

**Universidad Nacional
Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela de Medicina Veterinaria**

**Inducción artificial de la lactación en un hato de vacas lecheras en
el trópico húmedo**

**Trabajo final de graduación para optar al grado de
Licenciatura en Medicina Veterinaria**

Modalidad: Práctica dirigida

María Lía Artavia Rodríguez

Campus Presbítero Benjamín Núñez

2007

Tribunal Examinador

Dr. Jorge Quirós A. (Decano)

Dr. Carlos Jiménez Sánchez (Director)

Dr. Julio E. Murillo Barrantes (Tutor)

Dr. Jaime Murillo Herrera (Lector)

Dra. Laura Castro Ramírez (Lectora)

Fecha: _____

DEDICATORIA

A Camisa, la razón de todo...

AGRADECIMIENTOS

A Dios por demostrarme que siempre se puede y por hacer las cosas como Él sabe que son mejores.

A mi familia, por apoyarme siempre y en todo momento.

A la familia Bogantes Rodríguez por cuidar al mayor mis de tesoros mientras realizaba este sueño.

A María Elena Vargas por ayudarme cuando más la necesitaba.

Al Doctor Julio Murillo, por toda la paciencia y el cariño con los que me enseñó, por transmitirme esas ganas de hacer las cosas bien, y por convertirse en un gran amigo.

A la Doctora Laura Castro y al Doctor Jaime Murillo por regalarme de su tiempo para ser mis lectores y consejeros.

Al Doctor Juan José Romero, por recibirme siempre con gusto para todas las consultas realizadas y porque sin su ayuda este trabajo no tendría el valor que le traté de dar.

A todos mis profesores, los técnicos, asistentes, y empleados de la EMV, por permitirme aprender un poco de todos ellos y en muchos casos por brindarme su amistad.

A Rodolfo Barrantes, primero por admitirme en su finca para realizar parte de mi práctica y por permitirme el acceso a los datos para la elaboración de este estudio.

A Miguel Sevilla, Nelson Arguello, Augusto Rojas y José Rojas, por ayudarme con gusto a recolectar los datos y la información analizada en este trabajo.

A los dueños y empleados de las fincas que visité durante mi práctica, por la confianza que me demostraron y toda la ayuda que me brindaron.

A todos los ángeles que se hicieron carne durante mi carrera y en especial en los últimos años de ella, porque sin ellos nada de estos sería posible.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
INDICE DE CONTENIDOS	V
INDICE DE CUADROS	VI
INDICE DE FIGURAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES	1
LACTOGÉNESIS.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	8
METODOLOGÍA: MÉTODOS Y MATERIALES	9
LUGAR DE ESTUDIO	9
ANIMALES	9
PROTOCOLO DE INDUCCIÓN DE LA LACTACION.....	10
PARÁMETROS EVALUADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	10
RESULTADOS.....	12
PRODUCCIÓN LÁCTEA.....	12
RENDIMIENTO REPRODUCTIVO.....	17
EFFECTOS SECUNDARIOS DEL PROTOCOLO DE INDUCCION.....	18
ANÁLISIS ECONÓMICO.....	19
DISCUSIÓN.....	23
PRODUCCIÓN LÁCTEA.....	23
RENDIMIENTO REPRODUCTIVO.....	26
EFFECTOS SECUNDARIOS	27
ANÁLISIS ECONÓMICO	28
CONCLUSIONES	29
RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	32
ANEXOS	35

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Producción láctea en Kg. por día de animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia y porcentaje de diferencia según los días de lactancia.	13
Cuadro 2.	Producción total de leche a los 305 días de lactancia y desviación estándar (DS) de animales tratados con el protocolo de inducción de la lactancia y animales control.	14
Cuadro 3.	Características de los animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia sometidos a la regresión múltiple.	14
Cuadro 4.	Distribución de razas en grupos tratados y no tratados.	15
Cuadro 5.	Resultados de la regresión múltiple a los 30 días de lactancia de animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia.	15
Cuadro 6.	Resultados de la regresión múltiple a los 150 días de lactancia de animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia.	15
Cuadro 7.	Puntaje de condición corporal de animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia según días de lactancia.	16
Cuadro 8.	Índices reproductivos para animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia.	18
Cuadro 9.	Análisis económico de la inducción a la lactancia de animales con problemas para concebir contra la eliminación de estos y reemplazo con novillas.	20

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Temperatura, humedad relativa y porcentaje de preñez durante el periodo de Noviembre 2005 a Noviembre 2006. **12**
- Figura 2.** Producción total de leche según raza de los animales totales: H: Holstein, PS: Pardo Suizo, J: Jersey. **16**

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

Abr: Abril.

Ago: Agosto.

bST: Somatotropina bovina, u hormona del crecimiento.

°C: grados Celsius.

Dic: Diciembre.

DS: Desviación estándar.

Ene: Enero.

Feb: Febrero.

H: Holstein.

J: Jersey

Jul: Julio.

Jun: Junio.

Kg./día: kilogramos por día

Mar: Marzo.

May: Mayo.

n: número de animales

Nov: Noviembre.

Oct: Octubre.

PS: Pardo suizo.

Set: Setiembre.

T3: Triyodotironina.

VAMPP: Programa de Control y Manejo Veterinario Automatizado.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó durante un periodo de seis meses en una finca lechera de la zona de Pital de San Carlos (Alajuela). En ella se llevó a cabo un estudio de inducción artificial de la lactación en 296 animales de diferentes razas, edades y número de lactancias; utilizando estrógenos, progesterona, prednisolona y somatotropina bovina y se dio seguimiento a la información de los animales recopilada durante todo un año. Se evaluó su comportamiento productivo, reproductivo y se comparó contra 753 vacas control dentro del mismo hato.

Los animales con lactación inducida alcanzaron en promedio una producción que correspondió a un 75.5% de lo producido durante su anterior lactancia natural y a un 89.2 % de lo producido por las vacas que parieron naturalmente. Además, el pico de producción de las vacas inducidas se presentó entre los días 60-90, alcanzando 18.6 Kg. de leche por día, mientras que en los animales control este se alcanzó entre los días 30-60, con un promedio de 21.5 Kg. de leche por día, con un promedio de días de lactancia de 175 para los animales tratados y de 182 días para las vacas control.

Al cierre de este estudio, se preñaron un 14% de vacas tratadas, comparado con un 15% de las vacas control. Además, las vacas inducidas mostraron mejores parámetros reproductivos que las vacas control (parto/ primer celo, parto/ primer servicio, parto/ concepción, ultimo celo/ primer servicio).

Finalmente, se realizó un análisis económico que demostró una ventaja de ¢130.000 por vaca en promedio al inducir la lactancia en comparación con la opción de eliminarlas y reemplazarlas con novillas.

ABSTRACT

This study was performed over a six month period on a dairy farm in the area of Pital, San Carlos (Alajuela). Artificial lactation was induced in 296 animals of different breeds, ages, and numbers of lactations; using estrogens, progesterone, prednisolone and bovine somatotropin. The productive and reproductive performance of these animals was evaluated and compared to 753 control cows of the same herd.

The cows with induced lactation reached an average production that represented 75.5% of the milk produced during their previous lactation and 89.2 % of the milk produced by the control cows. Besides, the peak milk yield for cows induced into lactation was reached between 60-90 days, with an average production of 18.6 Kg of milk per day, while in control cows the peak was reached between 30-60 days, with an average production of 21.5 Kg of milk per day. The lactation period average was 175 days for treated cows and 182 days for control cows.

At the end of the study, 14% of the treated cows were pregnant, compared to 15% of the control cows. Besides, the cows with induced lactation have better reproductive parameters than the control cows (days to first heat, days to first service, days to conception and last heat/ first service).

Finally, the economical analysis showed a difference of ¢130.000 saved per cow when lactation was induced compared to purchasing replacement heifers.

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

La fertilidad en la vaca lechera ha disminuido significativamente en los últimos 40 años, y esto ha coincidido con un incremento en la producción lechera (Hernández y Morales, 2001), ya que son usualmente las altas productoras de leche las que se encuentran en mayor riesgo de fallar en la concepción (Loeffler y Schukken, 1999). Bajo los esquemas tradicionales de manejo, las vacas que fallaban en concebir eran desechadas y reemplazadas con novillas, sin embargo, desechar estas vacas a menudo representa la pérdida de las vacas más rentables del hato (Magliaro et al., 2004).

La inducción hormonal de la lactancia ha sido utilizada extensivamente como una herramienta para el estudio del desarrollo de la glándula mamaria y la regulación hormonal (Ball et al., 2000) y puede convertirse en un manejo alternativo para reducir el descarte temprano e incrementar la productividad en hatos lecheros (Kensinger, 2000; Magliaro et al., 2004). Los científicos han intentado inducir la lactación artificial en vacas lecheras por más de 60 años como método para reducir el desecho de animales y los costos de reemplazo (Collier et al., 1975; Jewel, 2002). Una característica uniforme de la mayoría de los primeros trabajos fue un periodo de administración de hormonas durante 60 a 180 días (Smith y Schanbacher, 1973) que simulaban la preñez, y que generalmente tuvieron producciones inconsistentes y bajas en la producción de leche (Smith & Schanbacher, 1973; Collier et al., 1975; Chakriyarat et al., 1978).

Smith y Schanbacher en 1973, mostraron que la lactación puede ser inducida utilizando un tratamiento a base de estradiol-17 β y progesterona por un periodo de 7 días. Su estudio fue diseñado con el fin de simular los altos niveles de estos esteroides observados durante el último

mes de preñez en ganado lechero, cuando ocurre el mayor desarrollo mamario. Las inyecciones de altas dosis de estradiol 17β y progesterona por 7 días utilizadas por Smith y Schanbacher (1973) han sido probadas en varios estudios. Sin embargo, a pesar de que los resultados fueron favorables, la producción láctea usualmente varía ampliamente entre los animales tratados, y los porcentajes de inducción que fueron exitosos fueron insatisfactorios (Chakriyarat et al., 1978).

Además se ha encontrado que las concentraciones de progesterona en suero y leche no tuvieron diferencias significativas entre animales tratados y no tratados. Además las concentraciones séricas de estradiol en vacas inducidas a los 5 días de lactancia fueron similares a las de las vacas en estro, y se presume que en leche ocurre de una manera similar, por lo que probablemente no será una causa de preocupación para la salud del consumidor (Jewel, 2002).

Recientes estudios utilizan protocolos con menos cantidad de estrógenos, además de que adicionan otros componentes como dexametasona, somatotropina bovina (bST), prostaglandinas y reserpina, entre otros (Erb et al., 1976; Collier et al., 1977; Bauman y Eppard, 1985; Elvinger et al., 1988; Jewel, 2002; Magliaro et al., 2004), y sincronizan la inducción de la lactación con el ciclo estral (Erb et al., 1976; Jewel, 2002).

Lactogénesis

La lactogénesis es usualmente descrita como un proceso de dos etapas; una que consiste en la diferenciación estructural y funcional limitada del epitelio secretor durante el último tercio de la gestación y la otra involucra la terminación de la diferenciación celular durante el periodo periparto inmediato que coincide con el inicio de la síntesis y secreción de la leche (Akers, 2002).

Una vez establecida, las interacciones entre el sistema endocrino y neural proveen las señales para la síntesis, secreción y remoción de leche (Akers, 2002).

Regulación endocrina de la lactogénesis

Se ha demostrado en varias especies que los mayores reguladores de la diferenciación de las células secretoras son los glucocorticoides y la prolactina. (Akers 2002). La prolactina es el mayor estimulador de la secreción de α -lactoalbúmina (una proteína específica de leche), la cual es mejorada con la adición de hidrocortisona y la simultánea adición de estradiol y triyodotironina (T3) (Akers, 2002). Los estrógenos actúan por lo menos en dos formas para iniciar la lactación: causan la liberación de prolactina por parte de la adenohipófisis y aumentan los receptores de prolactina y de progesterona en las células mamarias (Tucker, 2000).

El glucocorticoide primario en vacas es el cortisol, el cual tiene como función más importante la diferenciación de las células secretorias alveolares en las etapas finales de la lactogénesis y en la promoción de la transcripción de los genes de la caseína y de la α -lactoalbúmina. Como es de esperarse, receptores específicos para glucocorticoides están presentes en las células mamarias y se ha visto que el número por célula se incrementa durante el curso de la gestación y es como tres veces más alto durante el último trimestre de la preñez, cuando las concentraciones de cortisol son aproximadamente el doble en vacas lactando comparadas con las de vacas secas (Akers, 2002).

La progesterona por su parte, inhibe el inicio prematuro de lactogénesis, reduciendo la secreción de α -lactoalbúmina inducida por la prolactina (Akers, 2002) y además suprime la habilidad de la prolactina de incrementar los receptores de prolactina, bloquea los receptores de glucocorticoides en el tejido mamario, lo cual suprime su actividad lactogénica (Tucker, 2000). A pesar de esto, aunque la progesterona pueda inhibir la lactogénesis, la simple remoción de esta no necesariamente induce el inicio de la lactación (Akers, 2002).

Por tanto, la combinación de efectos de los estimuladores positivos (prolactina, glucocorticoides, hormona de crecimiento y estradiol) y la reducción de la influencia negativa

de la progesterona interactúan para determinar la sincronización del inicio de la copiosa secreción láctea (Tucker, 1999; Akers, 2002). En el periodo alrededor del parto se da un aumento consistente en las concentraciones séricas de prolactina, así como una secreción aguda de glucocorticoides (Akers, 2002). Las concentraciones de estradiol progresivamente se incrementan durante la gestación tardía hasta un máximo a los pocos días del parto (Akers, 2002). En contraste, asociado con la luteólisis del cuerpo lúteo, las concentraciones de progesterona abruptamente declinan a los 3-4 días antes del parto (Akers, 2002).

Cambios en otras hormonas como lo son la prostaglandina $F2\alpha$ y el lactógeno placentario contribuyen para la regulación de la etapa II de lactogénesis (Akers, 2002; Cunningham, 2003). El lactógeno placentario es una hormona proteica producida en la placenta, la cual parece tener efectos somatotrópicos y lactogénicos, ya que posee propiedades similares a las de la hormona de crecimiento y la prolactina. En ganado vacuno lechero, el lactógeno placentario puede ser importante para el desarrollo de las glándulas alveolares, marcando la fase del siguiente periodo de la lactación (Cunningham, 2003).

Galactopoyesis

Se describe como el mantenimiento de una lactación establecida. Con esta estricta definición, solo la somatotropina bovina exógena y la hormona tiroidea son hormonas galactopoyéticas indiscutibles (Akers, 2002).

La administración de somatotropina bovina (bST) u hormona del crecimiento (GH) a vacas lecheras lactando incrementa la producción y la eficiencia láctea. En respuesta a la inyección de somatotropina, la producción láctea aumenta en el primer día y es máxima a la semana de su administración. El incremento en la producción se mantiene si el tratamiento se sigue, pero rápidamente regresa a niveles de control si se discontinúa. Con aproximadamente 40

mg de bST/día se obtiene una repuesta muy cercana a la máxima. Típicamente la bST incrementa la producción de leche en 4-6 Kg./día, lo cual representa aproximadamente un 10-15 % de incremento en la producción (Akers, 2002). La magnitud de la respuesta a una particular dosis de bST depende de variaciones biológicas, el estado de la lactación, y de parámetros de manejo (Akers, 2002). Junto con el aumento de la producción de leche, la bST incrementa la eficiencia de la lactancia (Akers, 2002). Las vacas tratadas incrementan el consumo de alimento en las primeras semanas hasta corresponder con el incremento las demandas para la síntesis láctea, así que la vaca típicamente se mantiene en un balance energético neutral o negativo (Akers, 2002).

JUSTIFICACIÓN

La actividad lechera en Costa Rica es de gran relevancia debido a su gran aporte socioeconómico. El incremento sostenido de la producción láctea durante los últimos años permitió alcanzar autosuficiencia en esta actividad y adquirir la capacidad para exportar cantidades considerables de leche (Gamboa, 2005).

Actualmente, es normal y hasta de rutina el que un hato Holstein alcance un promedio de producción de 13.000 Kg. de leche en una lactación de 305 días (Akers, 2002), resultando en un incremento substancial en la eficiencia productiva de las vacas lecheras (Bauman, 1992).

En zonas bajas el sistema más diseminado ha sido el de doble propósito, que combina la producción de leche y la de carne. La producción de leche en estos sistemas es menor a la de zonas altas, pero puede representar hasta el 60% de los ingresos totales de una finca (Vargas, 2000; Gamboa, 2005 cita a SEPSA 2002).

Sin embargo, el clima tropical y el estrés calórico en estas zonas es uno de los factores limitantes para la obtención de elevadas producciones de leche, considerándose que el promedio obtenido en estas áreas es 70% inferior con respecto al rendimiento observado en los climas templados (Gamboa, 2005), debido a que el consumo total y la producción de leche pueden disminuir en más de un 25 por ciento (García, 2004). Esto, sumado a la intensificación de los sistemas de producción de leche, ha provocado una disminución en la eficiencia reproductiva de los hatos reduciendo la fertilidad del primer servicio, incrementando los días abiertos y retrasando el reinicio de la actividad ovárica y del primer servicio posparto (Lozano et al., 2005).

Los programas reproductivos en los sistemas intensivos de producción de leche se han establecido para obtener un intervalo óptimo entre partos, lo que representa mayor utilidad económica. Si el intervalo entre partos es superior al óptimo, se incrementa la probabilidad de que el periodo seco sea mayor y se reduce la producción en la siguiente lactancia, lo que constituye una pérdida potencial de la vida útil de la vaca (Lozano et al., 2005).

Por tanto, el mejoramiento de la eficacia y el retorno económico es una meta importante en las granjas lecheras, al igual que en cualquier empresa de agricultura (Bauman, 1992). En un sistema de producción de leche la rentabilidad se beneficia cuando se toma la decisión correcta de inseminación, reemplazo y descarte. Las decisiones de descarte voluntario subóptimas pueden significar una disminución considerable en los beneficios económicos obtenidos por una finca lechera (Cedeño, 2003).

La mayoría de los estudios coinciden en que los desórdenes reproductivos son la principal causa de los descartes involuntarios (Collier et al., 1975; Hernández y Morales, 2001; Jewel, 2002; Cedeño, 2003; Allaire et al., 1977; Magliaro, 2004 cita a NAHMS, 1996). Este desecho significativo de vacas altas productoras con baja fertilidad reduce la productividad de

las fincas lecheras cuando esas vacas son reemplazadas por novillas, ya que representa uno de los costos más altos en las fincas lecheras (Magliaro, 2004).

Todo esto ha provocado un incremento en el interés por el desarrollo de métodos para la exitosa inducción de la lactación en vacas reproductoras sanas de desecho (Crooker et al., 2004). La implementación de un protocolo de inducción artificial de la lactancia puede retornar a producción vacas sanas y muy valiosas que de otra forma serían desechadas y al mismo tiempo disminuye la necesidad de novillas de reemplazo (Collier et al., 1975; Jewel, 2002; Magliaro, 2004).

Aunque no sea una alternativa al manejo de sanidad, la inducción hormonal de la lactación podría usarse selectivamente con reproductoras problema de excelente trasfondo genético (Collier et al., 1975; Jewel, 2002), sin embargo para que esta técnica sea adoptada como una herramienta de manejo en fincas lecheras, debe ser económicamente viable (Magliaro, 2004).

OBJETIVOS

General

- Evaluar el comportamiento productivo, reproductivo y económico de vacas inducidas a la lactancia mediante la aplicación de un protocolo hormonal de inducción de la lactancia en el trópico húmedo.

Específicos

- Comparar los parámetros reproductivos (servicios por concepción, intervalo entre partos) y productivos (producción de leche, condición corporal) del periodo de inducción artificial de la lactación con los de animales de parto natural.
- Evaluar los efectos secundarios causados por el protocolo de la inducción artificial de la lactación.
- Realizar un análisis costo-beneficio de utilizar el protocolo de inducción de la lactancia contra la introducción de reemplazos.

METODOLOGÍA: MÉTODOS Y MATERIALES

LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se realizó en un hato de vacas lecheras en la zona de Pital de San Carlos en Alajuela en un periodo que abarca del 22 Noviembre del 2005 al 23 de Noviembre del 2006. Durante el periodo del estudio se realizó un registro de los valores de temperatura y la humedad recopilados por el personal de la finca. Además, la finca contaba con equipo de ordeño de alta tecnología, programas de cómputo para el análisis de los datos (VAMPP), asesoría nutricional y agronómica.

ANIMALES

El estudio incluyó un total de 1049 animales, de los cuales 296 se trataron con el protocolo de inducción artificial de la lactancia y 753 fueron animales control.

Los animales inducidos a la lactación eran de raza Jersey, Holstein, Pardo Suizo y sus cruces, con edades que van desde 22 meses a 100 meses (promedio 57.1 meses), con un peso corporal promedio de 500 Kg. y con lactancias de 1-7 (promedio 3).

Se seleccionaron animales sanos con problemas para concebir con base en los siguientes criterios:

- Vacas abiertas en lactación con más de 300 días.
- Vacas con más de 3 o 4 servicios.
- Novillas con más de 20 meses vacías con más de 2 o 3 servicios.

Los animales control eran de raza Jersey, Holstein, Pardo Suizo y sus cruces, con edades que van desde 24 meses a 119 meses (promedio 47 meses), con un peso corporal promedio de 500 Kg. y con lactancias de 1-8 (promedio de 2.4).

Ambos grupos se mantuvieron bajo las mismas condiciones de ambiente, nutrición, y manejo, sin separación física. Su nutrición fue a base de concentrado (según etapa), Melaza, Minelaza, Citropulpa y minerales. Además, la mayoría de los pastos que los animales consumieron fueron braquiarias mejoradas.

El parámetro para el descarte de los animales inducidos fue una producción menor de 10 Kg. de leche al día.

PROTOCOLO DE INDUCCIÓN DE LA LACTACION

Los primeros 7 días se les administró a los animales seleccionados ciprionato de estradiol, en una dosis de 8mg por vía subcutánea, divididos en dos dosis diarias (ECP®, Pfizer) y progesterona (Progesterona 5%, Vetoquinol Prolab) en una dosis de 100mg intramusculares, una vez al día. A partir del cuarto día se empezó con masaje a la ubre todos los días del protocolo, iniciando el ordeño el día 10, dos veces al día. Los días 18, 19 y 20 se administraron 120 mg de prednisolona intramuscular (Prednisolona 10 mg/ml, Kela Laboratoria). A partir del día 9 de ordeño se le administraron 500mg de Somatotropina bovina (Lactotropina, Elanco ® Sandoz GmbH), para un total de tres dosis con 7 días de separación, a partir de lo cual se continuó cada 15 días por el tiempo que persistió la lactación.

PARÁMETROS EVALUADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En ambos grupos se evaluó los principales parámetros (re)productivos; entre ellos, la producción a 305d, el número de servicios por concepción y los intervalos: parto-primer celo, parto-primer servicio, parto-concepción, último celo- primer servicio y primer servicio-concepción, los cuales se compararon entre ambos grupos. Además la producción total de leche de los animales inducidos fue comparada con la de su anterior lactancia natural.

Para determinar el efecto de la raza, el número de lactancia y la condición corporal sobre la producción de leche, se realizó una regresión lineal múltiple. Además, se evaluó la presencia/ausencia de efectos secundarios ocasionados por el uso del protocolo de inducción artificial de la lactancia, tales como quistes ováricos y comportamiento ninfómano.

En el grupo de las inducidas, se determinó el día y el nivel de producción de leche que debería tener la vaca para alcanzar más de 10 Kg./día de producción promedio durante esa lactancia, que fue el límite establecido por la finca para decidir el descarte o la permanencia de la vaca en la finca. Esto se determinó mediante estadística descriptiva utilizando un análisis por percentiles.

Finalmente, se realizó un análisis económico en el que se comparó el beneficio-costo de la inducción artificial de la lactación contra la estrategia de descarte y reemplazo con novillas, en animales con problemas para concebir.

RESULTADOS

Durante un periodo de un año se trató 296 animales con el protocolo de inducción de la lactancia y se comparó con 753 animales control. Los animales se indujeron en diferentes fechas durante este periodo (Anexo 1), contando así con vacas en diferentes etapas de lactancia al cierre de este estudio (Anexo 2).

La temperatura durante el periodo del estudio presentó un promedio de 26.4°C y una humedad relativa de 76.4% (Figura 1).

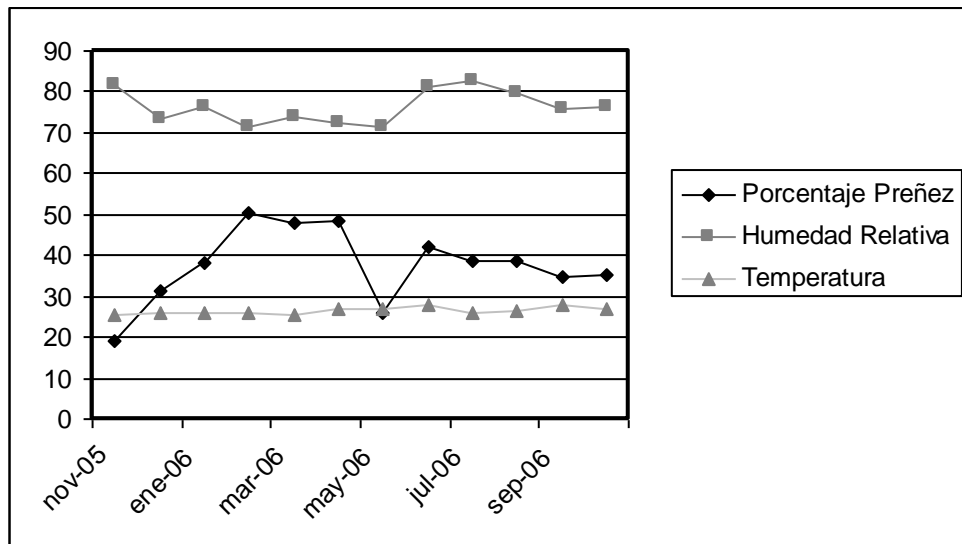


Figura 1. Temperatura, humedad relativa y porcentaje de preñez durante el periodo de Noviembre 2005 a Noviembre 2006.

PRODUCCIÓN LÁCTEA

Para los datos de producción de leche se disponía de 296 animales inducidos de los cuales se eliminaron 73 animales por las siguientes razones: 28 no tuvieron datos de pesa de leche, 37 no alcanzaron los 30 días de lactancia y 8 solo contaron con una pesa de leche por lo

que también se excluyeron. De los 753 animales control se tomaron datos de producción de leche de 718 vacas.

Comparando la producción diaria de leche (Kg.) entre los animales tratados y los no tratados según los días de lactancia; a los 30 días los primeros produjeron un 74.4% de lo producido por los animales control (Cuadro 1), mientras que a los 150 días alcanzaron un 93.7%. En promedio los animales en el protocolo de inducción de la lactancia alcanzaron un 89.2 % de lo producido por las vacas que parieron naturalmente.

Cuadro 1. Producción láctea en Kg. por día de animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia y porcentaje de diferencia según los días de lactancia.

Días de lactancia	Producción animales no tratados	Producción animales tratados	Porcentaje de diferencia de producción
	Kg. por día (DS)		
30	21.5 ^a (5.0)	16 ^b (6.0)	74.4 %
60	21.1 ^a (4.8)	18.6 ^b (5.4)	88.2 %
90	19.9 ^a (4.8)	18 ^b (5.1)	90.5 %
120	18.6 ^a (4.5)	16.8 ^b (5.1)	90.3 %
150	17.5 ^a (4.5)	16.4 ^b (4.9)	93.7 %
180	16.7 ^a (4.2)	15.3 ^b (5.0)	91.6 %
210	15.7 ^a (4.1)	14.3 ^b (4.9)	91.1 %
240	14.4 ^a (4.0)	13.5 ^a (5.3)	93.8 %
270	12.9 ^a (3.9)	13.5 ^a (4.3)	104.7 %
305	12 ^a (3.6)	12.9 ^a (4.7)	107.5 %

Superíndices diferentes en filas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

El pico de producción de las vacas inducidas se presentó entre los días 60-90, alcanzando 18.6 Kg./día, mientras que en los animales control este se alcanzó entre los días 30-60, con un promedio de 21.5 Kg./día (Cuadro 1). El promedio de días de lactancia fue de 175 para los animales tratados y de 182 días para las vacas control.

Además, se pudo determinar que a los 30 días de lactancia el animal debe estar produciendo como mínimo 8.1 Kg./día para que en el resto de su lactancia se mantenga por arriba de los 10 Kg./día, que fue el límite establecido por la finca para ser desechadas. Tomando como base este punto de decisión, el porcentaje de éxito de la inducción fue de 67.2%.

La producción de las vacas tratadas y que llegaron a los 150 días de lactancia, alcanzó -en promedio- un 70.5% comparada con la lactancia anterior, con un rango de 12% a 156%. Además, la producción de leche total a los 305 días fue, en promedio, 4115.95 Kg. de leche para los animales tratados y 5027.28 Kg. de leche para los animales control (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción total de leche a los 305 días de lactancia y desviación estándar (DS) de animales tratados con el protocolo de inducción de la lactancia y animales control.

	Animales (n)	Promedio (Kg.)	DS
Tratados	94	4115.95 ^a	1145.35
No tratados	282	5027.04 ^b	162.28

Superíndices diferentes en columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Análisis de los datos obtenidos

Las características de los animales analizados en la regresión múltiple fueron diferentes para ambos grupos como se muestra en el cuadro 3 y 4.

Cuadro 3. Características de los animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia sometidos la regresión múltiple.

Variable	Tratadas	No Tratadas
Numero Animales	284	718
Numero lactancia	3.3	2.4
Edad al parto	58.4	47
Condición corporal	3.5	3.1

Cuadro 4. Distribución de razas en los grupos tratados y no tratados.

Raza	Tratados (284)		No tratados (718)	
	Animales	Porcentaje	Animales	Porcentaje
Holstein	44	15.5	44	6.0
Pardo Suizo	176	62.0	526	73.0
Holstein x Pardo Suizo	14	5.0	20	3.0
Jersey x Pardo Suizo	16	5.5	36	5.0
Jersey	3	1.0	16	2.0
Otros	31	11.0	76	11.0

Con respecto a la producción de leche a los 30 días de lactancia, el uso del protocolo de inducción condujo a una producción de leche de 181.5 Kg. menos que las no tratadas. A los 150 días de lactación, las vacas inducidas dejaron de producir 246.4 Kg. de leche respecto al otro grupo (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 5. Resultados de la regresión múltiple a los 30 días de lactancia de animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia.

Parámetro	Estimado	Error Estándar	P
Finca	-181.5	45.7	< 0.001
Raza	-142.8	41.0	< 0.001
Lactancia	379.4	35.6	< 0.001
Condición Corporal	-1237.3	308.8	< 0.001

Cuadro 6. Resultados de la regresión múltiple a los 150 días de lactancia de animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia.

Parámetro	Estimado	Error Estándar	P
Finca	-246.4	39.4	< 0.001
Raza	-121.4	41.1	< 0.001
Lactancia	383.7	35.9	< 0.001
Condición Corporal	-1032.3	353.2	< 0.001

Por otra parte, el número de lactación mantiene una relación positiva, así mientras más lactaciones posea una vaca, más producción tendrá (Cuadro 5 y 6).

La variable raza se relacionó estrechamente con la producción láctea, así la raza que tuvo la mayor producción de leche fue la Holstein, y la menor fue la Jersey, pasando por la Pardo Suizo y sus cruces (Figura 2).

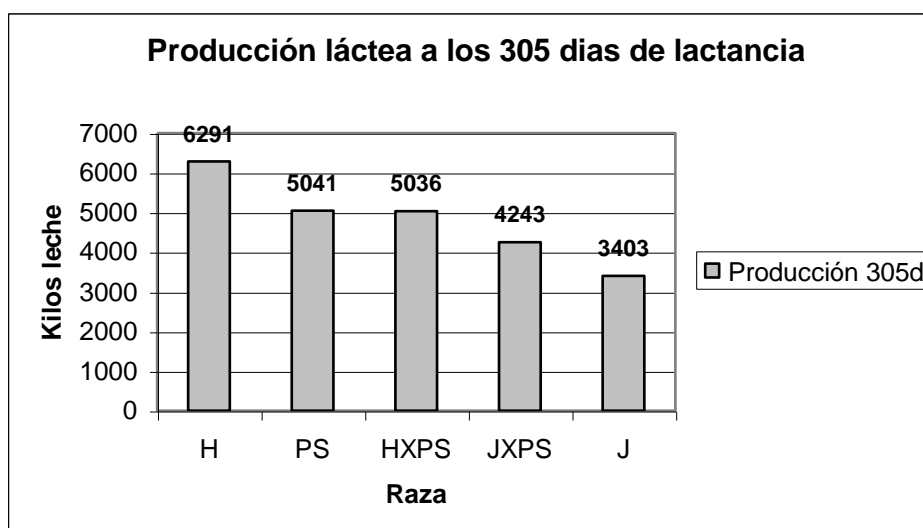


Figura 2. Producción total de leche según la raza de los animales totales. H: Holstein, PS: Pardo Suizo, J: Jersey.

En cuanto a la condición corporal se pudo observar que los animales inducidos mantuvieron un puntaje de 3.5 (escala 1 a 5; 1= muy flaca y 5= obesa) durante toda su lactancia, mientras que los demás animales del hato no subieron de 3.2 de condición corporal (Cuadro 7).

Cuadro 7. Puntaje de condición corporal de animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia según días de lactancia.

Días de lactancia	Puntaje de condición Corporal	
	Animales no tratados	Animales tratados
0-60	3.1	3.5
61-120	3.1	3.5
121-210	3.2	3.5
>211	3.2	3.5

Sin embargo, la condición corporal de los animales de ambos grupos mostró una relación negativa con la producción, de modo de a los 30 y 150 días de lactancia, por cada punto de incremento en el puntaje de condición corporal, a partir de la condición equivalente a 3.0, las vacas produjeron -1237 y -1032, respectivamente (Cuadro 5 y Cuadro 6).

Con este modelo, tomando en cuenta las variables finca (uso o no del protocolo), raza, número de lactancia y condición corporal, el coeficiente de determinación (r al cuadrado), en este caso es de 0.385 a los 30 días y de 0.372 a los 150 días.

RENDIMIENTO REPRODUCTIVO

Para estimar el rendimiento reproductivo, se tomaron los parámetros tanto de las vacas tratadas (296 animales) como de las que parieron naturalmente que se encontraban dentro del mismo hato (753 animales). Se observó que luego de 8 días de iniciado el protocolo de inducción se empezaron a manifestar comportamientos ninfómanos en las vacas tratadas, los cuales después de 40 días se empezaron a normalizar. Las inseminaciones se iniciaron luego de 2-3 celos regulares y palpaciones normales.

Además, se pudo apreciar que no hubo relación entre la humedad relativa y la temperatura con el porcentaje de preñez, ya que durante el periodo de estudio estos parámetros se mantuvieron constantes, mientras que la preñez si presentó variaciones importantes (Figura 1).

Del total de las 296 vacas tratadas, al cierre de este estudio, se preñaron 41 animales, esto es un 14% de las vacas inducidas a la lactación. Durante este mismo periodo, los animales control (753) obtuvieron un 15% de concepción.

El promedio de servicios por concepción para vacas inducidas (1.3) fue menor al de las vacas control (1.5) (Cuadro 8) sin embargo la diferencia no fue significativa. El promedio de días parto/concepción fue significativamente mayor para las vacas control (117.8) que para las vacas tratadas con el protocolo de inducción de la lactancia (84.3). El promedio de la tasa de preñez (numero de vacas preñadas entre el numero de vacas inseminadas) fue de 29% para las inducidas y de 34% para las control (Cuadro 8).

Cuadro 8. Índices reproductivos para animales tratados y no tratados con el protocolo de inducción de la lactancia.

Variable	Animales no tratados		Animales tratados		P
	Promedio (n)	SD	Promedio (n)	SD	
Servicio/ concepción	1.5 (113)	0.9	1.3 (41)	0.6	0.18
Parto/ Primer celo	49.1 (549)	34.5	25.2 (243)	35.9	<0.005
Parto/ Primer Servicio	107 (329)	28.4	91.2 (141)	34.4	<0.005
Parto/ Concepción	117.8 (113)	41.6	84.3 (41)	47.4	<0.005
Ultimo celo/ Primer servicio	30.7 (294)	16.9	35.5 (118)	19.8	<0.05
Primer servicio/ Concepción	19.4 (113)	37.1	12.3 (41)	28.1	0.26

EFFECTOS SECUNDARIOS DEL PROTOCOLO DE INDUCCION

Entre los efectos secundarios del uso del protocolo de inducción los más evidentes fueron la presencia de comportamientos ninfómanos debido a la formación de quistes ováricos.

ANÁLISIS ECONÓMICO

Costos de la inducción vs. Costos reemplazo.

Los gastos de la inducción de la lactancia dependen de muchas variables, y por lo tanto sus ganancias también dependen de ellas. Para realizar este análisis económico de inducir las vacas a la lactancia contra reemplazarlas con novillas se tomaron en cuenta diferentes aspectos, tales como la fracción de reemplazo, los costos de arranque, las pérdidas en leche, y el costo neto del reemplazo (Cuadro 9).

Se debe tener en cuenta que existen tres posibilidades al inducir un animal a la lactancia: a) que la inducción no sea exitosa; en este caso que no alcance los 8.1 Kg. /día a los 30 días; b) que la inducción sea exitosa pero que el animal no se preñe; o c) que el protocolo resulte exitoso y el animal se llegue a preñar. En este estudio los porcentajes para estas posibilidades fueron de 33%, 53% y 14% respectivamente.

La fracción de reemplazo es la proporción del animal que se pierde cuando una vaca es inducida a la lactancia; en este caso es de 1 cuando la inducción no es exitosa, 0.5 cuando la inducción es exitosa pero no se preña, y de 0 cuando el animal se llega a preñar.

Los gastos de arranque (inversión) incluyen la pérdida de un ternero o ternera (¢150.000), los costos de alimentación durante el periodo seco, que en este caso por lo general se trabaja con 45 días (¢12.180), y el costo de las hormonas más la somatotropina bovina por 30 días si el animal falla en la inducción y es desechado (¢22.440), o por 150 días (¢47.240) si la inducción fuera exitosa.

Se calcularon las pérdidas de leche, es decir, lo que el animal inducido dejó de producir comparado con el animal que parió naturalmente a los 30 días (inducción no exitosa) y a los 150 días (inducción exitosa). Estos datos se tomaron de los promedios de producción para cada

grupo (Cuadro 1). El precio neto de la leche es el resultado del precio del mercado menos los costos de producción por cada kilogramo de leche. Este puede ser alto (LA) o bajo (LB) según las variaciones del mercado.

Cuadro 9. Análisis económico de la inducción a la lactancia de animales con problemas para concebir contra la eliminación de estos y reemplazo con novillas.

COSTOS DE LA INDUCCION ¹							
Inducción de la lactancia	Costos de arranque ²	Pérdidas en leche (Kg.)	Fracción reemplazo	CA ³ /LA ⁴	CA/LB ⁴	CB ³ /LA	CB/LB
Lactación no exitosa (33%)	¢184.620	165	1	¢280.459	¢273.857	¢394.853	¢388.251
Lactación exitosa sin preñez (53%)	¢209.420	165	0,5	¢269.759	¢263.157	¢326.956	¢320.354
Lactación exitosa con preñez (14%)	¢209.420	165	0	¢234.259	¢227.657	¢234.259	¢227.657
Promedio de costo de inducción⁵				¢268.320	¢261.718	¢336.384	¢329.782
Costo de un reemplazo				¢468.000	¢468.000	¢390.000	¢390.000
Diferencia⁶				-¢199.680	-¢206.282	-¢53.616	-¢60.218

¹ Costo de la inducción = costos de arranque + (pérdidas el leche (Kg.)/100) * (precio de leche alta (LA) o baja (LB) por 100 Kg.) + fracción de reemplazo * (Costos netos de reemplazo altos (CA) o bajos (CB))

² Costos de arranque (¢184.620 o ¢209.420) = pérdida de un ternero/a (¢150.000) + gastos de alimentación en periodo seco (45 días) (¢12.180) + costo de hormonas y lactotropina por 30 días (¢22.440) si la inducción no es exitosa o por 150 días (¢47.240) si la inducción es exitosa.

³ Costos netos de reemplazo

Altos (CA) = ¢468.000 – precio de vaca en matadero (¢397.000) = ¢71.000

Bajos (CB) = ¢390.000 – precio de vaca en matadero (¢204.606) = ¢185.394

⁴ Precio de leche

Alto (LA) = precio leche alto/100 Kg. (¢17.446) – costos de producción (¢2.392) = ¢15.054

Bajo (LB) = precio leche bajo/100 Kg. (¢13.445) – costos producción (¢2.392) = ¢11.053

⁵ Promedio de costo de inducción de las tres posibles combinaciones de precio.

⁶ Diferencia entre la alternativa de la inducción y la compra de un reemplazo. Valores positivos indican que la inducción es más costosa, valores negativos indican que la inducción es menos costosa que el reemplazo.

(Modelo tomado de Jewel, 2002)

Si una vaca es vendida y reemplazada con una novilla resulta en un costo neto para el productor de ¢71.000 (¢468.000 costo del reemplazo – ¢397.000 precio de vaca en matadero)

cuando el precio de la carne es alta (CA) o de ¢185.394 (¢390.000 costo del reemplazo – ¢204.606 precio de vaca en matadero) cuando el precio de la carne es bajo (CB). Estos valores van a depender del precio del mercado y de la raza del animal.

Este trabajo contempló las cuatro combinaciones de las variables leche y carne; CA/LA, CA/LB, CB/LA, CB/LB para el costo de la inducción. El promedio de este valor se obtuvo de acuerdo con el porcentaje de éxito o no éxito obtenido en el análisis de datos de la finca. Así por ejemplo, con la combinación CA/LA, para obtener el promedio de producción de multiplicaron los valores del costo de inducción por su respectivo porcentaje de posibilidad y se sumaron: $280.459 * 0.33 + 269.759 * 0.53 + 234.259 * 0.14 = \text{¢}268.320$.

Estos promedios de costo de inducción fueron comparados con los costos de reemplazo, y la opción de inducir la vaca a la lactancia obtuvo ventajas económicas en todas las combinaciones. Con CA/LA la inducción tiene una ventaja de ¢199.680, con CA/LB es de ¢206.282, con CB/LA es de ¢ 53.616 y con CB/LB es de ¢60.218 (Cuadro 9).

Al realizar la comparación de estos costos con los de la introducción de un reemplazo se observó que siempre se obtuvieron ganancias al inducir un animal a la lactancia artificial, y estas dependieron del precio de la carne y de la leche y de la época en que se realizó la inducción.

Ganancias de la producción láctea.

A los 175 días de lactancia las vacas inducidas en promedio producen 2.940 Kg. (16.8 Kg./día), lo que se traduce en ¢382.200. El promedio de costo de inducir un animal a la lactación es de ¢299.051, lo que nos da una ganancia neta de ¢83.149 por vaca inducida. Si multiplicamos esto por 199 animales inducidos exitosamente son: ¢16.546651.

Una novilla en esta finca produce en promedio 2.250 Kg. a los 150 días de lactancia (15 Kg./día), lo que significa ¢292.500 de ganancias por producción de leche por lactancia, y una desventaja de ¢27.300 con respecto a los animales inducidos. Si consideramos todos los animales inducidos exitosamente (199), la ventaja -en producción de leche- de haber inducido animales a la lactancia, contra la opción de reemplazarlos incluso con novillas en primera lactancia es de ¢5.432.700.

DISCUSIÓN

PRODUCCIÓN LÁCTEA

La diferencia obtenida con respecto a la producción de Kg. de leche por día en números absolutos no es muy grande, sin embargo es significativa, ya que si multiplicamos ese faltante en la producción de leche de las vacas inducidas por el total de las mismas nos deja un costo muy elevado.

Algunos autores sugieren que la producción más baja que lo normal en animales inducidos es el resultado de una proliferación incompleta de tejido mamario, y no por una inadecuada diferenciación de células secretoras (Fowler et al., 1991). Además hay quienes opinan que la inducción de la lactación hormonalmente sería más exitosa si el tratamiento se iniciara de 3-8 días luego del estro, acompañado por ovulación (Erb et al., 1976; Jewel, 2003). A pesar de esto, es importante el hecho de que mientras más avanzada este la lactancia, menor es la diferencia de producción entre ambos grupos, llegando a ser igual a partir de los 240 días. Esto puede deberse a que los animales que recibieron el protocolo de inducción, a medida que avanza la lactancia, los mecanismos que intervienen en la lactación se nivelan con los de las vacas control, lo que les permite producir una cantidad de leche equivalente a lo que producirían en un parto natural.

El pico de producción necesitó más tiempo para aparecer en las vacas hormonalmente tratadas comparadas con las vacas que tienen un parto natural, además alcanzaron un promedio más bajo de Kg. de leche durante el pico de producción comparado con los de las vacas control. Esto se ha demostrado en otros estudios donde el pico de producción en vacas inducidas se alcanzó con más días (Smith y Schanbacher, 1973, 1974, Collier et al., 1975, Collier et al.,

1975, Jordan et al., 1981, Fowler et al., 1991) y en uno de ellos con 32.2 ± 11.5 Kg./d a los 125 ± 47 días de lactación (Magliaro, 2004).

Al determinar la producción mínima de Kg. de leche que debe producir una vaca a los 30 días de lactancia, se pueden eliminar los animales que se encuentran bajo este nivel, disminuyendo las pérdidas de inducir un animal que es muy probable que no llegue a producir los 10 Kg. de leche por día durante su lactación. Además, si tomamos en cuenta este nivel de producción, al inducir un animal a la lactancia hay una probabilidad de casi 70% de que sea exitosa, la cual es menor que la conseguida por otros autores (Jewel, 2002), sin embargo se debe tomar en cuenta que fueron otras condiciones ambientales y animales de razas más especializadas y puras.

En cuanto a la producción total de los animales sometidos al protocolo de inducción de la lactancia comparados con los de su producción anterior, la lactancia inducida alcanzó un 75.5% de lo producido durante su anterior lactancia natural, lo cual concuerda con los datos obtenidos por otros autores (Smith y Schanbacher, 1973, Chakriyarat et al., 1978) que alcanzaron una producción de un 60-70%.

Con respecto a la duración de la lactación, las vacas inducidas y las vacas control no muestran diferencia con respecto a los días de lactación. Sin embargo se debe tomar en cuenta que al término de este estudio algunos animales no habían finalizado su lactancia, por lo que el promedio de días de lactancia de los animales inducidos puede variar.

La regresión múltiple utiliza varios regresores (finca, número de lactancias, raza, condición corporal) para estimar la respuesta media (producción total a los 305 días). Se pudo determinar que si bien el uso del protocolo tiene una relación negativa con la producción a los 305 días de lactancia, estos datos no son exactos ya que los grupos que se analizaron son heterogéneos en cuanto al número de razas que contiene cada uno de ellos, el número de

lactaciones promedio y la condición corporal. En este caso aunque el grupo de animales inducidos contó con la ventaja en todas las variables, aun así se presentó un gran faltante de leche con respecto a los animales que parieron naturalmente. Además, es de esperarse que si se comparan los datos de las vacas inducidas con los datos de animales con las mismas condiciones de número de lactancia y raza la pérdida sea aún mayor.

Aunque los puntajes de condición corporal de las vacas inducidas se mantuvieron por arriba de los de las vacas control, en realidad no se encuentra una diferencia muy marcada, además los animales mantuvieron su condición corporal durante toda su lactancia. Aun así se ha demostrado que vacas inducidas hacen la transición de vacas secas a lactantes más fácilmente, con poca dificultad para mantener su adecuado consumo de alimento y tienen mayores capacidades para soportar mayores producciones (Magliaro, 2004).

Sin embargo, a pesar de que la condición corporal fue una variable que no difirió de gran modo entre los grupos, se observó que entre más se acerque a la obesidad (puntaje 5) la producción láctea será menor. Esto debido a que los animales excesivamente flacos u obesos corren mayor riesgo de presentar problemas metabólicos, menos producciones de leche y pobres tasa de concepción y distocia (Chilliard, 1989; Grant, 1993). Además las vacas que son gordas en el momento del parto (condición corporal de 4 a 5) experimentan un retraso mayor entre el pico de lactancia y el pico de consumo, por lo que prolongan su balance energético negativo, además al momento del parto frecuentemente pierden más condición que las vacas que están más cercanas a la condición 3 al momento del parto (Grant, 1993).

El número de lactación mantuvo una relación positiva con la producción total a los 305 días de lactancia, así una vaca de 3 lactancia producirá más leche que una vaca con 2 lactaciones. Esto debido a que la cantidad de leche que produce una vaca aumenta con la edad, lo que se debe en parte al aumento de peso; que se traduce en un sistema digestivo y una

glándula mamaria más voluminosa (Schmidt, 1971; Chilliard, 1989). Además, este cambio es más pronunciado en los primeros años, así por ejemplo, una vaca madura produce cerca de 25% más leche que un animal de 2 años de edad (Akers, 2002).

Como es de esperarse las razas más especializadas en la producción láctea conservan una relación positiva con la producción láctea, siendo en orden descendente las mejores razas: Holstein, Pardo suizo, Pardo Suizo con Holstein, Pardo Suizo con Jersey, Jersey, y los demás cruces.

El coeficiente de determinación (r al cuadrado), es la fracción de la varianza en los datos que es explicada por la regresión. Con este modelo, tomando en cuenta las variables finca (uso o no del protocolo), raza, número de lactancia, y condición corporal, el coeficiente de determinación es de 0.385 a los 30 días y de 0.372 a los 150 días. Esto nos indica que existen sin duda otras variables que afectan la producción total a los 305 días de lactancia y que en este estudio no se tomaron en cuenta, y que solo el 40% de la diferencia de producciones es explicable por medio de las variables aquí estudiadas.

RENDIMIENTO REPRODUCTIVO

Si bien es cierto que el porcentaje de preñez del hato presentó una variación durante el año, no se puede afirmar que el estrés calórico sea un factor importante que influya en este parámetro, ya que la temperatura y la humedad relativa durante este periodo no tuvieron la mayor variación.

El ciclo estral de duración normal empezó a los 40-50 días, que concuerda con lo reportado por otros autores (Collier et al., 1975). El promedio de servicios por concepción para vacas inducidas fue menor al que presentaron las vacas control, mas no significativo. Además,

los demás parámetros (parto/ primer celo, parto primer servicio, parto/ concepción y ultimo celo/primer servicio) fueron significativamente menores en los animales tratados. De hecho, las vacas aquí estudiadas presentaron un celo en promedio 24 días antes que las vacas control, lo cual nos genera una ventaja para los animales tratados de ¢6.500 solo en gastos de alimentación.

Esta ventaja para los animales inducidos se puede explicar por el hecho de que son animales que no están produciendo la misma cantidad de leche que las vacas control, por lo que se encuentran en un balance energético mayor y una mejor condición corporal. Sin embargo, no se puede descartar el hecho de que al ser animales en estudio, la observación de celo se haya realizado con mayor detalle, incidiendo en los demás parámetros, ya que una pronta observación de celo influye en el primer servicio de la vaca y en su pronta concepción.

Se debe recordar que los animales en el protocolo de inducción de la lactancia eran vacas con problemas para preñarse (3 o 4 servicios) y que sus servicios de concepción bajaron a 1.3 sin utilizar prácticas especiales para mejorar el desempeño reproductivo, como lo reflejaron otros estudios (Collier et al., 1975; Magliaro, 2004). Por tanto, la inducción de la lactación parece mejorar en cierta medida su capacidad reproductiva, redundando en un beneficio económico importante para el productor.

EFFECTOS SECUNDARIOS

Entre los efectos secundarios del uso del protocolo de inducción los más evidentes fueron la presencia de comportamientos ninfómanos en algunos animales, debido a la presencia de quistes ováricos. Esto se ha observado ampliamente en los estudios de otros autores (Collier et al., 1975).

En general, la salud de las vacas inducidas fue excelente, sin problemas de morbilidad aparente, y una vez que la lactación se estableció, las vacas inducidas fueron similares a sus compañeras de hato con respecto a productividad, salud y comportamiento, como lo reportado por Magliaro (2004), lo cual sugiere que la formación de quistes ováricos es un efecto pasajero.

ANÁLISIS ECONÓMICO

Magliaro (2004) obtuvo ventajas económicas de \$520 (¢270.400) por vaca inducida a la lactancia comparada con vacas de primera lactancia en el mismo hato usando el precio del mercado para los costos y para el valor de la leche. En el presente estudio se obtuvo una ventaja promedio de ¢130.000 al inducir la lactancia contra la posibilidad de reemplazar al animal con una novilla. Sin embargo, se puede predecir que cualquier incremento en la producción láctea de los animales inducidos o en el porcentaje de preñez, así como una disminución de los gastos incidirá en una mayor ventaja económica para el productor.

Además, Magliaro (2004) calculó que incluir una novilla de reemplazo a una línea de producción requiere de 25-26 meses y costos de \$1150 - \$1350 (¢650.000 promedio). Esto quiere decir que para empezar a recuperar esta inversión se necesitan varias lactancias.

CONCLUSIONES

La inducción de la lactancia es un método que propone una buena alternativa ante el desecho de vacas con alto valor genético y altas productoras de leche con problemas para preñarse.

La producción láctea, aunque menor que la de las vacas control, alcanzó casi un 80%; con lo cual se paga la utilización del protocolo, y quedan ganancias para el productor.

La reproducción de las vacas tratadas no se afectó por la utilización de protocolo, por el contrario presenta ventajas comparada con la de los animales control.

En cuanto a los efectos secundarios observados durante el estudio, estos se han descrito anteriormente, y es de esperarse que los estudios venideros nos brinden la solución a este problema, ya sea acortando el tiempo del protocolo, sus dosis o incluso modificando sus fármacos.

Se puede afirmar que inducir una vaca a lactancia artificial tiene ventajas sobre la opción de reemplazo con novillas, no sólo en costos sino en ganancias por producción de leche. Además al inducirle la lactancia a un animal, hay un 14% de probabilidad de que éste se preñe y continúe en la línea de producción por varias lactancias más.

Se debe tomar en cuenta que la inducción de la lactancia nunca debe sustituir una buena nutrición o buenas prácticas de manejo para el incremento del porcentaje de preñez; por lo que es primordial encontrar la causa de la disminución en la concepción para su pronta corrección,

antes de recurrir a la inducción de la lactancia, la cual puede amortizar las pérdidas mientras se llega a una solución concreta.

La inducción de la lactación no es una práctica que se debe utilizar sin análisis previo, y si bien es cierto, según este estudio, es más rentable inducir la lactancia que reemplazar vacas de alta genética, se debe tomar en cuenta que el abuso de esta práctica podría favorecer una reducción en la posibilidad de incrementar el número de reemplazos en la finca, debido una disminución en los nacimientos.

RECOMENDACIONES

En cuanto a la utilización del protocolo de inducción de la lactancia se recomienda a la finca que registre más datos, tanto de producción como de cada vaca individual, y que se realice un seguimiento más minucioso de cada animal desde que se induce hasta que se desecha, como por ejemplo razón de desecho, precio de venta, fecha exacta.

El programa de análisis de datos utilizado y/o la manera en la que se utilizó, no es el más adecuado para el estudio de parámetros productivos y reproductivos, y su comparación con datos de otras lactancias.

En cuanto a los parámetros propios de la finca se recomienda una profunda investigación sobre los factores que inciden en el porcentaje de preñez a lo largo del año.

Inducir vacas a la lactancia cuando las características medio-ambientales produzcan un estrés mínimo, las tasas de concepción sean las más altas y la disponibilidad de alimento sea óptimo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Akers, R. M. 2002. Lactation and the mammary gland : overview of mammary development. p. 3-21. *In* Lactation and the mammary gland. Iowa State Press, U.S.
- Allaire, F. R., H. E. Sterwerf, & T. M. Ludwick. 1977. Variations in removal reasons and culling rates with age for dairy females. *J. Dairy Sci.* 60:254-267.
- Ball, S., K. Polson, J. Emeny, W. Eyestone, & M. Akers. 2000. Induced lactation in prepubertal Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 83:2459-2463.
- Bauman, D. E. 1992. Bovine somatotropina : review of an emerging animal technology. *J. Dairy Sci.* 75:3432-3451.
- Bauman, D. E, & P. J. Eppard. 1985. Responses of high producing dairy cows to long-term treatment with pituitary somatotropin and recombinant somatotropin. *J. Dairy Sci.* 68:1352-1362.
- Burton, J. L., B. W. McBride, J. H. Burton, & R. G. Eggert. 1990. Health and reproductive performance of dairy cows treated for up two consecutive lactations with bovine somatotropin. *J. Dairy Sci.* 73:3258-3265.
- Cedeño, D. A. 2003. Análisis de vida reproductiva y optimización de políticas de descarte en vacas lecheras de Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional. Heredia, C. R.
- Chakriyarat, S., H. H. Head, W.W. Thatcher, F. C Neal, & C. J Wilcox. 1978. Induction of lactation : lactational, physiological and hormonal responses in the bovine. *J. Dairy Sci.* 61:1715-1724.
- Chilliard, Y. 1989. Physiological constraints to milk production: factors which determine nutrient partitioning, lactation persistency and mobilization of body reserves. (en línea). *FAO Animal Production and Health Paper 86.* <http://www.fao.org/docrep/003/t0413e/T0413E03.htm> (consulta 27 May. 2007)
- Collier, R. J, D. E Bauman & R. L Hays. 1975. Milk production and reproductive performance of cows hormonally induced into lactation. *J. Dairy Sci.* 58: 1524-1527.
- Collier, R. J., D. E. Bauman, & R.L. Hays. 1977. Effects of reserpine on milk production and serum prolactin of cows hormonally induced into lactation. *J. Dairy Sci.* 60:896-901.
- Crooker, B. A., D. T. Galligan, W. J. Wanda, R. J. Collier, M. Chahine, T. H Klusmeyer, M. F. McGrath, & J. L. Vicini. 2004. Induced lactation-If approved, would it be economical? (en línea) <http://animal.cals.arizona.edu/swnmc/papers/2004/13-crooker.pdf#search=induced%20lactation%20economical> (Consulta: 12 Jun. 2006).

- Cunningham, J. G. 2003. Fisiología Veterinaria. p. 402. *In* Gestación y parto. Elsevier España S. A, Madrid.
- Elvinger, F., H. H. Head, C. J. Wilcox, R. P. Natzke, & P. G. Eggert. 1988. Effects of administration of bovine somatotropine on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 71:1515-1525.
- Erb, R. E., P. V. Malven, E. L. Monk & T. A. Mollett. 1976. Hormone induced lactation in cow. IV : relationships between lactational performance and hormone concentrations in blood plasma. *J. Dairy Sci.* 59:1420-1427.
- Fowler, P. A., C. H. Knight, & M. A. Foster. 1991. In-vivo magnetic resonance imaging studies of mammatogenesis in non-pregnant goats treated with exogenous steroids. *J. Dairy Res.* 58:151-157.
- Gamboa, M. G. 2005. Evaluación de efectos ambientales y genéticos sobre producción de leche en vacas Holstein y Jersey en Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional. Heredia, C. R.
- García, A. D. 2004. Combatiendo el stress calórico en la vaca lechera. (en línea) College of Agriculture & biological science/ South Dakota State University / USDA. http://agbiopubs.sdstate.edu/pub_description.cfm?Item=ExEx4024S (Consulta: 27 Set. 2006).
- Grant, R. J. & Keown, J. F. 1993. Feeding dairy cattle for proper body condition score. (en línea) MU Extension. <http://extension.missouri.edu/xplor/agguides/dairy/G03170.htm> (consulta 27 May. 2007)
- Hernández, J. & J. S. Morales. 2001. Falla en la concepción en el ganado lechero : evaluación de las terapias hormonales. *Vet. Méx.* 32:279-287.
- Jewel, T. 2002. Artificial induction of lactation in nonbreeder dairy cows. Tesis de maestría. (en línea). <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-06242003-071849/unrestricted/final1.pdf#search='artificial%20induction%20of%20lactation'> (Consulta: 12 Jun. 2006). Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, VA.
- Jordan, D. L., R. E. Erb, P. V. Malven, C. J. Callahan, & E. L. Veenhuizen. 1981. Artificial induction of lactation in cattle : effect of modified treatments on milk yield, fertility, and hormones in blood plasma and milk. *Theriogenology* 16:315-329.
- Kensinger, R. S. 2000. Induced lactation physiology, perception, profitability and propriety. *J. Dairy Sci.* 83 (Suppl. 1): 23.
- Loeffler, S. H., M. J. deVries, & Y. H. Schukken. 1999. The effects of time of disease occurrence, milk yield, and body condition on fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:2589-2604.

- Lozano, R. R. ; C. G. Vásquez; E. González. 2005. Efecto del estrés calórico y su interacción con otras variables de manejo y productivas sobre la tasa de gestación de vacas lecheras en Aguascalientes, México. *Vet. Mex.* 36: 245-260.
- Magliaro, A. L., R. S. Kensinger, S. A. Ford, M. L O`Connor, L. D Muller, & R.Graboski. 2004. Induced lactation in nonpregnant cows: profitability and response to bovine somatotropin. *J. Dairy Sci.* 87:3290-3297.
- National Animal Health Monitoring System. NAHMS. 1996. Part I : Reference of 1996 dairy management practices. USDA, Washington, D.C.
- Peel, C. J., J. W. Taylor, I. B. Robinson, A. A. McGowan, R. D., Hooley, & J. K. Findlay.1978. The importance of prolactin and the milking stimulus in the induction of lactation in cows. *Aust. J. Biol. Sci.* 31:187-195.
- Santos, J. E. P., S. O., Juchem, R. L. A. Cerri, K. N. Galvão, R. C. Chebel. W. W. Thatcher, C. S. Dei, & C. R. Bilby. 2004. Effect of bST and reproductive management on reproductive performance of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:868-881.
- Sawyer, G. J, W. J Fulkerson, G. B Martin, & C. Gow. 1986. Artificial induction of lactation in cattle : initiation of lactation and estrogen and progesterone concentrations in milk. *J. Dairy Sci.* 69:1536-1544.
- Schmidt, G. H. 1971. Biología de la lactación. p 182. *In:* Factores que afectan el rendimiento y la composición de la leche. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Smith, K. L. , & F. L Schanbacher. 1973. Hormone induced lactation in the bovine I : lactational performance following injections of 17 β -estradiol and progesterone. *J. Dairy Sci.* 56:738-743.
- Tucker, H. A. Symposium : hormonal regulation of milk synthesis. 2000. *J. Dairy Sci.* 83:874-884.

ANEXOS

Anexo 1. Número de animales inducidos a la lactación y descartados durante el estudio según el mes.

Mes	Inducidos	Descartados	Mes	Inducidos	Descartados
Nov. 2005	1	0	Jun. 2006	20	13
Dic. 2005	2	0	Jul. 2006	26	0
Ene. 2006	45	0	Ago. 2006	11	26
Feb. 2006	35	10	Set. 2006	16	10
Mar. 2006	39	4	Oct. 2006	22	19
Abr. 2006	39	5	Nov. 2006	11	7
May. 2006	29	9	Total	296	103

Anexo 2. Animales utilizados en el protocolo de inducción de la lactancia según los días de producción.

Días de Producción	Numero de Vacas	Porcentaje
30	223	100
60	198	88.8
90	187	83.9
120	168	75.3
150	147	65.9
180	109	48.9
210	77	34.5
240	42	18.8
270	18	8.1
305	4	1.8