

En la dinámica lútea se determinaron los siguientes parámetros: diámetro del CL (ecuación descrita por Sartori *et al.*, 2004) y funcionalidad del cuerpo lúteo determinada por la concentración de progesterona en sangre, concentración menor a 1.0 ng/ml se consideró CL no funcional y una concentración mayor se consideró como un CL funcional (Ribeiro *et al.*, 2012), también, se determinó la eficiencia de la prostaglandinas sobre la lisis funcional del CL, considerando como lisis del CL concentraciones menores a 1.0 ng/ml y como falla luteolítica cuando el CL es funcional durante todo el proceso evaluado (Callejas *et al.*, 2003; Ribeiro *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2017). La lisis estructural se determinó por disminución estadística del diámetro del tamaño del CL hasta 9 mm (Balara *et al.*, 2017).

#### 3.4.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

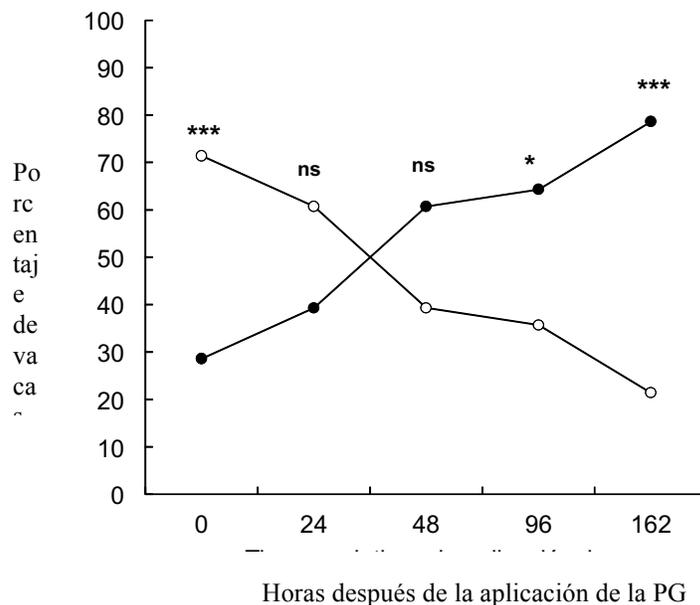
Los datos obtenidos se sometieron a una prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov One-Sample Test), posteriormente, se analizaron mediante pruebas no paramétricas (Mann-Whitney U Test) o en su caso, los datos fueron sometido a una prueba de t student para grupos independientes. La proporción de vacas que mostraron lisis del cuerpo lúteo se sometió a una prueba estadística de chi cuadrada ( $\chi^2$ ). Los datos son descritos en media aritmética  $\pm$  error estándar de la media aritmética. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SYSTAT (versión 13; Chicago, Illinois, USA).

### 3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectividad en la sincronización con dos dosis de prostaglandinas.

En ambas dosis de prostaglandinas, el 100 % de las vacas manifestaron la presencia de al menos un CL, en la 2ª dosis; el 14.3 % tenían un CL<sub>3</sub> (<15 mm), el 32.1 % un CL<sub>2</sub> (15 – 20 mm) y solo el 53.6 con CL<sub>1</sub> (> 20 mm). Sin embargo, sólo el 71.4 % de las vacas tenían un CL funcionalidad (> 1 ng/ml progesterona), por ende, el 28.6 % no tenían CL no funcional (progesterona, < 1 ng/ml, Figura 1A) al momento de recibir la 2ª dosis de prostaglandinas. La proporción de vacas con CL funcional disminuye estadísticamente a las 48 h después de la dosis de prostaglandinas (P=0.029, cuadro 1A), en contraste, la proporción de vacas con CL no funcional se incrementó estadísticamente a partir de las 48 h (P=0.014), lo cual

podría deberse a que tuvieron regresión del CL antes de la segunda aplicación de la prostaglandina.



**Figura 1A.** Porcentaje de vacas con CL funcional (○) o no funcional (●) después de la 2ª aplicación de prostaglandinas.

La concentración de progesterona de las vacas que mostraron CL funcional es mayor que en aquellas que mostraron un CL no funcional a la 2ª dosis de prostaglandinas (P=0.001).

El tamaño del CL funcional es mayor comparado con el tamaño de CL no funcional (P=0.001 ANOVA). Sin embargo, el tamaño disminuye estadísticamente 48 h después de la aplicación de la 2ª dosis de prostaglandinas (P=0.001) en los CL funcional, mientras que el tamaño del CL no funcional no difiere estadísticamente durante las 162 h después de la evaluación (P=0.001).

Eficiencia de la prostaglandina sobre la lisis del CL.

Del 71.4 % de las vacas tenían un CL funcional (> 1 ng/ml progesterona), se observó que solo el 50 % de estas mostraban lisis del CL a las 96 horas, de las cuales la concentración de progesterona disminuyó ( $3.8 \pm 0.6$  a un  $0.6 \pm 0.1$ , P=0.01) linealmente. En las vacas sin lisis del cuerpo lúteo (falla luteolítica), la concentración de progesterona no cambió (P≥0.08) durante todos los horarios

estudiados. El tamaño del CL es un factor que determina la eficiencia de la prostaglandina observándose un mayor tamaño del CL en vacas que no sufrieron regresión del CL comparado con aquellas que mostraron regresión del mismo (P=0.002). En vacas que sufrieron regresión del CL, el tamaño del mismo disminuye a las 48 h posaplicación (P=0.005), mientras que en vacas sin regresión el tamaño del CL no difiere a 0, 48, 96 y 162 h después de la prostaglandina (P≥0.11, cuadro 2A).

**Cuadro 1A.** Porcentaje, concentración de progesterona y tamaño de los cuerpos luteo (CL) en vacas sincronización con dos dosis de prostaglandinas.

FACTOR	Horas después de la 2ª dosis de prostaglandinas				
	0	24	48	96	162
<b>Porcentajes de CL</b>					
Funcional	71.4 <sup>a</sup>	60.7 <sup>a</sup>	39.3 <sup>b</sup>	46.8 <sup>a</sup>	35.7 <sup>b</sup>
No funcional	28.6 <sup>a</sup>	39.3 <sup>a</sup>	60.7 <sup>b</sup>	53.2 <sup>b</sup>	64.3 <sup>b</sup>
P <sup>1</sup>	0.002	0.13	0.13	0.61	0.04
<b>Concentración de progesterona</b>					
Funcional	3.1 ± 0.4	2.64 ± 0.4	2.3 ± 0.6	2.3 ± 0.5	2.1 ± 0.6
No funcional	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.07	0.5 ± 0.05	0.4 ± 0.05	0.4 ± 0.06
P <sup>1</sup>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
<b>Tamaño del CL</b>					
Funcional (n=20)	20.7 ± 1.0 <sup>a</sup>	-----	13.59 ± 1.1 <sup>b</sup>	16.4 ± 1.9 <sup>b</sup>	15.4 ± 1.5 <sup>b</sup>
No funcional (n=8)	12.4 ± 1.3 <sup>a</sup>	-----	7.7 ± 1.2 <sup>a</sup>	7.1 ± 1.2 <sup>a</sup>	5.3 ± 1.2 <sup>a</sup>
P <sup>1</sup>	0.001	-----	0.223	0.06	0.121

<sup>1</sup>P ≤ 0.05 entre columna indica diferencia estadísticas entre tratamientos

<sup>a, b</sup> P ≤ 0.05 entre línea indica diferencia estadísticas entre tratamientos

Eficiencia de dos protocolos de sincronización sobre la lisis del CL.

Al inicio de la sincronización, todas las vacas manifestaban al menos un CL. El número de vacas que mostraron lisis del CL es mayor en el TCIDR (91.7 %) comparado con el número de vacas del TPG (35.7 %; P=0.001), la baja eficiencia de la prostaglandina se puede atribuir a que el 28.6 % no tenían CL funcional, mientras que el 35.7 % aunque tienen CL funcional, no responden a la acción luteolítica de la prostaglandina. Asimismo, una mayor proporción de vacas con lisis del CL a 48, 96 y 162 h en el GCIDR compara con la proporción en las vacas del TPG (P≤0.013). Observándose una mayor falla luteolítica en vacas sometidas a un protocolo de sincronización con dos dosis de prostaglandinas comparado con la sincronización con CIDR y prostaglandinas (7.7 %vs. 35.7 %, respectivamente; P=0.001).

**Cuadro 2A.** Porcentaje, concentración de progesterona y tamaño de los cuerpos luteo (CL) con luteolisis o falla luteolítica en vacas sincronización con dos dosis de prostaglandinas.

FACTOR	Horas después de la 2ª dosis de prostaglandinas				
	0	24	48	96	162
<b>Porcentajes de CL</b>					
Lisis	0	15	45	50	60
No lisis	100	85	55	50	40
P <sup>1</sup>	0.001	0.001	0.48	0.1	0.004
<b>Concentración de progesterona</b>					
Lisis	3.8 ± 0.6 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.2 <sup>c</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>c</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>c</sup>
No lisis	3.2 ± 1.9 <sup>a</sup>	3.2 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.7 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.9 ± 0.8 <sup>a</sup>	4.1 ± 1.0 <sup>a</sup>
P <sup>1</sup>	0.17	0.001	0.001	0.001	0.001
<b>Tamaño del CL</b>					
Lisis	23.6 ± 0.9 <sup>a</sup>	-----	9.0 ± 0.5 <sup>b</sup>	6.8 ± 1.6 <sup>b</sup>	6.8 ± 1.7 <sup>b</sup>
Falla luteolítica	20.7 ± 0.4 <sup>a</sup>	-----	13.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	16.5 ± 1.1 <sup>a</sup>	16 ± 1.8 <sup>a</sup>
P <sup>1</sup>	0.002	-----	0.0001	0.0001	0.002

<sup>1</sup>P ≤ 0.05 entre columna indica diferencia estadísticas entre tratamientos

<sup>a, b</sup> P ≤ 0.05 entre línea indica diferencia estadísticas entre tratamientos

En el estudio se puede observar que el 100 % de las vacas tienen presencia de al menos un cuerpo lúteo a la 1ª y 2ª dosis luteolítica de prostaglandinas (indicando una posible sincronización como lo fundamentan muchos estudios (25 mg; Moreno *et al* 1986; Bó *et al.*, 2004; Montiel *et al.*, 2011). Sin embargo, en los perfiles de progesterona se puede observar que el 71.4 % de las vacas se sincronizan (CL funcional a la 2ª dosis), esto coincide con lo reportado por Liu *et al.* (2018) donde solo el 69.6 % de las vacas se sincronizan utilizando prostaglandinas y Giordano *et al.* (2013) menciona que entre el 70 al 80 % se sincronizan.

**Cuadro 3A.** Porcentaje, concentración de progesterona y tamaño de los cuerpos luteo (CL) en vacas sincronización con prostaglandina y progesterona.

FACTOR	Horas después de la 2ª dosis de prostaglandinas				
	0	24	48	96	162
<b>Porcentajes de CL</b>					
TCIDR	0	66.7	91.7	91.7	91.7
TPG	0	10.7	32.15	35.7	42.8
P <sup>1</sup>	-----	0.0001	0.0001	0.0001	0.012
<b>Concentración de progesterona</b>					
TCIDR	3.27 ± 0.3	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1
TPG	3.8 ± 0.6	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1
P <sup>1</sup>	0.12	0.3	0.07	0.06	0.06
<b>Tamaño del CL</b>					
TCIDR	21.13 ± 3.3	-----	12.9 ± 1.7	10 ± 1.5	8 ± 1.6
TPG	23.6 ± 0.9	-----	8.5 ± 0.7	7.5 ± 0.4	6.6 ± 1.6
P <sup>1</sup>	0.06	-----	0.01	0.01	0.001

<sup>1</sup>P ≤ 0.05 entre columna indica diferencia estadísticas entre tratamientos

<sup>a, b</sup> P ≤ 0.05 entre línea indica diferencia estadísticas entre tratamientos

Los resultados indican que sólo 35.7 % de las vacas sometidas mostraron luteólisis dentro del periodo atribuido a la acción de la prostaglandina exógena (4 días; Córdova *et al.*, 1983; Liu *et al.*, 2017 y 2018), sin embargo, el 7.1 % indicaron lisis antes de la 2ª dosis de prostaglandinas (mostraron un CL funcional posaplicación, como lo indica Olivera, 2007) y el 14.3% indicaron una regresión del CL después del periodo de acción de la prostaglandina exógena (al día 7). Nuestros resultados difieren de algunos estudios en bovinos, por ejemplo, Liu *et al.* (2017) y Ribeiro *et al.* (2012) demuestran que una dosis estándar de prostaglandinas ocasiona la lisis del CL en el 60 % de las vacas. Sin embargo, en ovejas se reporta una eficiencia de la prostaglandina entre el 35.7 % (Hernández-Cerón *et al.*, 2001), 50 % (Granados-Villareal *et al.*, 2017) y el 42.8 % (Alvarez-Reyna, 1994), esto lo atribuyen al alto porcentaje de fallas luteolítica que muestran las hembras. Sin embargo, estos estudios no reportan el porcentaje de hembras con falla luteolítica desde la primera dosis de prostaglandinas. En los resultados el 28.6 % de las vacas no tienen CL funcional a la 2ª dosis, ello puede atribuirse a una posible falla luteolítica a la prostaglandina desde la primera aplicación.

Estos resultados obtenidos de una alta falla luteolítica se atribuye a diversas causas como la edad, funcionalidad y tamaño del CL al momento de la acción de la prostaglandina (Stevenson *et al.*, 1984; Moreno *et al.*, 1986; Berroa-Pinzón, 1988). Por ejemplo, Oliveira *et al.* (2007) menciona que la sensibilidad del CL a la acción de la prostaglandina en bovinos inicia desde los 5 días de maduración y en ovinos Menchaca y Rubianes (2004) reporta una sensibilidad desde 3 días después de la ovulación. En nuestro estudio, en la sincronización con la primera dosis de prostaglandinas podemos inferir que el CL tenía una edad mínima de 7 días (3 a 4 después para la manifestación del estro y ovulación de la 1 dosis, más 8 a 9 días posteriores de desarrollo del CL. Sin embargo, en el estudio se observó que el 28.6 % de las vacas no tenían funcionalidad del CL al momento de la 2 dosis, lo que podría indicar lisis del CL antes de la segunda dosis, infiriendo una falla luteolítica en algunas vacas desde el momento de la primera dosis de prostaglandinas, como se ha demostrado en algunos estudios sobre la falla luteolítica en la 2 aplicación de prostaglandinas.

Por parte, la sensibilidad a la prostaglandina se ve relacionada con el tamaño y concentraciones de progesterona (Spell, 2001, Sartori *et al.*, 2002). En nuestro estudio, las vacas que sufrieron luteolisis mostraron tener un mayor tamaño del CL

(23.6 mm vs. 17.9 mm las vacas con falla luteolítica), sin embargo, no mostraron diferencias en la concentración de progesterona (3.8 ng/ml y 2.6 ng/ml) entre vacas que sufrieron lisis y las que tuvieron falla luteolítica. Ello difiere a lo reportado por Granados-Villarreal *et al.* (2017), donde indica que a una mayor concentración de progesterona previo a la prostaglandina la proporción de hembras con falla luteolítica es mayor.

El 91.9 % de las vacas del tratamiento 2 sincronizadas con dispositivo intra vaginal manifestaron estro y presentaron ovulación en un periodo de 4 días, mientras que en las vacas del tratamiento 1, sincronizadas con la prostaglandina, sólo el 35.7 % mostró estro. Lo anterior demuestra que la baja tasa de gestación que se observa en los protocolos de sincronización con dos dosis de prostaglandinas se debe a la falla luteolítica de la prostaglandina en la primera y segunda aplicación de las mismas. Por ejemplo, Riveiro *et al.* (2012), tuvieron una tasa de gestación del 28 % utilizando prostaglandinas, Tríbulo *et al.* (2000) en Bó *et al.* (2004), mencionan que la tasa de gestación usando los protocolos con CIDR y prostaglandinas, pueden variar entre 16 a 40 %.

### 3.6 CONCLUSIONES

Con nuestros resultados demostramos que la baja eficiencia de la prostaglandinas se atribuye a alta proporción de vacas con CL no funcional y a una alta proporción de vacas con falla luteolítica, ello puede ser el factor por el cual la baja tasa de gestación que se observa en los programas de sincronización con prostaglandinas que reportan algunos estudios.

Las vacas sincronizadas con la progesterona (CIDR) presentaron mayor regresión del cuerpo lúteo y manifestación del celo en relación a las vacas sincronizadas con dos dosis de prostaglandina.

### 3.7 LITERATURA CITADA

Alvarez-Reyna, G. A., Rivera, O. L. R., and Ledezma, J. J. H. 1994. Sincronización del estro en la borrega pelibuey con la utilización de prostaglandina f2 alfa. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 32: 25-29.

Arroyo-Ledezma, J., Hernández-López, J., Ávila-Serrano, N. Y., and Camacho-Escobar, M. A. 2015. Respuesta estral y perfil hormonal en ovejas de pelo

- sincronizadas con protocolos cortos a base de prostaglandinas. *Agrociencia*. 49: 475-482.
- Balaro, M. F. A., Santos, A. S., Moura, L. F. G., Fonseca, J. F., and Brandão, F. Z. 2017. Luteal dynamic and functionality assessment in dairy goats by luteal blood flow, luteal biometry, and hormonal assay. *Theriogenology*. 95: 118-126.
- Baruselli, S. P., Ferreira, M. R., Sales, S. J. N., Gimenes, U. L., Sá Filho, F. M., Martins, M. C., Rodrigues, A. C., and Bó, A. G. 2011. Timed embryo transfer programs for management of donor and recipient cattle. *Theriogenology*. 76: 1583-1593.
- Berroa-Pinzón, D. (1988). Perfiles de progesterona, respuesta luteolítica y evaluación de la inseminación artificial a hora fija en ganado romosinuano y sus cruces con cebú.
- Bo, A. G., Baruselli, S. P., Moreno, D., Cutaia, L., Caccia, M., Tríbulo, R., Tríbulo, H., and Mapletoft, J. R. 2002. The control of follicular wave development for self-pointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology*. 57: 53-72.
- Bó, G. A., Moreno, D., Cutaia, L., Caccia, M., Tríbulo, R. J., and Tríbulo, H. E. (2004). Transferencia de embriones a tiempo fijo: tratamientos y factores que afectan los índices de preñez. *Taurus*, 21, 25-40.
- Bó, G. A., Moreno, D., Cutaia, L., Caccia, M., Tríbulo, R. J., and Tríbulo, H. E. 2004. Transferencia de embriones a tiempo fijo: tratamientos y factores que afectan los índices de preñez. *Taurus*. 21: 1-17.
- Callejas, S., Ersinger, C., Cabodevila, J., Catalano, R., Teruel, M., and Calá, M. 2003. Control del ciclo estral en vaquillonas de la raza Holando argentino: uso de análogos sintéticos de La hormona liberadora de gonadotropinas y de la Prostaglandina f2a. *Archivos de zootecnia*, 52: 379-387.
- Córdova-Izquierdo, A., Xolalpa-Campos, V. M., Ruiz-Lang, C. G., Saltijeral-Oaxaca, J. A., and Córdova-Jiménez, C. A. 2011. Efecto de la vía de administración de prostaglandinas sobre el porcentaje de gestación en becerras lecheras. *Revista Veterinaria*. 22:74-76.
- Córdova, L. A., Hernández, J. J., and Díaz, R. R. 1983. Luteolisis inducida por prostaglandinas en ganado cebu. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 64-68.
- Fierro, S., Gil, J., Viñoles, C., and Olivera-Muzante, J. 2013. The use of prostaglandins in controlling estrous cycle of the ewe: A review. *Theriogenology*. 79: 399-408.
- Giordano, J. O., Wiltbank, M. C., Fricke, P. M., Bas, S., Pawlisch, R., Guenther, J. N., and Nascimento, A. B. (2013). Effect of increasing GnRH and PGF 2 $\alpha$  dose during Double-Ovsynch on ovulatory response, luteal regression, and fertility of lactating dairy cows. *Theriogenology*. 80: 773-783.

- Gioso, M. M., Costa, E. D., Fernandes, C. A. A., Torres, C. A. A., and Carvalho, G. D. 2005. Perfil de progesterona e intervalo ao estro de receptoras bovinas sincronizadas com doses reduzidas de cloprostenol. *Revista Brasileira de zootecnia*. 34: 1181-1187.
- Granados-Villarreal, L. M., Zarco, L., Mejía, O., Sánchez-Torres, M. T., and Pablos-Hach, J. L. 2017. Luteolytic efficiency of reduced doses of cloprostenol in the ewe. Effect of progesterone concentrations at the time of treatment. *Animal reproduction science*. 186: 68-76.
- Hernández Cerón, J., Valencia Méndez, J., and Zarco Quintero, L. 2001. Regresión del cuerpo lúteo y presentación del estro en ovejas con dos inyecciones de prostaglandina con 8 días de intervalo. *Técnica Pecuaria en México*, 39: 53-57.
- Herrera, H. L., Feldman, S. D., Zarco, Q. L., Valencia, M. J., Ortiz, H. A., and Angeles, C. S. 1990. Evaluation of the luteolytic effect of PGF<sub>2</sub> $\alpha$  administered to ewes on different days of the oestrous cycle. *Veterinaria México*. 21:143-147.
- Liu, T. C., Chiang, C. F., Ho, C. T., and Chan, J. P. W. (2018). Effect of GnRH on ovulatory response after luteolysis induced by two low doses of PGF<sub>2</sub> $\alpha$  in lactating dairy cows. *Theriogenology*. 105: 45-50.
- Liu, T. C., Ho, C. Y., and Chan, J. P. W. 2017. Effect of two low doses of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  on luteolysis in dairy cows. *Acta Veterinaria Hungarica*. 65: 105-114.
- Meilán, J., and Ungerfeld, R. 2014. Does introduction of rams during the late luteal phase promote the estrus response in cyclic ewes?. *Small Ruminant Research*. 120:116-120.
- Menchaca, A., and Rubianes, E. 2004. New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*. 16: 403-413.
- Mérola, D., Cuelho, N., Vázquez, A., and Cavestany, D. 2012. Sincronización de celos con Prostaglandina F<sub>2</sub> $\alpha$  e Inseminación Artificial a celo visto en vaquillonas de carne. *Veterinaria (Montevideo)*. 48: 31-32.
- Montiel Palacios, F., Pérez Hernández, P., Gallegos Sánchez, J., and Rosendo Ponce, A. 2011. Manifestación de estro y gestación en vaquillas Criollo Lechero Tropical sincronizadas con dosis baja de PGF<sub>2</sub> $\alpha$ . *Zootecnia Tropical*. 29: 179-185.
- Moreno, I. Y. D., Galina, C. S., Escobar, F. J., Ramirez, B., and Navarro-Fierro, R. 1986. Evaluation of the lytic response of prostaglandin F<sub>2</sub> alpha in Zebu cattle based on serum progesterone. *Theriogenology*. 25: 413-421.

- Olivera, M., Tarazona, A., Ruíz, T., and Giraldo, C. 2007. Bovine luteolysis: intracellular signals. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20: 387-393.
- Orihuela, A., Galina, C., Escobar, J., and Riquelme, E. (1983). Estrous behavior following prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  injection in Zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology*, 19(6), 795-809.
- Ribeiro, E. S., Monteiro, A. P. A., Lima, F. S., Ayres, H., Bisinotto, R. S., Favoreto, M., Greco, L. F., Marsola, R. S., Thatcher, W. W., and Santos, J. E. P. 2012. Effects of presynchronization and length of proestrus on fertility of grazing dairy cows subjected to a 5-day timed artificial insemination protocol. *Journal of dairy science*. 95: 2513-2522.
- Sartori, R. G. J. M., Rosa, G. J. M., and Wiltbank, M. C. 2002. Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *Journal of dairy science*. 85: 2813-2822.
- Sartori, R., Haughian, J. M., Shaver, R. D., Rosa, G. J. M., and Wiltbank, M. C. 2004. Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. *Journal of dairy science*. 87: 905-920.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2010. Normales climatológicas Tabasco. Periodo de 1981-2010. En; <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=tab>.
- Silva, P. J., Juengel, J. L., Rollyson, M. K., and Niswender, G. D. 2000. Prostaglandin metabolism in the ovine corpus luteum: catabolism of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  (PGF<sub>2</sub> $\alpha$ ) coincides with resistance of the corpus luteum to PGF<sub>2</sub> $\alpha$ . *Biology of Reproduction*. 63:1229-1236.
- Siregar, T. N., Wajdi, F., Akmal, M., Fahrimal, Y., Adam, M., Panjaitan, B., Sutrian, A., Daud, R., Armansyah, T., and Meutia, N. 2017. Embryonic death incidents due to heat stress and effect of therapy with gonadotropin releasing hormone (gnrh) in aceh cattle. *Veterinarija ir Zootechnika*. 75: 70-74.
- Spell, A. R., Beal, W. E., Corah, L. R., and Lamb, G. C. 2001. Evaluating recipient and embryo factors that affect pregnancy rates of embryo transfer in beef cattle. *Theriogenology*. 56: 287-297.
- Stevenson, J. S., Schmidt, M. K., and Call, E. P. 1984. Stage of Estrous Cycle, Time of Insemination, and Seasonal Effects on Estrus and Fertility of Holstein Heifers After Prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$ 1. *Journal of dairy Science*. 67.1798-1805.
- Thimonier, J. 1981. Practical uses of prostaglandins in sheep and goats. *Acta veterinaria Scandinavica*. 77: 193-208.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2010. Normales climatológicas Tabasco. Periodo de 1981-2010. En; <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=tab>.

Ungerfeld, R. 2011. Combination of the ram effect with PGF 2 $\alpha$  estrous synchronization treatments in ewes during the breeding season. *Animal reproduction science*. 124: 65-68.

#### 4 CONCLUSIONES GENERALES

Con los resultados de los estudios de este trabajo se puede mencionar que se debe impulsar la búsqueda de nuevas alternativas que puedan mejorar la eficacia y rentabilidad de los programas reproductivos; por ejemplo la utilización de la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG) en la superovulación dentro de los programas de transferencia de embriones es un alternativa eficiente en la producción de embriones y a su vez disminuye el precio de la producción de ejemplares con un alto valor genético y productivo de los programas de transferencia de embriones. Asimismo, la transferencia de embriones es una tecnología que disminuye el activo más costoso “el tiempo” reduciendo el tiempo de ejemplares obtenido de una misma hembra y macho.

Además, nuestros resultados demuestran que la baja respuesta y eficiencia del uso con prostaglandinas en los programas de sincronización del estro y ovulación se atribuye a una baja sincronización de las vacas con dos dosis, asimismo al alto porcentaje de hembras que tienen falla sobre la acción luteolítica de las prostaglandinas.

Con lo anterior es una pieza fundamental para la investigación de nuevas estrategias en el uso de las hormonas en vacas donadoras y receptoras para mejorar los parámetros determinados en nuestro estudio de transferencia de embriones. Asimismo, demostrar la falla luteolítica de las prostaglandinas permite nuevas alternativas u hormonas que permitan incrementar la acción de las mismas que permitan incrementar al máximo los resultados de los programas reproductivos que se implementen en la ganadería bovina reduciendo los costos y tiempo.

## ANEXOS

### **Anexo 1.** Costo (US) de sincronización y superovulación en vacas superovuladas utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO, US	DOSIS FSH/ECG	GFSH US	GECG US
FSH (Follitropin V)	20 mL	222.2	10 mL	111.1	-
eCG (Folligon)	25 mL	85.2	10 mL	-	34.1
Benzoato de estradiol (sincrodiol)	50 mL	9.3	2 mL	0.4	0.4
Progesterona (Progesvit)	25 mL	7.9	1 mL	0.3	0.3
DIB (CIDR)	10 mL	105.3	1 mL	10.5	10.5
Prostaglandina (Lutalyse)	30 mL	9.8	5 mL	1.6	1.6
GnRH (Fertagyl)	50 mL	88.9	2.5 mL	4.4	4.4
Jeringa 20 mL	50 pza	18.0	0.5 pza	-	0.2
Jeringa 5 mL	100 pza	17.4	0.4/0.5 pza	0.1	0.1
Jeringa 3 mL	100 pza	14.7	1.6/1.5 pza	0.2	0.2
Jeringa 1mL	100 pza	19.6	1.2 pza	0.2	-
Agujas	100 pza	7.4	1 pza	0.1	0.1
			<b>Subtotal</b>	<b>129.0</b>	<b>51.9</b>

**Anexo 2.** Costo (US) de mano de obra en vacas superovuladas utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.

<b>CONCEPTO</b>	<b>COSTO US</b>	<b>INSUMO FSH/ECG</b>	<b>FSH US</b>	<b>ECG US</b>
Asesoría reproductivas	171.96	En 150 animales	1.146	1.15
Inseminación artificial	158.73	En 50 animales	3.17	3.17
Colección de embriones	145.5	1	145.502	145.5
Jornales	4.23	13/6	55.053	25.41
		<b>Subtotal</b>	<b>204.87</b>	<b>175.23</b>

**Anexo 3.** Costo (US) de insumo en la colección de embriones en vacas superpobladas utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO US</b>	<b>DOSIS FSH/ECG</b>	<b>FSH US</b>	<b>ECG US</b>
Semen/ pajilla	1pza	7.94	2 pza	15.87	15.87
Guantes para palpación	100 pza	6.35	1 pza	0.06	0.06
Camisa sanitaria	50 pza	10.95	1 pza	0.22	0.22
Funda para IA	50 pza	3.39	1 pza	0.07	0.07
Filtros Miniflush	1 pza	20.84	1 pza	20.84	20.84
Sondas-cateter Foley	1 pza	5.24	1 pza	5.24	5.24
Manguera tygon	1 pza	8.10	1 pza	8.10	8.10
Solución harman	1000 mL	1.80	1400/1750	2.52	3.15
Medio "ViGro Complete Flush	1000 mL	28.89	14/17.5	0.40	0.50
Heparina	10 mL	2.65	2.8/3.5 mL	0.74	0.93
Caja Petri	10 pza	8.04	1 pza	0.40	0.40
SYNGRO Holding Media	5 mL	8.99	0.5 mL	0.56	0.56
Microplacas multipozos	1 pza	20.00	0.3 pza	6.00	6.00
Jeringa 1mL	100 pza	19.63	0.4/0.5 pza	0.08	0.10
Jeringa 5mL	100 pza	17.41	0.8/1 pza	0.14	0.21
Jeringa 20mL	50 pza	17.99	0.4/0.5 pza	0.14	0.18
Agujas	100 pza	7.41	1 pza	0.07	0.07
Yodo	5000 mL	27.88	2.5 mL	0.02	0.02
Sanitas	100 pza	0.79	1pza	0.01	0.01
Alcohol	1000 mL	1.59	30 mL	0.05	0.05
Lidocaína (pisacaina 2%)	50 mL	2.59	5.4/5.8 mL	0.28	0.30
			<b>Subtotal</b>	<b>61.82</b>	<b>62.84</b>

**Anexo 4.** Costo (US) de amortización y alimentación de las donadoras utilizando la hormona FSH y la hormona eCG.

<b><u>COSTO DE AMORTIZACIÓN</u></b>				
<b>VIDA ÚTIL, AÑOS</b>	<b>VALOR, US</b>	<b>LAVADOS AÑO<sup>-1</sup></b>	<b>FSH</b>	<b>ECG</b>
5	7,936.50	4	396.83	396.8
		<b>Subtotal</b>	<b>396.83</b>	<b>396.8</b>
<b><u>COSTOS DE ALIMENTACIÓN</u></b>				
<b>PASTO, KG MS<sup>-1</sup></b>	<b>CONSUMO, KG</b>	<b>PRODUCCION, MS HA AÑO<sup>-1</sup></b>	<b>GFSH</b>	<b>GeCG</b>
0.095	1225.9 y 1299.6	17000	118.0582	125.15
		<b>Subtotal</b>	<b>118.06</b>	<b>125.15</b>

**Anexo 5.** Costo (US) sincronización de las vacas receptoras sometidas a transferencia de embriones.

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO, US</b>	<b>DOSIS</b>	<b>VALOR DEL TRATAMIENTO</b>
Benzoato de estradiol (sincrodiol)	50 mL	9.3	2 mL	0.4
Progesterona (Progesvit)	25 mL	7.9	1 mL	0.317
DIB (CIDR)	10 mL	105.3	1 mL	10.529
Prostaglandina (Lutalyse)	30 mL	9.8	5 mL	1.630
GnRH (Fertagyl)	50 mL	88.9	2.5 mL	4.444
Jeringa 3MI	100 pza	14.7	0.47 pza	0.690
Jeringa 5ml	100 pza	17.4	0.11 pza	0.019
Agujas	100 pza	7.4	1 pza	0.070
			<b>Subtotal</b>	<b>11.433</b>

**Anexo 6.** Costo (US) insumo de la transferencia de las vacas receptoras sometidas a transferencia de embriones.

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO (US)</b>	<b>DOSIS</b>	<b>VALOR DEL TRATAMIENTO</b>
Camisa sanitaria	50 pza	10.95	1 pza	0.22
Pajillas de plástico	50 pza	19.15	1 pza	0.38
Fundas azules punta metálica	5 pza	14.81	1 pza	2.96
Lubricante	1000 mL	10.58	5 mL	0.05
Guantes palpación	100 pza	6.35	1 pza	0.06
			<b>Subtotal</b>	<b>3.68</b>

**Anexo 7.** Costo (US) de mano de obra de las vacas receptoras sometidas a transferencia de embriones.

<b>CONCEPTO</b>	<b>COSTO US</b>	<b>INSUMO</b>	<b>VALOR DEL TRATAMIENTO</b>
Asesoría reproductivas	171.96	En 150 animales	1.15
Inseminación artificial	158.73	En 50 animales	1.59
Jornales	4.23	13/6	8.47
		<b>Subtotal</b>	<b>11.20</b>

**Anexo 8.** Costo (US) de amortización y alimentación de las vacas receptoras sometidas a transferencia de embriones.

---

<b><u>COSTO DE AMORTIZACIÓN</u></b>			
<b>VIDA ÚTIL, AÑOS</b>	<b>VALOR, US</b>	<b>LAVADOS AÑO<sup>-1</sup></b>	<b>VALOR DEL TRATAMIENTO</b>
5	794	1	158.73
		<b>Subtotal</b>	<b>158.73</b>
<b><u>COSTOS DE ALIMENTACIÓN</u></b>			
<b>PASTO, KG MS<sup>-1</sup></b>	<b>CONSUMO, KG</b>	<b>PRODUCCION, MS HA AÑO<sup>-1</sup></b>	<b>VALOR DEL TRATAMIENTO</b>
0.095	1271.8	17000	122.48
		<b>Subtotal</b>	<b>122.48</b>

---