

1-1-2013

## **Efecto del cipionato y el benzoato de estradiol utilizados en un protocolo de sincronización sobre la preñez en novillas receptoras de embriones**

Javier Augusto Sarmiento Estupiñán  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/maest\\_ciencias\\_veterinarias](https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_veterinarias)

---

### **Citación recomendada**

Sarmiento Estupiñán, J. A. (2013). Efecto del cipionato y el benzoato de estradiol utilizados en un protocolo de sincronización sobre la preñez en novillas receptoras de embriones. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/maest\\_ciencias\\_veterinarias/5](https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_veterinarias/5)

This Tesis de maestría is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias Agropecuarias at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Maestría en Ciencias Veterinarias by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

MAESTRIA EN CIENCIAS VETERINARIAS



EFFECTO DEL CIPIONATO Y EL BENZOATO DE ESTRADIOL UTILIZADOS EN UN  
PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN, SOBRE LA PREÑEZ EN NOVILLAS  
RECEPTORAS DE EMBRIONES

JAVIER AUGUSTO SARMIENTO ESTUPIÑÁN

Bogotá D.C., Colombia

Enero, 2013

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
MAESTRIA EN CIENCIAS VETERINARIAS



EFFECTO DEL CIPIONATO Y EL BENZOATO DE ESTRADIOL UTILIZADOS EN UN  
PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN, SOBRE LA PREÑEZ EN NOVILLAS  
RECEPTORAS DE EMBRIONES

Preparado por:  
JAVIER AUGUSTO SARMIENTO ESTUPIÑÁN  
Código 76082208

Director:  
DR. JOSE GUILLERMO VELASQUEZ PENAGOS M.V., M.Sc, Ph.D  
Codirector:  
DR. NORBERTO VILLA DUQUE M.V.Z., Esp, M.Sc

Bogotá D.C., Colombia

Enero, 2013

## APROBACIÓN

DIRECTOR

---

JURADO

---

JURADO

---

JURADO

---

## DIRECTIVOS

|  |  |
|--|--|
| <b>RECTOR</b>  | Hno. Carlos Gabriel Gómez Restrepo<br>F.S.C. |
| <b>VICERRECTOR ACADÉMICO</b>                               | Hno. Fabio Coronado Padilla F.S.C.           |
| <b>VICERRECTOR DE PROMOCIÓN Y<br/>DESARROLLO HUMANO</b>    | Hno. Frank Leonardo Ramos<br>Baquero         |
| <b>VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y<br/>TRANSFERENCIA</b>    | Hno. Manuel Cancelado Jiménez<br>F.S.C       |
| <b>VICERRECTOR ADMINISTRATIVO</b>                          | Dr. Eduardo Ángel Reyes                      |
| <b>SECRETARIA GENERAL</b>                                  | Dra. Patricia Inés Ortiz Valencia            |
| <b>DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS<br/>AGROPECUARIAS</b> | Dra. Claudia Aixa Mutis                      |
| <b>DIRECTOR POSGRADOS</b>                                  | Dr. Germán Rodríguez Martínez                |

## COMPROMISO

Los trabajos de grado no deben contener ideas que sean contrarias a la doctrina de la iglesia católica en asuntos de dogma moral.

Ni la universidad, ni el director, ni los jurados, son responsables por las ideas expuestas por el graduante.

## AGRADECIMIENTOS

A los Dres. José Guillermo Velásquez y Norberto Villa por su apoyo técnico científico desde el inicio de este largo proceso de recolección de información e investigación a nivel de campo.

Al Dr. Diego Vega por su incansable trabajo en biotecnología a nivel de campo.

A todos y cada uno de los docentes que hicieron parte de mi proceso de formación posgradual.

A la Universidad de la Salle por seguir siendo la institución a la que le debo lo que soy a nivel profesional.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primera instancia a Dios por ser ese motor que nos lleva a donde están nuestros sueños.

A mis padres por su apoyo permanente e incondicional desde que inicié mi preparación pre y posgradual.

A mi esposa Saida y a mi hija Laura Juliana por ser la fuente de energía que me impulsa todos los días a cumplir los retos que me impone la vida.



## RESUMEN

En la Central de Biotecnología Reproductiva La Esmeralda ubicada en la vereda la Vizcaína del municipio de Barrancabermeja, se evaluó el efecto del Cipionato (ECP) y el Benzoato de Estradiol (BE), dentro de un protocolo de sincronización para receptoras de embriones, con dispositivo intravaginal impregnado con progesterona, aplicación de Prostaglandina f2 $\alpha$  y gonadotropina coriónica equina (Ecg). Igualmente se evaluó económicamente la aplicación de cada uno de los protocolos. Los grupos se distribuyeron al azar luego de seleccionar 60 novillas brahmholando virgenes con condición corporal por encima de 3,5 (escala de 1 a 5), con pesos no inferiores a 340 kgs, evaluadas por ultrasonografía con folículos superiores a 10 mm o cuerpo lúteo superior a 15 mm. Se transfirieron embriones calidad 1 o 2, obtenidos por FIV en dos envíos exclusivamente de la raza Brahman. Se transfirieron por el mismo técnico el mismo día según el tratamiento. Las novillas se distribuyeron en 2 grupos de 30 animales cada uno, en los cuales el grupo 1, se sincronizó con Dispositivo Intravaginal con Progesterona (1g) durante 8 días y 2 mg de BE el día 0, retiro del dispositivo, aplicación de Cloprostenol, aplicación de ecg y aplicación de 0,5 mg de ECP el día 8. El día 17 se transfirieron los embriones y se confirmó la gestación al día 45 y 90 pos transferencia. En el grupo 2, se sincronizó con Dispositivo Intravaginal con Progesterona (1gr) y 2 mg de BE el día 0, retiro del dispositivo, aplicación de Cloprostenol y aplicación de ecg el día 8 y aplicación de 1 mg de BE el día 9. El día 17 se transfirieron los embriones y se confirmó la gestación al día 45 y 90 pos transferencia.

Las tasas de preñez obtenidas en los dos grupos tratados, fueron del 36,7 y 40% respectivamente para los grupos 1 (ECP) y 2 (BE). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los dos grupos trabajados ( $Z_c > Z_t$ , con un nivel de confiabilidad del 95%). El análisis económico arrojó una pequeña diferencia en cuanto al costo de cada tratamiento aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas, por lo que no hay un tratamiento más rentable que el otro si se tiene en cuenta los costos versus el número de preñeces obtenidas en cada grupo. La diferencia encontrada entre los dos tratamientos es de manejo, ya que con el protocolo con cipionato, los animales solo ingresan al corral al recibir medicamentos en 2 ocasiones, mientras que en el protocolo con benzoato, deben ingresar en 3 oportunidades. Estos resultados no difieren de los hallados por otros investigadores tanto para protocolos para IATF como protocolos para TETF. El uso de cualquiera de los dos protocolos resultará en tasas de gestación similares.

*Palabras clave: Cipionato, Benzoato, estradiol, embriones, tasa de preñez, rentabilidad*

## ABSTRACT

In Reproductive Biotechnology Central La Esmeralda, located in the village of the municipality of Barrancabermeja Biscayne, we evaluated the effect of cypionate (ECP) and estradiol benzoate (EB), in a synchronization protocol for embryo receptporas with device impregnated intravaginal progesterone, prostaglandin F2 and application of equine chorionic gonadotropin (eCG). Likewise, the implementation of economically evaluated each of the protocols. The groups were randomly selected after 60 virgin heifers with BCS brahmholando above 3.5 (scale of 1 to 5), weighing not less than 340 kg, evaluated by ultrasonography with follicles greater than 10 mm CL greater than 15 mm. Quality embryos were transferred into 1 or 2, obtained by IVF exclusively in two shipments of the Brahman breed. Transferred by the same technician on the same day according to the treatment. The heifers were divided into 2 groups of 30 animals each, in which group 1 was synchronized with intravaginal progesterone device (1g) and 2 mg EB on Day 0, removal of the device, Cloprostenol application, application of ecg and application of 0.5 mg of ECP on day 8. Day 17 embryos were transferred and confirmed the pregnancy at day 45 and 90 post transfer. In group 2, was synchronized with intravaginal progesterone device (1g) and 2 mg EB on Day 0, removal of the device, application and implementation of ecg Cloprostenol day 8 and application of 1 mg EB on Day 9. Day 17 embryos were transferred and confirmed the pregnancy at day 45 and 90 post transfer.

Pregnancy rates obtained in the two treatment groups were of 36.7 and 40% respectively for groups 1 (ECP) and 2 (BE). There were no statistically significant differences in the two groups worked ( $Z_c > Z$ , with a confidence level of 95%). Economic analysis showed a small difference in the cost of each treatment but not statistically significant differences, so that there is a more cost effective than the other when taking into account the costs versus the number of pregnancies obtained in each group. The difference found between the two treatments is driving, because the protocol with cypionate, animals entering the corral only receive medicines on 2 occasions, whereas in the protocol with benzoate, should be admitted on 3 occasions. These results are similar to those found by other researchers for both protocols for TAI protocols for TETF. The use of any of the two protocols result in similar pregnancy rates.

*Key words: Cypionate, Benzoate, estradiol, embryos, pregnancy rates, costs*

## TABLA DE CONTENIDO

|  | pág. |
|--|------|
| 1. INTRODUCCIÓN.....                               | 1    |
| 2. MARCO TEÓRICO.....                              | 4    |
| 2.1. Aspectos generales.....                       | 4    |
| 2.2. Aspectos nutricionales que afectan la TE..... | 7    |
| 2.3. Uso del estradiol.....                        | 9    |
| 2.4. Uso del Cipionato de Estradiol.....           | 10   |
| 3. OBJETIVOS.....                                  | 15   |
| 3.1. Objetivo General.....                         | 15   |
| 3.2. Objetivos Específicos.....                    | 15   |
| 4. METODOLOGIA.....                                | 16   |
| 4.1. Localización.....                             | 16   |
| 4.2. Materiales y métodos.....                     | 16   |
| 4.2.1. Materiales.....                             | 16   |
| 4.2.2. Métodos.....                                | 18   |
| 4.2.3. Manejo sanitario y nutricional.....         | 19   |
| 4.3. Tratamiento de la información.....            | 19   |
| 4.3.1. Hipótesis nula.....                         | 20   |
| 4.3.2. Hipótesis alterna.....                      | 20   |
| 5. RESULTADOS.....                                 | 22   |

|   |    |
|---|----|
| 5.1. Análisis de la tasa de preñez..... | 22 |
| 5.2. Análisis económico.....            | 23 |
| 6. DISCUSIÓN.....                       | 26 |
| 7. CONCLUSIONES.....                    | 33 |
| 8. RECOMENDACIONES.....                 | 35 |
| 9. LISTA DE REFERENCIAS.....            | 36 |
| 10. ANEXOS.....                         | 41 |

## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Cronología de la Transferencia de Embriones en mamíferos y técnicas relacionadas..... | 6  |
| Tabla 2. Clasificación embrionaria de acuerdo a la estructura interna.....                     | 16 |
| Tabla 3. Proporciones (vacías/preñadas) para los dos tratamientos.....                         | 23 |
| Tabla 4. Análisis económico de cada uno de los tratamientos.....                               | 23 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Estructura química del Benzoato de Estradiol.....   | 10 |
| Figura 2. Estructura química del Cipionato de Estradiol.....  | 10 |
| Figura 3. Esquema de protocolo de sincronización Grupo 1..... | 18 |
| Figura 4. Esquema de protocolo de sincronización Grupo 2..... | 19 |

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la ganadería colombiana requiere de un proceso acelerado de desarrollo y de incremento del inventario ganadero nacional, ya que la demanda en productos como la leche y la carne cada vez es mayor debido al crecimiento demográfico que tiene el país. Debido a esto, se deben crear estrategias que permitan llegar a consolidar un hato ganadero que supla las necesidades de consumo de nuestra nación. Colombia cuenta con un hato ganadero de 22.540.251 cabezas ([www.fedegan.org.co/documentos/censonacionaldeprediosybovinos2009](http://www.fedegan.org.co/documentos/censonacionaldeprediosybovinos2009)).

Específicamente el Magdalena Medio, se ha caracterizado por tener sistemas de producción extensivos, ocupando grandes cantidades de terreno y con bajos índices de producción y reproducción de los animales. Se debe buscar a nivel regional que se implementen medidas para aumentar estos indicadores y tecnificar los hatos para que lleguen a ser eficientes en producción bovina, en áreas de ocupación más pequeñas, aumentando la capacidad de carga de los potreros.

Las aplicaciones de la biotecnología en reproducción animal incluyen la multiplicación de animales superiores, la cual se puede lograr mediante la Inseminación Artificial (IA), superovulación, transferencia de embriones (TE), inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), transferencia de embriones a tiempo fijo

(TETF), aspiración folicular (OPU), producción de embriones in vitro (PIV), sexaje de embriones y semen, transgénesis, clonación, inyección intracitoplasmática de espermatozoides, así como la preproducción a partir de la activación de la activación y desarrollo de células germinales in vitro a partir de células madre. En consecuencia al considerar la utilización de las biotecnologías reproductivas en la industria ganadera, se debería contemplar en primera instancia como punto blanco los hatos élitos, luego los hatos multiplicadores de esa genética obtenida y por último los hatos comerciales o base de la pirámide (González, 2009). Esta tendencia se ha venido siguiendo de tal forma que hoy en día la biotecnología está a la orden del día para cualquier sistema de producción puro o comercial.

De esta manera se puede lograr un mejoramiento genético de los animales existentes en las explotaciones con base en registros de producción y reproducción, mas no en su fenotipo o en su pureza. De esta forma vale la pena aclarar la interacción entre el genotipo y el ambiente. El fenotipo de un animal que se puede ver o medir (producción de leche, fertilidad, peso, color, etc.) está compuesto por el genotipo o composición genética que no se puede ver pero que se debe tratar de determinar para poder hacer mejoramiento genético y el ambiente que incluye la alimentación, el clima, los parásitos y el nivel de escolaridad y capacitación del personal de la empresa, entre otros. Además cuando los diferentes genotipos producen diferente en los diferentes ambientes, se dice que existe una interacción genético ambiental. (Botero,2009).



Actualmente los protocolos utilizados para sincronizar el estro, se basan principalmente en el uso de progestágenos. A pesar de que con el uso de estos agentes sincronizadores, se pueden agrupar estratégicamente los estros, los resultados obtenidos al implementar programas de Inseminación Artificial, en términos de fertilidad, después de la sincronización del estro, han sido bajos (Díaz et al., 2002; Ross et al., 2004). Otra hormona utilizada en estos protocolos es el estradiol en sus diferentes presentaciones. Los resultados en la tasa de gestación con el uso del Benzoato de Estradiol han sido variables y oscilan entre el 45 y 47,5%, mientras que con el uso del Cipionato de Estradiol la tasa de gestación reportada es alrededor del 56% en Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (Colazo et al., 2004). Por esto, se hace necesario realizar a nivel de Colombia, comparaciones entre estas dos formas de Estradiol para procesos de transferencia de embriones, buscando de esta forma contribuir a la búsqueda del mejoramiento de las tasas de preñez en transferencia de embriones y por ende, al mejoramiento de la tasa de aprovechamiento de novillas receptoras, aportando de esta forma al desarrollo del sector ganadero nacional.

## 2. MARCO TEÓRICO

La Transferencia de embriones en ganado bovino ha estado comercialmente disponible por más de tres décadas. Actualmente esta técnica está siendo ampliamente utilizada en todo el mundo (Thibier, 2003).

La técnica de TE está ampliamente difundida alrededor del mundo. En Colombia como en otros países, en donde la demanda de fuentes de proteína de origen animal cada vez es mayor, se ha incrementado la utilización de este tipo de técnicas biotecnológicas que mejoran de una manera ágil las características productivas en determinados rebaños. Esto se ve reflejado por el aumento en las importaciones de embriones bovinos al país; para el año 2005 el número de embriones bovinos importados y declarados ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), para el primer semestre fue de 46 unidades, mientras que para el 2006 se incrementó notablemente este número de importaciones declaradas, llegando a 1467 unidades (ICA, 2006).

En la Tabla 1 se puede observar la evolución cronológica de la Transferencia de embriones a nivel mundial.

Tabla 1. Cronología de la Transferencia de Embriones en mamíferos y técnicas relacionadas (Hafez y Hafez, 2000).

| Año  | Especie          | Acontecimiento  | Autor                         |
|------|------------------|---|-------------------------------|
| 1890 | Conejo           | Nacimiento de cría por te                                   | Heape                         |
| 1933 | Rata             | Nacimiento de cría por te                                   | Nicholas                      |
| 1949 | Oveja y<br>cabra | Nacimiento de cría por te                                   | Warwick y berry               |
| 1951 | Cerdo            | Nacimiento de cría por te                                   | Kvansnickii                   |
| 1951 | Bovino           | Nacimiento de cría por te                                   | Willet et al.                 |
| 1952 | Conejo           | Primer embarque internacional de embriones                  | Marden y chang                |
| 1971 | Bovino           | Primera compañía comercia aplicando te                      | Alberta livestock trasnplants |
| 1972 | Ratón            | Nacimiento de cría por embrión congelado                    | Whittingham et al.            |
| 1973 | Bovino           | Nacimiento de cría por embrión congelado                    | Wilmut y rowson               |
| 1974 | Caballo          | Nacimiento de cría a partir de ovulo                        | Oguri y tsutsumi              |
| 978  | Humano           | Nacimiento de niña después de fiv                           | Steptoe y Edwards             |
| 1982 | Ganado           | Nacimiento de becerro por fiv                               | Brackett et al.               |
| 1983 | Búfalo asiático  | Nacimiento de becerro por te                                | Drost et al.                  |
| 1986 | Oveja            | Nacimiento de borrego clonado a partir de embrión           | Willadsen                     |
| 1987 | Bovino           | Nacimiento de becerro clonado a partir de embrión           | Parther et al.                |
| 1996 | Oveja            | Nacimiento de borrego clonado a partir de células somáticas | Wilmut et al.                 |

## 2.1. Aspectos Generales

La respuesta más importante a los protocolos de sincronización tanto en Inseminación Artificial, Superovulación o Transferencia de embriones, se basa en una buena respuesta ovulatoria. Y ésta, a su vez, depende de una correcta dinámica folicular. El folículo ovárico es la unidad principal y fundamental del ovario. Éste contiene al oocito, el cual eventualmente puede ser ovulado, luego ser sometido a

una fertilización y posteriormente a una forma embrionaria (Findlay et al., 2009). El folículo también provee hormonas esteroidales y proteicas las cuales son requeridas para el mantenimiento del ciclo ovárico, las características sexuales secundarias y la preparación del útero para la implantación, y después de la ovulación, el cuerpo lúteo provee las hormonas esenciales para el establecimiento y mantenimiento de la preñez (Findlay et al., 2009).

Los folículos ováricos en bovinos crecen en oleadas. Una onda folicular se ha descrito como la aparición de un grupo de folículos antrales 4 a 5 mm de diámetro, solamente uno de estos folículos se selecciona además del folículo dominante de esta onda. Los demás folículos que aparecieron en la onda se vuelven subordinados y por lo tanto se vuelven atrésicos (Ginther, 1989).

El folículo dominante es el primero en un grupo de folículos reclutados en expresar receptores de LH en las células de la granulosa. Los receptores para FSH se encuentran solamente en las células de la granulosa, mientras los de LH se localizan tanto en la granulosa como en la teca. Durante el nivel más bajo de secreción hipofisiaria de FSH, el folículo dominante adquiere más receptores de LH en sus células de la granulosa y el crecimiento folicular se hace dependiente de LH, por lo que los folículos subordinados que son incapaces de producir alta cantidad de receptores de LH, se atresian. Esto se da en bovinos cuando los folículos adquieren un diámetro de unos 6,8 a 8 mm (Driancourt, 2001; Adams, 2008). A parte de su tamaño, el folículo dominante también presenta diferencias con los subordinados en cuanto al mayor grosor de su pared (Salamone et al., 1999; Adams et al., 2008).

El ciclo estral en bovinos se compone principalmente de dos o de tres ondas foliculares. Sin embargo, se ha observado que existen hembras bovinas que tiene

cuatro ondas foliculares, este aumento de ondas se observado más frecuentemente en el ganado Bos indicus (Bó, 2003).

Teniendo en cuenta lo anterior, El ciclo estral de una hembra se suele definir como el intervalo entre dos ovulaciones y este varía entre de los 14 a 25 días para las hembras domésticas utilizadas en la de producción animal tradicional: ovinos, porcinos y bovinos de carne y leche. Este periodo de tiempo se suele subdividir clásicamente en cuatro etapas: proestro, estro, metaestro y diestro. Sin embargo si se limita a observar el comportamiento de las hembras solo se podrá determinar dos etapas (Hafez, 2000).

Uno de los factores que ha impedido la utilización masiva de la técnica de transferencia de embriones es la detección de celos, especialmente en ganado Bos indicus (Bo et al., 2006). El desarrollo de los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo, ha traído como consecuencia el desarrollo de métodos de sincronización de la ovulación para facilitar la transferencia de embriones de forma sistemática o también llamada Transferencia de Embriones a Tiempo Fijo (TETF). Por medio de esta técnica, se puede realizar la transferencia de embriones sin necesidad de la detección del celo en las receptoras, racionalizando de esta manera el uso de mano de obra y permitiendo realizar transferencias múltiples de un número considerable de receptoras (Baruselli, 2005, Beal et al., 2000, Bo, 2002, Mapletoft, 2003).

## 2.2. Aspectos nutricionales y de manejo que afectan la Transferencia de Embriones

Es conocida la importante relación que existe entre el nivel nutricional de la hembra y su fertilidad. La condición corporal de un animal se relaciona con la

cantidad de tejido de reserva que el animal dispone. El cuerpo es considerado como un sistema complejo conformado por órganos y tejidos con funciones y demandas que difieren entre sí pero que se hallan interrelacionados (Overton, 1999); así en tanto que algunos órganos y tejidos se especializan en la síntesis y acumulación de compuestos (tejido adiposo, hígado, riñón), otros se especializan en su utilización (glándula mamaria, útero grávido, cerebro) y estos tejidos y órganos compiten por los nutrientes que se encuentran disponibles en un momento determinado. Pero esta competencia no es equitativa ni tampoco caótica, sino que se encuentra gobernada por procesos homeorréticos (Bauman y Currie, 1980) bajo los cuales se establecen prioridades en el destino metabólico de los nutrientes de tal manera que se puede llegar a extremos en los que la disponibilidad de nutrientes se encuentre en déficit con relación a las demandas y, en estas circunstancias, los tejidos especializados en la acumulación de compuestos prestan sus servicios a aquellos tejidos u órganos especializados en su utilización. Este es el caso de la vaca durante el período de transición en el cual, debido a la disminución que se presenta en el consumo de alimento simultáneamente con el incremento en la demanda de nutrientes, el animal entra en un balance negativo de nutrientes. En estas circunstancias los procesos homeorréticos privilegian al útero grávido y la glándula mamaria sobre el tejido óseo, adiposo y muscular desencadenándose la degradación de las reservas corporales (Bauman y Currie, 1980).

Existen aspectos ambientales y de manejo que afectan los resultados de las transferencias de embriones en zonas tropicales como Colombia. Temperaturas superiores a 30 grados centígrados afectan algunos de los factores de las hormonas en hembras bovinas, traduciéndose esta alteración en una menor duración e

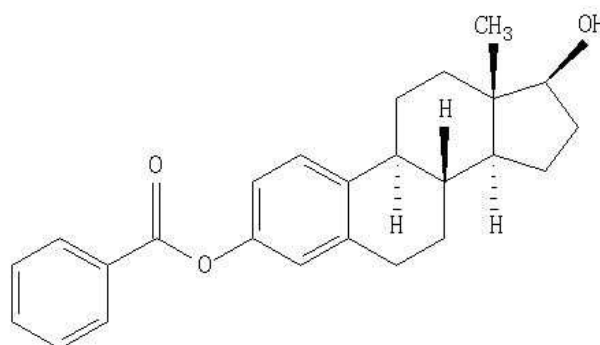
intensidad de los signos de celo. El estrés sufrido durante las épocas de reproducción se ve reflejado en la disminución de las tasas de concepción, lo cual está muy relacionado con la poca o baja adaptación de los animales a la temperatura del ambiente (Epperson y Zalesky, 1995).

Los bajos porcentajes de preñez pueden estar atribuidos a una gran tasa de muertes embrionarias debido al estrés calórico que influye directamente sobre la viabilidad del embrión y no estar correlacionado con el fracaso del oocito para ser fertilizado (Epperson y Zalesky, 1995). Con la muerte temprana del embrión debido al estrés que este ha sufrido por condiciones climáticas la vaca vuelve al estro en 21 días (Epperson y Zalesky, 1995).

### 2.3. Uso del Estradiol

El estradiol tiene dos funciones principales en los protocolos de sincronización. Cuando se aplica al inicio del tratamiento con progestágenos, tiene la finalidad de provocar la atresia de los folículos existentes, para así inducir el surgimiento de una nueva oleada folicular entre tres y cinco días después de su aplicación (Bó et al., 1994), lo que asegura la presencia de un folículo nuevo y un oocito viable al finalizar el tratamiento. Cuando el estradiol se aplica al retiro del progestágeno, induce una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo, produciendo a su vez la liberación de GnRH, la cual es capaz de aumentar los pulsos y la frecuencia de la LH, logrando con ello que se unifique y se reduzca el tiempo en que se presenta la ovulación (Lefebvre et al., 1992; Lucy et al., 2004).

Figura 1. Estructura química del Benzoato de Estradiol

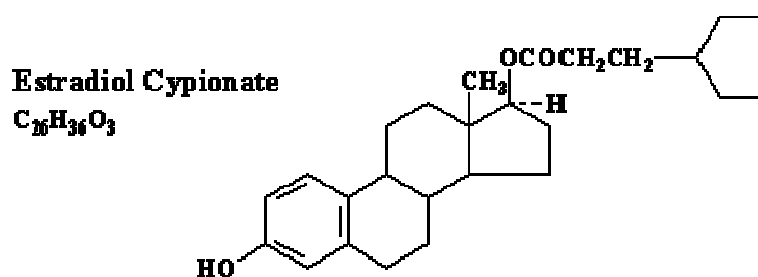


#### 2.4. Uso del Cipionato de Estradiol

El Cipionato de Estradio (ECP), corresponde al estradiol 17 $\beta$  ciclopentilpropionato o estrógeno esterificado de metabolismo lento de mayor toxicidad (Feldman, 1991).

En la Figura 1, se puede detallar su estructura química.

Figura 2. Estructura química del Cipionato de Estradiol



A pesar que hace décadas se conocen los efectos de sincronización de los tratamientos que combinan progestágenos y Estradiol, recién con los últimos descubrimientos de los efectos del estradiol sobre el desarrollo folicular, se logró comprender completamente el motivo de dichos efectos. En una serie de experimentos, se encontró que el Estradiol suprime el desarrollo del folículo antral



(Bo, 1994) y que dicha supresión es mayor cuando la aplicación se da después de la inserción de un implante de Norgestomet en la oreja (Bo, 1995a). El mecanismo responsable de la supresión del crecimiento folicular inducida es más sistémico que local (Bo, 2000) e incluye la supresión de la FSH (Bo, 1994). Una vez que el estradiol fue metabolizado, se generó un pico de FSH en la circulación y emergió una nueva onda folicular. A la administración de 5 mg de  $17\beta$  estradiol en animales implantados, siguió la emergencia de una nueva onda folicular en un promedio de  $4,3 \pm 0,2$  días más tarde (Bo, 1995a) sin importar la fase del desarrollo folicular al momento del tratamiento.

Con la finalidad de simplificar la metodología que utiliza los dispositivos intravaginales con Progesterona para controlar el ciclo estral e implementar una IATF, se ha recurrido en sistemas de producción de cría, al uso de Cipionato de Estradiol en lugar de Benzoato de Estradiol que se utiliza 24 horas pos remoción del dispositivo. Los resultados han sido positivos (Giacusa et al., 2005). En hatos lecheros hay poca información que compare el uso de Cipionato con Benzoato; existiendo un trabajo que muestra resultados equivalentes (Cifuentes et al., 2009).

Otros estudios evaluaron el efecto de diferentes ésteres del estradiol sobre el desarrollo de la onda folicular. El Benzoato de Estradiol BE y el Valerato de Estradiol VE (Mapletoft, 1999) a una dosis de 5 mg y el Cipionato de Estradiol ECP en una dosis de 1 mg (Thundathil, 1997) dieron como resultado un tiempo menos predecible de emergencia de onda. Sin embargo la aplicación de 2 mg de Benzoato de Estradiol combinado con 50 mg de Progesterona, tuvo como resultado la emergencia de una onda folicular en  $4,1 \pm 0,1$  días con una variabilidad de 3,5 a 5 días (Moreno, 2001) y

las dosis de 2 mg de Valerato de Estradiol a resultado en un comienzo de la onda 2 a 5 días después (Colazo, 2004b). Una dosis de 0,5 mg de Cipionato de Estradiol tuvo como resultado un intervalo más prolongado (de 9 a 10 días) a la emergencia de la onda folicular, con respecto al grupo tratado con una dosis de 1 mg de Cipionato de Estradiol (de 8 a 9 días) (Thundathil, 1997).

En cuanto al uso específicamente del Cipionato de estradiol, se realizaron experimentos para investigar la utilización de esta sal para sincronizar la emergencia de la onda folicular y la ovulación en novillas de carne tratadas con un Dispositivo CIDR (Dispositivo Intravaginal con 1 g de Progesterona) (Colazo, 2002). En este trabajo, las novillas que recibieron 1 mg ECP, tuvieron un intervalo más corto desde la remoción del CIDR hasta la ovulación que las novillas del grupo control. Esta ovulación se dio entre 72 y 96 horas después de la remoción del CIDR. Adicionalmente se ha informado que puede utilizarse ECP para sincronizar la ovulación en programas con GnRH para programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (Thatcher, 2001).

A pesar que el ECP no es efectivo para sincronizar la emergencia de una nueva onda folicular, puede ser utilizado para reducir el número de veces que las hembras tienen que pasar por la manga (Bo et al., 2006). Giacusa et al., (2005), usaron este tipo de estradiol para la sincronización de la ovulación al momento de retirar el dispositivo con progesterona o 24 h mas tarde en vacas con cría en condiciones pastoriles de Argentina. Este protocolo resultó en tasas de preñez por encima del 50%. El ECP administrado al tiempo del retiro del dispositivo con Progesterona, resultó en una tasa de preñez del 52% y las novillas que recibieron ECP 24 horas después de haber retirado el CIDR, tuvieron una tasa de preñez del 65% (Colazo,

2002). Por lo tanto, se demostró que el ECP es muy eficaz en inducir la ovulación del folículo dominante de una onda previamente sincronizada con  $17\beta$ estradiol. A pesar de que el tratamiento con ECP resulta en muy bajos niveles de Estradiol circulante comparado con otros Estradioles, incrementaría la concentración de Estradiol por adición a aquella producida por el folículo preovulatorio en forma suficiente como para estimular la liberación de LH. Cuando se comparó ECP con Benzoato de Estradiol administrados 24 horas después del retiro del Dispositivo con Progesterona para sincronizar celos y ovulaciones, el porcentaje de preñez a la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo, no se vio afectado, con un promedio de 69% (Colazo, 2004b). El uso de este Estradiol en la inducción del estro, y la ovulación, mostró ser eficaz y por lo tanto fue investigado más en detalle. Similares resultados se han encontrado recientemente en animales Nelore en Brasil (Baruselli, 2005)

En novillas Nelore ovariectomizadas, donde se comparó el uso del Benzoato y Cipionato de estradiol, frente al perfil de la hormona luteinizante (LH), se observó que el tiempo de presentación de la oleada de LH fue mayor en el Cipionato (50,5 h) que en el Benzoato (19,6 h) y la concentración obtenida fue mayor en el Benzoato (20,5 ng/ml) que en el Cipionato (9,4 ng/ml) aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas. Igualmente, según Sales et al., 2012, en vacas *Bos indicus* en lactancia, que recibieron protocolo de sincronización con Progestágenos, aplicando 1 mg de benzoato de estradiol 24 horas después de retirar el dispositivo de progesterona o aplicando 1 mg de cipionato de estradiol al momento del retiro del dispositivo, no se encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos frente a la dinámica folicular, encontrando un diámetro máximo del folículo de 13,1 mm y de 13,9 mm para benzoato y cipionato respectivamente. Se evaluó igualmente

la respuesta de los dos grupos frente al intervalo entre retiro del dispositivo y la ovulación, el cual fue de 70,2 y 68,5 horas para Benzoato y Cipionato de estradiol respectivamente. Finalmente se evaluó la tasa de ovulación con cada uno de los protocolos, donde el resultado fue del 77,8% para el benzoato y 82,8% para el cipionato. En síntesis, a pesar de las diferencias farmacológicas, los dos ésteres fueron efectivos en la inducción de una oleada de LH que resulta en una ovulación sincronizada (Sales et al., 2012)

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo General

Valorar el efecto del ciproionato y el benzoato de estradiol utilizados en un protocolo de sincronización, sobre la preñez en novillas receptoras de embriones.

#### 3.2. Objetivos específicos

Comparar el efecto del Ciproionato de Estradiol con el del Benzoato de Estradiol utilizados en un protocolo de sincronización, sobre la preñez en novillas receptoras de embriones.

Analizar económicamente la rentabilidad del uso de Ciproionato y Benzoato de Estradiol, frente a la eficiencia reproductiva después de la transferencia.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Localización

El trabajo se llevó a cabo en la Hacienda La Esmeralda, ubicada en la Vereda La Vizcaina del municipio de Barrancabermeja (Santander). Este municipio se encuentra al occidente del Departamento de Santander en límites con el Departamento de Antioquia. Se encuentra a 110 metros sobre el nivel del mar, presenta una temperatura promedio de 32° C, humedad relativa promedio del 80% y se encuentra a 120 km por vía terrestre de la ciudad de Bucaramanga.

### 4.2. Materiales y Métodos

#### 4.2.1. Materiales

Se utilizaron 60 novillas F1 Brahmholando, con pesos no inferiores a 340 Kg, evaluadas por ultrasonografía (folículos mayores a 10 mm y cuerpo lúteo mayor a 15 mm), con condición corporal superior a 3,5 (en la escala de 1 a 5).

Los embriones utilizados para las transferencias, fueron frescos obtenidos por fertilización *In vitro* y exclusivamente de la raza Brahman. Estos embriones fueron de calidad 1 o 2 (tabla 2) y se encuentran en estado de blastocisto. Los embriones utilizados en cada uno de los tratamientos, fueron enviados en un mismo lote por tratamiento.

Tabla 2. Clasificación embrionaria de acuerdo a la estructura (Srtingfellow y Siedel, 2000)

|          |                     |  |
|----------|---------------------|--|
| Código 1 | Excelente o bueno   | La masa embrionaria es simétrica y esférica, con blastómeros individuales uniformes en tamaño, color y densidad. El estado de desarrollo del embrión es consistente con la fase de desarrollo esperada. Presenta irregularidades relativamente menores y por lo menos el 85% del material celular debe permanecer intacto dentro de la masa embrionaria. La zona pelúcida debe ser lisa y no debe tener ninguna superficie cóncava o delgada que podría causar que el embrión se adhiera a la placa de cultivo o a la pajilla. |
| Código 2 | Regular             | Presenta irregularidades moderadas en la forma global de la masa embrionaria o en el tamaño, color y densidad de las células individuales. Por lo menos el 50% del material celular debe permanecer intacto dentro de la masa embrionaria.   |
| Código 3 | Malo                | Presenta irregularidades mayores en la forma de la masa embrionaria o en el tamaño, color y densidad de las células individuales. Por lo menos el 25% del material celular debe permanecer intacto dentro de la masa embrionaria.  |
| Código 4 | Muerto o degenerado | Embriones degenerados, ovocitos o embriones de 1 célula: no viables  |

#### 4.2.2. Métodos

La técnica de transferencia utilizada fue la convencional, depositando el embrión en el cuerno ipsilateral al ovario donde se encontró el cuerpo lúteo de mejor calidad, transferidas por el mismo técnico en la totalidad de los animales. Las novillas se distribuyeron al azar en dos grupos iguales a saber:

Figura 3. Esquema de protocolo de sincronización Grupo 1

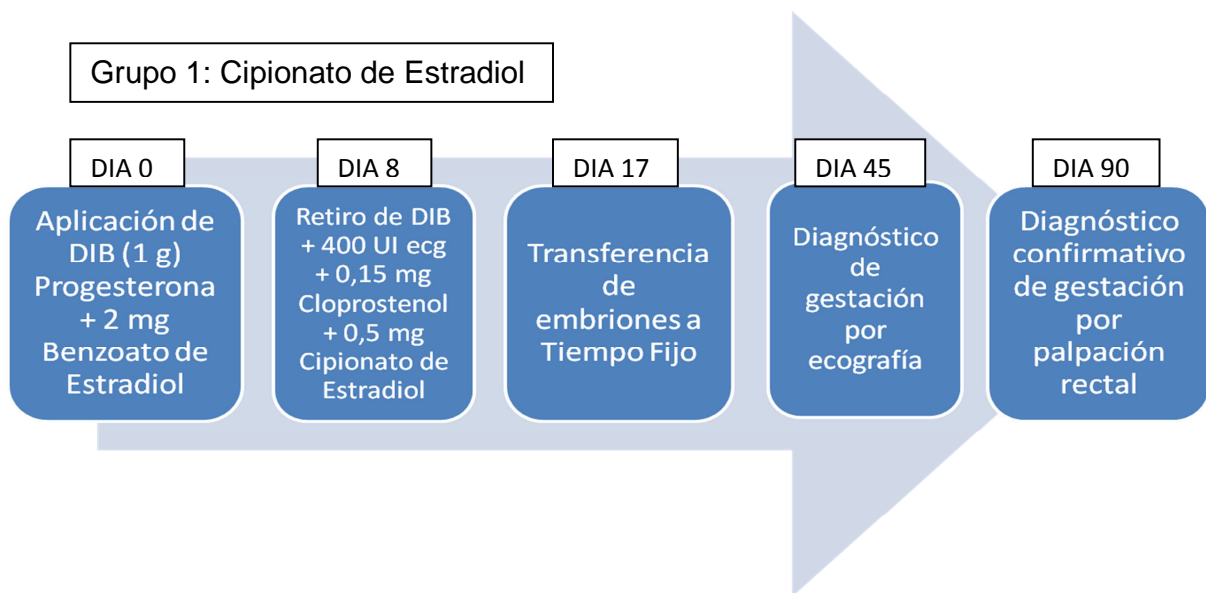
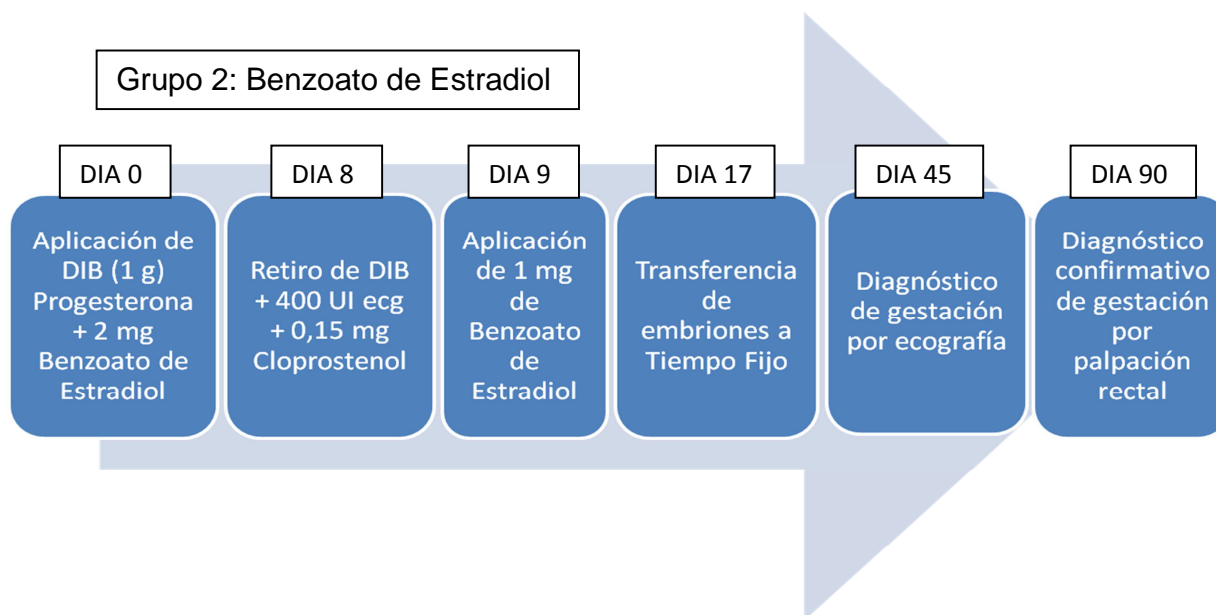




Figura 4. Esquema de protocolo de sincronización Grupo 2



#### 4.2.3. Manejo sanitario y nutricional

Las unidades experimentales utilizadas son sometidas al plan sanitario existente en la Hacienda La Esmeralda que incluye vacunación contra Fiebre Aftosa (Aftogan®), Carbón Sintomático (Clostrisan®), Brucelosis (Cepa RB51), Bovisan® (contra IBR, DVB, Leptospirosis, Campilobacteriosis) y programa de desparasitación, consistente en aplicación de Fenbendazol al 10% por vía oral a una dosis de 10 mg/kg, con intervalos de seis meses a todos los animales.

El sistema de pastoreo es rotacional, con potreros a base de pasto *Brachiaria*, variedades, *humidícola*, *brizantha* y *decumbens*, suplementación con sal mineralizada al 10% y agua a voluntad.

#### 4.3. Tratamiento de la información

Para establecer si la preñez de las receptoras dependió de los tratamientos, se realizó la prueba de hipótesis para la diferencia de dos proporciones poblacionales a

través de la estadística z calculado ( $Z_c$ ) teniendo como referente el z de tabla ( $Z_t$ ) para un índice de confiabilidad de 95% (1,64)

Control de variables: Fueron en el mismo proceso de producción y envío los embriones que se transfirieron utilizando Benzoato de Estradiol y en otro proceso de producción y envío, los embriones que se transfirieron utilizando Cipionato de Estradiol. La totalidad de los embriones fueron de la raza Brahman y fueron transferidos por el mismo profesional.

Los costos fueron comparados por medio de estadística descriptiva y se obtuvo según el valor por preñez obtenida, cual es más rentable para el productor.

#### 4.3.1. Hipótesis nula

Los protocolos de sincronización con Cipionato o Benzoato de Estradiol, implementados en novillas receptoras de embriones, no generan diferencias significativas en cuanto al logro de la preñez. ( $Z_c < Z_t$ )

#### 4.3.2. Hipótesis alterna

Los protocolos de sincronización con Cipionato o Benzoato de Estradiol, implementados en novillas receptoras de embriones, si generan diferencias significativas en cuanto al logro de la preñez. ( $Z_c > Z_t$ )

$Z_t$  para 95%: 1,64 y  $Z_t$  para 99%. 2,33

$$Z_c = p_c - p_d / \sqrt{[(p_c \cdot q_c / n_c) + (p_d \cdot q_d / n_d)]}$$

Donde:

Pc Proporción positiva del tratamiento 1 (CP)

PD: Proporción positiva del tratamiento 2 (BE)

Qc: Proporción negativa del tratamiento 1

Qd: proporción negativa del tratamiento 2

n: número de la muestra

## 5. RESULTADOS

En cuanto a los resultados que se obtuvieron por medio de este trabajo de investigación, se puede dividir según los objetivos trazados al inicio del mismo. Por eso se dará a conocer la información de la manera como se fue obteniendo.

Los factores de selección de las receptoras, han sido analizados estadísticamente y se ha obtenido una muestra homogénea, que al realizarse el protocolo de sincronización y la subsecuente Transferencia de Embriones a Tiempo Fijo, realizadas por el mismo técnico y con embriones de la misma raza y enviados en el mismo lote por tratamiento, se lograrán resultados significativos en cuanto a su confiabilidad. Ver Anexos.

### 5.1. Análisis de la tasa de preñez:

Los resultados de este análisis se pueden observar en las Tabla 3.

Para establecer si la preñez de las receptoras dependió de los tratamientos, se realizó la prueba de hipótesis para la diferencia de dos proporciones poblacionales a través de la estadística Z calculado ( $Z_c$ ) teniendo como referente el Z de tabla ( $Z_t$ ) para un índice de confiabilidad de 95% (1,64).

Tabla 3. Proporciones (vacías/preñadas) para los dos tratamientos

| TRATAMIENTO | DIAGNÓSTICO |          | PROPORCIÓN |      |
|-------------|-------------|----------|------------|------|
|             | Vacías      | Preñadas | %          |      |
| 1           | 19          | 11       | 63,3       | 36,7 |
| 2           | 18          | 12       | 60         | 40   |

$$Z_c = p_c - p_D / \sqrt{[(p_c \cdot q_c / n_c) + (p_D \cdot q_D / n_D)]}$$

$$Z_c = 0,26$$

De acuerdo con el análisis anterior, se acepta la hipótesis nula, donde los protocolos de sincronización con Cipionato o Benzoato de Estradiol, implementados en novillas receptoras de embriones, no generan diferencias significativas en cuanto al logro de la preñez ( $Z_c > Z_t$ ).

## 5.2. Análisis económico:

Como se explica en la tabla 4, los costos de cada uno de los tratamientos evaluados, difieren en el uso del Benzoato o Cipionato, además de que al ser la aplicación del Cipionato el mismo día que se retira el Dispositivo, se disminuye en este protocolo el número de entradas al corral. Este análisis por medio de la estadística descriptiva.

Tabla 4. Análisis económico de cada uno de los tratamientos

| CONCEPTO   | Dosis utilizada | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 |
|--|-----------------|---------------|---------------|
| Progesterona en Dispositivo Intravaginal Bovino DIB® Lab. Sintex | 1 g             | \$ 26.000     | \$ 26.000     |
| Benzoato de Estradiol Estrozoo® Lab. Zoo                         | 2 mg            | \$ 900        | \$ 900        |
| Gonadotropina Coriónica Equina Ecg Novormon® Lab. Sintex         | 400 UI          | \$ 8.000      | \$ 8.000      |
| D-Clospostenol Prostal® Lab. Over                                | 0,15 mg         | \$ 6.500      | \$ 6.500      |
| Cipionato de Estradiol SincroCP® Lab. Ourofino                   | 0,5 mg          | \$ 625        |               |

|   |      |           |           |
|---|------|-----------|-----------|
| Benzoato de Estradiol Estrozoo®<br>Lab. Zoo | 1 mg |           | \$ 400    |
| TOTAL                                       |      | \$ 42.025 | \$ 41.800 |

Como se observa en la Tabla 11 (Ver anexos), los resultados no evidenciaron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre los presupuestos establecidos para cada uno de los tratamientos utilizados, en cuanto al costo de los medicamentos por animal.

En cuanto al análisis económico y la rentabilidad de cada tratamiento, teniendo como referente el costo de cada preñez obtenida, por medio de cada embrión pegado, después del procedimiento, se obtuvo el costo de cada preñez teniendo en cuenta el costo de los medicamentos del protocolo exclusivamente, ya que los costos de mano de obra y de los embriones, son los mismos para los dos tratamientos.

#### Tratamiento 1 (Cipionato de Estradiol)

Costo de los medicamentos: \$42.025

Número de receptoras sincronizadas: 30

Total inversión: \$1.260.750

Receptoras preñadas: 11

Total inversión por receptora preñada: \$ 114.613

#### Tratamiento 2 (Benzoato de Estradiol)

Costo de los medicamentos: \$41.800

Número de receptoras sincronizadas: 30

Total inversión: \$1.254.000

Receptoras preñadas: 12

Total inversión por receptora preñada: \$ 104.500

Como se puede apreciar, desde el punto de vista económico, la inversión en medicamentos para el protocolo de sincronización, enfrentada al valor de cada receptora preñada, es más rentable en el tratamiento 2 (Benzoato de Estradiol), ya que el costo de los medicamentos fue menor y se obtuvo un mayor número de preñeces. Esto, a pesar de que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los costos de los dos tratamientos. Por lo tanto, en cuanto al análisis económico, se infiere que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la rentabilidad de los dos tratamientos.

## 6. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos un vez aplicada la técnica de TE se ven afectados de manera directa cuando en las hembras receptoras de embriones, no se analizan detenidamente algunos factores de importancia para esta práctica biotecnológica. El tamaño del folículo ovulatorio (Diámetro Folicular), el desarrollo del cuerpo lúteo (Volumen del cuerpo lúteo) y la secreción de Progesterona, son factores relacionados al establecimiento y mantenimiento de la preñez, lo que va a incidir directamente en la eficiencia o no del procedimiento de TE (Baruselli, 2003; Mann, 2007) afectando el porcentaje de preñez (Bridges, 2000; Spell, 2001; Vasconcelos, 2001; Lequarre, 2004; Green, 2005). Debido a esto, en la presente investigación, con el fin de reducir las fuentes de variación mencionadas, se seleccionaron las unidades experimentales con base en el tamaño del folículo y el tamaño del cuerpo lúteo y a estos resultados se le aplicó un diseño estadístico con el fin de establecer grupos experimentales homogéneos. Ver Anexos Tablas 3, 4, 5 y 6. Minimizando estos efectos, se puede apreciar mejor el efecto de la aplicación de dos formas diferentes de Estradiol, como lo son el Benzoato y el Cipionato.

De acuerdo con los trabajos consultados, la gran mayoría de experimentos se han realizado en procedimientos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo sincronizando con Progestágenos, especialmente CIDR con 1,9 g de Progesterona. En este grupo de investigaciones, se relaciona la respuesta a los protocolos en cuanto a



presentación de celo, tasa de gestación y algunos trabajos evaluaron la respuesta a nivel de crecimiento folicular y del comportamiento de la LH. Estos trabajos se mencionan a continuación.

Sales et al. (2012), compararon el comportamiento de los dos esteres de estradiol y encontraron que aunque tienen diferencias farmacológicas, tienen la capacidad de inducir una oleada de LH que resultará en una ovulación sincronizada entre las 68 y las 70 horas después de retirar el dispositivo. Esto fortalece la teoría de la utilización del estradiol en forma de benzoato o cipionato como inductor de la ovulación tanto para IATF como para Transferencia de embriones a tiempo fijo TETF, debido a que en los dos casos, donde se utiliza el mismo protocolo de sincronización que busca una ovulación y en el caso de TETF una transferencia eficiente a los 7 días de esa ovulación, el Estradiol en cualquiera de sus presentaciones coadyuva en la presentación de esa ovulación, que es determinante para lograr el objetivo primordial de la transferencia, que es encontrar las condiciones del microambiente uterino óptimas para que se lleve a cabo una gestación normal a partir de los 7 días pos ovulación.

Peralta et al.(2010), no encontraron diferencias significativas entre las tasas de preñez obtenidas luego de aplicar protocolo de sincronización para IATF en vacas *Bos indicus*, en grupos con aplicación de Benzoato y Cipionato de estradiol aplicando el Benzoato 24 horas después del retiro y el Cipionato al momento del retiro, como se hizo en el presente trabajo de investigación. Esto es un indicador de las diferencias farmacológicas de las dos formas de Estradiol, pero que utilizadas en diferentes momentos del protocolo, proporcionan tasas de preñez semejantes que desde el punto de vista del manejo animal, es determinante la aplicación del

Cipionato de Estradiol, ya que teniendo los mismos resultados en cuanto a tasas de preñez, se evita una entrada al corral por parte de los animales sincronizados. Relacionando esto con el presente trabajo de investigación, se puede inferir que a pesar de no existir diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos, se encontró una mayor tasa de preñez en el grupo 2 (Benzoato de Estradiol), lo que puede indicar el suprimiendo la entrada adicional al corral al día 9 en el grupo 1 (Cipionato de Estradiol) no representa un efecto favorable en la tasa de preñez.

En cuanto a la dosificación utilizada de Cipionato de estradiol como inductor de la ovulación, algunos trabajos como el de Giacusa et al., 2005, reportan que con el uso de 1 o 0,5 mg, no se encuentran diferencias significativas en cuanto a la respuesta en términos de tasa de preñez. Por esta razón en el presente trabajo se utilizó una dosis de 0,5 mg de Cipionato al momento del retiro del dispositivo de Progesterona con 1 gr de concentración de la misma.

Vasconcelos et al.(2011), compararon dos protocolos de sincronización de la ovulación en vacas Holstein en producción a las cuales se les hizo IATF o TETF. Esto, en 8 fincas con un número de 883 vacas. Las vacas del grupo 1 fueron sincronizadas con dispositivo CIDR® de 1,9 gr de Progesterona y GnRH al día 0, al día 7 se retiro del dispositivo y se aplicó Prostaglandina F2 $\alpha$ , al día 8 se aplicó 1 mg de cipionato de estradiol y al azar se realizó IATF el día 10 o TETF el día 17. Las vacas del grupo 2 fueron sincronizadas con dispositivo CIDR® de 1,9 gr de Progesterona y 2 mg de benzoato de estradiol al día 0, al día 7 se aplicó Prostaglandina F2 $\alpha$ , al día 8 se retiró el dispositivo y se aplicó 1 mg de cipionato de estradiol. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la

concentración de Progesterona al día 7, aunque fue ligeramente mayor en el grupo 1 (GnRH). Entre las vacas sometidas a IATF y las sometidas a TETF hubo bastantes diferencias en cuanto a la tasa de preñez al día 60, obteniéndose el 37,6% y el 26,5% respectivamente. Esto obedece a la mayor facilidad para obtener mejores tasas de preñez con IATF que en procedimientos de TETF. Sin embargo la tasa de preñez en TETF fue menor a la obtenida en el presente trabajo, teniendo en cuenta que la dosis de Cipionato fue menor en el presente estudio. Adicional a esto, en el presente estudio el retiro del dispositivo se realizó el día 8, acompañado de una dosis de 400 UI de ecg. Esto también puede influir en la presentación de una mayor tasa de preñez, debido al efecto FSH de la ecg utilizada en bovinos a una dosis de 400 UI por animal.

Sin embargo, teniendo en cuenta el grupo con el protocolo más parecido al utilizado en la presente investigación, que fueron los animales sometidos a TETF con el protocolo que incluye Benzoato de estradiol al día 0 y Cipionato de estradiol al día 8, se encontró una tasa de preñez al día 60 del 36,4% (98/269). Este valor es comparable con el 36,7% obtenido en el grupo sincronizado con cipionato de estradiol del presente trabajo, lo que indica que a nivel del Magdalena Medio Santandereano en transferencia de embriones se obtienen resultados semejantes a los reportados por la literatura internacional. De igual forma en ninguna de las investigaciones citadas, ni en la presente, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Es evidente de acuerdo con los resultados encontrados, que la disminución de entradas al corral con el protocolo de cipionato de estradiol, no tuvo ningún efecto positivo en los porcentajes de preñez obtenidos. Esta investigación, a pesar de no arrojar diferencias significativas entre los

dos tratamientos, si arroja una diferencia numérica en cuanto a las tasas de preñez a favor del Benzoato de estradiol, lo que en el mercado nacional de medicamentos hormonales veterinarios, y de material genético bovino, le da una favorabilidad al benzoato de estradiol que es la forma más común en el mercado de este producto y que además, debido al precio de los embriones, se convierte en una buena alternativa de uso en la aplicación de esta biotecnología reproductiva.

En cuanto al análisis económico, es poca o nula la literatura al respecto, pero se puede mencionar que al no encontrarse diferencias significativas entre las tasas de preñez de cada uno de los tratamientos y entre los valores económicos de los mismos, no resulta un tratamiento más rentable que otro y por lo tanto se recomienda aplicar cualquiera de los dos a nivel de campo. La única diferencia que se debe analizar es el efecto de una entrada menos al corral para el tratamiento con cipionato relacionado con la tasa de preñez, desde el punto de vista de disminución del stress de las receptoras en este caso. Adicional a esto, la disminución en el número de entradas al corral de los animales sincronizados, puede tener un beneficio al disminuir los riesgos de accidentes de los animales e igualmente minimiza la utilización de mano de obra. Esto le otorga ventajas al Cipionato de estradiol.

Alrededor del 25 al 40% de pérdidas embrionarias se han podido detectar durante los primeros días de gestación en hembras receptoras de embriones bovinos (Santos et al., 2004) Esta mortalidad embrionaria se encuentra entre los días 7 y 17, es decir, entre la transferencia y el reconocimiento materno de la preñez respectivamente. (Binelli et al., 2001) Estos elementos son importantes a tener en cuenta en los

resultados arrojados por la presente investigación, ya que no se midieron y pudieron afectar la tasa de preñez obtenida en los dos tratamientos.

Tovío, 2011, encontró una Tasa de preñez al día 52 del 64% (18/28) en un protocolo con BE al día 9 y ecg al día 8. Este protocolo incluyó la aplicación de Prostaglandina F2 $\alpha$  el día 5. No se encontraron diferencias entre tratamientos (Ecg al día 5 o día 8). Se trabajó con embrión congelado a diferencia del presente trabajo.

Nasser, 2004 utilizando 400 UI de ecg al día 5 u 8, encontró diferencia estadística a favor del día 5. Sin embargo con la ecg aplicada al día 8 se alcanzó una tasa de preñez del 36,1% utilizando embriones producidos *in vitro* transferidos en fresco como en la presente investigación. Este resultado se asemeja al encontrado en el tratamiento con Cipionato de Estradiol.

Rodriguez, 2004 en vacas receptoras Nelore, reporta 56% de Tasa de preñez con ecg y de 37,8% sin ecg en protocolos de sincronización para transferencia de embriones a tiempo fijo con benzoato de estradiol dispositivo intravaginal y prostaglandina F2 $\alpha$ .

Pita et al., 2009 en novillas cebú en un protocolo con norgestomet, benzoato, ecg, cloprostenol y cipionato, transfiriendo embriones congelados con etilenglicol obtuvo una tasa de aprovechamiento en las receptoras del 65% y una tasa de preñez del 46%. Estos resultados son semejantes en cuanto a los encontrados en el presente trabajo y en la literatura en general consultada.

De acuerdo con lo analizado en esta discusión, se puede determinar que los hallazgos encontrados en la misma, no difieren de los reportados por la literatura en cuanto a los indicadores de tasa de preñez luego de la transferencia de embriones, lo que hace que se sigan obteniendo resultados que hoy en día a nivel de finca poco

afectan, ya que el mercado actual de los embriones ha evolucionado a tal punto que las centrales de biotecnología reproductiva, asumen la tasa de aprovechamiento de las receptoras y ofrecen a los consumidores las receptoras con embriones pegados confirmadas de 90 días. Es por esto que las tasas de preñez en transferencia de embriones pasan a ser un dato clave para las centrales que con una buena cantidad de receptoras, ofrecen a los ganaderos embriones con una alta posibilidad de que nazcan normalmente en la finca de destino. Esto no excluye, que se sigan haciendo trabajos que busquen mejorar la tasa de preñez después de la transferencia y seguir buscando las causas que afectan principalmente en Colombia este indicador en las prácticas biotecnológicas.

## 7. CONCLUSIONES

La utilización de Cipionato de estradiol en protocolos de sincronización para transferencia de embriones a tiempo fijo, a una dosis de 0,5 mg el día de retirar el progestágeno, resulta en una buena alternativa para obtener resultados semejantes a los reportados por la literatura, con una tasa de gestación del 36,7%

La utilización del Benzoato de estradiol en protocolos de sincronización para transferencia de embriones a tiempo fijo, a una dosis de 1 mg 24 horas después de retirado el progestágeno, resulta en una buena alternativa para obtener resultados semejantes a los reportados por la literatura, con una tasa de gestación del 40%

No existe diferencia significativa a nivel estadístico entre el uso de protocolos de sincronización con benzoato o cipionato de estradiol acompañados del uso de progestágenos, cloprostenol y gonadotropina coriónica equina a nivel del Magdalena medio santandereano.

La aplicación de protocolos de sincronización a base de progestágenos y estradiol, para transferencia de embriones a tiempo fijo en novillas receptoras de raza mestiza, utilizando embriones obtenidos por FIV en el mismo procedimiento, de la raza Brahman y transferidos por el mismo técnico, proporcionan una tasa de preñez total del 38,3%

El valor de los medicamentos para cada uno de los protocolos utilizados en el presente trabajo, solo difiere en menos del 1%. Pero a la hora de obtener la rentabilidad por preñez lograda, existe una diferencia del 13,6% a favor del protocolo con Benzoato de Estradiol debido a una mayor tasa de preñez lograda.



## 8. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los productos existentes en el mercado de hormonales utilizados en la reproducción, es indiferente utilizar en protocolos de sincronización con progestágenos para transferencia de embriones a tiempo fijo Cipionato o Benzoato de estradiol, ya que las tasas de gestación que se obtendrán serán semejantes.

Profundizar en estudios que contemplen tasas de ovulación y su relación con la tasa de gestación en transferencia de embriones, con el fin de buscar el porcentaje a nivel nacional de muerte embrionaria pos transferencia, ya que puede representar un alto porcentaje de la baja tasa de preñez en procesos de transferencia.

Proponer que en los estudios posteriores se disminuyan al máximo las variables que afectan el resultado de los trabajos que se hacen en biotecnología reproductiva a fin de que los resultados sean de absoluta confiabilidad no solo por el análisis estadístico riguroso, sino por la homogeneidad de la muestra.

Controlar al máximo las variables es una imperiosa tarea que va a seguir permitiendo la homogeneidad de la muestra por protocolo para que así los trabajos que se hagan en Biotecnología Reproductiva arrojen resultados cada vez más confiables.

## 9. LISTA DE REFERENCIAS

- Adams GP, Jaiswal R, Singh J, Malhiet P.(2008) Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle. *Theriogenology*; 69: 72-80.
- Baruselli P.S.,Martins, C.M., Sá Filho, M.F., Nasser, L.F., Gimenez, L.U., Madureira, E.H., Bo, G.A. (2005) Novos avancos nos tratamentos de doadoras e receptoras de embriao bovino. *Sociedad Brasileira de Tecnologia de embrioes*, 33: 151-156.
- Baruselli P.S., Reis E. (2003) Sincronización de receptoras cebú en condiciones tropicales. *Memorias IV Seminario Internacional de reproducción em grandes animales*. CGR Biotecnología Reproductiva, Bogotá Colombia 35-93.
- Baruselli P.S., De Sá Filho MF, Martins CM, Nasser LF, Nogueira M, *et al.* (2006) Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*; 65: 77-88.
- Bauman, D. E. and B. Currie. (1980) Partitioning of nutrients pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorresis. *J. Dairy Sci.* 63: 1514 – 1529.
- Beal, W.E. and Hindshaw, R.H. (2000) Synchronization of estrus and ovulation in bovine embryo transfer recipients AABP.
- Bo, G.A., Pincinato, D., Peres, L., Cutaia, L., Nasser, L.F., Baruselli, P.S. (2006) Protocols for fixed time embryo transfer in bovine embryo recipients. *Sociedade Brasileira de Transferencia de Embrioes*, en prensa.
- Bó, G. Baruselli, P & Martinez, M. (2003). Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci*, 78:307-326
- Bo, G.A., Baruselli, P.S., Moreno, D., Cutaia, L., Caccia, M., Tríbulo, R., Tríbulo, H., Mapletoft, R.J. (2002) The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology*, 57:53-72
- Bo GA, Adams GP, Pierson RA, Mapletoft RJ (2000) Local versus systemic effects of exogenous estradiol on ovarian follicular dynamics in heifers with progestogen ear implants. *Anim Reprod Sci*; 59: 141-157.

- Bo GA, Adams GP, Caccia M, Martinez M, Pierson RA, Mapletoft R.J. (1995a) Ovarian follicular wave emergence after treatment with progestogen and estradiol in cattle. *Anim Reprod Sci*; 39: 193-204.
- Bo GA, Adams GP, Pierson RA, Mapletoft RJ (1995b) Exogenous control of follicular wave emergence incattle. *Theriogenology*; 43: 31-40.
- Bo GA, Adams Gp, Pierson Ra, Tribulo He, Caccia M, Mapletoft Rj (1994) Follicular wave dynamics after estradiol-17 treatment of heifers with or without a progestogen implant. *Theriogenology*; 41: 1555-1569.
- Botero Maya Ricardo. Mejoramiento genético en el sistema doble propósito. Memorias I congreso internacional de vacunos en Doble Propósito Trópico alto medio y bajo. Cartagena, Mayo de 2009.
- Bridges P, Wright D, Buford W, Ahmad N, Hernandez H, McCormick M, Schirk F, Dailey R, Lewis P (2000) Ability of induced corpora lutea to maintain pregnancy in beef cows. *Journal of American Science* 78 , 11: 2942-2949
- Cifuentes E, Quevedo L, Hoyos A, Carballo D, Tríbulo A, Cutaia L, Bó G.A. (2009) Efecto de la aplicación de ECP o EB como inductor de la ovulación en protocolos de IATF sobre el porcentaje de preñez en vacas Holstein en lactancia. Resúmenes 8º Simposio Internacional de Reproducción Animal. Sección Reproducción de bovinos y bubalinos. Abstrac 15.
- Colazo MG, Kastelic JP, Martínez MF, Whittaker PR, Wilde R, Ambrose JD, Corbett R, Mapletoft RJ (2004a) Fertility following fixed-time AI in CIDR-treated beef heifers given GnRH or estradiol cypionate and fed diets supplemented with flax seed or sunflower seed. *Theriogenology*; 61: 1115-1124.
- Colazo MG, Kastelic JP, Mapletoft RJ. (2004b) Estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular dynamics, synchrony of ovulation, and fertility in CIDR-B-based, fixed-time AI programs in beef heifers. *Theriogenology*; 60: 855-865.
- Colazo MG, Martinez MF, Whittaker PR, Kastelic JP and Mapletoft RJ (2002) Estradiol cypionate (ECP) in CIDR-B-based programs for fixed-time AI in beef heifers. *Theriogenology*; 57: 371 abstr.
- Diaz GS, Galina CS, Basurto CH, Ochoa GP. (2002) Efecto de la Progesterona natural con o sin la adición de benzoato de estradiol sobre la presentación de celo, ovulación y gestación en animales tipo *Bos indicus* en el trópico mexicano. *Arch. Med. Vet.* 34: 235-244
- Driancourt MA.(2001) Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*; 55: 1211-1239.

- Epperson, B & Zalesky, D. (1995). Effects of High Heat and Humidity on Reproduction in Cattle. *Animal Science*.  
<http://agbiopubs.sdstate.edu/articles/ExEx2018.pdf>
- Feldman, E.C.; Nelson, R. (1991). *Endocrinología y Reproducción canina y felina*. Editorial Inter-Médica. Buenos Aires. Argentina.
- Findlay, J. Kerr, J. Britt, K. Liew, S. Simpson, E. Rosairo, D & Drummond, A. (2009). Ovarian physiology: follicle development, oocyte and hormone relationships. <http://www.cbpa.org.br/pages/publicacoes/animalreproduction/iss/ues/download/v6n1/pag%2016-19.pdf>
- Giacusa N, Cutaia L, Bó G.(2005) Efecto de la utilización de cipionato de estradiol como inductor de ovulación aplicado al momento del retiro del dispositivo con P4 o 24 horas más tarde sobre los porcentajes de preñez en vacas con cría. Resúmenes 6to Simposio Internacional de Reproducción Animal, Córdoba Pág, 404.
- Ginther, O. Kastelic, J. & Knopf, L. (1989). Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim Reprod Sci*, 20,187-200.
- González, Marco. *Bioteecnologías adecuadas en ganaderías de Doble propósito: tema para reflexionar*. Memorias I congreso internacional de vacunos en Doble Propósito Trópico alto medio y bajo. Cartagena, Mayo de 2009.
- Green M, Hunter M, Mann G (2005). Relationships between maternal hormone secretion and embryo development on day 5 of pregnancy in dairy cows. *Animal Reproduction Science* 88, 3-4: 179-189.
- Hafez, E. & Hafez, B. (2000). *Reproducción e inseminación artificial en animales*. México: Séptima edición.
- ICA, 2006. *Estadísticas segundo semestre*. Cartilla Instituto Colombiano Agropecuario ICA.
- Lefebvre DM, Block E (1992). Effect of recombinant bovine somatotropin on estradiol-induced estrous behavior in ovariectomized heifers. *J. Dairy Sci* 75: 1461-1464
- Lequarre A, Vigneron C, Ribaucour F, Holm P, Donny I, Dalbies-Tran R, Callesen H, Mermillod P (2004). Influence of antral follicle size on oocyte characteristics and embryo development in the bovine. *Theriogenology* 63,3: 841-859
- Lucy MC, McDougall S, Naton DP (2004). The use of hormonal treatment to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feed-lot or pasture based management systems. *Anim. Reprod. Science* 82-83: 495-512

- Mann G, Robinson R, Hunter M (2007). Corpus luteum size and function following single and double ovulations in non lactating dairy cows. *Theriogenology* 67, 7: 1256-1261
- Mapletoft RJ, Martinez MF, Adams GP, Kastelic J, Burnley CA (1999) The effect of estradiol preparation on follicular wave emergence and superovulatory response in norgestomet-implanted cattle. *Theriogenology*; 51: 411 abstr.
- Moreno D, Cutaia L, Villata ML, Ortisi F, Bo GA (2001) Follicle wave emergence in beef cows treated with progesterone releasing devices, estradiol benzoate and progesterone. *Theriogenology*; 55: 408 abstr.
- Overton, T. R. (1999). Update on biology and management of transition cows. Department of Animal Science. Cornell University, Ithaca, N. Y. <http://www.ansci.cornell.edu/tmplobs/baaAwqYab.pdf>
- Peralta-Torres JA, Aké-Lopez JR, Centurión-Castro FG, Magaña-Monforte JG (2010). Comparación del Cipionato de Estradiol vs Benzoato de Estradiol sobre la respuesta a estro y tasa de gestación en protocolos de sincronización con CIDR en novillas y vacas *Bos indicus*. [www.ujad.mx/publicaciones/uciencia](http://www.ujad.mx/publicaciones/uciencia) 26(2): 163-169
- Ross PJ, Aller JF, Callejas SS, Butler H, Albeiro RH (2004) Estradiol benzoate given 0 or 24 h after the end of progestagen treatment in postpartum suckled beef cows. *Theriogenology*. 62: 265-273
- Salamone DF, Adams GP, Mapletoft RJ.(1999) Changes in the cumulus-oocyte complex of subordinate follicles relative to follicular wave status in cattle. *Theriogenology*; 52: 549-561.
- Sales JNS, Carvalho JBP, Crepaldi GA, Cipriano RS, Jacomini JO, Maio JRG, Souza JC, Noqueira GP, Baruselli PS (2012). Effects of two estradiol esters (benzoate and cypionate) on the induction of synchronized ovulations in *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol. *Theriogenology* 78,3: 510-516
- Spell A, Beal W, Corah L, Lamb G (2001). Evaluating recipient and embryo factors that affect pregnancy rates of embryo transfer in beef cattle. *Theriogenology* 56, 2: 287-297
- Stringfellow, D. & Siedel, S. (2000). Certificación e identificación de embriones. Manual de la sociedad internacional de la transferencia de embriones I.E.T.S. Estados Unidos de América. Cap.9. Ed. 3. pp. 109-114.
- Thatcher WW, Moreira F, Santos JEP, Mattos RC, Lopez FL, Pancarci SM, Risco CA (2001) Effects of hormonal treatments on reproductive performance and embryo production. *Theriogenology*; 55: 75-90.

- Thibier, M. (2003). More than half a million bovine embryos transferred in 2002. Embryo transfer newsletter, IETS, 12-19.
- Thundathil J, Kastelic JP, Mapletoft RJ (1997) Effect of estradiol cypionate administration on ovarian follicular wave dynamics in cattle. Can J Vet Res; 61: 314-316.
- Vasconcelos JLM, Jardina DTG, Sá Filho OG, Aragon FL, Veras MB (2011). Comparison of progesterone-based protocols with gonadotropin-releasing hormone or estradiol benzoate for timed artificial insemination or embryo transfer in lactating dairy cows. Theriogenology 75:6 1153-1160
- Vasconcelos JLM, Sartori R, Oliveira H, Guenther J, Wiltbank M (2001). Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. Theriogenology 56, 2: 307-314

## 10. ANEXOS

## Anexo 1. Condición corporal de las receptoras del tratamiento 1 (Cipionato de Estradiol)

| No. | Receptora | Condición Corporal |
|-----|-----------|--------------------|
| 1   | 9650      | 3,5                |
| 2   | 9292      | 3,5                |
| 3   | 9312      | 3,75               |
| 4   | 9410      | 4                  |
| 5   | 004       | 4                  |
| 6   | 008       | 3,5                |
| 7   | 085/9     | 3,75               |
| 8   | 9586      | 3,75               |
| 9   | 9354      | 3,5                |
| 10  | 9393      | 3,5                |
| 11  | 9528      | 4                  |
| 12  | 014/9     | 3,5                |
| 13  | 7440      | 4                  |
| 14  | 9185      | 4                  |
| 15  | 9119      | 3,5                |
| 16  | 8453      | 4                  |
| 17  | 002/9     | 3,5                |
| 18  | 8053      | 4                  |
| 19  | 9578      | 3,5                |
| 20  | 9607      | 3,5                |
| 21  | 9449      | 3,5                |
| 22  | 9622      | 4                  |
| 23  | 418/9     | 3,75               |
| 24  | 280/9     | 3,75               |
| 25  | 286/9     | 4                  |
| 26  | 454/9     | 3,5                |
| 27  | 302/9     | 4                  |
| 28  | 475/9     | 4                  |
| 29  | 461/9     | 4                  |
| 30  | 574/9     | 3,5                |

## Anexo 2. Condición corporal de las receptoras en el tratamiento 2 (Benzoato de estradiol)

| No. | Receptora | Condición Corporal |
|-----|-----------|--------------------|
| 1   | 1804/8    | 3,5                |
| 2   | 100       | 3,5                |
| 3   | 9516/8    | 4                  |
| 4   | 090       | 4                  |
| 5   | 0242      | 4                  |
| 6   | 571/09    | 3,5                |
| 7   | 113/20    | 3,5                |
| 8   | 310/99    | 3,5                |
| 9   | 0247      | 4                  |
| 10  | 520       | 4                  |
| 11  | 015       | 3,5                |
| 12  | 0261      | 3,5                |
| 13  | 324/8     | 4                  |
| 14  | 469/99    | 4                  |
| 15  | 458/99    | 3,75               |
| 16  | 062/10    | 3,5                |
| 17  | 647/9     | 3,5                |
| 18  | 091/1     | 3,5                |
| 19  | 530/09    | 3,5                |
| 20  | 004       | 4                  |
| 21  | 052       | 4                  |
| 22  | 040       | 4                  |
| 23  | 022       | 3,5                |
| 24  | 028       | 3,5                |
| 25  | 007       | 3,5                |
| 26  | 570/28    | 4                  |
| 27  | 21        | 4                  |
| 28  | 003       | 3,5                |
| 29  | 019       | 3,5                |
| 30  | 011       | 3,5                |



## Anexo 3. Análisis estadístico de la condición corporal entre grupos

## DESCRIPTIVOS

|       | N  | Media  | Desviación<br>típica | Error típico | Intervalo de confianza para la<br>media al 95% |                 | Mínimo | Máximo |
|-------|----|--------|----------------------|--------------|--|-----------------|--------|--------|
|       |    |        |                      |              | Límite inferior                                | Límite superior |        |        |
| 1,00  | 30 | 3,7417 | ,23196               | ,04235       | 3,6550   | 3,8283          | 3,50   | 4,00   |
| 2,00  | 30 | 3,7083 | ,24638               | ,04498       | 3,6163   | 3,8003          | 3,50   | 4,00   |
| Total | 60 | 3,7250 | ,23784               | ,03070       | 3,6636   | 3,7864          | 3,50   | 4,00   |

## ANOVA

|              | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F    | Sig. |
|--------------|-------------------|----|------------------|------|------|
| Inter-grupos | ,017              | 1  | ,017             | ,291 | ,592 |
| Intra-grupos | 3,321             | 58 | ,057             |      |      |
| Total        | 3,337             | 59 |                  |      |      |

Anexo 4. Descripción de los animales seleccionados por presentando el tamaño folicular y de cuerpo lúteo en milímetros en el tratamiento 1 (Cipionato de Estradiol).

| No. | Receptora | Diámetro folicular (mm) | Tamaño de cuerpo lúteo (mm) |
|-----|-----------|-------------------------|-----------------------------|
| 1   | 9650      | 11                      |                             |
| 2   | 9292      | 12                      |                             |
| 3   | 9312      | 13                      |                             |
| 4   | 9410      | 14                      |                             |
| 5   | 004       | < 10                    | 17                          |
| 6   | 008       | 11                      |                             |
| 7   | 085/9     | 12                      |                             |
| 8   | 9586      | <10                     | 18                          |
| 9   | 9354      | <10                     | 18                          |
| 10  | 9393      | 11                      |                             |
| 11  | 9528      | <10                     | 19                          |
| 12  | 014/9     | 11                      |                             |
| 13  | 7440      | 12                      |                             |
| 14  | 9185      | 13                      |                             |
| 15  | 9119      | 11                      |                             |
| 16  | 8453      | 12                      |                             |
| 17  | 002/9     | <10                     | 16                          |
| 18  | 8053      | 12                      |                             |
| 19  | 9578      | <10                     | 17                          |
| 20  | 9607      | 11                      |                             |
| 21  | 9449      | 12                      |                             |
| 22  | 9622      | 11                      |                             |
| 23  | 418/9     | 13                      |                             |
| 24  | 280/9     | 14                      |                             |
| 25  | 286/9     | 15                      |                             |
| 26  | 454/9     | <10                     | 17                          |
| 27  | 302/9     | 12                      |                             |
| 28  | 475/9     | 11                      |                             |
| 29  | 461/9     | 13                      |                             |
| 30  | 574/9     | 11                      |                             |

Nota: las novillas que presentaron folículos menores a 10 mm, se seleccionaron siempre y cuando tuvieran un cuerpo lúteo mayor a 15 mm. Hembras con folículos menores a 10 mm y cuerpo lúteo menor de 15 mm, no se tuvieron en cuenta para la investigación.

Anexo 5. Descripción de los animales seleccionados por presentando el tamaño folicular y de cuerpo lúteo en milímetros en el tratamiento 2 (Benzoato de Estradiol).

| No. | Receptora | Diámetro folicular (mm) | Tamaño de cuerpo lúteo (mm) |
|-----|-----------|-------------------------|-----------------------------|
| 1   | 1804/8    | 12                      |                             |
| 2   | 100       | 12                      |                             |
| 3   | 9516/8    | <10                     | 16                          |
| 4   | 090       | <10                     | 16                          |
| 5   | 0242      | 13                      |                             |
| 6   | 571/09    | 15                      |                             |
| 7   | 113/20    | 12                      |                             |
| 8   | 310/99    | 11                      |                             |
| 9   | 0247      | 11                      |                             |
| 10  | 520       | 14                      |                             |
| 11  | 015       | 14                      |                             |
| 12  | 0261      | 11                      |                             |
| 13  | 324/8     | 13                      |                             |
| 14  | 469/99    | 12                      |                             |
| 15  | 458/99    | 11                      |                             |
| 16  | 062/10    | 12                      |                             |
| 17  | 647/9     | <10                     | 16                          |
| 18  | 091/1     | <10                     | 17                          |
| 19  | 530/09    | <10                     | 18                          |
| 20  | 004       | 12                      |                             |
| 21  | 052       | 11                      |                             |
| 22  | 040       | 13                      |                             |
| 23  | 022       | 12                      |                             |
| 24  | 028       | <10                     | 18                          |
| 25  | 007       | 12                      |                             |
| 26  | 570/28    | <10                     | 22                          |
| 27  | 21        | 14                      |                             |
| 28  | 003       | 11                      |                             |
| 29  | 019       | 13                      |                             |
| 30  | 011       | 13                      |                             |

Nota: las novillas que presentaron folículos menores a 10 mm, se seleccionaron siempre y cuando tuvieran un cuerpo lúteo mayor a 15 mm. Hembras con folículos menores a 10 mm y cuerpo lúteo menor de 15 mm, no se tuvieron en cuenta para la investigación.

## Anexo 6. Análisis estadístico de las estructuras ováricas en los dos tratamientos

## Descriptivos

CL

|       | N  | Media   | Desviación típica | Error típico | Intervalo de confianza para la media al 95% |                 | Mínimo | Máximo |
|-------|----|---------|-------------------|--------------|---|-----------------|--------|--------|
|       |    |         |                   |              | Límite inferior                             | Límite superior |        |        |
| 1,00  | 7  | 17,4286 | ,97590            | ,36886       | 16,5260                                     | 18,3311         | 16,00  | 19,00  |
| 2,00  | 7  | 17,5714 | 2,14920           | ,81232       | 15,5838                                     | 19,5591         | 16,00  | 22,00  |
| Total | 14 | 17,5000 | 1,60528           | ,42903       | 16,5731                                     | 18,4269         | 16,00  | 22,00  |

## ANOVA

CL

|              | Suma de cuadrados | Gl | Media cuadrática | F    | Sig. |
|--------------|-------------------|----|------------------|------|------|
| Inter-grupos | ,071              | 1  | ,071             | ,026 | ,875 |
| Intra-grupos | 33,429            | 12 | 2,786            |      |      |
| Total        | 33,500            | 13 |                  |      |      |

## Descriptivos

F

|       | N  | Media   | Desviación típica | Error típico | Intervalo de confianza para la media al 95% |                 | Mínimo | Máximo |
|-------|----|---------|-------------------|--------------|---|-----------------|--------|--------|
|       |    |         |                   |              | Límite inferior                             | Límite superior |        |        |
| 1,00  | 23 | 12,0870 | 1,16436           | ,24279       | 11,5835                                     | 12,5905         | 11,00  | 15,00  |
| 2,00  | 23 | 12,4348 | 1,07982           | ,22516       | 11,9678                                     | 12,9017         | 11,00  | 15,00  |
| Total | 46 | 12,2609 | 1,12417           | ,16575       | 11,9270                                     | 12,5947         | 11,00  | 15,00  |

## ANOVA

F

|              | Suma de cuadrados | Gl | Media cuadrática | F     | Sig. |
|--------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| Inter-grupos | 1,391             | 1  | 1,391            | 1,103 | ,299 |
| Intra-grupos | 55,478            | 44 | 1,261            |       |      |
| Total        | 56,870            | 45 |                  |       |      |

## Anexo 7. Resultados de diagnóstico de gestación Tratamiento 1 (Cipionato de Estradiol)

| No. | Receptora | Diagnóstico |
|-----|-----------|-------------|
| 1   | 9650      | Vacía       |
| 2   | 9292      | Vacía       |
| 3   | 9312      | Vacía       |
| 4   | 9410      | Vacía       |
| 5   | 004       | Preñada     |
| 6   | 008       | Vacía       |
| 7   | 085/9     | Vacía       |
| 8   | 9586      | Vacía       |
| 9   | 9354      | Vacía       |
| 10  | 9393      | Preñada     |
| 11  | 9528      | Vacía       |
| 12  | 014/9     | Preñada     |
| 13  | 7440      | Vacía       |
| 14  | 9185      | Vacía       |
| 15  | 9119      | Vacía       |
| 16  | 8453      | Preñada     |
| 17  | 002/9     | Vacía       |
| 18  | 8053      | Preñada     |
| 19  | 9578      | Vacía       |
| 20  | 9607      | Preñada     |
| 21  | 9449      | Vacía       |
| 22  | 9622      | Vacía       |
| 23  | 418/9     | Vacía       |
| 24  | 280/9     | Preñada     |
| 25  | 286/9     | Preñada     |
| 26  | 454/9     | Vacía       |
| 27  | 302/9     | Vacía       |
| 28  | 475/9     | Preñada     |
| 29  | 461/9     | Preñada     |
| 30  | 574/9     | Preñada     |

Anexo 8. Resultados de diagnóstico de gestación Tratamiento 2 (Benzoato de Estradiol)

| No. | Receptora | Diagnóstico |
|-----|-----------|-------------|
| 1   | 1804/8    | Preñada     |
| 2   | 100       | Vacía       |
| 3   | 9516/8    | Vacía       |
| 4   | 090       | Vacía       |
| 5   | 0242      | Preñada     |
| 6   | 571/09    | Vacía       |
| 7   | 113/20    | Preñada     |
| 8   | 310/99    | Vacía       |
| 9   | 0247      | Vacía       |
| 10  | 520       | Vacía       |
| 11  | 015       | Vacía       |
| 12  | 0261      | Preñada     |
| 13  | 324/8     | Preñada     |
| 14  | 469/99    | Vacía       |
| 15  | 458/99    | Vacía       |
| 16  | 062/10    | Preñada     |
| 17  | 647/9     | Vacía       |
| 18  | 091/1     | Vacía       |
| 19  | 530/09    | Preñada     |
| 20  | 004       | Preñada     |
| 21  | 052       | Vacía       |
| 22  | 040       | Preñada     |
| 23  | 022       | Vacía       |
| 24  | 028       | Preñada     |
| 25  | 007       | Preñada     |
| 26  | 570/28    | Vacía       |
| 27  | 21        | Vacía       |
| 28  | 003       | Preñada     |
| 29  | 019       | Vacía       |
| 30  | 011       | Vacía       |

## Anexo 9. Análisis estadístico del componente económico de los tratamientos:

## Descriptivos

P

|       | N  | Media     | Desviación típica | Error típico | Intervalo de confianza para la media al 95% |                 | Mínimo | Máximo   |
|-------|----|-----------|-------------------|--------------|---|-----------------|--------|----------|
|       |    |           |                   |              | Límite inferior                             | Límite superior |        |          |
| 1,00  | 5  | 8405,0000 | 10370,99923       | 4638,05185   | -4472,2964                                  | 21282,2964      | 625,00 | 26000,00 |
| 2,00  | 5  | 8360,0000 | 10413,59688       | 4657,10210   | -4570,1883                                  | 21290,1883      | 400,00 | 26000,00 |
| Total | 10 | 8382,5000 | 9798,00185        | 3098,40024   | 1373,4317                                   | 15391,5683      | 400,00 | 26000,00 |

## ANOVA

P

|              | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F    | Sig. |
|--------------|-------------------|----|------------------|------|------|
| Inter-grupos | 5062,500          | 1  | 5062,500         | ,000 | ,995 |
| Intra-grupos | 8,640E8           | 8  | 1,080E8          |      |      |
| Total        | 8,640E8           | 9  |                  |      |      |