

1-1-2014

Efecto de la minelaza en la calidad embrionaria de calidad embrionaria de vacas Holstein con tratamiento de superovulación en el trópico alto

Pedro Armando Lozada Wolf
Universidad de La Salle, Bogotá

Álvaro Enrique Camacho Chacón
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_veterinarias

Citación recomendada

Lozada Wolf, P. A., & Camacho Chacón, Á. E. (2014). Efecto de la minelaza en la calidad embrionaria de calidad embrionaria de vacas Holstein con tratamiento de superovulación en el trópico alto. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_veterinarias/78

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.

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



EFFECTO DE LA MINELAZA EN LA CALIDAD EMBRIONARIA DE VACAS
HOLSTEIN CON TRATAMIENTO DE SUPEROVULACIÓN EN EL TROPICO ALTO

Preparado por

PEDRO ARMANDO LOZADA WOLF

Código 76072216

ALVARO ENRIQUE CAMACHO CHACON

Código 76072201

Bogotá, Enero

2014

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



EFFECTO DE LA MINELAZA EN LA CALIDAD EMBRIONARIA DE VACAS
HOLSTEIN CON TRATAMIENTO DE SUPEROVULACIÓN EN EL TROPICO ALTO

Proyecto de Investigación

PEDRO ARMANDO LOZADA WOLF

Código 76072216

ALVARO ENRIQUE CAMACHO CHACON

Código 76072201

Director

CÉSAR AUGUSTO DÍAZ, M.V., M.Sc., Ph.D (c).

Bogotá, Colombia

2014

RESUMEN

La biotecnología de la superovulación para programas de transferencia de embriones, es una de las herramientas que pueden facilitar la propagación de material genético de alta calidad comprobada a nivel productivo. Sin embargo realizar este procedimiento en vacas de alta producción no ofrece respuestas satisfactorias en número y calidad de embriones colectados; debido a la interacción de múltiples factores nutricionales y metabólicos, propios de las fases productivas de las vacas lecheras donadoras en trópico alto.

Las vacas durante este período productivo, con baja oferta de energía en la dieta, deficientes niveles de glucosa disponible en sangre, altas cantidades de proteína cruda y la movilización de tejido adiposo; poseen dificultad en los procesos de desarrollo folicular, mostrando bajos resultados de embriones transferibles colectados por tratamiento, de 4 a 7 embriones (Callesen et al., 1996).

La investigación se realizó en 31 vacas de la raza Holstein de alta producción de leche a partir del día 60 post-parto, divididas en dos grupos, 16 donadoras en el grupo A (Minelaza), que recibió el suplemento nutricional tres veces al día durante el proceso de ordeño, mientras el grupo B (Control), con 15 donadoras que no recibieron la suplementación energética.

Con el fin de revisar la posibilidad de reducir los días abiertos en hembras donadoras y obtener mayor número de embriones transferibles; disminuyendo el efecto del balance energético negativo (BEN) y superando las deficiencias nutricionales propias de los forrajes de trópico alto; se administró el suplemento energético a base de polímeros de glucosa (MINELAZA ®), 60 días antes de realizar el lavado.

Después de realizar los tratamientos de superovulación, se encontró un incremento de 3,92 estructuras en promedio por lavado entre el grupo Control y el grupo Minelaza ($t_c=-2,84$, $P=0,0092$). De cada 5,13 estructuras colectadas en el grupo Control, el 79,25 % corresponde a embriones; en el grupo Minelaza de cada 9,06 estructuras, el 95,86 % fueron embriones ($t_c=-3,26$, $P=0,0032$). En promedio el grupo Control produjo 2,73 embriones de calidad transferible y el grupo Minelaza obtuvo un promedio de 7,00 ($t_c=-3,57$, $P=0,0013$).

Las hembras del grupo Minelaza produjeron en promedio 43,96 Lt/día y el grupo control 34,85%, por lo tanto el grupo Minelaza produjo 9,19 Lt/día más que las del grupo Control ($t_c=-4,17$, $P=0,0003$), con un incremento de 26,2 % en producción de leche por día.

Palabras clave:

Transferencia de embriones, Calidad embrionaria, Balance energético negativo, Polímeros de glucosa y vacas en alta producción de leche.

ABSTRACT

Biotechnology superovulation of embryo transfer programs, is one of the tools that can facilitate the spread of high quality genetic material tested at production level. However this procedure in high-producing cows not provide satisfactory answers in number and quality of embryos collected, due to the interaction of multiple nutritional and metabolic factors, own production phases of dairy cows in high tropic donors.

Cows, during this productive period productive, with low supply of energy in the diet, poor levels of blood glucose available, high amounts of crude protein and tissue mobilization, have difficulty in follicular development processes, showing poor results in transferable embryos collected by treatment, 4 to 7 embryos (Callesen et al., 1996).

The research was conducted on 31 cows of the Holstein breed of high milk production from day 60 post -partum , divided into two groups, 16 donors in group A (Minelaza), who received the nutritional supplement three times a day for the milking process, while group B (Control), with 15 donors who received energy supplementation .

In order to check the possibility of reducing days open in donor cows and get higher number of transferable embryos, decreasing the effect of negative energy

balance (NEB) and exceeding own tropical forages high nutritional deficiencies, the supplement was administered energy based on polymers of glucose (MINELAZA®) 60 days before the washing .

After performing superovulation treatments, an increase of 3.92 per wash on average structures between the control group and the group Minelaza ($t_c = -2.84$, $P = 0.0092$) was found . Each 5.13 structures collected in the Control group, 79.25 % are embryos in each group Minelaza 9.06 structures, embryos were 95.86 % ($t_c = -3.26$, $P = 0, 0032$). On average, the control group was 2.73 transferable embryos quality and Minelaza group scored an average of 7.00 ($t_c = -3.57$, $P = 0.0013$) .

Females of Minelaza group produced on average 43.96 Lt / day and the control group 34.85% , therefore the Minelaza group produced 9.19 Lt / day more than the control group ($t_c = -4.17$, $P = 0.0003$), with a 26.2 % increase in milk production per day.

Key words: Embryo transfer, embryo quality, negative energy balance, polymers of glucose and high production dairy cows.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Reseña histórica.....	3
2.2. Proyección nacional.....	6
2.3. Transferencia de embriones TE.....	8
2.4. Fisiología del ciclo estral.....	12
2.5. Fertilización e implantación embrionaria.....	14
2.6. Aspectos sanitarios y productivos	15
2.7. Aspectos nutricionales y suplementación energética	19
3. OBJETIVOS.....	28
3.1. Objetivo general.....	28
3.2. Objetivos específicos.....	28
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
4.1. Ubicación geográfica	29
4.2. Selección de unidades experimentales	30
4.2.1. Tratamiento con Minelaza.....	31
4.2.2. Tratamiento control.....	31
4.3. Tratamiento de superovulación(SOV).....	31
4.4. Preparación de la donadora y colecta de embriones.....	31
4.5. Análisis estadístico.....	35
4.6. Análisis económico.....	36
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
7. LISTA DE REFERENCIAS.....	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Bromatológico dieta vacas en producción	30
Tabla 2. Tratamiento de superovulación	31
Tabla 3. Clasificación de embriones	34
Tabla 4. Comparativo de costos para grupos de investigación.	47
Tabla 5. Costos fijos para transferencia de embriones.	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre producción de leche y tasas de concepción.....	5
Figura 2. Balance energético negativo, producción de leche y consumo de materia seca	16
Figura 3. Incidencia del BEN en el desarrollo folicular	20
Figura 4. BEN, condición corporal y fertilidad en vacas	21
Figura 5. Días en lactancia de las hembras al momento de la colecta.	38
Figura 6. Diferencias promedio en producción de leche (Lt/día) al momento de la colecta.	39
Figura 7. Variaciones en condición corporal de los individuos durante la investigación.	41
Figura 8. Promedio de estructuras versus clivados obtenidos en los grupos Control y Minelaza.	42
Figura 9. Diferencia en número de clivados obtenidos por colecta.	43
Figura 10. Variación en número de embriones colectados en grupo Control y Minelaza.	43
Figura 11. Número de embriones transferibles colectados para los grupos de investigación.	45
Figura 12. Comparativa de clivados versus transferibles colectados.	46

1. INTRODUCCIÓN

Durante casi tres décadas, los procedimientos de superovulación y transferencia de embriones se han utilizado en la ganadería bovina para aumentar la descendencia y que ésta sea genéticamente superior (Mikkola et al., 2005), respecto a sus ancestros. En este tipo de procesos, la recuperación de cuatro a siete embriones de calidad transferible por donante en un lavado se ha convertido en un rendimiento aceptable (Callesen et al., 1996) y a pesar de un amplio uso de establotecnología y los intentos de mejorar la respuesta superovulatoria, todavía se considera una variación amplia en los animales respecto a su capacidad de respuesta a las gonadotropinas exógenas (Mikkola et al., 2005).

En los últimos años, Colombia se ha destacado por producir un número elevado de embriones bovinos aunque las tasas de superovulación y de preñez no han sido mejoradas sustancialmente (Jiménez, 2009), debido a que la nutrición en las vacas especializadas en producción de leche repercute directamente en el número de embriones transferibles recuperados (Mikkola., et al. 2005).

Los efectos de la nutrición en la reproducción, especialmente la suplementación con energía y proteína, se han estudiado en los últimos años (Butler, 2000; Boland et al., 2001), poniendo en evidencia la influencia en el desempeño de los animales, encontrando que animales con bajos niveles de

ingesta de energía muestran ciclos reproductivos más cortos; afectando la eficiencia reproductiva.

La suplementación con energía en la dieta ha demostrado que altera las características de crecimiento folicular tanto en ganado superovulado (Gong et al, 2002) como en ganado no superovulado (Murphy et al., 1991; Gutiérrez et al, 1997).

Varios factores afectan el número y la calidad de los embriones recuperados, por lo tanto en los programas comerciales de transferencia de embriones, es económicamente importante aumentar el rendimiento de embriones de alta calidad mediante la optimización de todos los factores posibles (Mikkola, et al., 2005), entre ellos los relacionados con la nutrición.

La presente investigación pretende evaluar el efecto y la relación costo – beneficio de la suplementación con energía sobrepasante en número, calidad embrionaria y transferibilidad de embriones colectados a partir de vacas Holstein (*Bostaurus*) en la sabana de Bogotá.

2. MARCO TEORICO

2.1. Reseña histórica

La técnica de transferencia de embriones y la superovulación en bovinos fue introducida durante la década de 1970 (Callesen, 1996); pero el primer ternero nacido vivo reportado de una TE fue en 1951 en Wisconsin durante las fases experimentales del desarrollo de una técnica eficaz. Inicialmente fue usada por ser una técnica simple y económica no-quirúrgica para el desarrollo de la investigación en la reproducción de bovinos.

Rosell, R (2003), en la Universidad de Granma de Cuba, realizó una investigación en vacas Holstein para determinar la eficiencia de la aplicación de la TE en vacas de dicha raza durante su período de producción en condiciones de trópico bajo. Usando 57 vacas que se hallaban entre la segunda y tercera lactancia; las cuales tenían resultados a la superovulación en promedio de 3,7 embriones por donante; resaltando los resultados obtenidos y la necesidad de incrementar la eficiencia de esta biotecnología reproductiva.

La TE paulatinamente fue hallando un nicho de aplicación inicial en la ganadería de producción de leche para la búsqueda de animales que en un principio cumplieran con parámetros de orden fenotípico. Durante los últimos 30 años se dio la transición hacia la TE con fines de mejoramiento genético aplicado a la producción. Aunando esfuerzos con la genética poblacional y métodos

genético-estadísticos se hizo posible desarrollar programas de evaluación y selección de los reproductores a través de su progenie (Palma, 2008).

Se establecieron 5 generaciones biotecnológicas de la reproducción animal que pretenden organizar cronológicamente el desarrollo de las técnicas de la siguiente manera (Thibier, 1990):

1. Primera generación (1908): Selección de hembras y machos según características específicas por raza y producción.
2. Segunda generación (1970): Inicio del control hormonal del ciclo estral y transferencia de embriones, congelación y una producción de aproximadamente 540.000 embriones/año.
3. Tercera generación (1980): Técnicas de sexado de espermatozoides y embriones, alrededor de 30.000 terneros nacidos por reproducción asistida; producción in vitro de embriones (aprox. 106.000 embriones/año).
4. Cuarta generación (1990): Clonación con células somáticas.
5. Quinta generación (2000): Transgénesis y células madre.

La segunda generación, relacionada con el control hormonal del ciclo estral y la superovulación resultó de la necesidad de acortar el anestro post-parto y la lactancia, permitiendo el retorno de las hembras a la actividad reproductiva (Palma, 2008). Dando los pilares del conocimiento endocrino necesarios para el desarrollo de la TE.

La superovulación y la TE, alcanzaron el máximo desarrollo a comienzos de 1980; para el 2002 tenía una producción de más de 500.000 embriones

transferidos, de los cuales una cuarta parte corresponden a producciones sudamericanas (Palma, 2008).

A nivel mundial la ganadería especializada en la producción de leche ostenta las cifras más altas en uso de TE; el 70 % de las Transferencias de embriones se realizan para razas lecheras en Canadá, tanto para autoconsumo como para producción de embriones y exportación de dicho material genético (Mapletoft, 2006).

Pero en este mismo sistema de producción se halló que históricamente existía una tendencia hacia la reducción de los porcentajes en tasas de concepción a medida que se seleccionaban hembras con producciones cada vez más altas de leche por año (Butler, 2008), como se muestra en la Figura 1.

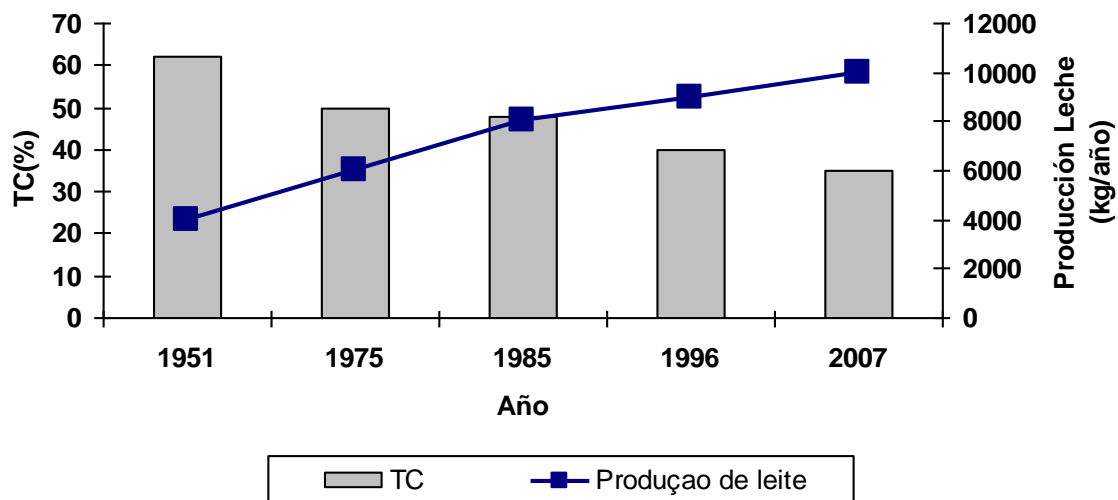


Figura 1. Relación entre producción de leche y tasa de concepción.

Fuente: adaptado Butler (2008).

Mientras que en Colombia, prima la demanda de embriones de razas Bosindicus sobre las razas Bostaurus, cuya adaptabilidad y productividad en trópico es reconocida; han generado desarrollo e incrementos notorios para la TE (Salgado et al, 2011).

2.2. Proyección Nacional

Teniendo en cuenta la ubicación y el potencial de Colombia para la atención de la demanda mundial de alimentos, se debe planificar cada empresa ganadera bajo conceptos de productividad. Por lo tanto las prácticas ganaderas deben ser eficientes, optimizando el uso del recurso suelo y apropiando a la producción los intereses de los consumidores, tales como la protección del medio ambiente en la cadena productiva como un parámetro de selección de proveedores. Para cumplir estos propósitos, se vuelve importante la aplicación correcta de tecnologías como la TE en la cadena productiva (Duica et al, 2007).

Colombia ha venido incrementando rápidamente el uso de biotecnologías de la reproducción para acelerar el mejoramiento genético y para multiplicar la descendencia de animales de alto valor genético. El país se ha ido convirtiendo en uno de los proveedores de animales de alto valor genético de algunas razas importantes para la producción de carne y leche; así como híbridos adaptados y altamente eficientes para las condiciones ambientales propias del trópico.

Durante los últimos quince años se ha propendido por la multiplicación de la descendencia sobre todo de hembras (Maldonado y Bolívar, 2008) cuyo

desempeño productivo y sus características fenotípicas se han expresado de manera adecuada en su descendencia bajo condiciones tropicales.

Este incremento del uso de técnicas de biotecnologías reproductivas responden a múltiples factores; entre ellos el auge de algunas razas puras en Colombia, así como razas con trayectoria que han convertido al país en un exportador incipiente pero de alta calidad de germoplasma de animales de élite.

Las razas o cruces que han tenido un buen desempeño productivo local y que han logrado demostrar que los procesos de selección tomaron un curso adecuado y con resultados notables en productividad, eficiencia y resistencia; son por ejemplo razas como el Cebú Brahman, Blanco orejinegro, Romosinuano, Simmental y algunos híbridos con alto desempeño como Gyr-holando, Simbrah, entre otros; lo cual convierte a la ganadería Colombiana en un proveedor de material genético interesante.

Otro factor que ha favorecido el incremento de la implementación de las biotecnologías reproductivas es el proceso de industrialización que se ha dado en la producción agropecuaria nacional. Proceso que ha sido impulsado por razones como la apertura de negocios internacionales, tratados de libre comercio, competencia internacional. Todo ello ha presionado al sector para prepararse adecuadamente en su afán de enfrentar el comercio internacional de manera competitiva (FEDEGAN, 2006).

2.3. Transferencia de embriones (TE)

Existen grandes limitantes para la aplicación en ganadería de técnicas reproductivas rentables. Las cuales poseen sus propios factores, partiendo de la tecnología misma, los costos de insumos y uso de las técnicas de reproducción asistida; insuficiencia de vías de acceso o incluso medios de transporte en zonas productoras, niveles de industrialización de algunas ganaderías; tanto como de factores inherentes a la producción pecuaria misma.

Se pensó durante algún tiempo que la TE podría convertirse en la biotecnología más aplicada, incluso sobrepasando a la inseminación artificial (IA), pero debido a la cantidad de variables que pueden alterar sus resultados y los costos de su implementación en la ganadería han ido encasillando a la TE en usos muy específicos dependiendo de las necesidades de cada cliente que recurre a su uso.

Los altos costos debido al valor comercial de los animales sobresalientes, los costos de los equipos y el nivel de capacitación que requiere el personal que labora en estos procedimientos o hace parte directa e indirecta, son algunos de los limitantes para la utilización de la TE.

Los mercados dinámicos y con tanta oferta de material genético de alta calidad son un factor comercial que debe ser revisado cuando se planea usar la TE en la empresa ganadera. En el mercado se pueden conseguir todo tipo de materiales genéticos, pero estos deben seleccionarse con parámetros técnicos adecuados de manera que la inversión produzca los beneficios esperados.

La técnica de TE posee algunas ventajas y desventajas; ventajas como el mayor número de hembras genéticamente superiores que se producen, rescate genético de animales sobresalientes, diagnóstico, tratamiento y rescate de las funciones reproductivas de hembras con infertilidad de origen no genético; prueba genética rápido (mayor cantidad de descendientes para pruebas de mejoramiento), control y prevención de enfermedades, comercialización de material genético, maximizar uso de semen de reproductores de alto valor genético, planificación de cruzamientos, entre otros.

También algunas desventajas como el costo, mano de obra calificada (profesional, técnica y auxiliar), posible saturación del mercado, dispersión de algunas características no deseables, saturación genética por uso indiscriminado de algunas animales para TE, falta de predicción de resultados (Del Campo, 1993 citado por Pineda, 2002) y otras desventajas que se deben tener en cuenta.

También encontramos un gran número de factores influyentes tales como los animales mismos, factores nutricionales, estados productivos, estatus sanitarios de donadoras y receptoras.

La técnica de la transferencia de embriones es una biotecnología reproductiva que tiene como objetivo primordial la multiplicación de la descendencia de los animales de alto valor genético. Poniendo énfasis en la selección y reproducción de hembras (Maldonado et al, 2008), hembras denominadas donadoras, las cuales ingresan al tratamiento de superovulación (SOV).

Lo cual genera una mayor oferta de embriones altamente seleccionados, facilitando el trabajo de las centrales genéticas al poder disponer adecuadamente de toros con mucho potencial productivo y reproductivo, los cuales serán los donadores de semen del futuro para programas de IA o de TE; al tiempo que permite las evaluaciones genéticas sobre sus descendencias. Convirtiéndose en una herramienta poderosa para la selección tanto de hembras como de machos.

Obteniendo un gran número de descendientes con la aplicación de la TE, animales que podrán ser evaluados tempranamente en su desempeño para analizar la viabilidad de los procesos de selección y apareamientos; incrementando exponencialmente la expresión de las características deseables en las siguientes generaciones.

Los parámetros de selección de las hembras donadoras y de los toros donantes de semen dependen en gran medida de los objetivos que cada empresa ganadera busca lograr al implementar la TE, sin embargo existen unos requisitos básicos y generales como el examen clínico y la elección basada en datos reales sobre su desempeño productivo y reproductivo que demuestren la superioridad del individuo frente a la población en dichos parámetros.

Elegir hembras que no presenten alteraciones o patologías reproductivas de origen no genético (Callesen, et al., 1996), la edad preferiblemente entre los 3 y los 10 años, se puede hacer en hembras más jóvenes pero al desconocer su desempeño productivo y reproductivo, el proceso de mejoramiento genético del

hato puede ser vulnerable. Sin descuidar el aspecto comercial, ya que algunos mercados también tienen en cuenta los logros en eventos de juzgamiento de raza.

En caso de ganaderías de leche, es importante que las hembras donadoras hayan completado mínimo una lactancia para conocer su desempeño, en caso de razas de doble propósito y de carne que hayan destetado al menos una cría y exista información productiva de la misma. Teniendo en cuenta el propio desempeño productivo de la donadora, acorde con el "esquema adulto" (Nicholas y Smith, 1983) para el uso del sexo dentro del sistema moderno de prueba de progenie, con el fin de comprobar la expresión del potencial productivo de la donadora seleccionada ya que la selección de los futuros reproductores solo se puede dar después que sus hermanas cumplan al menos su primera lactancia.

La nutrición es un factor muy importante, tanto la obesidad como la baja condición corporal reduce porcentajes de éxito en los programas de TE, se debe conservar la donante en óptimas condiciones corporales (Pineda, 2002).

Seleccionar adecuadamente las hembras receptoras en programas de TE también es un factor determinante en el éxito del uso de la técnica. Se deben tener en cuenta aspectos como precio, calidad, disponibilidad y otros. De preferencia se deben usar novillas en excelentes condiciones corporales, en condiciones sanitarias apropiadas, reproductivamente aptas, que provengan de líneas o cruzamientos con alta habilidad materna. Por lo tanto es común encontrar hembras cruzadas e incluso criollas por responder a las necesidades de adaptabilidad y su potencial.

La hembra donadora ingresa a un programa de superovulación inducida a través de tratamientos hormonales, sincronizando su ciclo estral e induciendo la ovulación múltiple con la ayuda de las gonadotropinas. El objetivo es lograr que varios de los folículos lleguen al estado ovulatorio, obteniendo estructuras que puedan ser fecundadas posterior a la aplicación de la IA. Dichos embriones que se colectan en sus tempranos estadios de desarrollo son recuperados del tracto genital de la hembra donadora y se transfieren al de la hembra receptora para que se complete la gestación y se dé posteriormente el parto.

En teoría resulta una técnica sencilla, pero debido a la naturaleza de los procesos y la intervención sobre los mismos, se depende en gran medida de la interacción compleja de múltiples factores; por lo tanto los resultados pueden ser tan variables.

2.4. Fisiología del ciclo estral

El ciclo estral en bovinos está regulado igual que en otros mamíferos por mecanismos endocrinos y neuroendocrinos (hormonas hipotalámicas, gonadotropinas y esteroides). Se subdivide en fase folicular (4 a 6 días) y fase luteal (14 a 18 días) (Forde et al, 2011). La hormona liberadora de gonadotropinas GnRH influye marcadamente y así mismo sus niveles de síntesis, liberación y degradación afectan la salida de gonadotropinas.

Por estas razones la GnRH ha sido usada como base de métodos hormonales en el control del desarrollo folicular, al causar la ovulación del folículo

dominante, dando paso a una nueva onda de desarrollo folicular 2 o 3 días después en promedio (Bó, 2006).

Cuando termina el estro se da la ovulación, la cual da paso a la conversión del folículo ovulatorio en un cuerpo amarillo, que produce progesterona. De no haber gestación el útero produce Prostaglandinas $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) que tiene funciones luteolíticas, dando de manera indirecta control sobre la duración del ciclo estral (Hafez, 2002).

A nivel de ovario, durante el proceso de crecimiento folicular, la maduración y diferenciación de las células favorecen la producción de estradiol, así como la sensibilidad ante las gonadotropinas, en el caso de las vacas, será aquel folículo que pueda producir estradiol el que se capacite para recibir la Hormona Luteinizante (LH), que es necesaria para el proceso de ovulación (Hafez, 2002).

EL folículo de Graaf es influenciado por la hormona folículo-estimulante (FSH) en la formación del antro y también genera sensibilidad de las células de la granulosa hacia la LH, favoreciendo la respuesta para que el proceso de ovulación sea adecuado (Hafez, 2002).

Durante el segundo incremento de FSH, el cual se da aproximadamente unas 30 horas después de la ovulación, induce la formación del antro en los folículos que participarán en reclutamiento de la siguiente onda folicular (Turzillo y Fortune, 1990).

Para que la ovulación tenga lugar deben darse varios procesos; las prostaglandinas generan contracción ovárica, estimulan fibroblastos tecales que

generan enzimas que destruyen la pared del folículo, las contracciones ováricas favorecen la ruptura del folículo (Spey y Lipner, 1994).

2.5. Fertilización e implantación embrionaria

Luego de la fecundación, el cigoto sufre algunas divisiones mitóticas, conocido como la segmentación, pero en los bovinos los embriones poseen poca proporción de vitelo, dependen en gran medida de la madre para la supervivencia durante la fase inicial de la gestación. La transición entre mórula y blastocistose da cuando posterior a la compactación, se da inicio al acumulo de líquidos en el blastocele.

El blastocisto hace eclosión en el útero, lo cual sucede entre 4 y 8 días después de la ovulación, proceso que en bovinos se debe en gran medida a expansión y contracción del blastocisto. Este proceso, en el caso de los embriones transferidos es especialmente crítico pues queda expuesto al ambiente uterino (Thatcher, 1994). El período entre el día 8 y 17, es el período donde se reportan entre 30 y 40 % de pérdidas embrionarias (Duica et al., 2007). Cabe recordar que el apropiado proceso de implantación es el resultado de la interacción entre las membranas asociadas del embrión y el endometrio de la receptora, proceso denominado reconocimiento materno de la gestación (Duica et al., 2007).

Para que el reconocimiento materno se dé, es indispensable que el ambiente uterino sea el más indicado; bajo la influencia de hormonas como la progesterona (P_4) de origen lúteo. Esta favorece la secreción de moléculas de

origen uterino como el mucinglycoprotein (MUC), osteopontinas, hormonas de origen placentario que favorecen el desarrollo embrionario. Para este momento el embrión es capaz de producir el interferón tau (int-**T**) que es coadyuvante para el bloqueo del accionar de la $PGF_{2\alpha}$, evitando la lisis del cuerpo lúteo (Rodríguez et al, 2007).

El interferón tau (int- τ) también puede favorecer la síntesis de proteínas uterinas en las etapas iniciales de la gestación lo cual evita que se inicien los procesos luteolíticos (Spencer, 2004).

2.6. Aspectos sanitarios y productivos

Es importante considerar que la reducción de problemas de tipo sanitario es otra de las ventajas de la aplicación de la TE. Durante el tiempo que se ha desarrollado la TE, no se ha transmitido por el uso de esta técnica ninguna de las enfermedades conocidas en bovinos (Mapletoft, 2006). Los embriones cuya zona pelúcida se encuentra intacta y hayan pasado por el proceso de lavado, no transmiten enfermedades infecciosas. Ofreciendo otra ventaja para el uso de la técnica con el propósito de obtener ganaderías libres de algunas enfermedades y la conservación de material genético para fines comerciales con el mismo estatus sanitario (Wrathall et al, 2004).

En cuanto al factor productivo, se debe recordar que las Ganaderías de leche son empresas susceptibles a cambios mínimos que alteran su eficiencia desde el punto de vista económico; por tal motivo el hecho de comercializar

material genético como sub-producto se ha convertido en fuente de ingresos alterna. Así que es indispensable poder usar las vacas para SOV que superen los 50 días post-parto como mínimo, que estén ciclando de manera normal, buena condición corporal y nutrición adecuada.

Algunos estudios reportan que el número de embriones transferibles de buena calidad es menor en vacas lactantes ($4,2 \pm 2,1$) al compararlos con vacas no lactantes y novillas ($8,6 \pm 1,8$), con diferencias significativas ($P < 0,04$), (Jiménez, 2009).

Es bien conocido el efecto sobre las vacas lecheras de alta producción, de los insuficientes consumos de alimento y la producción de leche, lo cual conlleva a que las hembras presenten estado de balance energético negativo (BEN) como se ve en la Figura 2, proceso que afecta directamente la fertilidad (Kruip, 2000).

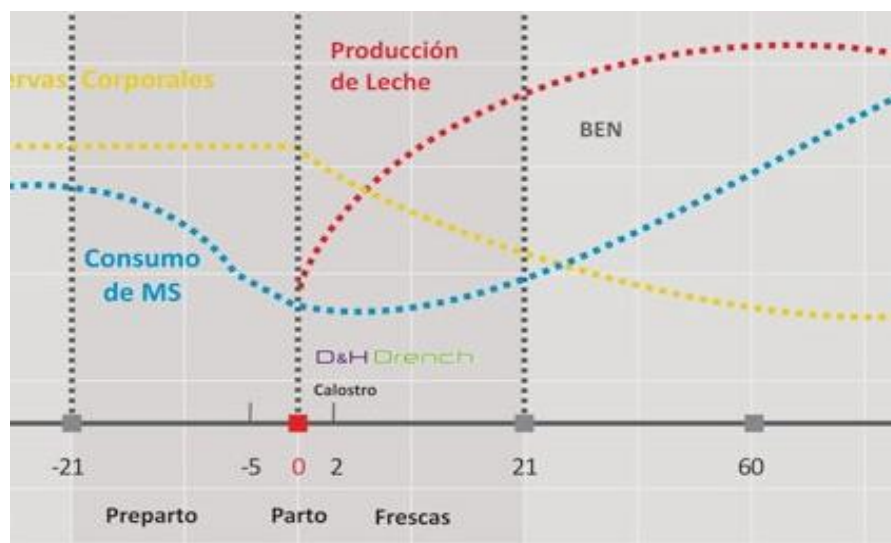


Figura 2. Balance energético negativo, producción de leche y consumo materia seca. Fuente: Tomado en línea de <http://www.nutrefeed.com.ar/img/grafico-transitar.jpg>

Los tratamientos de SOV en bovinos deben implementarse durante el inicio de la onda de desarrollo folicular, antes de la selección del folículo dominante, de manera que la respuesta superovulatoria sea mayor; por lo tanto el procedimiento debe iniciar entre el día 9 o 10 después de la detección del celo, coincidiendo así con el inicio de la segunda onda de desarrollo folicular en la mayoría de las vacas (Bó, 2006). Pero las posibilidades de coincidir con el inicio de la onda folicular apenas alcanzan el 20%, por lo tanto en el 80 % de los casos no se iniciaría el procedimiento en el momento indicado, abriendo las puertas a la necesidad de hacer un control sobre la dinámica folicular a través de tratamientos hormonales (Bó, 2006).

Colectivamente, estos estudios han demostrado que el control exógeno del inicio de la onda folicular ofrece la ventaja de poder iniciar los tratamientos superovulatorios en un momento óptimo para el reclutamiento de folículos, independientemente del estado del ciclo estral (Bó, 2006). El protocolo de tratamiento es práctico, fácil de seguir por el personal de la finca, y lo más importante, elimina la necesidad de detectar tanto los celos como la ovulación y la consecuente espera de 8 - 12 días para poder iniciar el tratamiento con gonadotropinas.

La sincronización del inicio de la onda de desarrollo folicular, ya sea por ablación folicular o por el uso de tratamientos con estradiol + progesterona han demostrado generar resultados similares en cuanto a la respuesta superovulatoria. Más aún, el protocolo de superovulación usando estradiol + progesterona más la

progestina, hace posible superestimular vacas que no se encuentran ciclando o que tienen una función ovárica anormal (Mapletoft, 2002).

La respuesta de cada animal puede variar por gran número de factores; factores intrínsecos como la edad, raza, variaciones generadas por la presencia de folículos dominantes; así como por factores extrínsecos como clima, medio ambiente, nutrición, infecciones sub-clínicas, estado productivo (lactancia), número de tratamientos de SOV aplicados sobre cada hembra, calidad de los productos hormonales utilizados, entre otros (Mojtaba, 1997).

Las hembras en buen estado sanitario y nutricional podrían ingresar a tratamientos de SOV desde los 2 a los 14 años, sin embargo las hembras que superan los 9 años de edad pueden reducir la respuesta en porcentaje de embriones transferibles (Mojtaba, 1997). En el caso de razas lecheras se han reportado variaciones en la media de los intervalos entre ovulaciones de vacas en producción y novillas de 22,9 y 22 días respectivamente (Forde, 2011).

Desde la década de los 70 se han reportado las diferencias de respuesta a los tratamientos de SOV entre las razas bovinas; pero debido al origen multifactorial de las variaciones no se confirma aún el nivel de afectación de este factor racial sobre la respuesta (Sartori, 2011). Algunos animales poseen una tendencia genética hacia altas tasas de ovulación, lo cual favorece la respuesta al SOV. Para el caso de las vacas *Bos indicus* se ha demostrado que poseen más folículos y más ondas foliculares durante el ciclo estral, también pueden ovular con folículos más pequeños que en *Bos taurus* (Sartori, 2011).

La lactancia o el momento productivo afectan la duración de la presentación de estro, ya que durante la lactancia las hembras con mayor producción muestran disminuciones en el promedio de duración de la presentación del celo, en hembras con producciones promedio de 25 kg de leche por día la duración de las presentaciones del estro pueden llegar a 14,7 horas, mientras en vacas que superan los 55 kg de leche por día pueden reducir esta presentación a 2,8 horas (Sartori, 2011).

El efecto de la temperatura del medio ambiente sobre las bajas tasas de concepción es un aspecto bastante estudiado desde la década de los 80. Las altas temperaturas ambientales generaron en vacas superovuladas, que post-inseminación se hicieran colectas donde se encontraron mayor cantidad de embriones anormales o subdesarrollados, comparados con hembras mantenidas en condiciones normales de temperatura; también se ha evidenciado dicho efecto sobre el desarrollo folicular y la dominancia en vacas cíclicas en producción de la raza Holstein. (Mojtaba, 1997).

2.7. Aspectos nutricionales y suplementación energética

Dentro de los factores nutricionales es importante aclarar que su impacto es sobre la fertilidad y la ciclicidad de las hembras. La nutrición sin balancear afecta la fertilidad en la mayoría de los mamíferos y sus funciones reproductivas en general.

Sartori en el 2011 investigó el efecto del consumo de alimento sobre concentraciones hormonales y el tamaño de las estructuras ováricas, demostrando que las ovulaciones de las hembras alimentadas adecuadamente provenían de folículos de gran tamaño, que tenían tasas de crecimiento más elevadas que en el grupo alimentado con menor cantidad de ración. La diferencia en tamaño también aplicó para los cuerpos lúteos resultantes de la ovulación de dichos folículos grandes; concluyendo que el consumo de alimento/energía como se muestra en la en la Figura 3, afecta la fisiología reproductiva (Sartori, 2011).

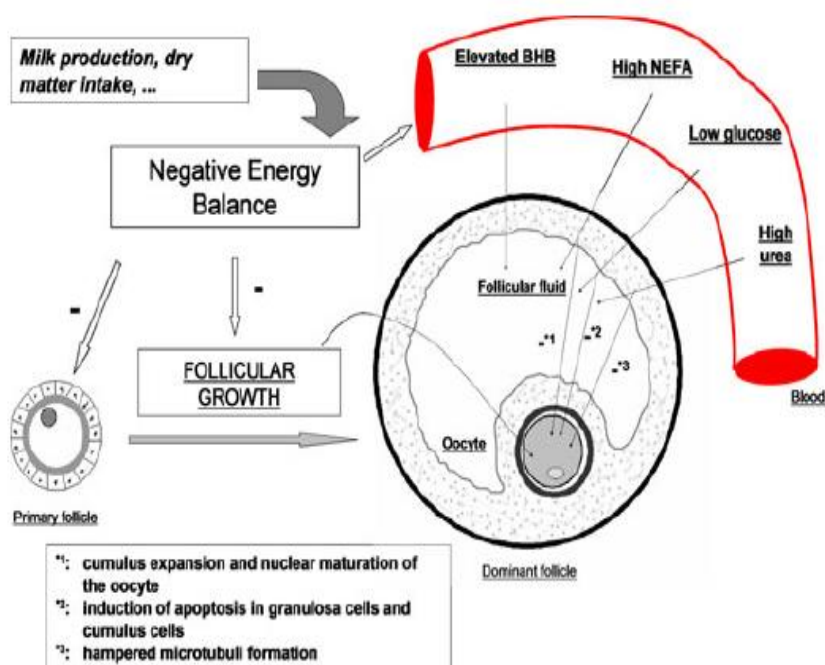


Figura 3. Incidencia del Balance energético negativo en el desarrollo folicular.
Fuente: Adaptado de Leroy et al. (2008).

En vacas bajo sistemas de producción tanto intensivos como extensivos muchas veces se encuentran sometidas a condiciones inadecuadas en su

alimentación. La restricción de la dieta en forma persistente induce a la disminución del desarrollo folicular y por ende de su fertilidad como se aprecia en la Figura 4. La pérdida de 20% a 30% del peso corporal reflejada en una disminución de la condición corporal puede conducir al anestro (Palma, 2008).

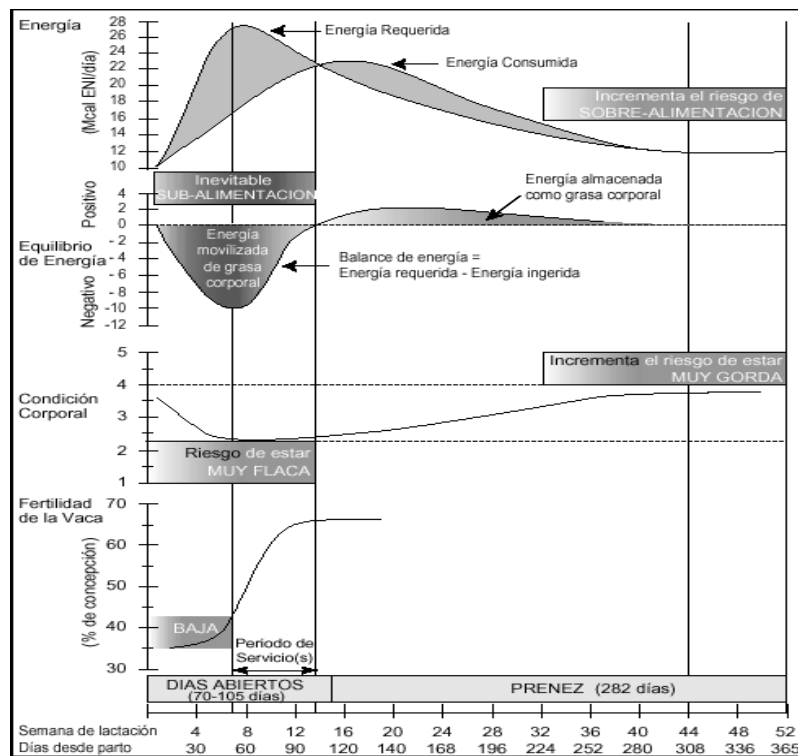


Figura 4. Balance energético negativo, condición corporal y fertilidad en vacas. Fuente: Wattiaux, 1996.

Se recomienda el uso de minerales traza como suplementos antes de la superovulación, y aunque aparentemente no hay datos que lo soporten más allá de las impresiones clínicas, el uso de minerales quelados es recomendable para mejorar la respuesta superovulatoria y la producción de embriones. Es deseable que no haya historia o evidencia física de infertilidad (Mapletoft, 2002).

El balance energético negativo no solo retrasa el ingreso a la producción, sino que también afecta la edad de la pubertad (Boland et al., 2001; Sinclair et al., 2000) y la privación aguda de energía está asociada a la falta de ovulación por ausencia de LH (Palma, 2008). La falta de balance de energía por periodos prolongados no solo reduce la concentración sino también la frecuencia de los pulsos de LH en vacas y novillas, como consecuencia produce disminución de la concentración de GnRH (Palma, 2008).

Además durante el post-parto temprano (haciendo referencia a los primeros 60 días post-parto), se altera la glicemia y esta situación debería estabilizarse con incrementos en la tasa de gluconeogénesis y disminución en las tasas de oxidación de la glucosa; pero durante el BEN la movilización de lípidos y el incremento de proteína cruda en la dieta deterioran la respuesta metabólica compensatoria.

Esta movilización de grasas trae consigo incrementos en la concentración de ácidos grasos no esterificados (AGNE), afectando la gluconeogénesis (White et al, 2012); por lo tanto es importante realizar una suplementación energética apropiada, pues al incrementarse AGNE y el Beta-hidroxibutirato (BHBA) el desempeño reproductivo y productivo se reduce (Duffield, et al., 2010).

La fuente de energía como componente importante en el balance de la dieta, hace disponibles a los carbohidratos no estructurales, incrementando la glucosa en sangre, que altera la producción de propionato en rumen. A mayor cantidad de propionato y concentraciones elevadas en sangre de glucosa e

insulina; se aumenta la retención de energía en tejidos, mejorando metabolismo y la eficiencia reproductiva (Reed, 2001).

El 20% del total de la energía que consume la vaca se usa para la producción de leche. El 80% restante se usa para mantenimiento y se pierde a través del calor, gases, estiércol y orina. Cuanta más alta sea la producción de leche, más alto será el porcentaje del total de energía que se usa para producirla (Ospina et al, 2009)

La energía se compone de energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta (EN), que es la más utilizada.

Los carbohidratos (CBH) son la mayor fuente de energía de las vacas. Son importantes para el mantenimiento, formación de grasa corporal y producción de leche. Los CBH son transformados en ácidos grasos, los cuales son absorbidos como energía en rumen

Los azúcares o glúcidos son biomoléculas formadas básicamente por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O). Los átomos de carbono están unidos a grupos alcohólicos (-OH), llamados también radicales hidroxilo y a radicales hidrógeno (-H) (Lehninger, 1978, Cap. 1).

En todos los glúcidos siempre hay un grupo carbonilo, es decir, un carbono unido a un oxígeno mediante un doble enlace (C=O). El grupo carbonilo puede ser un grupo aldehído (-CHO), o un grupo cetónico (-CO-). Así pues, los glúcidos pueden definirse químicamente como polihidroxialdehídos o

polihidroxicetonas(Wade, 1993, Cap. 12).

El más común y abundante de los monosacáridos es la glucosa. No suele encontrarse en los alimentos en estado libre, salvo en la miel y algunas frutas, sino que suele formar parte de cadenas de almidón o disacáridos (Ospina et al, 2009).

La glucosa, los esqueletos de carbonados de aminoácidos e insulina, o el factor insulinoide de crecimiento tipo 1 (IGF1), pueden modular la tasa de ovulación independientemente de las concentraciones plasmáticas de la hormona folículo-estimulante (Galvis et al, 2002).

“Se propone que en la lactancia temprana se potencializan los factores hormonales que favorecen la baja concentración de insulina y de IGF1, lo cual sumado a la exagerada movilización lipídica y los excesos de amoniaco reducen la tasa de gluconeogénesis y por ende la glicemia, conduciendo a una disminución de las concentraciones plasmáticas de insulina e IGF1, los cuales son factores de crecimiento ovárico” (Galvis, 2002).

La suplementación energética durante la gestación puede influenciar la capacidad para producir leche en vacas de primer parto, al afectar el peso vivo (movilización de reservas corporales), el crecimiento y desarrollo de la glándula mamaria.

El efecto de la suplementación sobre la producción de leche, es mejorar las respuestas que se obtendrían con las menores asignaciones de forraje (Bargo et al., 2002), presentándose incluso la no respuesta con animales de baja producción

sobre pasturas ofrecidas ad libitum.

El tipo y nivel de suplementación puede influir sobre la composición de leche, fundamentalmente sobre la composición de la proteína láctea. Las pasturas de clima frío suelen tener altos niveles de proteína bruta y bajos niveles de carbohidratos no estructurales solubles (Elizalde y Santini, 1992).

La proteína del forraje es altamente degradable en el rumen, debido a las fracciones de proteína soluble y de nitrógeno no proteico; que pueden generar desbalances entre la disponibilidad de nitrógeno y energía, generando un ambiente ruminal con altas concentraciones de nitrógeno amoniacal (N-NH_3) conduciendo a una ineficiente utilización de la proteína dietaria.

Una de las opciones para mejorar la eficiencia y utilización del nitrógeno dietario es disponer de más energía a nivel ruminal. Por tal motivo se desarrollaron técnicas de polimerización para utilizar azúcares provenientes de la caña.

Para la preparación de los polímeros de azúcar se rompen las moléculas de disacáridos mediante la conjugación de moléculas y la modificación en la posición isomérica, haciendo posible apilar 7 moléculas de glucosa sobre una octava, y de igual manera, 7 moléculas de fructosa sobre una octava, perdiendo 8 moléculas de H_2O por el apilamiento. Esto da como resultado 8 disacáridos acomodados uno exactamente sobre el otro, para evitar la acidez y cambios de pH en rumen, se añadieron buffers (Ospina et al, 2009).

La MINELAZA® es un polímero de glucosa a base de carbohidratos de caña de azúcar, conjugados y polimerizados en una nueva molécula patentada; adicionada con macro minerales, micro minerales y vitaminas A, D, E, complejo B, ácido fólico y ácido pantoténico, convirtiéndola en una fuente equilibrada de alta energía con grandes beneficios para la producción y la salud de los animales (MINELAZA®, 2008).

Una vez el producto llega a Rumen el 50% de los polímeros de glucosa mediante la fermentación metabólica realizada por las bacterias ruminales, son fermentados, originando como producto final los AGV (Acético, Propiónico, Butírico).

El Acetato no tiene bio-transformación, su utilización en el hígado es mínima, este es oxidado en casi todos los tejidos del cuerpo para generar ATP, que es la principal fuente de acetil CoA para la lipogénesis en el tejido adiposo y hepático de los rumiantes.

El propionato en hígado, es convertido a glucosa o puede ser oxidado a CO₂. Este es el principal sustrato para la gluconeogénesis, crítica para el rumiante porque es mínima la cantidad de glucosa absorbida en el intestino delgado. El lactato producido por la pared ruminal es tomado por el hígado para síntesis de glucosa (Wattiaux, 1996).

El butirato es metabolizado en su mayoría en el epitelio ruminal a cuerpos cetónicos, principalmente acetoacetato y (D-) b-hidroxi-butirato, los cuales son interconvertidos en el hígado. Estos cuerpos cetónicos son una importante fuente

de energía al ser oxidados en la mayoría de los tejidos del organismo, principalmente cuando las reservas de energía necesitan ser movilizadas de la grasa corporal (subnutrición o situaciones de gran demanda de energía) (Wattiaux, 1996).

El 50% restante del producto se va a comportar como una Glucosa de Sobrepasso, la cual pasa directamente a intestino delgado, en donde la unión de los disacáridos es revertida por la invertasa (enzimas de los jugos intestinales), rompiéndolos en monosacáridos, convirtiendo los 8 disacáridos en 16 monosacáridos. Estos son absorbidos por las vellosidades del intestino delgado y dirigidos hacia las venas. De ahí son transportados hacia el hígado, donde son convertidos en glucógeno. Este glucógeno es transportado por las venas hacia los tejidos y músculos a razón de 560 mg por 100cc (melaza estándar=70 mg por 100cc), (MINELAZA®) (Ospina et al, 2009).

3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de un complemento alimenticio (MINELAZA®) con altos contenidos de energía sobrepasante en el número, calidad y transferibilidad de embriones colectados por lavados uterinos de vacas Holstein en la Sabana de Bogotá.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar el efecto de la suplementación con Minelaza® en la producción de embriones teniendo en cuenta el estado productivo y condición corporal.
- Comparar el número y calidad de embriones obtenidos de los animales suplementados y no suplementados.
- Realizar un análisis económico comparativo de la suplementación energética sobre los resultados obtenidos en la colecta de embriones de vacas Holstein en la Sabana de Bogotá frente a hembras sin suplementación energética.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Ubicación geográfica

La investigación se llevó cabo en la Hacienda Logroño, ubicada en la Vereda Bosatama, Municipio de Soacha, departamento de Cundinamarca.

La topografía de la región según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, es considerada como un suelo de clima frío húmedo, predominantemente en relieve plano, rico en materia orgánica, perteneciente a la familia Tibaitatá. Su altura promedio 2650 msnm. Pertenece a una zona semiárida presentando cuatro periodos en dos estaciones, dos lluviosas (Abril – Junio y octubre – diciembre) y dos períodos secos en el año (Diciembre – Marzo y Junio – Septiembre), siendo las más susceptibles a heladas (IGAC, 1993).

La información climática reportada señala una temperatura promedio de 13.1 °C, con una temperatura máxima de 19°C y una mínima de 3.9°C, humedad relativa de 70%, precipitación anual inferior a 800mm (698mm en promedio) (IGAC, 1993).

La hacienda Logroño posee una extensión en tierra de 80 hectareas, distribuidas en 36 potreros, con utilización de cerca eléctrica y sistema de riego y drenaje por gravedad, con aguas de la quebrada la Tibanica. Las praderas están conformadas por pasto kikuyo (*pennisetum clandestinum*); se lleva a cabo rotación de praderas, teniendo en cuenta los días de maduración de las mismas, 55 a 60 días para el pasto kikuyo. La finca cuenta con una sala de ordeño fija con sistema

automatizado de identificación y suministro de concentrado individualizado, de acuerdo con la producción y los días en lactancia de cada vaca.

Alimento	% MS	% PC	%FDN	%FDA	ENL/MJUL/kg
Kikuyo(<i>penisetum clandestinum</i>)	16,62	18	57,48	32,7	5,67
Concentrado Finca Formula 1	87	18	20	10	8,23
Minelaza®	99	0	0	0	60

Tabla 1. Bromatológico dieta vacas en producción. Fuente: Hacienda Logroño.

4.2. Selección de unidades experimentales

En este trabajo se evaluaron 31 vacas de la raza Holstein, divididas en dos grupos, con características similares, previo chequeo reproductivo y presentación mínima de un celo antes de ingresar al programa de superovulación, categorizadas por días en producción, número de partos y días en lactancia. Las vacas se encuentran bajo un sistema de pastoreo, con libre acceso a fuentes de agua y sal mineralizada al 8% fosforo y 18% calcio, la dosis día es de 250gr/día el cual se suministra en tres dosis por día durante cada uno de los ordeños. Las vacas que se encuentran en el preparto se les suministra sal aniónica ad libitum, durante dos meses antes del parto.

Los animales por estar en producción de leche tienen un consumo de concentrado comercial a razón de 1Kg :3.5Lt/leche, si se encuentran dentro del primer tercio de lactancia, 1 Kg :4Lt/leche en el segundo tercio de lactancia y de 1 Kg :5Lt/leche en el último tercio de la lactancia. Se realizan tres ordeños al día, con intervalo de ocho horas entre cada uno.

4.2.1 Tratamientos con Minelaza. Al grupo tratamiento se le administró el suplemento energético MINELAZA® y concentrado comercial, durante cada uno de los ordeños, con 400g/día, repartidos en cada ordeño, durante 60 días previos al tratamiento de superovulación.

4.2.2 El grupo control solo recibió la administración del concentrado comercial al momento del ordeño. El manejo fue el mismo para los 2 grupos, con excepción del suplemento energético.

4.3 Tratamiento de superovulación(SOV).

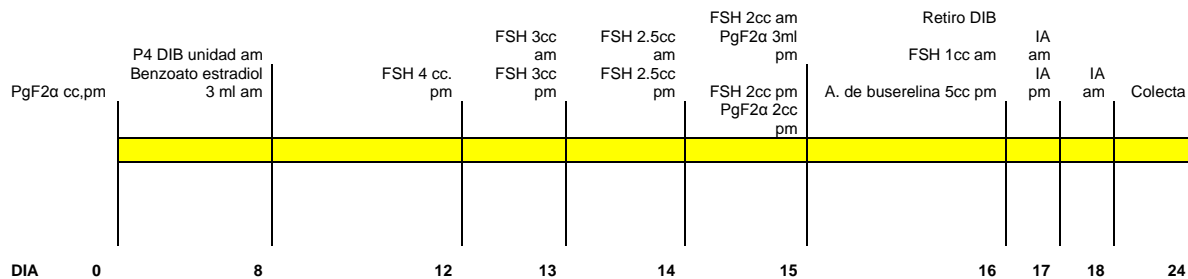


Tabla 2. Tratamiento de superovulación (SOV). Fuente: Baruselli, 2006 adaptado por Porras, 2011.

4.4. Preparación de la donadora y colecta de embriones

La preparación del animal dependió de varios factores, entre los que se encuentran la infraestructura, la docilidad del animal, la destreza y experiencia del operador.

Antes de la operación de lavado fue necesario vaciar el contenido rectal, precisar la posición y dimensiones del útero y la respuesta ovárica al tratamiento

superovulatorio (Número de cuerpos lúteos, presencia de folículos). Se continuó con la tranquilización y anestesia local de la donante (Mapletoft, 2006).

El inicio del bloqueo sensitivo y motor se hizo evidente por la flacidez de la cola, por la falta de respuesta del esfínter anal y de la vulva al pellizco. A pesar que la relajación de la cola es inmediata, la acción anestésica sobre el recto y el esfínter del ano requiere 10 minutos aproximadamente. Por otra parte se pudo producir un efecto anestésico incompleto, con una buena anestesia de la cola (flacidez) pero insuficiente anestesia de los órganos de interés, causado por lo general por una incorrecta administración. En ese caso se debió suplementar o repetirse la dosis. Es importante destacar que una insuficiente anestesia epidural puede ocasionar el fracaso del lavado en animales indóciles.

Al levantar la cola para inmovilizarla, después de la administración del anestésico, ocurre en algunos casos el ingreso de aire al recto. Ello pudo constituir una seria complicación porque el mismo pierde sensibilidad y capacidad de expulsar el aire. Si este fuera el caso se recomienda hacer caminar al animal a fin de que la prensa abdominal ejerza presión sobre el recto y expulse el aire retenido. La vulva y la región que la rodea deberán ser lavadas, desinfectadas (yodo povidona, alcohol 70%) y secadas.

La colecta se realizó mediante un método no quirúrgico el cual da la posibilidad de colocar en la hembra la sonda a través del cérvix permitiendo la recolección de embriones, simplificando el procedimiento y disminuyendo el trauma uterino que se producía bajo el método quirúrgico. Para ello se usó un

catéter semirrígido (Rasbech, 1976) y flexibles (Newcomb, et al., 1978; Hahn, 1978).

Catéter de 2 vías, una para insuflar el balón de goma e inmovilizar el catéter y la segunda para inyectar y recolectar el medio. Rasbech(1976)desarrolló un sistema semirrígido de recolección, a partir de una sonda Foley de 2 vías. El volumen de aire a insuflar oscilaba entre 12-15 ml. La inyección de medio se llevó a cabo con una jeringa de 60 ml.

La sonda Foley era introducida en un tubo rígido, quedando libre el extremo anterior, a partir del balón para el aire y el extremo posterior. Los resultados obtenidos por Rasbech (1976) indican el éxito de la técnica propuesta, que constituyó el punto de partida de los catéteres flexibles de 2 vías, empleados actualmente.

Se realizó la fijación de la sonda Foley en un cuerno uterino, y se procedió a la realización del lavado de este mismo y a la recuperación del medio introducido, con un filtro (Miniflush) en la parte final de la sonda, este mismo proceso se realizó en el otro cuerno.

El paso siguiente está dado en la búsqueda o recuperación de los embriones obtenidos en el lavado de los cuernos, con la ayuda de un estereoscopio Nikon 20 y 40 X; donde se llevó a cabo la clasificación de los embriones colectados.

Los embriones se clasificaron durante esta investigación, según su edad en días y el código del International embryo transfer society (IETS, 2005), clasificando con dos códigos numéricos, cuyo primer dígito da la información sobre la edad en días del embrión y el segundo dígito especifica la calidad del mismo, como se muestra en la Tabla 3.

ESTADIO	EDAD (DIAS)	CODIGO IETS
OVULO FERTILIZADO	0 – 2	
EMBRION DE 2 CELULAS	1 – 3	
EMBRION DE 4 CELULAS	2 – 3	
EMBRION DE 8 CELULAS	3 – 5	
EMBRION DE 16 CEL.	4 – 5	
MORULA TEMPRANA	5 – 6	3
MORULA COMPACTA	6 – 7	4
BLASTOCISTO TEMPRANO	7 - 7.5	5
BLASTOCITO INTERMEDIO	7.5 – 8	6
BLAST. TARDIO O EXPAND.	8 – 8.5	7
BLAST. ECLOSIONANDO	8.5 - 9	8

Tabla 3. Clasificación de embriones. FUENTE: IETS, 2005.

Con lo que respecta a la calidad del embrión, según la IETS (2005), se clasificó de la siguiente forma:

CALIDAD 1 (Excelente y bueno): Embrión que no tiene defectos en ninguna de sus partes.

CALIDAD 2 (regular): Embrión al cual se le permiten hasta un 15% de blastómeras sueltas, puede presentar algún defecto en la masa celular.

CALIDAD 3 (pobre): Embrión con varios defectos en su masa celular y con más del 15% de blastómeras sueltas.

Calidad 4 (malo): Embrión con muchos defectos, no es considerado transferible. IETS, 2005).

Posterior a la clasificación de los embriones se realizó la tabulación de los resultados en medio físico y electrónico, para el análisis de dicho resultado entre los animales suplementados con MINELAZA® y los animales del grupo control. Con los embriones obtenidos se dispuso a transferir en fresco, previa sincronización de receptoras y los embriones sobrantes se congelaron para futuras transferencias.

4.5. Análisis estadístico.

Para las variables de condición corporal (CC) a los días 0 (Parto), día 30 post-parto, día 60 post-parto y día de la colecta; días en lactancia y producción láctea se les realizó estadística descriptiva basada en promedio, desviación estándar, varianza, error estándar y coeficiente de variación, el cual fue presentado en tablas y gráficos para su mejor comprensión.

A las variables número de embriones por colecta, transferibles, degenerados, oocitos no fecundados, porcentaje de transferidos y nacidos se les realizó tablas de frecuencia y porcentajes.

Los resultados de condición corporal (CC) a los días 0 (Parto) 30, 60 y día de la colecta; días en lactancia y producción láctea por grupo Minelaza y control

se analizaron por pruebas de promedios de T para dos poblaciones con un nivel de significancia del 5%.

Las variables número de embriones por colecta, transferibles, degenerados, oocitos no fecundados, porcentaje de transferidos y nacidos se les realizó tablas de contingencia de X^2 con nivel de significancia del 5%.

Los datos fueron trabajados en una base de datos de Excel y analizados en el programa STATISTIX 8.0 bajo los procedimientos DESCRIPTIVE, LINEAL MODEL, CHI SQUARE.

4.6. Análisis económico

Se usó en esta investigación una forma básica para conocer el beneficio económico que ofrece el uso del producto Minelaza® en las respuestas obtenidas de los tratamientos SOV de vacas suplementadas con este producto frente a vacas que se alimentaron con el esquema convencional de la Hacienda Logroño. Por lo tanto se usaron los valores de los ingresos comerciales de la producción múltiple a los cuales se les restaron los costos o egresos para determinar los beneficios que la empresa ganadera recibió por cada peso sacrificado en el proyecto (Ballesteros, 2000, Cap. 4).

Cuando se menciona los ingresos, se hace referencia a los ingresos que se recibieron por venta de embriones y se incluyeron los beneficios por

comercialización de leche pues hacen parte de los cambios obtenidos durante la investigación.

Se hizo un cálculo básico para determinar la relación beneficio / costo de la inversión, pues ofrece indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a una empresa y a una comunidad (Ballesteros, 2000, Cap. 4).

Los resultados de esta relación se analizan de forma sencilla, si el resultado es mayor que 1, significa que los ingresos son superiores a los egresos. Si es igual a 1 el proyecto solo genera ingresos para cubrir los egresos y si el resultado es menor a 1, los egresos superan los ingresos que genera el proyecto.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizaron 31 vacas de la raza Holstein, de las cuales 15 se ubicaron en el grupo Control y las 16 restantes en el grupo Minelaza. Los 31 animales fueron seleccionados por su genotipo y desempeño productivo; dado que se trata de animales a los cuales se les pretende multiplicar la descendencia con fines comerciales y productivos.

Las hembras del grupo Control como medianatenían 153,8 días en lactancia al momento de la colecta, para este grupo se encontró que el promedio de producción fue de 34,85 lt/día; con una variación de 22 lt/día en el dato mínimo y de 44 lt/día en el dato máximo (Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011). Las hembras del grupo Minelaza se encontraban en un período más crítico por estar tan cerca del pico de lactancia y resolución de BEN (Figura 5).

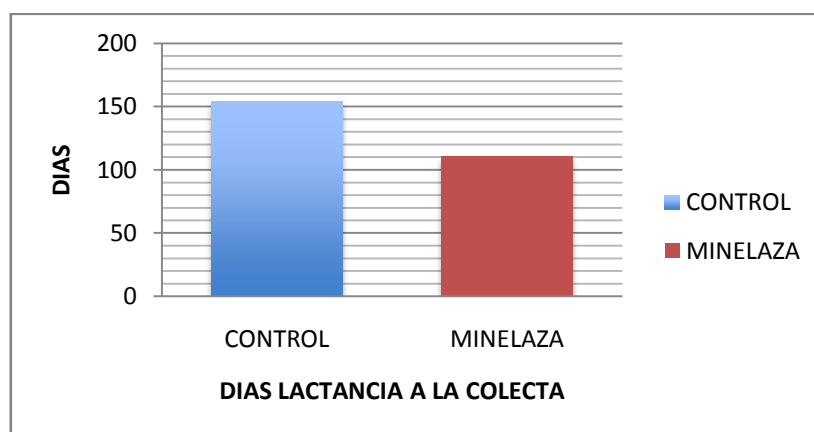


Figura 5. Días en lactancia de las hembras al momento de la colecta. Fuente: Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011.

Las hembras del grupo Minelazatenían una mediana de 110,69 días en lactancia al momento de la colecta. Las vacas pertenecientes a este grupo tuvieron un promedio de producción en leche de 43,966 lt/día; con variaciones que van desde 34 lt/día el dato mínimo hasta 55 lt/día para el dato máximo (Figura 6).

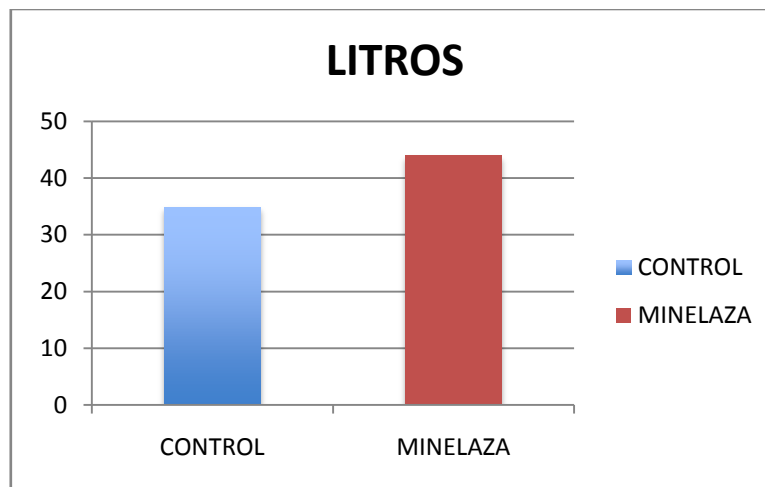


Figura 6. Diferencias promedio en producción de leche (lt/día) al momento de la colecta. Fuente: Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011.

Existe una diferencia significativa ($t_c = -4,17$, $P = 0,0003$) con respecto a los incrementos de producción entre el grupo Minelaza y el Control; con una diferencia en promedio de 9,10 lt/día a favor del grupo sometido a la suplementación energética. Demostrando que la producción de leche no afecta los resultados del tratamiento SOV.

La condición corporal (CC) promedio al día del parto para el grupo Control fue de 3,866 comparado con el grupo Minelaza cuya CC promedio al día del parto fue de 3,843. Datos que no poseen diferencia significativa ($P = 0,787$).

También fueron similares los promedios para el día 30 posparto del grupo Control fueron de 3,433 en CC, mientras en el grupo Minelaza se encontró un promedio de 3,593 en CC. Datos que muestran una diferencia promedio de 0,160 en CC, aunque estadísticamente no generó una diferencia significativa ($t_c=-1,68$, $P=0,103$).

Al día 60 posparto, el grupo Control mostró un promedio de 3,366 en CC y en el grupo Minelaza se halló un promedio de 3,531 en CC para el mismo momento de la lactancia. Para este grupo de datos se halló una diferencia en promedio de 0,164 en CC, similar a la diferencia en promedio de la CC al día 30; No hubo diferencia significativa ($t_c=-1,57$, $P=0,127$).

El grupo Control obtuvo un promedio de 3,46 en CC al día de la colecta, comparado con un promedio de 3,60 en CC del grupo Minelaza al día de la colecta. Mostrando un comportamiento similar con respecto a los datos anteriores; donde se halla una diferencia promedio de 0,14 en CC, sin diferencias pronunciadas ($t_c=-1,33$, $P=0,19$). Sin embargo en la Figura 7, se observa el efecto de la suplementación energética.

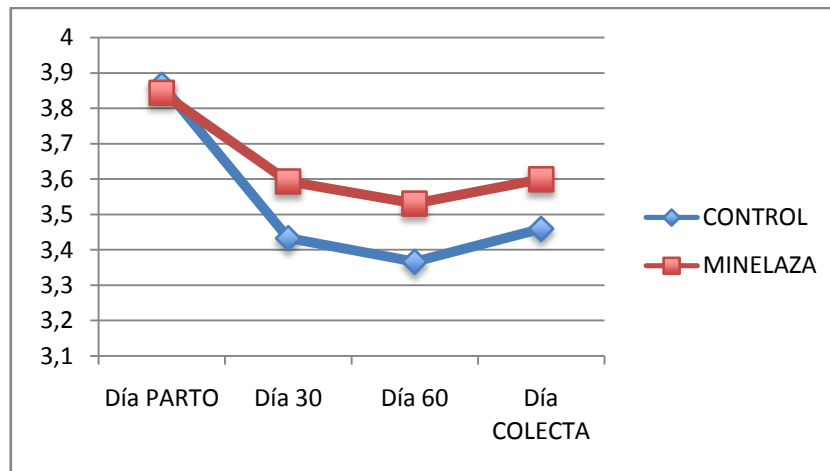


Figura 7. Variaciones en la condición corporal de los individuos durante la investigación. Fuente: Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011.

El hecho que el grupo Minelaza haya mantenido una CC superior frente al grupo control, favorece la eficiencia reproductiva de las vacas, sin mencionar la posibilidad de reducir el aumento en número de vacas que podrían llegar a presentar anestro por llegar con CC baja; como demostró Palma (2008).

Posterior al lavado se obtuvieron los siguientes datos de colecta de embriones; en las hembras del grupo Control; se colectaron en promedio 5,13 estructuras. En las colectas del grupo Minelaza, se obtuvieron 9,062 estructuras en promedio.

Comparando estos resultados, se obtuvo una diferencia significativa ($t_c = -2,84$, $P = 0,0092$) en los resultados del número de estructuras obtenidas de los lavados entre el grupo Control y el grupo Minelaza. Con una diferencia entre promedios de 3,929 estructuras más por lavado en el grupo Minelaza frente a los resultados del grupo Control (Figura 8).

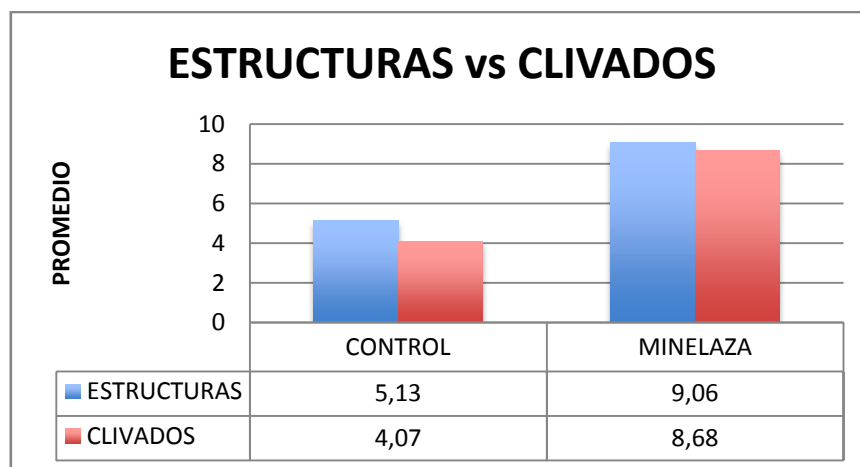


Figura 8. Promedios de estructuras versus clivados obtenidos en los grupos Control y Minelaza. Fuente: Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011.

Datos que demuestran que las vacas en alta producción de leche, bajo esquemas correctos de nutrición pueden mostrar resultados superiores en protocolos de superovulación, refutando el concepto que se tenía sobre el momento de la lactancia como una limitante para tratamientos reproductivos (Jiménez, 2009).

De estas estructuras colectadas en el grupo Control, se hallaron en promedio 4,066 embriones, que corresponden al 79,25 % del total de estructuras colectadas, con datos mínimos de 1 embrión a 13 como dato máximo. Mientras en el grupo Minelaza se obtuvieron en promedio 8,687 embriones, o sea el 95,86 % del total de las estructuras colectadas (Figura 9), con variaciones que fueron desde 3 embriones como dato mínimo hasta 17 embriones colectados en el dato máximo.

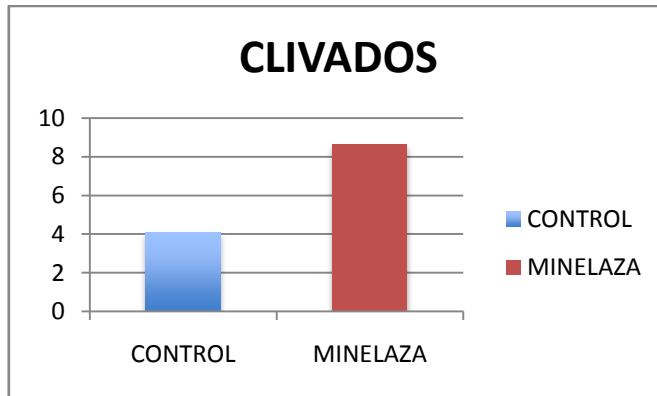


Figura 9. Diferencia en número de clivados obtenidos por colecta. Fuente: Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011.

Lo anterior evidenciando también una diferencia significativa ($t_c=-3,26$, $P=0,0032$) en el número de embriones obtenidos por lavado entre los 2 grupos. Confirmando que el efecto de la dieta suplementada es positivo (Gong, et al., 2002), al evidenciar que las dietas mejoradas incrementaban el número de folículos de más de 4mm en novillas; por el efecto en el reclutamiento folicular; favoreciendo los resultados de los tratamientos superovulatorios (Figura 10).



Figura 10. Variación en número total de embriones colectados en grupo Control y Minelaza. Fuente: Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011.

Se halló en el grupo Control un promedio de 1,066 oocitos no fertilizados, los cuales son el 20,77 % de las estructuras colectadas. En el grupo Minelaza se halló un promedio de 0,375 oocitos no fertilizados, que fueron 4,13 % del total de estructuras obtenidas.

Del total de embriones obtenidos en las colectas, se encontró en el grupo Control, un promedio de 1,133 estructuras degeneradas; lo cual corresponde al 26,21% de los embriones colectados. Para el grupo Minelaza, partiendo del dato de 8,687 embriones por colecta, se evidenció que en promedio 1,687 correspondían a embriones degenerados, los cuales son el 19,41 %. Sin embargo, no se halló una diferencia significativa ($t_c = -1,01$, $P = 0,3263$).

Al revisar los datos del número de estructuras transferibles basados en los parámetros de calidad, se halló que en promedio el grupo Control, produjo 2,73 embriones transferibles; el grupo Minelaza obtuvo un promedio 7,00 embriones transferibles (Figura 11), basados en su estado y calidad (6:1, 5:1, 5:2, 4:1, 4:2; IETS, 2005). Lo cual demuestra una diferencia notable y estadísticamente significativa ($t_c = -3,63$, $P = 0,0013$).

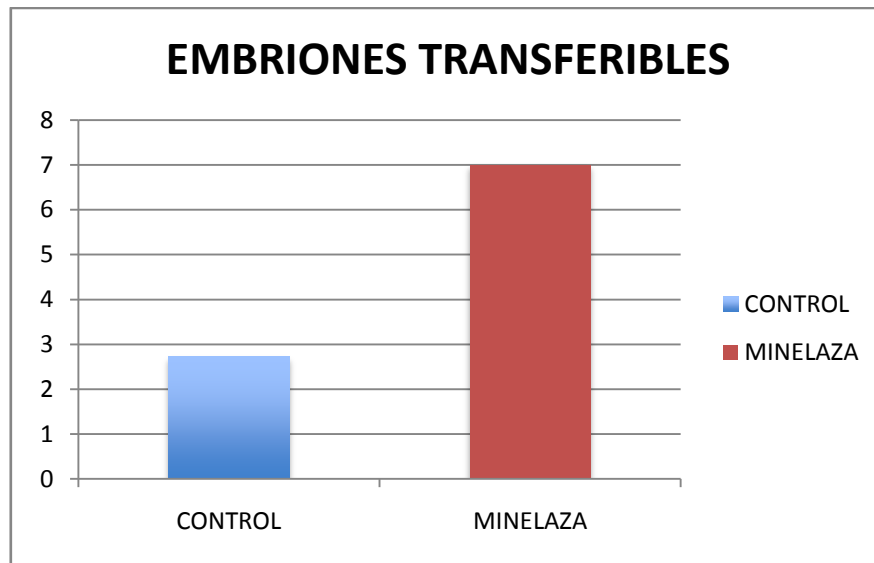


Figura 11. Número de embriones transferibles colectados para los grupos de investigación. Fuente: Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011.

Estos datos corroboran la que la alimentación en las vacas especializadas en producción de leche afecta directamente en el número de embriones transferibles recuperados por colecta como lo menciona Mikkola (2005); donde concluyen que la suplementación de energía y proteína cruda puede ser ventajosa para la calidad de los embriones colectados en vacas de alta producción. Resultados similares obtenidos en la investigación (Figura 12), donde se encuentran mejores resultados tanto en número de embriones obtenidos como en embriones transferibles; ya que para transferencia solo se usaron las estructuras clasificadas como 6:1, 5:1, 5:1 y 4:3 (IETS, 2005).

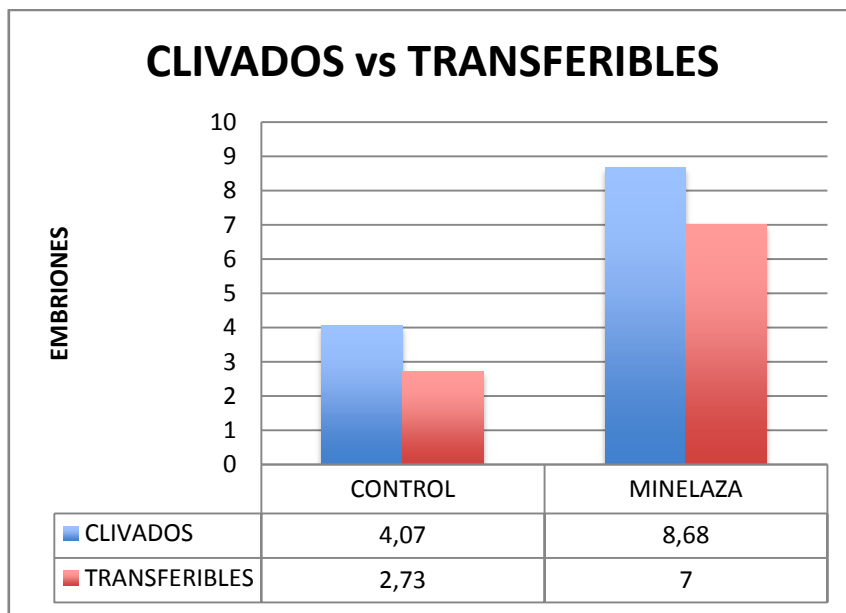


Figura 12. Comparativo del promedio de clivados versus transferibles obtenidos en colecta. Fuente: Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011.

El factor económico también fue analizado; pero es pertinente aclarar que para la alimentación tanto del grupo Control y grupo Minelaza se determinó un techo máximo en el suministro de concentrado de 11 Kg/día por vaca, cada vez que los individuos de la investigación tuvieran producciones superiores a 32 Lt/día. Pero cabe anotar que los incrementos del grupo Minelaza en producciones de leche obedecen a la suplementación energética.

Los costos inmersos en la producción e investigación se desglosaron en los 2 grupos (Tabla 4); se pueden notar costos similares en concentrado pese a que la producción diaria de leche fue mayor en el grupo Minelaza debido a lo mencionado sobre el techo máximo de suplementación; al igual que los de la sal

mineralizada, costos de mano de obra, costos de forraje cosechado por los individuos y costo de servicios públicos.

COSTOS DIARIOS ALIMENTACION DE VACAS LECHERAS HDA LOGROÑO			
ITEM	Cant/dia	Grupo CONTROL	Grupo MINELAZA
Concentrado	11/kg	12100	12100
Forraje		1200	1200
Sal mineralizada	250g/dia	437	437
Mano de obra		1013	1013
Servicios públicos		466	466
MINELAZA	400g/dia		1360
TOTAL DIA		15216	16576
Días a la colecta		153,8	110,69

Tabla 4. Comparativo de costos diarios para grupos de investigación. Fuente: Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011.

Se realizó un promedio de los días en lactancia para valorar en conjunto los costos de la inversión; por lo tanto se unificaron los costos a un promedio de 132,25 días en lactancia, donde se encontró que para cada individuo del grupo Control se habían invertido \$ 2'012.240 COP y para cada individuo del grupo Minelaza se habían invertido \$ 2'192.093 COP. Arrojando una diferencia a favor del grupo Minelaza de unos costos superiores frente al grupo Control de \$ 179.853 COP.

Lo cual también debe analizarse junto al incremento en producción (Figura 6), donde se puede observar que en promedio las hembras de grupo Minelaza produjeron 9,10 Lt/día más que las hembras del grupo control con una diferencia significativa (P: 0,0003); obteniendo un incremento de 26,2 % en producción.

También se observa en el grupo Minelaza una producción al día 132,25 en promedio de lactancia de 1.203,4 Litros de leche más que el grupo Control. El valor comercial de la leche en la Hacienda Logroño es \$ 940 COP por litro, lo cual generó a la empresa, ingresos de \$1´131.266 COP en producción de leche por cada individuo del grupo Minelaza por encima de lo producido en el mismo período por cada individuo del grupo Control.

En términos generales, por cada \$ 1 COP invertido en la suplementación energética en la Hacienda Logroño, la empresa logró generar \$ 6,29 COP netos, lo que muestra una rentabilidad real de 84,1 % al usar el suplemento energético frente a la producción de leche, si se descuenta el costo de la inversión frente al superávit de leche comercializada.

Dentro de los costos fijos para la aplicación de la TE, se generaron los mismos costos fijos para los dos grupos de la investigación; con un valor total de \$ 985.000 COP por tratamiento de cada individuo (Tabla 5).

	G. Control	G. Minelaza
Semen	\$210.000	\$210.000
Tratamiento Hormonal	\$275.000	\$275.000
Mano de Obra. Colecta	\$500.000	\$500.000

Tabla 5.Costos fijos para Transferencia de Embriones. Fuente: Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011.

Estos costos son iguales en los dos grupos; la diferencia radica en el número de embriones obtenidos; embriones que tuvieron un valor comercial de venta de \$ 600.000 COP. Se evidencia que las hembras del grupo Control produjeron 2,73 embriones transferibles (Figura 12); los cuales tendrían un valor comercial de \$ 1'638.000 COP. Mientras el grupo Minelaza obtuvo un promedio de 7 embriones transferibles, cuyo valor comercial sería de \$ 4'200.000 COP.

Frente a un incremento en utilidades por ventas de \$ 2'382.417 COP por concepto de embriones transferibles comercializados, descontando el valor de la inversión de la suplementación energética de \$ 179.583 COP; se puede notar un incremento del 145,4 % en la rentabilidad de la aplicación de la TE bajo esquemas de suplementación energética.

Dado que los animales se mantuvieron durante 60 días en la investigación, los costos de alimentación diarios son los que varían entre los grupos de investigación; el costo de alimentación de un individuo del grupo Control es de \$ 15.216 COP / día, para un total de \$ 912.960 en total y el costo para el grupo Minelaza es de \$ 16.576 COP / día para un total de \$ 994.560. Cada grupo recibió el mismo tratamiento SOV que cuesta \$ 985.000 / vaca.

Los costos totales para un animal del grupo Control son de \$1'897.960 y sus ingresos por comercialización de embriones transferibles obtenidos (Figura 12) son de \$ 1'638.000; dejando un beneficio de \$ 0,85 COP. Sin la suplementación energética la relación costo / beneficio es de \$ 1 COP : \$ 0,85 COP.

El grupo Minelaza genera costos totales por animal de \$ 1'979.560, con ingresos por comercialización de los embriones transferibles obtenidos (Figura 12) de \$ 4'200.000; ofreciendo beneficios por \$ 2,12 COP. Con la suplementación con Minelaza® lo cual muestra una relación costo / beneficio de \$ 1 COP: \$ 2,12 COP.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de suplementos energéticos sobre pasantes en vacas de raza Holstein de alta producción de leche, genera mejoramiento en las respuesta de los animales al uso de biotecnologías reproductivas como la TE.

Se consideraba que estas hembras de alta producción no debían incluirse en programas de reproducción exigentes durante los períodos de alto desempeño productivo, en el caso del grupo Minelaza se realizaron las colectas en promedio al día 110,69 de producción, obteniendo resultados que validan el aprovechamiento de los animales independientemente de su estado productivo.

En la investigación, se suministró el suplemento energético desde los 60 días antes de la colecta de embriones, lo cual arrojó resultados positivos incrementando el número de estos en cada colecta, mejorando la calidad y cantidad de embriones transferibles.

Dado que los forrajes de clima frío comúnmente utilizados en los sistemas de producción de leche en Colombia suelen tener altos niveles de proteína bruta y bajos niveles de carbohidratos no estructurales solubles (Elizalde y Santini, 1992), se concluye que para empresas ganaderas productoras de leche con este tipo de forrajes es necesario optimizar su producción y el desempeño reproductivo utilizando el suplemento energético.

La suplementación con polímeros de glucosa reducen la pérdida de condición corporal y así mismo incrementa la producción de leche en vacas Holstein durante el posparto y pico de lactancia(60 días), disminuyendo de esta forma la movilización de grasa y por ende maximizar los resultados en programas de TE; confirmando que las donantes en óptimas condiciones corporales tienen mejores resultados en estos programas de biotecnologías reproductivas (Pineda, 2002).

La dosis usada de Minelaza (400 gr/día), demostró una respuesta favorable en el número y calidad de embriones obtenida en el protocolo de superovulación, pudiéndose extrapolar como dosis terapéutica para protocolos de TE para vacas Holstein. Dosis que debe aplicarse de 30 a 60 días antes del parto con el fin de obtener los mejores resultados tanto en producción de leche como en los resultados de la aplicación de la TE; conservando los animales con una CC superior.

Se recomienda hacer estudios en otras razas bovinas no especializadas en producción de leche, para evaluar la respuesta de la Minelaza® en cantidad y calidad de embriones obtenidos bajo protocolos de superovulación. Dado que el tipo de forrajes y los sistemas de producción pueden variar es necesario realizar este tipo de investigaciones en diversos tipos de animales, de manera que se pueda conocer la dosificación adecuada para todo tipo de empresas ganaderas.

Al realizar este estudio, se observó una mejor respuesta en parámetros de producción, pero pueden realizarse investigaciones destinadas a valorar los efectos de la suplementación energética sobre otros indicadores zootécnicos de interés para incrementar la productividad de la ganadería nacional y obtener más información que oriente a los productores nacionales hacia el éxito y competitividad de sus empresas.

7. LISTA DE REFERENCIAS

- Ballesteros, E. (2000). *Economía de la empresa agraria y alimentaria*. Ediciones Mundi-Prensa, Segunda Edición. Madrid. Capítulo 4.
- Bargo F., Rearte D., Santini F. y Muller L. (2002). Ruminant digestion by dairy cows grazing winter oats pastures supplemented with different levels and sources of protein. *J. Dairy Sci.* 84: 2260-2272.
- Baruselli, P. S. (2006). Superovulation and embryo transfer in Bos indicus cattle. *Theriogenology* 65, Vol. 1 Pag. 67-88.
- Base de datos Taurus Webs, Hacienda Logroño, 2011.
- Bó, G. (2006). Aplicación de biotecnologías reproductivas en el ganado bovino sin necesidad de la detección de celos. Instituto de reproducción animal de Córdoba (IRAC).
- Boland, M.P., Lonergan, P. y O'Callaghan, D., (2001). Effect of nutrition endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryodevelopment. *Theriogenology* 55, 1323–1340.
- Butler, W.R., (2000). Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60–61, 449–457.
- Butler, W. (2005). Relationships of Negative Energy Balance with Fertility. *Advances in Dairy Technology*. 17: 35-46.
- Callesen, H., Liboriussen, T. y Greve, T., (1996). Practical aspects of multiple ovulation-embryo transfer in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 42, 215–226.
- Duffield, T., LeBlanc, S. (2010). Interpretation of serum metabolic parameters around the transition period. Department of population Medicine. Ontario Veterinary College. University of Guelph. Ontario, Canadá.
- Duica, A., Tovia, N. y Grajales, H. (2007). Factores que afectan la eficiencia reproductiva de la hembra receptora en un programa de transplante de embriones bovinos. *Revista de Medicina Veterinaria, Universidad de La Salle*, julio-diciembre, número 014. ISSN 0122-9354.
- Elizalde, J. y Santini, F. (1992). Factores nutricionales que limitan las ganancias de peso en bovinos en el período otoño-invierno. *Boletín técnico No. 104*. EEA INTA Balcarce.
- FEDEGAN. (2006). Plan estratégico de la ganadería Colombiana 2019. Primera edición. Ed. Sanmartín Obregón & Cia. ISBN 978 - 958 - 98018 - 1 - 9.

- Forde, N., Beltman, N., Lonergan, P., Diskin, M., Roche, J. y Crowe, M. (2011). Oestrous cycles in *Bos taurus* cattle. *Animal Reproduction Science* 124 (2011) 163–169.
- Galvis, R. Rubén, D. (2002). Interacciones entre el metabolismo y la reproducción en la vaca lechera: es la actividad gluconeogénica el eslabón perdido?. *Rev. Col. Cienc. Pec.* Vol. 15: 1.
- Gong, J.G., Armstrong, D., Baxter, G., Hogg, C., Garnsworthy, P. y Webb R. (2002). The effect of increased dietary intake on superovulatory response to FSH in heifers. *Theriogenology* 57, 1591–1602.
- Hafez, B. (2002). Reproducción e inseminación artificial en animales. Séptima edición, Ed. McGrawHill Interamericana. ISBN 970-10-3719-7.
- Hahn, J. (1978). Die unblutige Eigewinnung beim Rind unter Berücksichtigung der Spendentiere und der Entwicklung der Eizellen in Eileiter und Gebärmutter. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.* 84, 229-231.
- International Embryo Transfer Society (IETS). The third edition of the IETS Manual, (2005).
- Jiménez, C. (2009). Superovulación: estrategias, factores asociados y predicción de la respuesta superovulatoria en Bovinos. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 56:195-214. Universidad Nacional de Colombia.
- Kruip, T. (2000). Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology*, Jun;53(9):1783-95.
- Lehninger, A. (1978). *Las bases moleculares de la estructura y función celular*. Ediciones Omega. Barcelona, España. Capítulo 1.
- Maldonado, J., Bolívar, P. (2008). Racionalidad de los esquemas de superovulación y sincronización en la transferencia de embriones en bovinos: ¿terapéutica basada en la evidencia o ausencia de ética?. *Universidad de Antioquia. Revista Colombia Ciencias Pecuarias*; 21:436-450.
- Mapletoft, R. (2002). Recent advances in the superovulation of cattle. *Reprod Nutr Dev* 2002; 42:1-11.
- Mapletoft, R. (2006). Transferencia de embriones en bovinos. *IVIS Reviews in Veterinary Medicine, I.V.I.S. (Ed.)*. International Veterinary Information Service, Ithaca NY; R0104.1106.ES.
- Mikkola, M., Mantysauri, P., Tammiranta, N., Peippo, J. y Taponen, J. (2005). Effect of dietary protein on embryo recovery rate and quality in superovulated heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 87:193-202.

- Mojtaba, K. (1997). Factors associated with variation in the superovulatory response of cattle. *Animal Reproduction Science* 48. 137- 157.
- Newcomb, R., W. R. Christy, Rowson, L.E.A. (1978). The non-surgical recovery of and transfer bovine embryos. En: SREENAN, J. M. Control of reproduction in the cow. Martinus Nijhoff, the Hague, Boston, London 292-304.
- Nicholas, F. y Smith, C. (1983). Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. *Animal Production*. 36, 341-353.
- Ospina, O. y Páez, A. (2009). Efecto de los polímeros de glucosa sobre el comportamiento productivo en vacas de leche en la sabana de Bogotá. *Entorno Ganadero*. Año 6 No. 37, Agosto-Septiembre. 80-89.
- Palma, G. (2008). *Biología de la reproducción*. 2ª Edición. Pugliese y Siena.
- Pineda, D. (2002). *Biología de la reproducción en animales domésticos*. Primera edición. Universidad de Nariño. ISBN 958-33-2425-6.
- Rasbech, N. (1976). Nicht-chirurgische Gewinnung und Übertragung von Rinderembryonen unter Praxis-Verhältnissen. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 83. 515 – 586.
- Reed, B. y Whisnant, C. (2001). Effects of monensin and forage: concentrate ratio on feed intake, endocrine, and ovarian function in beef heifers. *Animal Reproduction Science*. 67: 171-180.
- Rodríguez, J., Giraldo, C., Castañeda S., Olivera, M. y Ruiz, T. (2007). Análisis multifactorial de las tasas de preñez en programas de transferencia de embriones en Colombia. *Rev. MVZ Córdoba* vol.12 no.2. Julio-Diciembre. ISSN 0122-0268.
- Rosell, R. (2003). Universidad de Granma. Facultad de Medicina Veterinaria. Manzanillo, Cuba. *Rev. Electrónica Granma ciencia*. Vol. 7, número 1, Enero - Abril. 2003
- Salgado, R., Mejía, A., y Suarez, P. (2011). Eficiencia de la respuesta superovulatoria del ganado Brahman al protocolo P-24. *Revista MVZ Córdoba*, vol.16 no.2 Córdoba Mayo-Agosto. ISSN 0122-0268.
- Sartori, R. (2011). Reproductive cycles in Bos indicus cattle. *Animal Reproduction Science* 124 (2011) 244–250.
- Sinclair, K. D., Kuran, M. y Gebbie, F. (2000). Nitrogen metabolism and fertility in cattle. II Development of oocytes recovered from heifers offered diets differing in their rate of nitrogen release in the rumen. *J. Animal Science*. 78, 2670-2680.

- Spencer, T., Burghardt, R., Johnson, G. y Bazer, F. (2004). Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Animal Reproduction Science* 82: 537-550.
- Spey, L.L., Lipner, H. (1994). Ovulation in: *The physiology of reproduction* Knobil, E. and J. Neill (Eds) 13, 725-780.
- Stringfellow, D. y Siedel, S. (2000). *Manual de la sociedad internacional de transferencia de embriones (I.E.T.S.)*. Illinois U.S.A. Cap. 6, 8 y 9.
- Thatcher, W., Stoples, C., Donet, G., Oldick, B. y Schmitt, P. (1994). Embryo health and mortality in sheep and cattle. *Journal Animal Science*, 72.
- Thibier, M. (1990). New technologies in cattle reproduction proceedings of the 7th FAVA Congress, Pattaya, Thailand, 512-524.
- Truzillo, A.M., Ortune, J.E. (1990). Suppression of the secondary FSH surge with bovine follicular fluid is associated with delayed ovarian follicular development in heifers. *J. Reprod. Fert.* 89, 643-653.
- Wade, L. (1993). *Química orgánica*. Segunda Edición, Editorial Pearson. México. Capítulo 12.
- Wattiaux, M., Armentano, L. (1996). *Metabolismo de carbohidratos en vacas lecheras*. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Esenciales Lecheras. Universidad de Wisconsin-Madison.
- Wattiaux, M., Armentano, L. (1996). *Grados de condición corporal*. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Esenciales Lecheras. Universidad de Wisconsin-Madison.
- White, H., Koser, S. y Donkin, S. (2012). Gluconeogenic enzymes are differentially regulated by fatty acid cocktails in Madin-Darby bovine kidney cells. *J. Dairy Sci.* 95: 1249 – 1256.
- Wrathall A., Simmons, H. Bowles, D. y Jones, S. (2004). Biosecurity strategies for conserving valuable livestock genetic resources. *Reprod Fert Dev* 2004; 16:103-112.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (n.f.). Recuperada el 22 de Octubre del 2009, <http://www.igac.gov.co>
- Minelaza, Melaza en polvo. (n.f.). Recuperada el 27 de Abril del 2009, <http://www.minelaza.net>
- Nutrefeed, Nutrición animal. (n.f.). Recuperada el 14 de Septiembre de 2011, <http://www.nutrefeed.com.ar/img/grafico-transitar.jpg>

APROBACIÓN

Director

Jurado

Jurado

Jurado

DIRECTIVOS

RECTOR

Hno. Carlos Gabriel Gómez Restrepo

VICERRECTOR ACADÉMICO Hno. Carlos Carvajal Costa

VICERRECTOR DE PROMOCIÓN
Y DESARROLLO HUMANO

Hno. Frank Leonardo Ramos Baquero

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN
Y TRANSFERENCIA

Dr. Luis Fernando Ramírez Hernández

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Dr. Eduardo Ángel Reyes

SECRETARIA GENERAL

Dra. Patricia Inés Ortiz Valencia

DECANA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Dra. Claudia Aixa Mutis Barreto

DIRECTOR POSTGRADOS EN CIENCIAS
VETERINARIAS

Dr. Ernesto Andrés Dalmau Barros

COMPROMISO

Este trabajo de grado no contiene ideas contrarias a la doctrina católica en asuntos de dogma y moral.

Ni la Universidad de La Salle, ni el director de la investigación, ni el jurado calificador son responsables de las ideas expuestas por los investigadores graduandos.

Gracias a Dios,
a mi amada esposa, a mis hijos, Sofía y Pedro P.,
a mis abuelos, a mi madre y mis hermanos,
por ser el apoyo incondicional,
el incentivo y la fuerza para lograr esta meta.

A la memoria de mi padre,
a quien dedico este gran esfuerzo.

Pedro Armando Lozada Wolf.

Gracias a Dios,
a mi adorada esposa y mi amado hijo Lorenzo,
a mis padres, mi hermana y toda la familia,
a quienes debo su amor y comprensión;
por ser mi fuerza, por ser mi apoyo
y mi convicción en este y todos mis logros.
A la memoria de mi abuelo Luis Camacho C.,
por haber sido mi ejemplo e inspiración!

Alvaro Enrique Camacho Chacon

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al Dr. Cesar Augusto Díaz, por su compromiso y férrea convicción al momento de guiar y colaborar en esta investigación; por haber sido parte de la fuerza necesaria para culminar esta meta.

Al Dr. Héctor Horacio Murcia C. por haber sido amigo y mentor; también por haber sido participe en una gran etapa de nuestras vidas.

A todos quienes con su colaboración, acompañamiento y dedicación harán parte siempre este logro.