

79



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA**

División de estudios Profesionales

**COMPARACIÓN DE DOS
TRATAMIENTOS
SUPEROVULATORIOS PARA LA
PRODUCCIÓN DE EMBRIONES
CON NOVILLONAS BRAHMAN EN
EL TRÓPICO HÚMEDO**

TESIS

Que para obtener el título de

**MÉDICO VETERINARIO
ZOOTECNISTA**

Presenta:

Israel Daniel Vázquez Ibarra

Asesores:

**MVZ MPA Héctor Basurto
Camberos
MVZ Jorge Avila García**



México, D.F.

Abril del 2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

“ Más allá está un mundo inmenso, que existe al margen de nosotros, los seres humanos, y que se nos muestra como un grandioso y eterno enigma, aunque parcialmente accesible a nuestro análisis y especulación. La contemplación de este mundo nos llama como una liberación ... El camino hasta este paraíso no es tan confortable ni tentador como el que conduce al edén religioso, aunque se nos ha mostrado seguro y digno de confianza. Por mi parte, no lamento en absoluto haberlo escogido ”

Albert Einstein, 1955.

“Para unos, la ciencia es una sublime diosa, para otros, una vaca que suministra excelente mantequilla”

Friedrich Von Schiller, 1796.

DEDICATORIA

A MIS 3 MADRES:

LA NATURAL:

Gracias, madrecita por haberme brindado la vida, y no conforme con ello sacrificar parte de la tuya en hacerme un hombre de bien, y permitirme lograr mi desarrollo como profesional, bien dicen que detrás de un buen hombre siempre hay una gran mujer. Se que con nada te pago todo lo que haz hecho por mí, pero quiero dedicarte este trabajo, como un pequeño reconocimiento a todo tu esfuerzo y dedicación.

LA ADOPTIVA:

Las gracias también le doy a "La máxima casa de estudios", mi Universidad y a toda la gente que la forma, por haberme adoptado como a uno mas de sus hijos, y permitirme la realización de una gran parte de mis sueños. Aunque este trabajo representa tan solo un grano de arena en todo el mar de conocimientos que representa tu acervo, quiero entregártelo como una parte del reconocimiento que te mereces.

MI PATRIA:

A ti mi México lindo y querido, quiero dedicarte el fruto de mi esfuerzo, como un agradecimiento por haber tenido la fortuna de nacer en esta linda tierra, que me he brindado el calor de su gente y la amabilidad de su entorno. Esta es tan solo una muestra del trabajo que he de desempeñar día a día, con el espíritu y la fuerza, que me caracterizan por llevar grabado en el corazón tu emblema "Viva México".

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, maestro y amigo el Dr. Héctor Basurto Camberos, por todos los conocimientos adquiridos, pero sobre todo por haberme brindado su amistad, y hacerme sentir como en casa.

A mi asesor, el Dr. Jorge Avila García, por su colaboración en la realización de este trabajo, sin la cual no hubiese sido posible su realización

A los miembros de mi jurado: Drs. Carlos Galina, Eduardo Posadas, Hugo Pérez, Adriana Saharrea y Héctor Basurto, por toda su ayuda y colaboración en la realización de este trabajo.

A mis hermanos: Manuel, Claudia y Ericka, por todo su cariño y apoyo, pero sobre todo por haberme brindado su confianza, y compartir conmigo todos mis logros y triunfos, pero mas que nada por haber estado a mi lado durante mis tristezas y derrotas.

A mis sobrinos: Beto, Toño, Jaime, Tona y Val, por ser como son, y representar un estímulo en mi vida para seguir adelante y echarle mas ganas cada día.

A mi abuelita, y todos mis primos, primas tios y tias, que conforman esa gran y hermosa familia a la que pertenezco

Mis amigos de la "Prepa 4": Ana Laura, Oscar Ramirez, Miriam, Lucia, Dulce, Marco, La güera, Ismael, Mariana Brito, Sergio "El Tigre", Oscar, Manuel, Gisselle, Yadira, y todo el equipo de tocho "Los Cuatrerros"

Mis amigos de la FMVZ: Alejandro "El Moroco", Xitli, Irene Buenrostro, Sthephany Aaverdung, Jorge Gómez M., Arlette, Miguel Batres, Karla Rodriguez, Raquel Huesca, Maricela, Santiago, Fabiola, Eduardo Santurrón, Marisa, Adriana Vallarino, al Espiri, Ellis, Elí, Lola y Lorenzo,

Luz-y-Fer, Sandra, Rocio, Gina, y todos aquellos que compartieron conmigo todos los bellos momentos en la FMVZ.

Muy especialmente para mis compañeros de trabajo y amigos del cubículo "213" Abelardo, Manolo, Ramón, Mary Luz, Avimael, los portugueses panileiros (Ana y Luis), los majes ticos (Adrian y Mauricio), por todos los buenos momentos que compartimos en esa oficina, y en los potreros de "La Soledad".

Mis amigos del clarín: El Alex, Xochitl Cano, Marifer, Adrian y Xochitl, Ana Carvhallo, Luis Pizarra, Felipe Ruiz, Cris, Yuyu, Liss, Claudia Sánchez, Anila, José, Alvaro, Chio, Eduardo, Adrian, Froylan, al Rafa, al Diputado "Porfis", Ursus, Jaime Jaimes, Juan Carlos, Helena, Ritchi, Jose Luis, Abigail.

A Carmen por haber sido uno de mis principales incentivos para terminar con éxito mi carrera, y por lo mucho que llegaste a significar en mi vida
A Jessy James, por todo lo vivido, y lo bien que lo pase a tu lado.

A Ericka Fdez., gracias pacharrita por haberme demostrado que si existe la amistad sincera y desinteresada, creo que con nada te pago todo lo que te aprendí.

A todo el personal del CEIEGT, pero sobre todo a mis amigos y maestros "los Javis" y al "temo", así como a Don Sergio, Don Cristobal, Doña Lola, Don Abel, Julio, Don Victor, Jose Luis Espino, Jorge Becerra, Filo, Quique y su Papá, Mateo, Juan Jimenez, Doña Lupe, Cirilo, Don Héctor, Pablo.

A todos los académicos del CEIEGT, especialmente a los Drs. Héctor Basurto, Fernando Livas, Hugo Perez, Mario Garduño, Leti Galindo, Bernardo Marín, Ivette Rubio, Miguel Alonso, Cristino Cruz, Adriana Saharrea, Jorge Armando Alvarez, Rebeca, Manolo, al Biol. German

Múñoz, y al ing. Epigmenio, por todos los conocimientos que me brindaron y las experiencias que vivimos juntos

A la chofi, Mary y Daniel Pomerino, por haberme brindado su amistad y hacer mas agradable mi estancia en el Clarín.

A doña Vicky la bibliotecaria, por regalarme una sonrisa cada que la veía, pero sobre todo por estar siempre dispuesta a brindarme su ayuda como una buena amiga.

A mi perro "el Hypee", por estar ahí siempre que te necesite, y como alguna vez leí en algún libro, "entre mas conozco a los hombres, mas quiero a mi perro".

Con un agradecimiento especial para la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), por el apoyo económico recibido a través del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), para el proyecto "FACTIBILIDAD DE COLECTAR EMBRIONES VIABLES DE VAQUILLAS DE DOBLE PROPÓSITO DE 13 A 15 MESES DE EDAD EN EL TRÓPICO HÚMEDO " con clave IN232799, sin el cual no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

De igual manera quiero darle las gracias al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión, por todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo, sin el cual no hubiera sido posible la realización del mismo.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	3
III. REVISIÓN DE LITARATURA.....	6
3.1 Dinámica folicular.....	6
3.2 Dinámica folicular y superovulación.....	7
3.3 Control hormonal de la respuesta superovulatoria.....	8
3.4 Superovulación con FSH.....	8
3.5 Superovulación con PMSG y anti-PMSG.....	9
3.6 Desarrollo y morfología embrionarias.....	10
3.7 Evaluación de la calidad de los embriones.....	13
3.8 Clasificación de los embriones respecto a su calidad.....	14
IV. HIPÓTESIS.....	15
V. OBJETIVO.....	15
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
6.1 Localización.....	16
6.2 Manejo de los animales.....	16
6.3 Alimentación y complementación alimenticia.....	16
6.4 Sincronización y detección del estro.....	17
6.5 Tratamientos superovulatorios e inseminación artificial.....	17
6.6 Evaluación del desarrollo folicular.....	18
6.7 Colección y evaluación de los embriones.....	18
6.8 Análisis estadístico.....	19
VII. RESULTADOS.....	20
7.1 Respuesta ovárica a la superovulación.....	20
7.2 Tasas de fertilidad.....	20
7.3 Colección embrionaria.....	20
VIII. DISCUSIÓN.....	22
7.1 Respuesta ovárica a la superovulación.....	22
7.2 Tasas de fertilidad.....	23
7.3 Colección embrionaria.....	23
IX. CUADROS DE RESULTADOS.....	28
X. FIGURAS.....	30
XI. ANEXO. ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR EMBRIÓN TRANSFERIBLE.....	38
XII. CUADROS DEL ANEXO.....	40
XI. LITARATURA CITADA.....	45

I. RESUMEN

VÁZQUEZ IBARRA ISRAEL DANIEL. COMPARACION DE DOS TRATAMIENTOS SUPEROVULATORIOS PARA LA PRODUCCIÓN DE EMBRIONES CON NOVILLONAS BRAHMAN EN EL TRÓPICO HÚMEDO. (Bajo la asesoría del MVZ MPA, Héctor Basurto Camberos y MVZ Jorge Ávila García).

Con el objetivo de comparar la respuesta a la superovulación a dos tratamientos hormonales, se utilizaron 20 novillonas cebú Brahman de 380 kg y 18 meses de edad y se dividieron en un diseño completamente al azar en dos grupos de 10 animales cada uno Grupo A y Grupo B. Se mantuvieron en pastoreo rotacional con gramas nativas (*Axonopus spp* y *Paspalum spp*) a una carga animal de 1.5 UA/ha y recibieron complementación alimenticia (14% de PC y 1.4 Mcal de ED) a razón del 1% del peso corporal por animal por día desde 60 días antes. Se utilizó un dispositivo intravaginal (CIDR-B) impregnado de progesterona al 10 % en ambos grupos, a la inserción del CIDR (día 1) se aplicó 2.5 mg de Benzoato de estradiol y 50 mg de progesterona por vía intramuscular (im), el CIDR-B se retiró el día 9 y se administró 25 mg de prostaglandina F2 alfa ($PgF_{2\alpha}$) im. El estro se detectó durante 100 h. El Grupo A recibió 300 UI de PMSG im el día 5 y posteriormente del día 7 al 10 se aplicó hormona foliculoestimulante (NIH-FSH-P1) a razón de 25 mg, 20 mg, 15 mg y 10 mg cada 12 horas para una dosis total de 140 mg. El Grupo B recibió 2000 UI de PMSG el día 7 y 1000 μ g anti-PMSG im 12 horas después de iniciado el estro. La IA se realizó 12 y 24 horas después de iniciado el estro. Se determinó el número y tamaño de los folículos ováncos por ultrasonografía al retiro del CIDR-B y la cantidad de cuerpos lúteos (CL) el día de la colección de los embriones. La colección no quirúrgica de los embriones se realizó 6.5 días después de la primera IA. Los datos se analizaron con la prueba de t de student en las variables continuas y Ji cuadrada, para la comparación de proporciones. Al retiro del CIDR-B el número de folículos >10 mm (F10) fue de 20.6 ± 6.5 y 13.6 ± 6.5 para los grupos A y B, respectivamente ($P < 0.05$). El día de la colección de embriones el número de CL fue de 4.8 ± 4.8 y 3.7 ± 2.2 para los grupos A y B, respectivamente ($P > 0.05$). En el Grupo A de 206 F10 al retiro del CIDR-B solo se encontraron 48 CL el día de la colección; en el Grupo B de 136 F10 se encontraron 37 CL, lo que representa una tasa de ovulación del 23.3% y 27.2% para A y B, respectivamente.

I. SUMMARY

VÁZQUEZ IBARRA ISRAEL DANIEL. COMPARISON OF TWO TREATMENTS OF SUPEROVULATION FOR THE PRODUCTION OF EMBRYOS WITH HEIFERS BRAHMAN IN THE HUMID TROPIC. (Under the consultant's office of MVZ MPA. Héctor Basurto Camberos and MVZ Jorge Ávila Garcí'a).

With the objective to compare the answer to the superovulation to two hormonal treatments, 20 were used heifers zebu Brahman of 380 kg and 18 months of age and completely divided in a design at random in two groups of 10 animals each one: Group A and group B. Stayed in rotational pasturing with native grammas (*Axonopus spp* and *Paspalum spp*) to a load 1,5 unit animals/ha and at the rate of received nutritional complementación (14% of PC and 1,4 Mcal of ED) of 1% of the corporal weight by animal per day from 60 days before. A intravaginal device (Cidr-b) impregnated of progesterone to 10 % in both groups was used; to the insertion of the CIDR (day 1) it was applied 2,5 mg of Benzoate of estradiol and 50 mg of progesterone by intramuscular route (im); the Cidr-b retired to 25 day 9 and alpha (PgF α) im was administered mg of prostaglandin F2. Estrous detected during 100 h. The Group A received 300 UI of PMSG im day 5 and later of day 7 to the 10 folliculostimulant hormone (NIH-FSH-P1) to reason of 25 mg, 20 mg, 15 mg and 10 mg every 12 hours for a total dose of 140 mg. Group B received 2000 UI of PMSG day 7 and 1000 μ g anti-PMSG im 12 hours after initiate the estrous. The IA was made 12 and 24 hours after initiate estrous. One determined the number and size of the ovarian follicles by ultrasonografía to the retirement of the Cidr-b and the amount of corpora lutea (CL) the day of the collection of the embryos. The non-surgical collection of the embryos was made 6,5 days after the first IA. The data were analyzed with the test of t of student in the continuous variables and square Ji, for the comparison of proportions. To the retirement of the Cidr-b the number of follicles > 10 mm (F10) was of 20 6 \pm 5 and 13,6 \pm 6,5 for the groups A and B, respectively (P<0.05). The day of the collection of embryos the number of CL was of 4 8 \pm 4.8 and 3.7 \pm 2.2 for the groups A and B, respectively (P>0 05) In the Group A of 206 F10 to the retirement of the single Cidr-b were 48 CL the day of the collection, in Group B of 136 F10 were 37 CL, which represents a rate of ovulation of the 23,3% and 27,2% from A and B, respectively (P>0 05). In the Group A of 48 CL, 18 embryos

($P>0.05$) En el Grupo A de 48 CL se recuperaron en total 18 embriones, lo que representa 37.5% de fertilidad, en el Grupo B de 37 CL se recuperaron 26 embriones, representando 70.3% de fertilidad, siendo significativa la diferencia entre grupos ($P<0.05$). El promedio de embriones transferibles por vaquilla fue 1.4 ± 2.2 y 2 ± 2.7 para los Grupo A y B, respectivamente ($P>0.05$). En total para los grupos A y B se obtuvieron 18 y 26 embriones, de los cuales 14 (77.7%) y 20 (76.9%) fueron transferibles y 4 (22.3%) y 6 (23.1%) no-transferibles, respectivamente, sin embargo, las diferencias no fueron significativas ($P>0.05$). En el Grupo B se encontró una alta correlación altamente significativa ($r=0.77$, $P<0.01$) entre la cantidad de cuerpos lúteos y el número de embriones colectados, la cual no fue significativa ($r=0.5921$, $P>0.05$) en el Grupo A. Los resultados del presente estudio sugieren que el tratamiento superovulatorio con FSH promueve un mayor desarrollo folicular, sin embargo, se hace evidente una tendencia a mayor número de embriones por vaquilla con el esquema de PMSG+antiPMSG, lo cual puede tener ventaja para el productor en situaciones prácticas.

recovered altogether, which represents 37,5% of fertility, in Group B of 37 CL 26 embryos, representing 70,3% of fertility recovered, being significant the difference between groups ($P < 0.05$). The average of transferible embryos by heifer was 1.4 ± 2.2 and 2 ± 2.7 for the Group A and B, respectively ($P > 0.05$). Altogether for the groups A and B 18 and 26 embryos obtained themselves, of which 14 (77.7%) and 20 (76.9%) were transferable and 4 (22.3%) and 6 (23.1%) non-transferable ones, respectively. nevertheless, the differences were not significant ($P > 0.05$). In Group B was a high highly significant correlation ($r = 0.77$, $P < 0.01$) between the amount of corpora lutea and the number of collected embryos, which was not significant ($r = 0.5921$, $P > 0.05$) in the Group A the results of the present study suggest the treatment superovulatory with FSH promotes a greater follicular development; nevertheless, a tendency to greater number of embryos by heifer with the scheme of PMSG+antiPMSG becomes evident, which can have advantage for the producer in practical situations.

COMPARACION DE DOS TRATAMIENTOS SUPEROVULATORIOS PARA LA PRODUCCIÓN DE EMBRIONES CON NOVILLONAS BRAHMAN EN EL TRÓPICO HÚMEDO

II. INTRODUCCIÓN

En la actualidad una de las herramientas tecnológicas en la producción animal que cada vez cobra más importancia en el mundo es la transferencia de embriones, con el fin de mejorar genotípicamente el inventario ganadero de la manera más rápida, al disminuir el intervalo generacional.^{1,2}

Se ha comprobado que con una alta eficiencia en la técnica (5 embriones transferibles por vaca donadora, con un 50% de fertilidad y una mortalidad postnatal menor al 2%), en ganado lechero estabulado, el costo de producción por becerro es similar al de un manejo convencional³.

El uso de novillonas como donadoras en estos programas ha demostrado ser viable y productivo, ya que disminuye el intervalo generacional del ganado e incrementa la calidad genética del hato⁴. Por medio de ésta técnica se acorta significativamente el tiempo que se llevan las pruebas de progenie, se ha observado que se logra una ganancia genética anual del 22%, en comparación con los programas reproductivos convencionales⁴.

En las especies monotocas como los bovinos, el desarrollo folicular se presenta en forma de oleadas u ondas foliculares (2 a 3 por ciclo). Una onda folicular involucra el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos, que inician su crecimiento al ocurrir una pequeña elevación en las concentraciones de FSH.⁵ Los folículos reclutados en la onda folicular continúan su crecimiento gracias a la liberación de FSH, hasta que uno de ellos se hace dominante y provoca la regresión o atresia del resto, la inhibina y el estradiol por un mecanismo de retroalimentación negativa provocan una disminución en las concentraciones de FSH⁶. Los niveles bajos de FSH no son suficientes para mantener el crecimiento de los folículos subordinados, sin embargo no afectan el desarrollo del dominante que terminará por ovular en ausencia de progesterona, o bien sufre de atresia en caso de existir un cuerpo lúteo.

El inicio de los tratamientos superovulatorios se basan en la maduración de una onda folicular, provocando un desarrollo uniforme de los folículos reclutados a través de la administración de FSH.⁷ Dentro de las hormonas utilizadas para la superovulación se encuentran: la gonadotropina coriónica equina (eCG o PMSG), la gonadotropina coriónica humana o hCG y la FSH purificada (NIH-FSH-P1)

La PMSG en la vaca actúa como FSH (60%) y LH (40%); tiene una vida media de 40 horas y persiste por más de 10 días en la circulación lo cual es contraproducente para la superovulación, debido a que puede provocar que algunos folículos no ovulen, perfiles endocrinos anormales y embriones de mala calidad. Para contrarrestar estos efectos se recomienda la aplicación de anticuerpos anti-PMSG el día de la primera inseminación artificial. La dosis única recomendada para los bovinos oscila entre las 1500 y 3000 UI por vía intramuscular.⁸

En la actualidad los tratamientos superovulatorios a base de NIH-FSH-P1 gozan de gran popularidad. Los tratamientos con estas hormonas se administran dividiendo la dosis total que va de 200 a 400 mg en 8 a 10 inyecciones, una cada 12 horas. Se han logrado mejores resultados con estos productos gracias a que se les extrae más del 80% de la fracción de LH. En un estudio realizado en 40 vacas Nelore, se obtuvieron 5.5 ± 4.63 embriones transferibles por lavado usando FSH-P, vs 2.9 ± 2.97 obtenidos con el tratamiento a base de PMSG + anti-PMSG. Aunque las diferencias no resultaron significativas, el número de embriones obtenidos por lavado fue numéricamente superior.⁹

Los tratamientos superovulatorios tradicionales, requieren de mucho tiempo, debido a que hay que efectuar una sincronización previa de los animales, para poder iniciar el tratamiento entre los días 8 y 12 del siguiente ciclo estral (celo = día 0) que es cuando ocurre el inicio de la onda folicular. La aplicación de estrógenos y progesterona al momento de la inserción del CIDR han demostrado la emergencia de una nueva oleada folicular el día 4, esto se hace con el fin de aprovechar que la nueva onda folicular es precedida por la aparición temprana de una oleada de FSH. En estudios realizados por Caccia M et al en ganado de carne se probó un nuevo protocolo a base de NIH-FSH-P1, más un pretreatmento con PMSG encontrando buenos resultados en la producción de

embriones (8.1±1.6). Este trabajo parte de la hipótesis de que el pretratamiento con PMSG 1 o 2 días previo al tiempo esperado para que surja la nueva onda folicular (4 días después de aplicar los estrógenos y la progesterona) provoca un incremento en la producción de embriones transferibles^{10, 11}. La finalidad de la realización de este trabajo es el generar más información en la superovulación de novillonas cebú con la finalidad de encontrar cual es el protocolo que mejor funciona en cuanto a la cantidad de embriones transferibles producidos bajo las condiciones del trópico mexicano, ya que son pocos los trabajos efectuados con este tipo de animales en pastoreo en condiciones de trópico, y los existentes no incluyen las variables aquí descritas^{10, 8, 9}.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 DINÁMICA FOLICULAR

El desarrollo de la onda folicular en el ganado es caracterizado por el crecimiento sincrónico de un número de pequeños folículos que se continúa con la selección del folículo dominante y la subsecuente regresión de los subordinados¹⁷. Durante el ciclo estral son estimulados entre 20 y 30 folículos para entrar en diferentes estados de crecimiento, en una serie de ondas foliculares; pero únicamente uno de estos folículos (dominante) es ovulado al final del ciclo estral y los demás (subordinados) sufren de atresia^{13, 14}.

La onda folicular tiene una duración aproximada de 8 a 10 días, y el número de ondas que ocurren durante el ciclo estral depende de la vida media del cuerpo lúteo. Durante el ciclo estral ocurren de 2 a 4 ondas foliculares, y aproximadamente el 75 % de los ciclos comprenden 3 ondas. Se ha observado que la onda folicular emerge en los días 0 y 10 cuando el ciclo consta de 2 ondas, y en los días 0, 9 y 16 cuando esta compuesto por 3 ondas¹⁷. Durante la onda folicular un grupo de aproximadamente 5 a 7 folículos antrales de 2 a 6 mm son reclutados y estimulados para iniciar su crecimiento; de este grupo emerge el folículo dominante, el cual continúa su crecimiento y aumenta su secreción de estrógenos, inhibina y otros factores¹⁵. El incremento en las secreciones del folículo dominante causan la regresión de los subordinados provocando finalmente su atresia debido a la disminución en las concentraciones sanguíneas de FSH por un mecanismo de retroalimentación negativa. En presencia de un cuerpo lúteo el folículo dominante detiene su funcionalidad unos días antes de alcanzar su máximo desarrollo y sufre atresia⁵. La pérdida de funcionalidad en el folículo dominante resulta en una elevación en las concentraciones plasmáticas de FSH, lo que estimula la creación de una nueva onda folicular¹⁶. Este patrón de crecimiento en las ondas foliculares es repetido hasta que se presenta el folículo dominante, lo que coincide con la regresión del cuerpo lúteo que marca el inicio de la nueva fase folicular del ciclo estral, continuando el crecimiento del folículo dominante hasta el estado preovulatorio. La maduración final y ovulación del folículo dominante requiere del pico preovulatorio de LH, para lo cual debe de existir una buena síntesis de andrógenos y estrógenos por parte de las células de la teca¹⁵.

3.2 DINÁMICA FOLICULAR Y SUPEROVULACIÓN

De los 20 a 30 folículos que emergen y presentan un crecimiento y regresión durante el estro normal en los bovinos, una gran proporción tienen el potencial para llegar al estado preovulatorio y producir un óvulo que puede capacitarse para ser fertilizado y desarrollarse competentemente. Esto ha sido demostrado por la habilidad de estimular el crecimiento de múltiples folículos e inducir ovulaciones múltiples con tratamientos a base de gonadotropinas exógenas^{13, 12, 16, 17}. El objetivo de los tratamientos superovulatorios en el ganado es obtener el mayor número de embriones transferibles y su éxito es influenciado por la estimulación del crecimiento y subsecuente ovulación de los folículos antrales competentes con la influencia de gonadotropinas exógenas^{12, 14}. Los estudios para el control exógeno de la dinámica folicular durante la sincronización y superestimulación, centran su atención en 2 principales aspectos: el primero de ellos consiste en sincronizar la onda folicular emergente con tratamientos a base de esteroides para provocar la regresión del folículo dominante, el segundo consiste en optimizar la respuesta a los tratamientos superovulatorios, lo cual se logra iniciando el tratamiento hormonal al tiempo concordante con el surgimiento de la onda folicular y la selección del folículo dominante^{12, 18}.

En los tratamientos superovulatorios tradicionales existe una gran variabilidad en el número de embriones producidos, por la respuesta individual de las vaquillas, el número de folículos estimulados y el número de ovulaciones. Uno de los factores que contribuye a la variabilidad de la superovulación es el estado en que se encuentre la onda folicular al momento de aplicar las gonadotropinas. Específicamente la presencia del folículo dominante al inicio del tratamiento suprime el desarrollo folicular y bloquea la superovulación. Se ha demostrado que el folículo dominante impide que otros folículos se desarrollen, sin embargo, este bloqueo puede no darse si el tratamiento hormonal se inicia junto con la emergencia de una nueva onda folicular, en un estadio del ciclo estral en donde no exista la dominancia folicular (días 1, 2, 8, 9 y 10 del ciclo). Alternativamente la atresia del folículo dominante con el tratamiento agudo a base de 17β -estradiol y progesterona y la estimulación con gonadotropinas, se ha programado para coincidir con la emergencia de la onda folicular subsecuente^{13, 12, 19}.

Otro de los componentes que contribuye a la variabilidad en la respuesta, es el número de folículos que ovulan en respuesta a la superovulación. La razón para que solo una proporción de los folículos ovulen no es bien conocida, pero quizás esté relacionada con una inadecuada maduración folicular e insuficiente número de receptores a LH al momento del pico preovulatorio de LH¹³.

3.3 CONTROL HORMONAL DE LA RESPUESTA SUPEROVULATORIA

En un ciclo estral normal, los folículos reclutados en la onda folicular continúan su crecimiento gracias a la liberación de FSH, hasta que uno de ellos se hace dominante y provoca la regresión o atresia del resto, la inhibina y el estradiol por un mecanismo de retroalimentación negativa provocan una disminución en las concentraciones de FSH^{6, 20}, que a su vez, resultan insuficientes para mantener el crecimiento de los folículos subordinados, tal situación no afecta el desarrollo del folículo dominante que en ausencia de progesterona, terminará por ovular. De aquí que los tratamientos superovulatorios se inicien a partir de la maduración de una oleada folicular, de tal suerte que los folículos reclutados se desarrollen uniformemente^{7, 21}.

3.4 SUPEROVULACIÓN CON FSH

La hormona foliculoestimulante (FSH) es una hormona glicoproteica con una vida media corta, que se libera en forma de pulsos para estimular la actividad ovárica. En estudios previos se ha establecido que las concentraciones plasmáticas de la FSH son el "factor llave" que determina el patrón de las oleadas de crecimiento folicular, de esta forma se ha demostrado que las concentraciones elevadas de FSH en la circulación sanguínea son las responsables del surgimiento de una nueva onda folicular y que el folículo dominante causa la regresión de los subordinados y suprime el surgimiento de una nueva onda folicular al causar una disminución en las concentraciones de FSH. El tiempo de selección del folículo dominante (momento en el que su tasa de crecimiento es diferente a la de los subordinados), coincide con la primera caída significativa en las concentraciones de FSH y ocurre entre el 1º y 3º días después del surgimiento de la onda folicular, funcionando así como la señal para la selección del folículo dominante. Se ha comprobado que al aplicar FSH exógena, en el momento que debería darse la caída en su

concentración plasmática, resulta en un crecimiento prolongado de los folículos subordinados, y se suprime la selección del folículo dominante. El mecanismo responsable de la supresión del crecimiento de los nuevos folículos durante el periodo que existe entre una onda y otra es la concentración de FSH que al disminuir por acción del folículo dominante causa una estática en el crecimiento de los subordinados¹⁶

3.5 SUPEROVULACIÓN CON PMSG Y anti-PMSG

En la década de los 90's, los tratamientos superovulatorios a base de una hormona descubierta hace 80 años por Cole y Hart²², la Gonadotropina del Suero de Yegua Preñada (PMSG) gozaron de gran popularidad, pero se empezaron a observar distintos efectos adversos en su utilización como son la presencia de folículos anovulatorios, folículos parcialmente luteinizados, anomalías embrionarias y una disminución en la tasa de ovulación²². Originalmente la variabilidad en la producción de embriones se debió a los efectos residuales de la PMSG que continuaba estimulando el desarrollo de los folículos secundarios después de ocurridas las primeras ovulaciones; esos altos niveles de estrógenos interferían con el desarrollo embrionario temprano. En investigaciones *in vitro* se ha observado que los altos niveles estrogénicos producen un efecto detrimental en los óvulos y anomalías fusiformes^{23, 24}. Debido a estos problemas, se empezó a utilizar la administración de anticuerpos específicos contra la PMSG y así neutralizar sus efectos residuales en los programas de obtención de embriones^{25, 26, 27}.

Los dos factores de mayor importancia que determinan el éxito de los tratamientos a base de PMSG y antiPMSG son: 1) El tiempo de inyección del anti-PMSG. Cuando el anti-PMSG es administrado en cualquier tiempo previo al pico máximo preovulatorio de LH, se produce este efecto adverso, reduciendo significativamente el número de embriones. 2) La variación individual en la respuesta. En general los procedimientos superovulatorios tienen una gran variación y en el caso del PMSG/anti-PMSG su potencial benéfico ha causado polémica en cuanto a la inyección del anti-PMSG²⁵. La inyección del anti-PMSG en un corto tiempo después del pico de LH es difícil de determinar bajo condiciones prácticas de campo, sin embargo, esta es una de las posibilidades para volver este tratamiento más eficiente²⁸

En general los efectos benéficos del tratamiento con anti-PMSG han sido evaluados a través de la tasa de ovulación, el número de folículos anovulatorios, los folículos parcialmente luteinizados y la producción de embriones transferibles. Se ha observado que las anomalías en folículos anovulatorios (de 10 - 30 mm de diámetro) y los parcialmente luteinizados que se presentan en la superovulación con PMSG, son neutralizados al utilizar el anti-PMSG. La utilización de anticuerpos contra PMSG aumentan la tasa de ovulación y la producción de embriones transferibles. Comúnmente, la administración del antiPMSG se realiza en un tiempo fijo después de aplicar la prostaglandina F2 alfa (PGF2 α), sin embargo, el pico preovulatorio de LH ocurre a un tiempo muy variable, principalmente en el ganado de carne, por lo que al aplicarse antes de que ese evento ocurra, resulta en una menor producción de embriones²³.

La progesterona se ha utilizado para suprimir el crecimiento folicular y la ovulación previo al tratamiento superovulatorio²⁹. De igual forma, los estrógenos se utilizan previamente al protocolo de superovulación por su efecto supresivo de la foliculogénesis, principalmente sobre el folículo dominante y por cierta acción luteolítica^{30, 31}. La combinación de estradiol con progesterona se ha empleado para suprimir el crecimiento del folículo dominante e inducir la emergencia de una nueva onda folicular^{30, 31}.

3.6 DESARROLLO Y MORFOLOGÍA EMBRIONARIAS

A continuación se presentan los diferentes estadios del desarrollo embrionario de acuerdo con el número de células que lo conforman^{32, 33}.

CRONOLOGÍA DEL DESARROLLO EMBRIONARIO

TIEMPO	NÚMERO DE CÉLULAS
36 – 48 h de iniciado el estro	2
3er día	4 - 8
4º día	8 - 16
4º al 5º día	> 16 (Mórula temprana)
5º al 6º día	32 a 64 (Mórula compacta)
6º al 7º día	160 (Blastocisto temprano)
7º al 8º día	Aprox. 200 (Blastocisto temprano y Blastocisto expandido)
8º al 9º día	> 200 (Blastocisto en eclosión)

Adaptado de Noriega RS *et al*, 1995.³⁴

De acuerdo con los criterios de Lidner y Wright, (1983)³², los embriones se clasifican por su estadio de desarrollo en los siguientes estadios:

a) Mórula temprana

Se refiere a una agrupación o masa de células que tienden a ser esféricas, en la cual se pueden observar individualmente los blastómeros, la cuenta celular es difícil. La masa celular ocupa el 80 % del espacio perivitelino^{32, 33}, Figura 1.

b) Mórula madura

La principal característica de este estadio es la compactación de la masa celular y con blastómeros de forma poligonal. En la periferia de la masa celular las células son esféricas. La observación individual de los blastómeros es imposible, la masa celular ocupa el 60 % o el 70 % del espacio perivitelino^{32, 33}, Figura 2.

c) Blastocisto temprano

Es un embrión en fase de mórula compacta en la que se empieza a formar una cavidad interna ocupada por fluido conocido como "blastocelo". El blastocisto tiene una apariencia de anillo y ocupa del 70 al 80% del espacio perivitelino. La diferencia visual entre el trofoblasto y la masa celular es apreciable. El blastocelo abarca menos del 50 % de la masa celular del embrión^{32, 33}, Figura 3.

d) Blastocisto maduro

Se caracteriza por una pronunciada diferenciación entre las células del trofoblasto (que se alarga y extiende en toda la periferia del embrión) y el disco embrionario que es una masa muy pequeña de color oscuro y más compacta. El blastocelo abarca más del 50% de la totalidad del embrión y el embrión ocupa el 90 % del espacio perivitelino^{32, 33}, Figura 4.

e) Blastocisto expandido

La principal característica de este estadio es el aumento considerable del diámetro del embrión así como el adelgazamiento de la zona pelúcida (hasta un tercio de su grosor normal) y la ocupación del 100% del embrión en el espacio perivitelino. En algunos casos se pueden coleccionar blastocistos expandidos que se colapsan con pérdida total o parcial del blastocelo, sin embargo, su zona pelúcida queda sin modificarse (adelgazada)^{32, 33}, Figura 5.

f) Blastocisto en eclosión

En esta fase de desarrollo, el embrión tiene fisurada la zona pelúcida por donde eclosiona paulatinamente hasta salir totalmente de ella. El embrión puede tener la forma esférica de un blastocisto expandido o bien estar colapsado^{32, 33}, Figura 6.

3.7 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS EMBRIONES

La evaluación de la calidad de los embriones se basa en los cambios morfológicos de los blastómeros, relacionados con la edad del embrión. Algunos de los criterios considerados más comúnmente utilizados se describen continuación:

Estado de desarrollo: El estadio en que se encuentre el embrión al ser colectado debe coincidir con el día en que se realizó la colección embrionaria; si el embrión se encuentra en un estado de desarrollo más joven (1 a 1.5 días) será un embrión retrasado, lo cual disminuye los porcentajes de concepción al momento de la transferencia³².

Número de células o blastómeros: este es uno de los aspectos más importantes y solo cuando el número de blastómeros en el embrión sea difícil de contar será apto para la transferencia³².

Compactación: Una buena compactación permite la nutrición entre los blastómeros y contribuye a la formación de la cavidad del blastocelo. Cuando esta compactación es la adecuada, los blastómeros presentan una forma poligonal dando una apariencia de mora; si por el contrario la compactación no es la adecuada, la forma de los blastómeros será redondeada y podrán observarse incluso la separación entre ellos³².

Color: Cuando el embrión es de calidad excelente, tiene un color ámbar característico, los embriones de buena calidad presentan un color más oscuro pero uniforme. La presencia de manchas en el embrión está asociado con problemas metabólicos debido a la presencia de vesículas; estas vesículas pueden resultar normales si se localizan en estadios como blastocisto temprano y blastocisto maduro³².

Blastómeros extruidos: Esta anomalía se observa como células muy grandes que se quedaron en un estado de desarrollo temprano y se encuentran fuera de la masa celular en el espacio perivitelino; entre más blastómeros extruidos tenga un embrión, menor será su calidad³².

Zona pelúcida irregular: Esta condición no le dará una menor calificación al embrión y no causa ningún problema a menos que está rota la zona pelúcida en cuyo caso el embrión no es apto para la congelación debido a que sus células pueden sufrir daños, y se aconseja transferirlo en fresco³².

Restos celulares en el espacio perivitelino: La presencia de estos restos nos indica la destrucción de membranas o la degeneración de las células, dependiendo de la cantidad de este material, será el grado de degeneración del embrión³².

3.8 CLASIFICACIÓN DE LOS EMBRIONES RESPECTO A SU CALIDAD

Los embriones de acuerdo con las características morfológicas a la colección se han clasificado en 4 grupos, tal como se describe a continuación:

CALIDAD	DESARROLLO ADECUADO	COMPACTACIÓN	COLOR	BLASTÓMEROS EXTRUIDOS	VESÍCULAS	RESTOS CELULARES
1. EXCELENTE	+++	Buena	Ambar uniforme	No	Pocas	No
2. BUENO	+++	Leve descompactación	Uniforme	Uno grande o algunos pequeños	No abundantes	Pocos
		Descompactación marcada	Oscuro o con pocas manchas	Buena cantidad	Presentes	Presentes
3. REGULAR	++	Descompactación marcada	Zonas claras y oscuras	Con marcadas irregularidades	Abundantes	Abundantes
4. NO TRANSFERIBLE	Anormal	Descompactación marcada	Zonas claras y oscuras	Con marcadas irregularidades	Abundantes	Abundantes

Adaptado de Lidner y Wright 1983.³²

IV. HIPÓTESIS

Las novillonas cebú con el tratamiento superovulatorio a base de FSH + PMSG producirán mayor número de embriones transferibles en comparación con aquellas tratadas solo con PMSG + Anti-PMSG.

V. OBJETIVO

Comparar la respuesta a la superovulación en novillonas, con dos tratamientos superovulatorios (FSH+PMSG y PMSG+Anti-PMSG), a través de la evaluación del desarrollo folicular y número de cuerpos lúteos, por ultrasonografía, así como por la cantidad y calidad de embriones colectados.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN

El presente estudio se realizó en el Módulo de Producción de vaquillas F1 "La Soledad", que pertenece al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (C.E.I.E.G.T.), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México el cual se encuentra a 19° 50' latitud norte, 97° 1' longitud oeste, a una altura promedio de 150 msnm, en un clima Af(m)(e) cálido húmedo, con una temperatura promedio anual de 24° C, y una precipitación pluvial promedio de 1743 mm.³⁵ Ubicado en el km 3.5 del camino vecinal Martínez de la Torre - Novara, Municipio de Atzacan estado de Veracruz, México

6.2 MANEJO DE LOS ANIMALES.

Se utilizaron 20 novillonas cebú Brahman libres de brucelosis y tuberculosis, con un peso promedio de 380 kg y 18 meses de edad y sin alteraciones del aparato reproductor al examen ginecológico por palpación rectal. Para la detección de calores se realizó la observación de los animales 2 veces por día, en periodos de una hora desde 45 días antes de iniciar los tratamientos. Se verificó la presencia de cuerpo lúteo por palpación rectal y ultrasonografía en dos ocasiones con 8 días de intervalo una de otra. Con esa información y un examen rectal y ultrasonográfico se determinó que animales estaban ciclando por la presencia de un cuerpo lúteo (CL) y se formaron dos grupos de 10 novillonas cada uno el Grupo A y Grupo B.

6.3 ALIMENTACIÓN Y COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA.

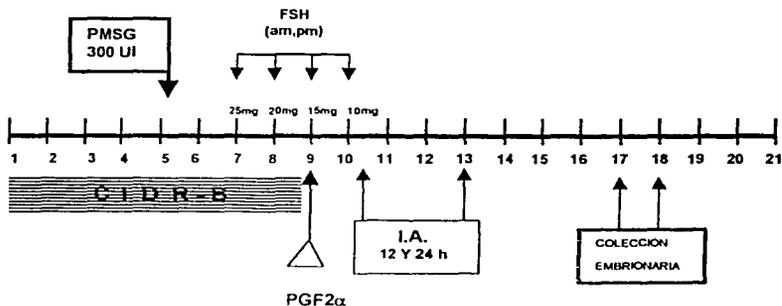
Las novillonas utilizadas se mantuvieron en un sistema de pastoreo rotacional intensivo en praderas compuestas por gramas nativas (*Axonopus spp* y *Paspalum spp*) y Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). Se mantuvo una carga animal de 1.5 UA / ha, ajustando la superficie pastoreable con cerco eléctrico móvil. Adicionalmente, durante los tres meses previos (abril-junio) a la colección de los embriones, todas las novillonas recibieron complementación alimenticia a base de concentrado comercial con 14% de PC y 1.4 Mcal de ED por kg de MS, el cual se ofreció a razón del 1% del peso corporal por animal por día, la cantidad de concentrado ofrecida se ajustó cada 15 días de acuerdo con los cambios de peso corporal.

6.4 SINCRONIZACIÓN Y DETECCIÓN DEL ESTRO

Para la sincronización del estro en ambos grupos (A y B) se utilizó un dispositivo intravaginal (CIDR) impregnado de progesterona al 10 % (1.9 g de progesterona en silicona estéril), el cual permaneció por 9 días, al momento de la inserción de CIDR (día 1) se aplicaron 2.5 mg de Benzoato de estradiol y 50 mg de progesterona, ambas por vía intramuscular (IM), para provocar la lisis de tejido lúteo y la atresia del folículo dominante. El día de retiro del CIDR (día 9) se aplicó una inyección de 25 mg de prostaglandina F2 alfa (PGF2 α) vía IM, para eliminar la presencia de tejido lúteo que pudiera interferir con la ovulación de los folículos formados. Todas las novillonas fueron observadas para la detección del estro (dejarse montar) durante 100 horas continuas después de la aplicación de la PGF2 α , ya que se ha observado que los animales cebú sometidos a este tipo de tratamientos presentan estros cortos y con signos mínimos^{36,37}.

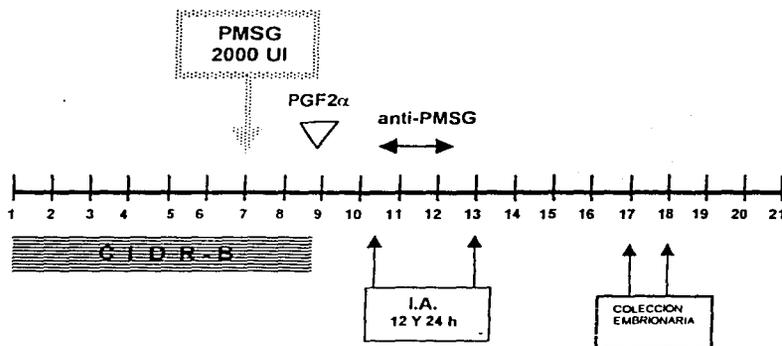
6.5 TRATAMIENTO SUPEROVULATORIO E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

El tratamiento superovulatorio para las novillonas del Grupo A consistió en la administración de 300 UI de PMSG vía IM el día 5 a las 7 AM. Posteriormente, se administró una dosis total de 140 mg de la hormona foliculoestimulante (NIH-FSH-P1), repartida en 8 aplicaciones, realizadas una cada 12 horas (4x2) en cantidades decrecientes por vía IM, como se esquematiza a continuación:³⁸



El tratamiento superovulatorio para las novillonas del Grupo B consistió en la aplicación de 2000 UI de PMSG el día 7 a las 7 AM, por vía IM. El anti-PMSG se administró a una dosis de 1000 μ g por vía IM, 12 horas después de iniciado el estro, coincidiendo con la primera inseminación artificial

(IA). La IA se realizó en dos ocasiones, la primera a 12 horas y la segunda a 24 horas después de iniciado el estro. En la IA se utilizó semen congelado de un mismo toro, de la raza Holstein, con pruebas de progenie y de fertilidad previamente comprobada. El esquema de superovulación para el Grupo B se presenta a continuación



6.6 EVALUACIÓN DEL DESARROLLO FOLICULAR

Al retirar el CIDR se verificó el número y tamaño de los folículos ováricos por ultrasonografía. El día de la IA se realizó un examen ginecológico por palpación rectal para verificar los signos internos de estro (tono uterino y secreción de moco cervico-vaginal). El día de la colección de los embriones (los días 6 y 7 después de la IA) se hizo el conteo de cuerpos lúteos por ultrasonografía³⁹.

6.7 COLECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS EMBRIONES

La colección de los embriones se realizó 6-5 días después de la primera IA, por la técnica no quirúrgica recomendada por Halley *et al*⁴⁰.

El lavado uterino para la colección de los embriones se utilizó, por cada novillona, un litro de agua tridestilada, adicionado con albúmina bovina y polvo para solución PBS (Solución Salina Fosfatada y Buforada). El lavado se realizó individualmente en cada cuerno uterino, introduciendo por gravedad de 50 a 100 ml de PBS, de acuerdo al tamaño del tracto reproductivo del animal, repitiendo de 5 a 7 veces en cada cuerno; el líquido colectado se pasó por filtros colectores de embriones (Emm-com), con poros de 80 μ de diámetro^{41, 42}.

Los filtros después del lavado uterino fueron transportados al laboratorio en un tiempo máximo de 15 minutos, donde fueron examinados al microscopio estereoscópico para la búsqueda de los embriones.

Se clasificaron como transferibles las mórulas (joven y compacta) y blastocistos (inmaduro, maduro y expandido). Se clasificaron como no transferibles los óvulos y embriones calificados como malos o defectuosos, de acuerdo con Lidner y Wright³². Inmediatamente después de la colección, a cada novillona se le aplicó 25 mg PGF_{2α} via IM

6.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las novillonas fueron distribuidas en un diseño completamente al azar en dos tratamientos (A = ; B =) con 10 repeticiones cada uno (1,.....,10). Se realizó la prueba de t de student, considerando como variables independientes a los tratamientos (Grupo A y Grupo B), y las variables dependientes fueron

- Número de cuerpos lúteos 7 días después del tratamiento
- Número de folículos mayores de 10 mm al retirar el CIDR
- Número de embriones transferibles en fresco (buenos y regulares)
- Número de embriones no transferibles en fresco (malos)
- Número de óvulos (no transferibles) en fresco.

Se realizaron pruebas de correlación de Pearson entre la cantidad de cuerpos lúteos observados 7 días después del tratamiento y el número de embriones colectados así como entre el peso de los animales y la cantidad de cuerpos lúteos.

El análisis de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico SAS⁴³.

VII. RESULTADOS

7.1 RESPUESTA OVÁRICA A LA SUPEROVULACIÓN

Al retiro del CIDR-B el número de folículos >10 mm (Promedio \pm D.E.) en el Grupo A fue 20.6 ± 6.5 ; mientras que en el Grupo B fue de 13.6 ± 6.5 , siendo la diferencia estadísticamente significativa ($P<0.05$). De la misma manera, el día de la colección embrionaria al examen ultrasonográfico se encontraron 4.8 ± 4.8 y 3.7 ± 2.2 cuerpos lúteos (CL) en los Grupos A y B, respectivamente; sin embargo, las diferencias no fueron significativas estadísticamente ($P > 0.05$), Cuadro 1, Figuras 7 y 8

La relación entre folículos >10 mm ($F>10$) y el número de CL fue muy baja en ambos Grupos, ya que en el Grupo A de un total de 206 $F>10$, únicamente se encontraron 48 CL, lo cual representa una tasa de ovulación del 23.3% y una falla en la ovulación del 76.69%, ya que 158 folículos fueron anovulatorios. De manera similar ocurrió en el Grupo B en donde de un total de 136 $F>10$, solo se formaron 37 CL, lo cual representa una tasa de ovulación del 27.2%, una falla en la ovulación del 72.79%, ya que permanecieron 99 folículos anovulatorios. No obstante, el análisis de los datos reveló que las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P>0.05$). El total en ambos grupos fue de 342 $F>10$, 257 $F>10$ anovulatorios y de solo 89 CL, indicando una tasa de ovulación general del 26.02%, Cuadro 1

7.2 TASAS DE FERTILIDAD

La relación entre la cantidad de cuerpos lúteos y el número total de embriones colectados resultó ser estadísticamente diferente entre los grupos ($r=0.77$, $P<0.05$), ya que para el grupo A de un total de 48 cuerpos lúteos, se obtuvieron tan solo 18 embriones, lo que representa una tasa de fertilidad del 37.5%, y en el grupo B de 37 cuerpos lúteos, se obtuvo un total de 26 embriones, lo que representa una tasa de fertilidad del 70.03%. Figuras 9 y 10. El total de cuerpos lúteos obtenido con los 2 grupos, fue de 88 mientras que entre ambos solo produjeron 44 embriones, lo que representa una tasa de fertilidad entre los dos del 49.4%, Cuadro 1

7.3 COLECCIÓN EMBRIONARIA

Aunque la relación entre la cantidad de embriones totales y los transferibles, no resultó significativa entre los grupos ($r=0.534$, $P>0.05$), observamos que los resultados fueron bastante satisfactorios,

ya que en el grupo A se observa que de un total de 18 embriones recuperados, 14 de ellos fueron clasificados como transferibles, lo que representa una tasa de embriones transferibles del 77.7%, mientras que en grupo B se colectaron 26 embriones de los cuales 20 fueron transferibles resultando una tasa de embriones transferibles del 76.92%, Cuadro 1. Figura 11

Entre ambos tratamientos se obtuvieron un total de 44 embriones, de los cuales 34 fueron transferibles y 10 fueron no transferibles, lo que representa una tasa de embriones transferibles del 77.27%

En lo que respecta a la producción de embriones transferibles (media \pm D.E.), aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($t = 0.542$, $P > 0.05$) se observa que si hubo una diferencia numérica a favor del grupo B, ya que mientras en el grupo A se obtuvieron 1.4 ± 2.22 embriones transferibles, en el grupo B se obtuvieron 2 ± 2.7 . Del mismo modo no hubo diferencias estadísticas entre los grupos en lo que respecta a la producción de embriones no transferibles ($t = 0.530$, $P > 0.05$) ya que mientras en el grupo A se obtuvieron 0.4 ± 0.51 embriones no transferibles, en el grupo B se colectaron 0.6 ± 1.07 , Cuadro 1

Se realizó una prueba de correlación entre la cantidad de cuerpos lúteos observados y el número de embriones colectados, los resultados de este análisis demostraron que no existe una correlación entre estas variables para el tratamiento de FSH ($r(12) = 0.5921$, $P > 0.05$), sin embargo para el de PMSG ($r(12) = 0.7663$, $P < 0.01$), la correlación fue altamente significativa, Figuras 10 y 11.

El análisis de correlación entre el peso de los animales y la cantidad de cuerpos lúteos en ambos grupos no indicó diferencias significativas ($r=0.35$, $P>0.05$).

Con respecto al estadio de desarrollo en que se encontraban los embriones al momento de la colección, de los 14 embriones colectados con el tratamiento a base de FSH, cuatro de ellos se encontraban como mórulas (29%), seis como blastocisto inicial (42%) y los cuatro restantes como blastocisto maduro (29%). En el tratamiento de PMSG se obtuvieron 3 mórulas (15%), seis blastocistos iniciales (30%), tres blastocistos maduros (15%) y ocho blastocistos expandidos (40%), Cuadro 2, Figuras 12 y 13

VIII. DISCUSIÓN

8.1 RESPUESTA OVÁRICA A LA SUPEROVULACIÓN

El desarrollo folicular fue significativamente superior ($P < 0.05$) en el Grupo A en comparación con el Grupo B, cuyos promedios fueron: 20.6 ± 6.55 y 13.6 ± 6.51 folículos mayores a 10 mm ($F > 10$), respectivamente. Sin embargo, la tasa de ovulación mostró una tendencia a ser mayor en el Grupo B en comparación con el Grupo A, lo cual sugiere que el tratamiento utilizado en el Grupo A, FSH adicionada con PMSG, ocasionó un bloqueo en la ovulación, tal como fue reportado por D'Occchio et al (1999)¹³, quienes sostienen que los folículos inmaduros, al ser expuestos a cantidades de FSH mayores a las endógenas, no completan la maduración y se bloquea la ovulación.

Resultados similares fueron reportados en ganado cárnico tipo europeo con un tratamiento similar al utilizado en el Grupo A del presente estudio, pero en el cual no aplicaron el pretratamiento con PMSG. En ese trabajo, en el grupo tratado con FSH tuvo menor número de folículos anovulatorios que el grupo tratado con PMSG (0.4 y 2.2, respectivamente)^{44,27}. Roche et al (1991)¹⁵, reportaron que en la sincronización del estro y administrando una dosis simple de 7 mg de FSH, en presencia de un folículo dominante, ocurre un bloqueo en la maduración de los folículos de talla media (< 10 mm) y sugieren una mejor respuesta en el desarrollo de los folículos medianos, con el mismo tratamiento, cuando no hay folículo dominante.

En el presente trabajo no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en el número de cuerpos lúteos entre los dos grupos de tratamiento. En otros estudios^{31, 45} donde utilizaron un progestágeno en la sincronización del estro, pero la adición de progesterona y estradiol intramuscular se realizó un día después de insertar el implante, obtuvieron mayor número de cuerpos lúteos en los animales tratados con FSH (8.6) que en los tratados con PMSG (4.3), lo cual sugiere que en el presente estudio el tiempo al cual fueron aplicadas la progesterona y el benzoato de estradiol pudieron haber bloqueado la ovulación.

En otro estudio⁴⁶ en ganado *Bos taurus* en el que se comparó la respuesta del tratamiento superovulatorio después de la sincronización de la onda folicular con un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (PRID) y la prostaglandina F2 alfa; en ese trabajo se encontró un menor

número de cuerpos lúteos cuando se sincronizó con PRID (10.3 ± 1.5) que con prostaglandina (14.1 ± 2.5)

Al respecto Adams et al (1994)⁴⁷, no encontraron diferencias en el número de cuerpos lúteos al superovular con FSH a vacas cárnicas que previamente fueron sincronizadas con un progestágeno más valerato de estradiol o simplemente con el progestágeno

8.2 TASAS DE FERTILIDAD

La diferencia encontrada entre la producción de cuerpos lúteos y la cantidad total de embriones colectados en este estudio ($P < 0.01$), se reflejó en las tasas de fertilidad de ambos tratamientos, con una mejor respuesta en el Grupo B (70.3%), a diferencia del Grupo A en el que la correlación no resultó significativa y se obtuvo una tasa de fertilidad menor (37.5%), lo que sugiere que los óvulos obtenidos en el tratamiento a base de FSH fueron de mala calidad, o bien pudieron haber sufrido anomalías al momento de la fertilización como es el caso de la poliespermia, mientras que en el Grupo B este fenómeno no existió o bien se presentó en menor grado¹. Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Becker et al (1986)⁴⁸ en un trabajo realizado con vacas cebú en el que hubo más cuerpos lúteos en el tratamiento de FSH que en el de PMSG (27.5 vs 12.5), pero la fertilidad fue menor (47.2% vs 76%), en este trabajo la baja respuesta a la superovulación obtenida por el tratamiento a base de FSH se le atribuye al estrés causado por la aplicación repetida de la FSH en comparación con la dosis única que se requiere para superovular con PMSG. De igual forma Rousset et al (1988)⁴⁹ en un estudio realizado en vacas Holstein obtuvieron una tasa de fertilidad inferior en el tratamiento a base de FSH en comparación con el de PMSG (52.6% vs 73.1%), a pesar de que la FSH produjo más cuerpos lúteos, aunque sus resultados no mostraron diferencias estadísticas.

Los resultados obtenidos por Mapletoft et al (1988)⁵⁰, difieren con los obtenidos en este trabajo, ya que ellos consiguieron una tasa de fertilidad del 67% en novillonas de carne europeas tratadas con FSH, por lo que es probable que la baja respuesta se deba al pretratamiento con PMSG.

La tasa de fertilidad obtenida en este trabajo para el Grupo B coincide por lo reportado por Wang et al (1988)⁵¹ en novillonas de carne europeas, ya que ellos obtuvieron un 61% de fertilidad, utilizando anticuerpos monoclonales anti-PMSG y una dosis de PMSG de 3000 UI

8.3 COLECCIÓN EMBRIONARIA

En cuanto a la cantidad de embriones transferibles (ET) como de no transferibles (ENT) obtenidos en ambos tratamientos, no se encontraron diferencias significativas, pero es importante resaltar que la desviación estándar para ambos tratamiento ratifica que existe una gran variabilidad en la respuesta individual a los tratamientos superovulatorios, ya que en ambos casos superó al promedio. Por otra parte aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas entre tratamientos para la producción de embriones transferibles, numéricamente resultó superior el Grupo B en la producción de los mismos.

El promedio de embriones transferibles (1.4 ± 2.22) obtenido en el tratamiento de FSH coincide con lo reportado en otros trabajos^{36,52} realizado en vacas y novillonas *Bos indicus* Nelore (promedio de 1.4 a 1.7) y no esta muy alejado de lo reportado⁵³ en 423 superovulaciones realizadas en ganado europeo donde se obtuvo un promedio de 3.4 ET, ni de lo que se reporta⁵⁴ en ganado F1 (*Bos indicus* x *Bos taurus*) en donde se obtuvieron 2.73 ± 0.76 ET; aunque se puede observar claramente el efecto de la raza en la producción de embriones, ya que conforme va aumentando el grado de sangre europea la cantidad de embriones también se incrementa, esto queda mas claramente demostrado después de comparar los resultados obtenidos en este estudio, con los que obtuvieron Detterer et al (1997)⁵⁵ en un grupo de 332 animales Holstein tratados con folltropin, en donde se obtuvo un promedio de 5.00 ET.

Aunque como es sabido la respuesta superovulatoria es multicausal y esto se demuestra al observar los resultados obtenidos por Mapletoft et al (1988)⁵⁰ en ganado de carne europeo, donde se obtuvo un promedio de 2.0 ET por animal a pesar de tratarse de animales europeos y de ser el mismo tratamiento utilizado en otros trabajos^{36, 55} donde el promedio fue mayor, por lo que deducimos que la respuesta a la superovulación pudo haber estado influenciada por otras variables tales como la edad de los animales, la condición corporal, el peso, la época del año, etc.

El número de embriones transferibles obtenidos en este trabajo no coinciden con lo reportado por Pawlyshyn et al (1986)⁵⁶ en ganado de carne europeo, ya que el obtuvo un promedio de 5.1 ET con una dosis de 45 mg de FSH, y 6.4 ET con una dosis de 30 mg de FSH, lo que sugiere que la disminución en el número de embriones transferibles obtenidos en el Grupo A puede ser atribuible

al pretratamiento que recibieron los animales con 300 UI de PMSG. Este efecto adverso que se le atribuye al pretratamiento con PMSG, se ratifica al observar los resultados obtenidos por diferentes autores^{57, 58} utilizando tratamientos a base de FSH, ya que normalmente se obtienen promedios superiores a 50 ET.

Contrario a lo observado en este trabajo, en un estudio realizado en Argentina con ganado de carne con FSH y el mismo pretratamiento, se reporta un efecto benéfico del pretratamiento sobre la cantidad de embriones totales producidos (10.8 ± 1.7) en comparación con los animales que recibieron únicamente el tratamiento a base de FSH (7.9 ± 1.2)¹⁰.

Los resultados obtenidos en el Grupo A, coinciden con lo reportado por otros autores que utilizaron un pretratamiento a base de una pequeña dosis de FSH en los días 2 y 3, ya que fueron inferiores al testigo que utilizaron, en el que únicamente se aplicó FSH, sin embargo al aplicar el pretratamiento los días 3 y 4, la producción de embriones transferibles resultó estadísticamente superior al testigo^{7, 8, 59, 60}.

La diferencia numérica en la producción de embriones transferibles que resultó a favor del Grupo B ($2.0 > 1.4$), coincide con lo que reporta Becker et al (1986)⁴⁸ en vacas Nelore, así como lo que reporta Kim et al (1987)⁴⁴ en ganado de carne europeo. Sin embargo estos resultados no coinciden con lo reportado en otros estudios realizados en ganado Holstein, donde el tratamiento con FSH resultó estadísticamente superior ($P < 0.05$) en la producción de embriones que el de PMSG^{55, 61}.

Sin embargo en otro estudio realizado en vacas Holstein, se obtuvieron resultados similares a los obtenidos en este trabajo, ya que el promedio de embriones transferibles colectados fue superior en el tratamiento a base de PMSG en comparación con el de FSH(4x2)⁴⁹.

Los resultados obtenidos en la cantidad de embriones transferibles con el Grupo B coinciden con lo reportado por Wang et al^{62, 51} en novillonas y vacas de carne (*Bos taurus*), en donde se probaron diferentes dosis de PMSG con y sin la utilización de anticuerpos monoclonales anti-PMSG y se demostró que la aplicación del anti-PMSG reduce significativamente el número de folículos anovulatorios.

En un trabajo realizado en Israel, donde se probó la utilización del progestágeno Sincromate-B[®] (SMB) para la sincronización de la onda folicular, descubrieron que los animales tratados,

obtuvieron una respuesta inferior tanto en la producción de embriones totales, como en la de embriones transferibles en comparación con aquellos en los que no se utilizó el progestágeno, tanto para el tratamiento de PMSG (4 2 ET sin SMB vs 2 3 ET con SMB) como para el de FSH (5 9 ET sin SMB vs 3 6 ET con SMB), por lo que se le puede atribuir a la utilización del progestágeno en el presente estudio un efecto adverso en la producción de embriones transferibles⁴⁴. Al respecto Fuentes et al^{31, 45}, encontraron que al aplicar progesterona y estradiol un día después de insertar el dispositivo vaginal o el implante, aumenta el número de embriones (6 9±5 1), en comparación a cuando se aplican el mismo día en que se inserta el dispositivo (2 7±2 6)

Los resultados obtenidos en la cantidad de embriones no transferibles para ambos tratamientos (FSH = 0 4 ± 0 5, PMSG = 0 6 ± 1 07), no coinciden con lo reportado en otras publicaciones en vacas Nelore (9 5 vs 2 0 respectivamente), lo que nos indica que en este trabajo se obtuvo un promedio de embriones no transferibles bastante aceptable para ganado cebu⁴⁶

De acuerdo a lo reportado por Bastidas y Randell (1987)⁶³ en vacas brahman, la respuesta a la superovulación en ambos tratamientos, fue pobre en cuanto a la cantidad de embriones transferibles (ET) obtenidos (< 3 ET), así como en el total de estructuras (TE) recuperadas (< 6 TE) En cuanto al total de estructuras recuperadas en el Grupo A, se encontró que el 10% de los animales presentaron una buena respuesta (> 6), el 40% tuvo una pobre respuesta (< 6), y el 50% no obtuvieron respuesta En el tratamiento de PMSG el 10% obtuvo una buena respuesta, el 60% tuvo una respuesta pobre y el 30% no presentaron respuesta alguna En el Grupo A el 50% de los animales no produjo embriones transferibles, el 30% obtuvo una respuesta pobre y en el 20% la respuesta fue buena, estos resultados coinciden con lo reportado por Monniaux et al (1983)²¹ en vacas Charolais

La pobre respuesta obtenida en la producción de embriones por ambos tratamientos puede justificarse debido a que los animales que se utilizaron eran aun muy jóvenes, lo que concuerda con lo publicado por Detterer et al (1997)⁶⁵, ya que ellos después de analizar los datos de 999 superovulaciones en ganado Holstein descubrieron que las novillonas son los animales que tienen un menor promedio en la producción de embriones totales y transferibles (6 37, 3 80, respectivamente), seguidas por las vacas de primer parto (7 03 4 15) y quedando como las

mejores productoras de embriones aquellas de dos o más partos (9.23, 4.43) En otro estudio Saumande et al (1981)⁶⁴ encontraron diferencias significativas en la producción de embriones transferibles con animales de diferentes edades ($P < 0.05$), ya que mientras que las novillonas obtuvieron un promedio de 4.3 ET, las vacas de 3 a 6 años obtuvieron 7.1 ET en promedio y las de 7 a 10 años produjeron 6.0 ET

IX. CUADROS

Cuadro 1.

Efecto de dos tratamientos de superovulación sobre el desarrollo folicular, ovulación, fertilidad y producción de embriones en novillonas Brahman en el trópico húmedo

VARIABLE	GRUPO A (FSH)	GRUPO B (PMSG)
Folículos >10 mm al retiro del CIDR-B: Promedio \pm D.E.	20.6 \pm 6.55 ^a	13.6 \pm 6.51 ^b
Cuerpos Lúteos el día de la Colección: Promedio \pm D.E.	4.8 \pm 4.84 ^a	3.7 \pm 2.26 ^a
Tasa de Ovulación: CL/F>10 (%)	48/206 (23.3) ^a	37/136 (27.2) ^a
Embriones Totales: número	18 ^a	26 ^a
Tasa de Fertilidad: embriones totales/CL (%)	18/48 (37.5) ^a	26/37 (70.3) ^b
Embriones Transferibles: Promedio \pm D.E.	1.4 \pm 2.22 ^a	2.0 \pm 2.7 ^a
Embriones no-transferibles: Promedio \pm D.E.	0.4 \pm 0.51 ^a	0.6 \pm 1.07 ^a
Tasa de Embriones Transferibles (E.transf/E.totales) (%)	18/48 (37.5) ^a	26/37(70.3) ^b

Distinta literal entre grupos indica diferencia significativa (P<0.05)

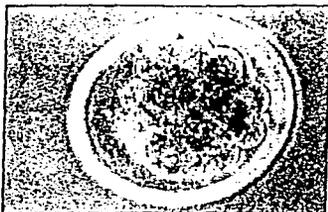
Cuadro 2.

**RELACION DEL ESTADIO DE DESARROLLO DE LOS EMBRIONES TRANSFERIBLES
OBTENIDOS CON DOS TRATAMIENTOS DE SUPEROVULACION EN NOVILLONAS BRAHMAN**

ESTADIO DE DESARROLLO	GRUPO A	GRUPO B
	Número (%)	Número (%)
MORULAS	4 (29)	3 (15)
BLASTOCISTO INICIAL	6 (42)	6 (30)
BLASTOCISTO MADURO	4 (29)	3 (15)
BLASTOCISTO EXPANDIDO	0 (0)	8 (40)
TOTAL	14 (100)	20 (100)

X. FIGURAS

TESIS CON
FALLA DE ORIENTE



a) MÓRULA TEMPRANA (fig. 1)



b) MÓRULA MADURA (fig. 2)



c) BLASTOCISTO TEMPRANO (fig. 3)



d) BLASTOCISTO MADURO (fig. 4)



e) BLASTOCISTO EXPANDIDO (fig. 5)



f) BLASTOCISTO EN ECLOSIÓN (fig. 6)

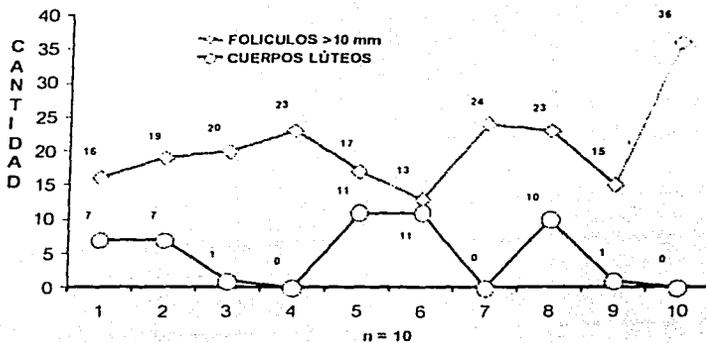


Figura 7. CANTIDAD DE FOLÍCULOS Y CUERPOS LÚTEOS OBTENIDOS EN EL BASE DE FSH

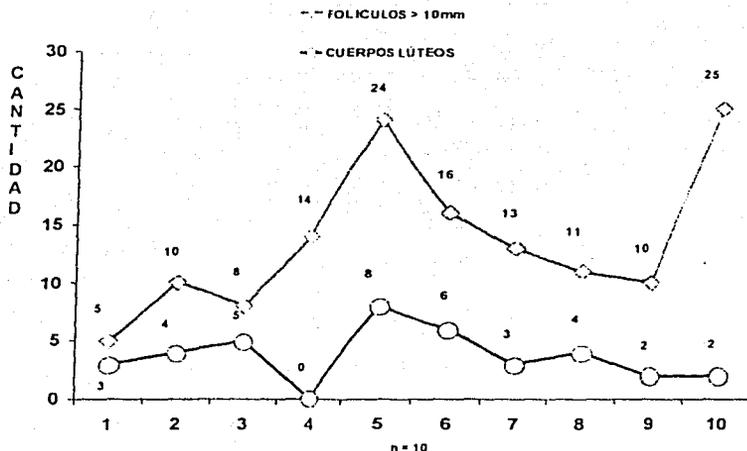


Figura 8. CANTIDAD DE FOLICULOS Y CUERPOS LÚTEOS OBTENIDOS EN EL TRATAMIENTO A BASE DE PMSG

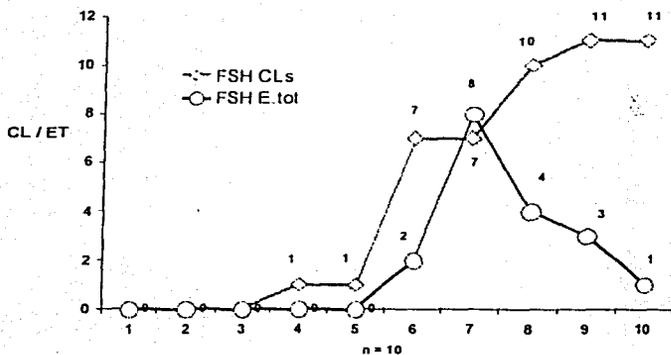


Figura 9. CORRELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE CUERPOS LUTEOS Y EL TOTAL DE EMBRIONES PRODUCIDOS EN EL TRATAMIENTO A BASE DE FSH

$r(12) = 0.5291, P > 0.05$

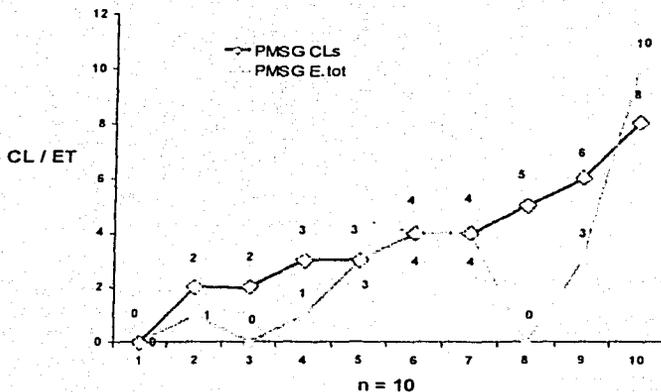


Figura 10. CORRELACIÓN POSITIVA ENTRE LA CANTIDAD DE CUERPOS LUTEOS Y LA PRODUCCIÓN TOTAL DE EMBRIONES EN EL TRATAMIENTO A BASE DE PMSG

$r(1\ 2) = 0.7665, P < 0.01$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

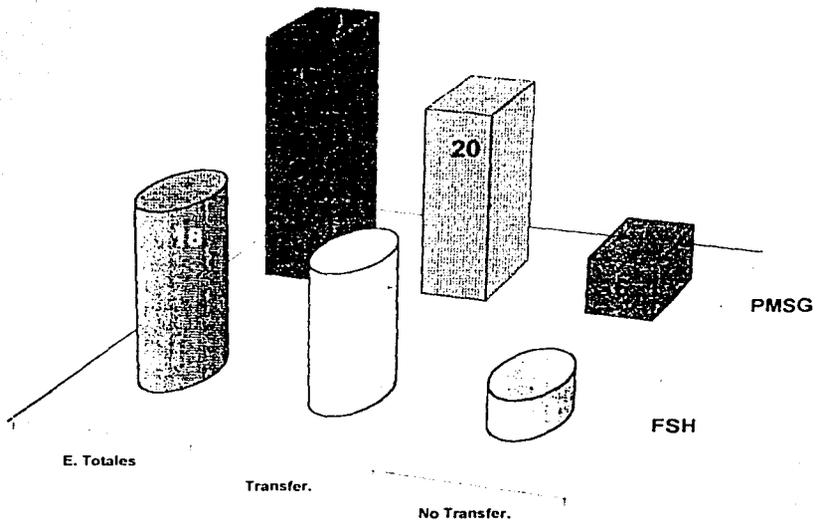


Figura 11. RESULTADOS OBTENIDOS EL DIA DE LA COLECCIÓN EMBRIONARIA CON LOS DOS TRATAMIENTOS

P > 0.05

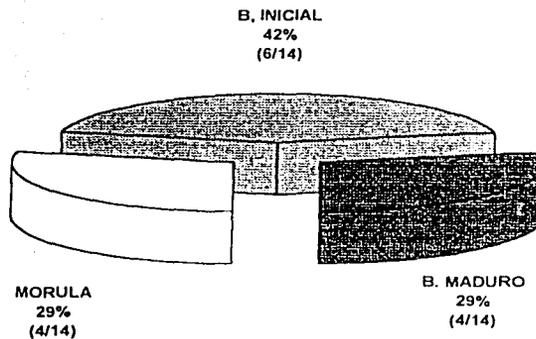


Figura 12. PRODUCCIÓN DE EMBRIONES TRANSFERIBLES CON EL TRATAMIENTO A BASE DE FSH Y SU ESTADIO DE DESARROLLO

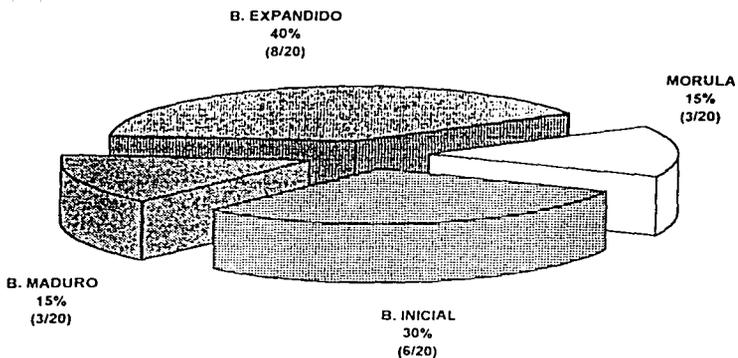


Figura 13. PRODUCCIÓN DE EMBRIONES TRANSFERIBLES CON EL TRATAMIENTO A BASE DE PMSG, Y SU ESTADIO DE DESARROLLO

ANEXO.**ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR EMBRIÓN TRANSFERIBLE**

Los costos de los insumos utilizados para la colección, clasificación y congelación de los embriones fueron calculados en base al número total de animales utilizados en el experimento ($n=20$). En el caso de los fármacos se calculó el costo por dosis, y en los consumibles para la clasificación, y congelación de los embriones, se dividió el total gastado entre el número de animales utilizados en el experimento, obteniendo de esta forma el costo por animal, en cada uno de los rubros. Posteriormente se realizó la suma de todos los insumos, obteniendo el costo por animal, el cual fue multiplicado por 10 para obtener el Costo por Grupo. Para calcular el costo por embrión transferible en cada uno de los grupos, se dividió el costo por grupo entre la cantidad de embriones transferibles obtenidos. En el caso del grupo A, la división se realizó entre 14 E.T., y en el grupo B se realizó entre 20 E.T. Cuadro I

Como ya se describió en la metodología, las novillonas recibieron una complementación alimenticia a razón del 1% del peso vivo, por un periodo de 45 días, para esto se utilizó un alimento comercial con un costo por kg de \$ 1 75. Diariamente les fueron ofrecidos 2 bultos de alimento de 40 kg cada uno.

Para calcular el consumo total del alimento, se multiplicó el alimento utilizado por día, por los 45 días que duró la complementación, posteriormente el total de alimento utilizado se multiplicó por el precio por kg de alimento, obteniendo el costo total por concepto de complementación alimenticia, el cual fue dividido entre los 2 grupos, obteniendo el Costo por grupo, para después dividir este entre el número de embriones transferibles obtenidos en cada uno de los tratamientos, con lo que se obtuvo finalmente el Costo por embrión transferible en cada uno de los grupos. Cuadro II

Para poder calcular el costo por la sincronización e inseminación artificial, se tomó en cuenta la suma de todos los insumos utilizados por animal. El total obtenido se dividió entre los dos grupos obteniendo de este modo el costo por grupo, el cual fue dividido entre el número de embriones transferibles obtenido en cada tratamiento. Cuadro III

En el caso de los costos por tratamiento, se obtuvo el costo por cada una de las dosis utilizada por animal en las diferentes tratamientos, y se sumaron en forma individual los insumos de un

tratamiento y otro, obteniendo el costo por animal el cual fue multiplicado por 10 para obtener el costo por grupo, que finalmente se dividió entre el número de embriones transferibles obtenidos en cada uno de los tratamientos. Cuadro IV y V.

En el presente trabajo se tomó en cuenta el costo de mano de obra de un peón por medio jornal durante 60 días, tomando en cuenta que el jornal en esta región está en \$ 80⁰⁰/₁₀₀, del mismo modo se tomó en cuenta el sueldo del Veterinario considerando que cobró \$15,000.00 por toda la operación, y el de un técnico ayudante del Veterinario el cual tobo un ingreso total de \$ 5,000.00. El costo total de mano de obra obtenido, se dividió entre 2 obteniendo el costop por grupo, el cual fue dividido a su vez entre el número de embriones transferibles obtenido en cada tratamiento. Cuadro VI.

Finalmente para obtener el costo por embrión transferible en cada uno de los tratamientos se realizó la sumatoria de todos los costos antes descritos, como son: complementación alimenticia, sincronización e inseminación artificial, tratamiento superovulatorio, colección, clasificación y congelación de los embriones y mano de obra. Cuadros VII y VIII.

**Cuadro I.
COSTOS POR LA COLECCIÓN, CLASIFICACIÓN Y
CONGELACIÓN DE LOS EMBRIONES**

INSUMOS	Costo por animal (00/100 M.N.)
SERVACAINA 2% DOSIS	6.70
COMBELEN DOSIS	41.80
JERINGA DESECH 3 ML	1.60
JERINGA DESECH 10 ML	3.00
AGUJAS DESECH # 18 (2)	1.70
CATETER FOLEY 2 VIAS	53.20
CAMISA SANITARIA 21"	1.90
MANGUERA TYGON	52.30
FILTROS EMM	213.80
MEDIO DE TRANSFER	22.00
ACRODISCOS	37.90
MEDIO CON ETILENGLICOL	22.60
CAJA CUADRICULADA 100 X 5	10.40
CAJA DE PETRI 35 x10	5.90
MEDIO CON GLICEROL	28.40
JERINGAS AITITE 5 ML	3.00
JERINGAS AITITE 10 ML	3.90
JERINGAS AITITE 20 ML	7.30
AGUA TRIDESTILADA	7.60
TUBOS CAPILARES 1.5 - 1.8 x100	0.50
DULBECO D-PBS	58.60
NITRÓGENO	10.00
ALBUMINA CONCENTRADA	91.20
PAJILLAS DE 0 25	1.80
PROSTAGLANDINA F _{2α}	35.00
TOTAL POR ANIMAL	722.17
TOTAL POR GRUPO (n=10)	7221.7
COSTO POR E.T. (n=14) GRUPO A	515.84
COSTO POR E.T. (n=20) GRUPO B	361.1

Cuadro II.
COSTOS POR LA COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA QUE
RECIBIERON LOS ANIMALES, POR UN PERIODO DE 45 DÍAS.

CONCEPTO	COSTO (00/100 M.N)
Peso total de los animales (n=20)	7965 kg
Consumo diario	7965 ÷ 80.0 kg
Total de alimento utilizado	3600 kg
Costo del alimento por kg	\$ 1.75
Costo del alimento por día (80 kg)	\$ 140.00
Costo total del alimento (45 días)	\$ 6300.00
Costo por grupo	\$ 3150.00
Costo por embrión transferible en el grupo A	\$ 225.00
Costo por embrión transferible en el grupo B	\$ 157.50

Cuadro III.
COSTOS POR SINCRONIZACIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

CONCEPTO	COSTO (00/100 M.N)
CIDR-B	70.00
Aplicador CIDR-B	19.00
Flete CIDR-B	12.50
Semen (2 pajillas)	160.00
Material de I. A.	15.00
Cidrol dosis	13.00
Progesterona dosis	10.00
Costo total por animal	299.50
Costo total por grupo	2995.00
Costo por embrión transferible en el Grupo A	214.00
Costo por embrión transferible en el Grupo B	150.00

**Cuadro IV.
COSTOS POR TRATAMIENTO PARA EL GRUPO A**

CONCEPTO	COSTO (00/100 M.N)
FSH = FOLLTROPIN® (140 mg)	280.00
PMSG = FOLLIGON® (300 UI)	40.00
COSTO POR ANIMAL	320.00
COSTO POR GRUPO	3200.00
COSTO POR EMBRIÓN TRANSFERIBLE	228.6

**Cuadro V.
COSTOS POR TRATAMIENTO PARA EL GRUPO B**

CONCEPTO	COSTO (00/100 M.N)
PMSG = FOLLIGON® (2000 UI)	268.00
Anti-PMSG = NEUTRA-PMSG® (1000 µg)	200.00
COSTO POR ANIMAL	468.00
COSTO POR GRUPO	4680.00
COSTO POR EMBRIÓN TRANSFERIBLE	234.00

Cuadro VI.
COSTOS POR MANO DE OBRA, CONSIDERANDO UN
TRABAJADOR, UN TÉCNICO Y EL MVZ

CONCEPTO	COSTO (00/100 M.N)
Peón (½ jornal por 60 días)	2400.00
Médico Veterinario Zootecnista	15000.00
Técnico Laboratorista	5000.00
TOTAL DE MANO DE OBRA	22400.00
MANO DE OBRA POR GRUPO (n=10)	11200.00
M.O. por embrión transferible Grupo A	800.00
M.O. por embrión transferible Grupo B	560.00

**Cuadro VII.
COSTO POR EMBRIÓN TRANSFERIBLE EN EL GRUPO A**

CONCEPTO	COSTO (00/100 M.N)
COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA	225.00
SINCRONIZACIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL	214.00
TRATAMIENTO SUPEROVULATORIO	228.6
COLECCIÓN, CLASIFICACIÓN Y CONGELACIÓN	515.84
MANO DE OBRA	800.00
COSTO TOTAL	1983.44

**Cuadro VIII.
COSTO POR EMBRIÓN TRANSFERIBLE EN EL GRUPO B**

CONCEPTO	COSTO (00/100 M.N)
COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA	157.50
SINCRONIZACIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL	150.00
TRATAMIENTO SUPEROVULATORIO	234.00
COLECCIÓN, CLASIFICACIÓN Y CONGELACIÓN	361.10
MANO DE OBRA	560.00
COSTO TOTAL	1462.60

XI. LITERATURA CITADA

1. Duby RT, Damiani P, Looney CR, Fissore RA, Robl JM. Prepuberal calves as oocyte donors: promises and problems. *Theriogenology* 1996; 45: 121 – 130.
2. Molina EJ. Efecto de la adición de somatotropina bovina al tratamiento de Folltropin-V sobre la respuesta superovulatoria y cantidad de embriones transferibles en vacas cebuinas superovuladas en dos épocas del año en el trópico húmedo mexicano (tesis de maestría). Veracruz, Ver. México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 2000.
3. Madalena F E. La utilización sostenible de hembras F1 en la producción del ganado lechero tropical. Estudio de Producción y Sanidad animal No 111, FAO, Roma 1993.
4. De la Torre JF, Castro MA, Gonzalez-Padilla E, Reynoso O. Respuesta de vacas cebú a superovulaciones inducidas con FSH. *Tec. Pecu Mex* 1992; 30: 223 –231.
5. Ginther OJ, Knopf L, Kastelic JP. Temporal associations among ovarian events in cattle during estrous Cycles with two or three follicular waves. *Journal of reproduction and fertility*. 1989; 87: 223-230.
6. Barros CM, Figueiredo RA, Pinheiro GL. Estro, ovulação e dinamica folicular en zebuinos. *Revista brasileira de reprodução animal* 1995; 19: 9-22.
7. Lindsell CE, Murphy BD, Mapletoft RJ. Superovulatory and endocrine responses in heifers treated with FSH-P at different stages of the estrous cycle. *Theriogenology*. 1986; 26: 209-219.
8. Mapletoft RJ, Pawlyshyn V, Garcia A, Bo GA, Willmott J. Comparison of four different gonadotropin treatments for inducing superovulation in cows with translocation. *Theriogenology* 1990; 33:282.
9. Silva A, Machado EA. Eficacia de diferentes produtos comerciais superovulatorios em programa de T E. em um rebanho Nelore / Nelore mocho. *Arquivos da faculdade de veterinaria UFRGS*. 1996; 24:216.
10. Caccia M, Tribulo R, Tribulo H, and Bó GA. Effect of pretreatment with eCG on superovulatory response in CIDR-b-treated beef cattle. Córdoba, Argentina. *Theriogenology* 2000; 53: 495.

11. Caccia M, Tribulo R, Tribulo H, Bo GA. Effect of pretreatment with eCG on superovulatory response in beef cattle treated with CIDR-B, estrogen and progestagen. *Theriogenology* 1999; 51: 403.
12. Adams G.P. Control of ovarian follicular wave dynamics in cattle: implications for synchronization & superstimulation. *Theriogenology* 1994; 41: 19-24.
13. D'Occhio M.J., Jillella D., Lindsey B.R. Factors that influence follicle recruitment, growth and ovulation during ovarian superstimulation in heifers: opportunities to increase ovulation rate and embryo recovery by delaying the exposure of follicles to LH. *Theriogenology*. 1999; 51: 9-35.
14. Staigmiller RB. Folliculogenesis in the bovine. *Theriogenology* 1982; 17: 2 - 4.
15. Roche JF, Boland MP. Turnover of dominant follicles in cattle of different reproductive states. *Theriogenology* 1991; 35: 81 - 88.
16. Adams G.P., Matteri R.L., Kastelic J.P., Ko J.C.H., Ginther O.J. Association between surges of follicle stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. *J Reprod Fertil.* 1992; 94: 177-188.
17. Bo GA, Adams GP, Pierson RA, Mapletoft RJ. Exogenous control of follicular wave emergence in cattle. *Theriogenology* 1995; 43: 31 -40.
18. Martinez MF, Bergfelt DR, Adams GP, Kastelic JP, Mapletoft RJ. Synchronization of follicular wave emergence and its use as an estrus synchronization program. *Theriogenology* 1997; 47: 145.
19. Bo G.A., Adams G.P., Pierson R.A., Mapletoft R.J. Effect of estradiol valerate on ovarian follicles, emergence of follicular waves, and circulating gonadotropins in heifers. *Theriogenology*. 1993; 40: 225-239.
20. Thatcher WW, Moreira F, Santos JE, Mattos RC, Lopes FL, Pancarci SM, Risco CA. Effects of hormonal treatments on reproductive performance and embryo production. *Theriogenology* 2001; 55: 75 - 89.
21. Monniaux D, Chupin D, Saumande J. Superovulatory responses of cattle. *Theriogenology* 1983; 19: 1-2.
22. Papkoff H. Variations in the properties of equine chorionic gonadotropin. *Theriogenology* 1981; 15: 1-9.

23. Steph J, Dieleman MM, Bevers PL, Vos AM, De Loos FA. PMMSG/anti-PMMSG in cattle: a simple and efficient superovulatory treatment? *Theriogenology* 1993; 39: 25 - 41
24. Bo GA, Rabella R, Caccia M, Gomez A, Adams GP, Pierson RA, Mapletoft RJ. The effect of estradiol-17 β on follicular growth and wave emergence in heifers. *Theriogenology* 1993; 39: 190
25. Dieleman S J, Bevers M.M., Vos P L A M., Loos F A M. PMMSG / anti-PMMSG in cattle. A simple and efficient superovulatory treatment? *Theriogenology* 1993; 39: 2, 25-41
26. Voss HJ, Olivera M, Holtz W. Superovulation in beef cattle with PMMSG and prostaglandins or progestins. *Theriogenology* 1983; 20: 615 - 625
27. Moyaert I, Bouters R, Schönherr OT, Wilderbeek AT, Coert A, Coryn M, Vandeplassche. The control of superovulation in the bovine with a monoclonal PMMSG antibody. *Theriogenology* 1985; 23: 196
28. Almeida AP. Superovulatory responses in dairy cows treated repeatedly with PMMSG. *Theriogenology* 1987; 27: 205
29. Adams G.P., Matteri R.L., Ginther O.J. The effect of progesterone on growth of ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating FSH in heifers. *J Reprod Fertil.* 1992; 95: 627-640.
30. Bo G.A., Adams G.P., Pierson R.A., Tribulo H.E., Caccia M, Mapletoft R.J. Follicular wave dynamics after estradiol-17 β treatment of heifers with or without a progestagen implant. *Theriogenology.* 1993; (submitted).
31. Bo G.A., Caccia M, Martínez M., Adams G.P., Pierson R.A., Mapletoft R.J. The use of estradiol-17 β and progestagen treatment for the control of follicular wave emergence in beef cattle. *Theriogenology.* 1999; 41: 2, 165.
32. Lidner GM, Wright RW. Bovine embryo morphology and evaluation. *Theriogenology* 1983; 20: 407 - 416
33. Shea BF. Evaluating the bovine embryo. *Theriogenology* 1981; 15: 31 - 35
34. Noriega SR, Martínez BS, Flores CR. Técnicas de procesamiento de embriones para la transferencia en bovinos. Universidad Nacional Autónoma de México, División del Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia. México D.F. 1995; 11-63.

35. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen 3ª ed. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México. México D F 1981, 143-201
36. Elsden RP, Kessler RM. Superovulation of nelore cows and heifers. *Theriogenology* 1983; 19: 37.
37. Rodrigues JL, Gregory RM. Superovulatory response in cows following administration of FSH-P and prostaglandin. *Theriogenology* 1986; 25: 190
38. Chupin D, Proccer R. Use of pituitary fsh to induce superovulation in cattle: effect of injection regimen. *Theriogenology* 1982; 17: 81
39. Pierson RA, Ginther OJ. Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. *Theriogenology* 1988; 29: 21 - 36
40. Halley SM, Rhodes RC, Mckellar LD, Randel RD. Successful superovulation, nonsurgical collection and transfer of embryos from Brahman cows. *Theriogenology* 1979, 12: 97 – 105.
41. Núñez SJ, Avila GJ, García BC. Respuesta a la superovulación de vaquillas Brahman recibiendo somatotropina bovina en 2 épocas del año. Memorias del XXIV Congreso Nacional de Buiatría, Guadalajara Jal., FMVZ – UNAM 2000
42. Hay JH, Phelps DA, Hanks DR, Foote WD. Comparison of simultaneous and independent methods of non-surgical embryo collection. *Theriogenology* 1981, 15: 126.
43. Statistical Analysis System (SAS) User's Guide. 1988. Basic and Statistics. SAS Institute. Cary, Nth Caroline. 1988
44. Kim HN, Rorie RW, Youngs CR, White KL, Godke RA. The use of anti-PMSG antibodies with PMSG for superovulating beef cattle. *Theriogenology* 1987; 27: 243.
45. Fuentes S, De la Fuente J. Holstein superovulatory responses in comercial dry herds treated with estradiol-17 β and progesterone on different days of intravaginal progestagen treatment. *Theriogenology* 2000; 53:497
46. Almeida AP. Superovulation in cattle: a combined treatment using Syncromate B with either PMSG or FSH. *Theriogenology* 1987; 27: 203
47. Adams GP, Bo GA, Martinez M, Caccia M, Tribulo H. The effect of estradiol-17 β and progestogen treatment on superovulatory response in beef cows. *Theriogenology* 1994, 41: 153.

48. Becker WA, Pinheiro LE Ovarian response to superovulation in nelore cows (*Bos indicus*). Theriogenology 1986; 25: 785 - 793
49. Kim HN, Roussei JD, Pool SH, Godke RA The effect of a commercially-available purified FSH and bovine anti-PMSG serum on the superovulation of dairy heifers Theriogenology 1988; 29: 266
50. Mapletoft RJ, Gonzalez A, Lussier JG Superovulation of beef heifers with follitropin or FSH-P Theriogenology 1988; 29: 274
51. Wang H, Wu M, Palt D, Murphy BD, Mapletoft RJ. Superovulation in beef heifers with PMSG effect of dose and monoclonal antibodies to PMSG Theriogenology 1988; 29: 323
52. Tribulo H, Bo GA, Jofre F, Carcedo J, Alonso A, Mapletoft RJ The effect of LH concentration in a porcine extract and season on superovulatory response of *Bos indicus* heifers. Theriogenology 1991; 35: 286
53. Donaldson LE Embryo production by Super-ov® and FSH-P® Theriogenology 1990; 33: 214.
54. Singla SK, Madan ML Comparative superovulatory responses in crossbred dairy cattle (*Bos indicus* x *Bos taurus*) with FSH-P® and Super-ov® Theriogenology 1990; 33: 328
55. Deltterer J, Schmidt T, Harlizius B Factors influencing the variability in superovulation results in german Holstein cattle Theriogenology 1997; 47: 169
56. Pawlyshyn V, Lindsell CE, Braithwaite M, Mapletoft RJ. Superovulation of beef cows with FSH-P a dose-response trial Theriogenology 1986; 25: 179.
57. Chandra R, Sarwal PC, Majumdar AC, Ansari MR. Superovulation in dairy cows effect of GnRH treatment. Theriogenology 1997; 47: 167
58. Gray BW, Cartee RE, Stringfellow DA, Riddell MG, Wright JC. The effects of dominant follicular regression and FSH priming on the superovulatory response of cattle. Theriogenology 1991; 35:207
59. Touati K, Beckers JF, Ectors F Hormonal control of folliculogenesis in the bovine: better superovulatory responses after pure FSH administration preceding the classical treatment Theriogenology 1991; 35: 285
60. Ware CB, Northey DL, First NL. Effect of administration of FSH at the beginning of the cycle on the subsequent response to superovulation treatment in heifers Theriogenology 1987; 27: 292.

61. Herrier A, Beckers JF, Donnay V, Niemann H. Purified FSH supplemented with defined amounts of LH for superovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 1988; 29: 260
62. Wang H, Wu M, Xu K, Hagele WC, Mapletoft RJ. Control of superovulation in the cow with a PMMSG antiserum. *Theriogenology* 1987; 27: 291
63. Bastidas P, Randell RD. Seasonal effects on embryo transfer results in brahman cows. *Theriogenology* 1987; 28: 531-539
64. Saumande J, Chupin D. Production of PMMSG antiserum in cattle: assay of inhibitory activity and use in superovulated heifers. *Theriogenology* 1981; 16: 108.