

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

**Edad al primer parto y efecto sobre parámetros (re)productivos
en vacas Holstein de lechería especializada en Costa Rica:
periodo 2000 - 2011**

Modalidad: Tesis de grado

**Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado
Académico de Licenciatura en Medicina Veterinaria**

Mauren Salazar Carranza

Campus Presbítero Benjamín Núñez

2012

TRIBUNAL EXAMINADOR

Edad al primer parto y efecto sobre parámetros (re)productivos en vacas Holstein de lechería especializada en Costa Rica: periodo 2000 - 2011

Decano _____

Dra: Laura Castro Ramírez

Directora _____

Dr. Juan José Romero Zúñiga

Tutor _____

Dr. Jaime Murillo Herrera

Tutor _____

Dra. Sandra Estrada König

Lectora _____

Dr. Frank Hueckmann Voss

Lector _____

Fecha: _____

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la salud y las fuerzas necesarias para cumplir con cada una de mis metas y con este sueño profesional. ¡Gracias Diosito!

A mi mamá Maritza por ser madre y padre a la vez, por todo su amor, sus esfuerzos y apoyo en cada uno de mis pasos. Esto es para ti. ¡Gracias mamá!

A mi nuevo tesoro, mi hijo Lian Josué, porque con tus sonrisas y cariño llenas cada nuevo día de ilusión y esperanza.

A Roger, por su amor, apoyo y comprensión en la finalización de este trabajo. ¡Gracias amor!

A mi hermana y hermanos, María Fernanda, José Gerardo y Gerald, por todo su cariño. ¡Los quiero mucho!

A mi tía Mireya, por ser mi segunda madre, por todo su cariño y atenciones brindadas durante toda mi vida. ¡Gracias!

A mis compañeras, amigas y hermanas Glori, Hele, Mafer y Naty, por su amistad, cariño y ayuda brindada en estos últimos años de carrera y sobre todo en el internado. ¡Las quiero mucho!

A Jotas por toda su dedicación en la realización de este trabajo, por su apoyo y comprensión.

A Jaime por confiar en mis capacidades, por toda su ayuda y por transmitirme sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS), por permitirme la utilización a la base de datos para la realización de la presente tesis.

A Jotas, mi sincero agradecimiento por el apoyo, dedicación y aportes en la realización de este estudio. ¡Muchas Gracias JJ por toda su ayuda!

A Jaime, por ser un gran maestro en Salud de Hato. ¡Muchas gracias por todas sus enseñanzas, apoyo y amistad!

Al Dr. Marian Kusenda, por compartir sus conocimientos durante las giras en las que nos acompañó. Fue un gusto conocerle. ¡Thanks for everything!

Al Dr. Frank Hueckmann y a la Dra. Sandra Estrada, por sus valiosos aportes en la realización de este proyecto. ¡Muchas gracias!

A las familias Segura Carranza y Arrieta Jiménez por acogerme como una hija durante varios años de mi carrera. ¡Mil gracias!

A mi primo Diego Arrieta, porque durante estos años de estudio siempre me brindó su ayuda y su amistad. ¡Gracias!

A Glori, por ser una excelente compañera de proyecto de graduación, brindarme en todo momento su ayuda y sobre todo su amistad. Y a su familia por el apoyo brindado desde que me conocen. ¡Siempre estaré agradecida!

RESUMEN

Con el fin de determinar el efecto provocado por la edad al primer parto (EPP) sobre los parámetros reproductivos y productivos de las primeras dos lactancias, se realizó un estudio longitudinal prospectivo histórico con 46 029 animales raza Holstein puro, de lechería especializada de Costa Rica, durante periodo comprendido entre los años 2000 y 2010.

Además, se analizó el efecto y las diferencias provocadas por las variables de lugar, tiempo y animal en la EPP, tal como son la zona ecológica, la época de nacimiento, el año de parto, el índice de endogamia, el número de lactancias de la madre y el tipo de parto.

Se incluyeron los datos de vacas Holstein puras de lecherías especializadas que presentaran condiciones adecuadas para su procesamiento estadístico, es decir, que contaban con registros completos para todas las variables del estudio, registrados en el programa VAMPP bovino 3.0, en el Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible, de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional. Los datos fueron analizados por medio de estadística descriptiva y mediante modelos lineales mixtos con el programa SAS (SAS® Institute) en su rutina PROC MIXED.

La EPP promedio para los animales en estudio fue 30,65 meses (D.E: 6,81; IC 95%: 30,59 – 30,70). Con el transcurso de los años la EPP osciló entre los 30 y 31 meses, para luego mostrar una tendencia de disminución en los años 2006 y 2007. Por otra parte, los resultados demostraron un efecto altamente significativo de la EPP sobre el rendimiento productivo del animal en la primera lactancia ($P < 0,0001$); presentando una disminución del rendimiento en 354,78 kg de leche, en aquellos individuos con una EPP por debajo de los 26 meses ($P < 0,0001$), con respecto a los que tuvieron una edad más alta. Asimismo, la producción de la segunda lactancia fue afectada por la EPP, aunque en este caso la producción aumentó en 447,53 kg en esta misma población de animales.

Se determinó un efecto importante de la ecozona, con un incremento significativo de la producción en las zonas bp-P, bh-MB, bh-P y bmh-T ($P < 0,0001$). Además, se observó un efecto significativo del índice de endogamia, el tipo de parto y el año de nacimiento sobre la EPP, mostrando una disminución de 2,5 y 1,7 meses en la EPP de las vacas nacidas de un parto distócico y las hembras con un índice de endogamia $\geq 6,25\%$,

respectivamente. Las variables época de nacimiento y el número de lactancia de la madre no afectaron la EPP.

ABSTRACT

To quantify the effect of the age at first calving (AFC) in the productive and reproductive parameters of the first and second lactation, a retrospective study including 46 029 Holstein pure cows from specialized milk farms of different ecological areas in Costa Rica, for the period from 2000 to 2010, a historic retrospective longitudinal study was carried out.

In addition, the effect of variables of lay, time and animal on the AFC, such as ecological zone, year and season of birth, year of parturition, inbreeding index, number of lactations of the dam, and parturition type was assessed by means of lineal mixed models (PROC MIXED, SAS Stat 8.0).

The data of pure Holstein cows belonging to specialized dairies, which presented the adequate data to the statistical analyses, with records into the VAMPP Bovino 3.0 software package, lied at the Regional Centre for Informatics on Sustainable Animal Production (CRIPAS) of the School of Veterinary Medicine, Universidad Nacional, were analyzed.

The average of the AFC for the population studied was 30.65 months (SD: 6.81; 95% CI: 30.59–30.70). The results showed an effect of the AFC on the milk yield of the first lactation ($P < 0.0001$), with a decrement of 354.78 kg during the first lactation in animals with AFC lower than 26 months ($P < 0.0001$), compared to those with higher values of AFC. However, the milk yield during the second lactation was 447.53 kg higher in the same population.

This study demonstrated an important effect of ecological zone, with a significant increment in the production of the areas bp-P, bh-MB, bh-P y bmh-T ($P < 0, 0001$). Also, it we observed the effect of the inbreeding index, parturition type and year of birth on the AFC value, shown a decrement of 2.5 y 1.7 months in the AFC in cows birth through complicated birth and the cows with an inbreeding index $\geq 6.25\%$, respectively. The variables of season of birth and lactation number of the dam did not affect the AFC.

INDICE DE CONTENIDOS

TRIBUNAL EXAMINADOR	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CONTENIDOS	vii
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	x
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	4
1.3. Hipótesis	7
2. Objetivos	8
2.1. Objetivo general	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. METODOLOGÍA: MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1. Población de estudio	9
3.2 Diseño del estudio	9
3.3 Recolección de Datos y descripción de las variables	9
3.4. Análisis de Datos	11
4. RESULTADOS	15
5. DISCUSIÓN	35
6. CONCLUSIONES	48
7. RECOMENDACIONES	48
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
9. ANEXOS	61

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de las variables utilizadas en el análisis de los efectos de la EPP sobre la (re)producción de la primera lactancia en hatos lecheros especializados, Holstein puros de Costa Rica.....	21
Cuadro 2. Descripción de las variables utilizadas en el análisis de los efectos de la EPP sobre la (re)producción de la segunda lactancia en hatos lecheros especializados, Holstein puros de Costa Rica.....	22
Cuadro 3. Características generales de la población estudiada.....	27
Cuadro 4. Edad al primer parto según variables de tiempo, lugar y animal.....	30
Cuadro 5. Edad al segundo parto según variables de tiempo, lugar y animal.....	32
Cuadro 6. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre la producción a 305 días de la primera lactancia	34
Cuadro 7. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre el intervalo parto-concepción (IPC) de la primera lactancia.....	36
Cuadro 8. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre los servicios por concepción (SPC) de la primera lactancia	38
Cuadro 9. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre la producción a 305 días de la segunda lactancia.....	40
Cuadro 10. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre el intervalo parto-concepción (IPC) de la segunda lactancia	44
Cuadro 11. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre los servicios por concepción (SPC) de la segunda lactancia	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Edad al primer parto (EPP) según zona ecológica.....	18
Figura 2. Edad al primer parto según año de nacimiento del animal	18
Figura 3. Edad al primer parto según lactancia de la madre	19
Figura 4. Edad al segundo parto según zona ecológica.....	20
Figura 5. Edad al segundo parto según año de nacimiento.	20
Figura 6. Edad al segundo parto según lactancia de la madre.....	21

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

EPP:	Edad al primer parto
ESP:	Edad al segundo parto
SPC:	Servicios por concepción
IPC:	Intervalo parto- concepción
VAMPP:	Programa Veterinario Automatizado para el Manejo y control de la Producción.
CRIPAS:	Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible
RMF:	Retención de membranas fetales
IC:	Intervalo de confianza
LI:	Límite inferior (del intervalo de confianza)
LS:	Límite superior (del intervalo de confianza)
n:	Número de muestra
E.E:	Error estándar
D.E:	Desviación estándar
KGTOT:	Producción total por lactancia
KG305:	Producción corregida a 305 días
bh-MB:	Bosque húmedo montano bajo
bh-P:	Bosque húmedo premontano
bh-T:	Bosque húmedo tropical
bmh-MB:	Bosque muy húmedo montano bajo
bmh-P:	Bosque muy húmedo premontano
bmh-T:	Bosque muy húmedo tropical
bp-MB:	Bosque pluvial montano bajo
bp-P:	Bosque pluvial-premontano
bmh-M:	Bosque muy húmedo montano
MedPob:	Programa de Investigación en Medicina Poblacional.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Con la globalización de la industria láctea y del comercio, es cada vez más importante reducir los costos de producción para lograr ser competitivos y, dentro de ello, el desarrollo adecuado de hembras de reemplazo es una inversión costosa para las fincas lecheras. Estimaciones de todos los gastos asociados con esta área específica son de aproximadamente el 20% del total de los costos de producción (Pirlo et al., 2000).

La edad al primer parto (EPP) consiste en el tiempo que tarda un animal en alcanzar su madurez sexual y reproducirse por primera vez (Hare et al., 2006), y refleja la velocidad de crecimiento de la hembra y la edad a la pubertad, cuya presentación tardía reduce el valor económico del animal al disminuir el número potencial de descendientes -y lactancias- producidos en su vida útil (Grajales et al., 2006).

La EPP puede ser influenciada por el tamaño corporal y el inicio de la actividad hormonal del sistema reproductivo (Moore et al., 1991). Aunque se considera que la edad a la pubertad no está determinada por un peso en particular, sí lo está por un orden indeterminado de condiciones fisiológicas que resultan de un peso dado (Grajales et al., 2006).

En los Estados Unidos (EEUU), el promedio de EPP de las vacas lecheras (en su mayor parte Holstein), entre 1985 y 1990, fue de 25,9 meses (Pirlo et al., 2000). Actualmente, los programas de crianza de hembras para reemplazos tienen como meta que la edad promedio al primer parto sea de 24 meses, ya que esto implica una disminución en los costos de producción (Pirlo et al., 2000; Radostits, 2003). Además, Botero (1990)

menciona que, en la medida en que se ponga a producir más temprano una hembra, es decir, se disminuya su EPP, mayor es el número de terneros y leche producida por año de vida y la productividad es mayor en el hato. Igualmente, Rodríguez et al. (1998) encontraron que la obtención del primer parto a una edad temprana ofrece ventajas como un año más de vida reproductiva. Asimismo, Nilforooshan y Edriss (2004) afirman que la EPP puede afectar significativamente la producción de leche, el tiempo de vida y la vida productiva ya que conforme aumenta la EPP, la vida productiva decrece.

Un estudio realizado en vacas Holstein en Irán, indica que al incrementar la EPP de 21 a 24 meses, la producción de leche aumentó, concluyendo que la edad óptima al primer parto para la producción de leche fue de 24 meses, y el retraso de EPP más allá de los 25 meses no es costo efectivo; así, se recomienda que las novillas tengan su primer cría entre 23 y 25 meses de edad (preferiblemente 24 meses) (Nilforooshan y Edriss, 2004).

En Costa Rica, un estudio realizado por Solano y Vargas (1997) en novillas de reemplazo concluye que la producción de leche durante la primera lactancia está influenciada por la velocidad de crecimiento durante la etapa de crianza, y que existe un efecto significativo y linealmente positivo entre la EPP y la producción de leche durante la primera lactancia (Solano y Vargas, 1997). Asimismo, Casas y Tewolde (2001), indican que la EPP influye en la producción de leche en la primera lactancia. Estos autores documentan un coeficiente de regresión parcial asociado con la EPP de $0,24 \pm 0,21$, es decir, por cada día de aumento en la EPP, se esperaría 0,24 kg de aumento en producción total de leche; esto debido, probablemente, a que la novilla llega en buenas condiciones a su primer parto, influyendo positivamente sobre la producción de leche en la subsecuente lactancia. Los procedimientos de ajuste de edad que son rutinariamente aplicados a la producción suponen que el efecto de la edad al parto en producción es medioambiental

(Moore et al., 1991). En el trópico, los sistemas de producción de leche con animales de la raza Holstein están limitados en su nivel de producción de leche por factores tanto genéticos como ambientales. Las condiciones del medio tropical afectan el comportamiento productivo de las vacas lecheras, disminuyendo su producción y limitando la expresión de su potencial genético (Carvajal et al., 2002).

Por otro lado, en bovinos lecheros, la búsqueda de mayor eficiencia, tanto biológica como económica, requiere de una elevada producción de leche por lactancia como de un buen desempeño reproductivo (Marini et al, 2007). Studer (1998) en un estudio sobre la perspectiva veterinaria, indica que existe preocupación entre los médicos con respecto a la habilidad reproductiva de las novillas altas productoras que paren a temprana edad porque podrían experimentar un anestro prolongado.

Con respecto a la respuesta reproductiva, Bouissou (1997) no encontró diferencias en el el intervalo parto-primer servicio y por el intervalo parto-concepción, entre las vacas que parieron a edad muy temprana y las que lo hicieron más tarde; aunque en el estudio de Marini et al. (2007) realizado en vacas Holstein de Argentina, en sistema de pastoreo, las novillas de menor EPP, mostraron mayores intervalos reproductivos y no se diferenciaron significativamente de las de mayor edad en el número de servicios por concepción, concluyendo que la menor edad al primer parto no modifica la producción de leche pero afecta negativamente los indicadores reproductivos. Además, Ettema y Santos (2004), en su estudio realizado en California, indican que tanto la tasa de concepción a la primera inseminación postparto como los días abiertos fueron influenciados por la EPP, observándose una reducción de ambos parámetros en las vacas con una EPP media (23- 25 meses) en comparación con las vacas con una EPP baja (< 23 meses) y alta (>25 meses).

Asimismo, la reducción de la EPP podría incrementar el número de terneros por vaca, pero podría traer consigo la dificultad de parto con la consecuente reducción en la viabilidad de los terneros, incrementando su susceptibilidad a infecciones debido a una reducida absorción de inmunoglobulinas (Pirlo et al., 2000). Además, conlleva a una reducción significativa de la fertilidad, incrementando los costos asociados a la reproducción, especialmente al intervalo entre partos y al descarte prematuro de animales valiosos (Moore et al., 1990).

1.2. Justificación

En Costa Rica, no se ha documentado y discutido a profundidad sobre la EPP en sí misma; únicamente se ha mencionado cuál es la EPP en general o según algunas características de tiempo, lugar o animal, pero no se ha entrado en detalles de sus causas y efectos. Además, se desconoce el efecto específico que tiene la EPP sobre la producción de leche en animales de la raza Holstein, especialmente en su primera y segunda lactancia. El último estudio realizado en nuestro país acerca de este tema data de 1997 (Solano y Vargas, 1997) el cual concluye que existe un efecto significativo y linealmente positivo entre la EPP y la producción de leche durante la primera lactancia.

Además, existen algunas contradicciones en los hallazgos reportados por distintos autores acerca del efecto de la EPP sobre la producción de leche. Por ejemplo, estudios en Italia en la raza Holstein indican que el promedio de EPP no se ha reducido mucho debido a que se cree que un parto temprano es perjudicial para la producción de leche y la longevidad (Pirlo et al., 2000). También, se dice que los programas de crianza de hembras para reemplazos tienen como meta que la edad promedio al primer parto sea de 24 meses, ya que esto implica una disminución en los costos de crianza y una más rápida recuperación

de la inversión (Pirlo et al., 2000; Radostits, 2003). Al respecto, Nilforooshan y Edriss (2004) indican que al incrementar la edad al primer parto de 21 a 24 meses, la producción de leche aumenta, pero con el retraso de la primera lactancia a más de 24 meses, la producción de leche en la primera lactancia disminuye, recomendando así que las novillas paran preferiblemente alrededor de los 24 meses de edad. Asimismo, Ettema y Santos (2004) recomiendan que se implementen programas reproductivos, en los cuales las novillas sean servidas para parir entre los 23 y los 24.5 meses. En oposición, estudios realizados en Italia, EEUU y Perú en la raza Holstein comprueban que vacas que paren a una corta edad tienen una menor producción de leche durante su primera lactancia; sin embargo, su producción total por día, y su rendimiento durante su vida es significativamente mayor que aquellos animales que tuvieron su primer parto a una edad más avanzada (Pirlo et al., 2000; Bormann et al., 2002; Marini et al., 2007).

Para vacas Holstein, en los EEUU, la información acerca de efecto de la EPP sobre la producción de leche en la primera lactancia es variable. Algunos no han observado efecto positivo (Gardner et al., 1988) mientras que otros han observado un efecto negativo (Lin et al., 1986; Van Amburgh et al., 1998; Radcliff et al., 2000; Ettema y Santos, 2004). La producción de leche en la segunda lactancia y subsecuentes lactancias no ha sido consistentemente afectada por la EPP (Lin et al., 1986; Gardner et al., 1988, Van Amburgh et al., 1998). Estudios de los últimos 15 años (Gardner et al., 1988; Lin et al., 1986; Hoffman et al., 1996; Van Amburgh et al., 1998; Radcliff et al., 2000; Vicini et al., 2003a, 2003b; Ettema y Santos, 2004) sugieren que la reducción en la EPP de un promedio de 24.7 meses a 21.9 meses resulta en una reducción en la producción de leche de la primera lactación.

No hay estudios que analicen la edad al segundo parto de la misma forma que se ha documentado para el primero; lo cual es importante de realizar pues algunos productores costarricenses dejan ver que no importa que la edad al primer parto sea un poco baja y que, aunque la producción en la primera lactancia sea más baja del promedio, las vacas se “emparejan” en el segundo parto y su correspondiente lactancia de un modo compensatorio.

Para la determinación del efecto de la EPP sobre las variables (re)productivas de la primera y segunda lactancia, es necesaria la utilización de modelos múltiples lineales mixtos, los que permiten analizar las variables independientes en forma conjunta o individual para medir el efecto de estas sobre la variable dependiente, tomando en cuenta variables de efecto fijo como raza o edad, y variables de efecto aleatorio como hato, año y época de nacimiento. Este modelo ha sido utilizado en múltiples estudios para establecer el efecto de la EPP y de otras variables sobre la producción láctea y las características productivas en vacas lecheras (Moore et al., 1991; Solano o y Vargas, 1997; Pirlo et al., 2000; Casas y Tewolde, 2001; Carvajal et al., 2002; Cedeño y Vargas, 2004; Nilforooshan y Edriss, 2004;).

La base de datos del programa VAMPP Bovino 3.0 (Programa Veterinario Automatizado para el Manejo y control de la Producción), que posee el Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS) de la Escuela de Medicina Veterinaria –Universidad Nacional (EMV-UNA), es robusta y confiable ya que contiene datos en alta cantidad y calidad (Romero et al., 2000). Las características y disponibilidad de esta base de datos hacen factible la determinación del efecto de la EPP sobre la producción láctea en bovinos Holstein puros de hatos especializados de Costa Rica, tomando en cuenta variables de tiempo, lugar y animal.

Es de alta importancia realizar este estudio para ofrecer a los productores de leche de nuestro país, específicamente a los que utilizan la raza Holstein, una alternativa para incrementar la eficiencia de sus hatos lecheros, mediante una política adecuada de manejo de la EPP. Esto, basado en que varios autores indican que la selección de una correcta EPP es una estrategia efectiva para los productores lecheros para mejorar el rendimiento económico de sus hatos, debido a que esta puede afectar significativamente –de forma positiva o negativa- la producción de leche, el porcentaje de grasa, la longevidad y la vida productiva. Por lo cual, identificar para cada finca la EPP en que se produzca la mayor cantidad de leche, puede ser muy rentable para hacer más eficientes los costos de crianza de las novillas, siempre que esta medida no perjudique la eficiencia reproductiva.

1.3. Hipótesis

Ho: No existe una tendencia a la reducción en la edad al primer parto en la raza Holstein durante el período 2000 a 2010.

Ho: La zona ecológica, el coeficiente de endogamia, el número de lactancia de la madre, la época y año de nacimiento no tienen efecto significativo sobre la edad al primer parto.

Ho: En la raza Holstein, no existe un efecto de la edad al primer parto sobre la producción de leche en la primera lactancia.

Ho: La edad al primer parto, en la raza Holstein, no tiene efecto sobre la producción de leche en la segunda lactancia.

Ho: En la raza Holstein, el intervalo parto-concepción y los servicios por concepción no son afectados por la edad al primer parto.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la edad al primer parto sobre parámetros (re)productivos de la primera y segunda lactancia en vacas Holstein puras en lecherías especializadas de Costa Rica para el período 2000-2010.

2.2. Objetivos específicos

2.2. A

Describir la edad al primer y segundo parto en vacas Holstein puras en lecherías especializadas de Costa Rica, según variables de tiempo, lugar y animal, durante el período 2000-2010.

2.2. B

Identificar factores intrínsecos y extrínsecos (de tiempo, lugar y animal) que afectan la edad al primer parto en vacas Holstein puras.

2.2. C

Determinar el efecto de la edad al primer parto sobre la producción de leche en primera lactancia, en vacas Holstein puras en lecherías especializadas de Costa Rica.

2.2. D

Establecer el efecto de la edad al primer parto sobre la producción de la segunda lactancia en vacas Holstein puras en lecherías especializadas de Costa Rica.

2.2. E

Analizar el efecto de la edad al primer parto y otras variables de tiempo lugar y animal sobre el intervalo parto concepción y los servicios por concepción de la primera y segunda lactancia.

3. METODOLOGÍA: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Población de estudio

Se trabajó con los datos registrados en el programa VAMPP Bovino 3.0 de las vacas Holstein puras, de hatos lecheros especializados de Costa Rica, durante el período 2000-2010, con una cantidad de 46 029 animales; que presentaban las condiciones adecuadas para su procesamiento estadístico, es decir, que contaban con registros completos para todas las variables del estudio con datos plausibles (dentro de rangos biológicos probables).

3.2 Diseño del estudio

Esta investigación fue de tipo longitudinal prospectivo-histórico ya que se tomaron datos de 10 años atrás, registradas en el programa VAMPP Bovino 3.0, a partir del 01 de enero del 2000 y hasta el 31 de diciembre del 2010.

La variable principal de estudio fue la EPP de cada vaca, la cual se trató como independiente para determinar el efecto sobre la producción de leche en la primera y segunda lactancia, así como el IPC y los SPC de la primera lactancia, las cuales fueron las variables dependientes.

3.3 Recolección de Datos y descripción de las variables

Para esta investigación se utilizó la base de datos nacional de las fincas registradas en el programa VAMPP Bovino 3.0, en el Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS), de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional (EMV-UNA).

Las variables (dependientes e independientes) y la forma en que se utilizaron para el análisis de primera y segunda lactancia se describen en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Descripción de las variables utilizadas en el análisis de los efectos de la EPP sobre la (re)producción de la primera lactancia en hatos lecheros especializados, Holstein puros de Costa Rica

Variable	Condición	Tipo de variable	Nivel de variable	Descripción
Producción de leche 1° lactancia	Dependiente	Continua Discreta	Continuo Bajo Medio Alto	Corregida en Kg/305 días. <3200 kg ≥3200 - <6600 kg ≥6600 kg
EPP	Independiente	Politómica	Bajo Medio Alto	<26 meses ≥26 - <33,6 meses ≥33,6 meses
Año de nacimiento	Independiente	Discreta		2000-2010
Época de nacimiento del animal	Independiente	Discreta Dicotómica	Seca Lluviosa	Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril. Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre, Octubre y Noviembre.
Tipo de parto	Independiente	Discreta Politómica	Normal Normal con RMF** Distócico. Distócico con RMF Cesárea	Normal sin asistencia. Normal sin asistencia con RMF. Difícil con asistencia y sin cesárea. Difícil con asistencia sin cesárea y con RMF. Difícil con asistencia y con cesárea.
Tipo de parto de la madre	Independiente	Discreta Politómica	Normal Normal con RMF** Distócico. Distócico con RMF Cesárea	Normal sin asistencia. Normal sin asistencia con RMF. Difícil con asistencia y sin cesárea. Difícil con asistencia sin cesárea y con RMF. Difícil con asistencia y con cesárea.
Año del primer parto	Independiente	Continua	Continuo	2000-2009
Época de primer parto	Independiente	Discreta Dicotómica	Seca Lluviosa	Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril. Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre, Octubre y Noviembre.
Zona Ecológica	Independiente	Discreta		bmh-P, bmh-T, bp-MB, bmh-M, bh-MB, bh-P, bp-P, bh-T, bmh-MB (Anexo 2).
Endogamia	Independiente	Discreta	Bajo Alto	<6,25% ≥6,25%

**RMF: Retención de Membranas fetales.

Cuadro 2. Descripción de las variables utilizadas en el análisis de los efectos de la EPP sobre la (re)producción de la segunda lactancia en hatos lecheros especializados, Holstein puros de Costa Rica

Variable	Condición	Tipo de variable	Nivel de variable	Descripción
Producción de leche 2° lactancia	Dependiente	Continua Discreta	Continuo Bajo Medio Alto	Corregida en Kg/305 días. <3800 kg 3800-7724 kg ≥7724
ESP	Independiente	Discreta Politómica	Bajo Medio Alto	< 38,3 38,3 - 54,3 > 54,3
Año del 2° parto	Independiente	Continua	Continuo	2000-2009
Época de 2° parto	Independiente	Discreta Dicotómica	Seca Lluviosa	Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril. Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre, Octubre y Noviembre
Intervalo parto-concepción	Independiente	Continua	Continuo Bajo Medio Alto	Días de duración <78 78-195 ≥ 195
Días seca	Independiente	Discreta Politómica	Bajo Medio Alto	< 57 57- 91 ≥ 91

**RMF: Retención de Membranas Fetales

* Las variables del Cuadro 1 también serán tomadas en cuenta al realizar este estudio.

3.4. Análisis de Datos

El análisis de datos comprendió dos fases:

a) Estadística descriptiva. Involucró el cálculo de medidas de tendencia central (media y mediana) y medidas de dispersión (desviación y error estándar), para las variables en forma continua. Especial énfasis se hizo en las variables dependientes (EPP y ESP, KG305 en la primera y segunda lactancia, IPC y SPC). Asimismo, se calcularon

porcentajes para las variables en su forma discreta. Para ambos tipos de medidas se determinó el intervalo de confianza (IC) al 95%.

b) Estimación del efecto de la EPP sobre cada variable dependiente. Se realizó mediante un modelo múltiple lineal mixto (PROC MIXED, SAS/STAT ver. 8.0 (SAS Institute Inc., SAS®)), en el cual se creó un modelo para la evaluación de cada variable dependiente (producción a 305d de la primera lactancia y producción a 305d de la segunda lactancia, así como para el intervalo parto-concepción (IPC) y servicios por concepción (SPC) de la primera lactancia).

Dado que endogamia es una covariable de importancia en el modelo múltiple, se trabajó únicamente con los animales con un grado de endogamia mayor a cero (0).

El modelo estadístico utilizado para la estimación del efecto absoluto de la EPP sobre la producción de la primera lactancia (kg 305d) fue:

$$Y_{ijklm} = \mu_0 + Epp_i + hae_j + eco_k + madre_l + parto_m + eijklm$$

Donde:

Y_{ijklm} = Producción láctea (kg 305d) en la primera lactancia

μ_0 = Media general

Epp_i = Efecto fijo i -ésimo de la edad al primer parto (meses)

hae_j = Efecto aleatorio j -ésimo del hato/año/época de parto (o nacimiento para EPP)

eco_k = Efecto fijo de k -ésimo ecozona ($l = 1 - 9$)

$madre_l$ = Efecto fijo de l -ésimo número de lactancias de la madre

$parto_m$ = Efecto fijo de m -ésimo del tipo de parto (primer parto)

$eijklm$ = Efecto aleatorio residual

El modelo estadístico para la producción láctea (kg 305d) en la segunda lactancia fue:

$$Yijklmno = \mu_0 + Epp_i + hae_j + lac_k + eco_l + ipc_m + seca_n + part_o + eijklmno$$

Donde:

$Yijklmno$ = Producción láctea (kg 305d) en la segunda lactancia

μ_0 = Media general

Epp_i = Efecto fijo i -ésimo de la edad al primer parto (meses)

hae_j = Efecto aleatorio j -ésimo del hato/año/época de parto (o nacimiento para EPP)

lac_k = Efecto fijo de k -ésimo producción láctea (kg 305d) en la primera lactancia

eco_l = Efecto fijo de l -ésimo ecozona ($l = 1 - 9$)

ipc_m = Efecto fijo de m -ésimo intervalo parto concepción de la primera lactancia

$seca_n$ = Efecto fijo de n -ésima en los días secos en la primera lactancia

$part_o$ = Efecto fijo de o -ésima del tipo de parto (segundo parto)

$eijklmno$ = Efecto aleatorio residual.

El modelo estadístico para el efecto sobre el intervalo parto concepción fue:

$$Yijklmno = \mu_0 + Epp_i + hae_j + lac_k + eco_l + part_m + endo_n + ret_o + eijklmno$$

Donde:

$Yijklmno$ = Intervalo parto concepción

μ_0 = Media general

Epp_i = Efecto fijo i -ésimo de la edad al primer parto (meses)

hae_j = Efecto aleatorio j -ésimo del hato/año/época de parto (o nacimiento para EPP)

lac_k = Efecto fijo de k -ésimo producción láctea (kg 305d) en la primera lactancia

eco_l = Efecto fijo de l -ésimo ecozona ($l = 1 - 9$)

$part_m$ = Efecto fijo de m -ésima del tipo de parto

$endo_n$ = Efecto fijo de n -ésima del coeficiente de endogamia

ret_o = Efecto fijo de o -ésima de la retención de membranas fetales

$eijklmno$ = Efecto aleatorio residual

El modelo estadístico para el efecto sobre el número de servicios por concepción fue:

$$Yijklmno = \mu_0 + Epp_i + hae_j + lac_k + eco_l + part_m + endo_n + ret_o + eijklmno$$

Donde:

$Yijklmno$ = Servicios por concepción

μ_0 = Media general

Epp_i = Efecto fijo i -ésimo de la edad al primer parto (meses)

hae_j = Efecto aleatorio j -ésimo del hato/año/época de parto (o nacimiento para EPP)

lac_k = Efecto fijo de k -ésimo producción láctea (kg 305d) en la primera lactancia

eco_l = Efecto fijo de l -ésimo ecozona ($l = 1 - 9$)

$part_m$ = Efecto fijo de m -ésima del tipo de parto

$endo_n$ = Efecto fijo de n -ésima del coeficiente de endogamia

ret_o = Efecto fijo de o -ésima de la retención de membranas fetales

$eijklmno$ = Efecto aleatorio residual

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS versión 8.0 (SAS Institute Inc., SAS®).

4. RESULTADOS

4.1. Estadística descriptiva

4.1.1 Características generales de la población estudiada

Luego del proceso de edición y reducción de registros quedó un total de 46 029 lactancias para analizar.

La EPP promedio para estos animales fue de 30,65 meses (IC95%: 30,59 – 30,70). El promedio de producción total de leche en la primera lactancia fue de 5188 kg. (IC 95%: 5153,4-5223,2), mientras que para la producción corregida a 305 días correspondió a 5288 kg. (IC 95%: 5253,7-5323,2). Con respecto a los indicadores reproductivos, se determinó que el promedio del intervalo parto concepción (IPC) fue de 148,73 (IC95%: 147,67 – 149,78) y los servicios por concepción (SPC) de 1,44(IC95%: 1,44 – 1,44) (Cuadro 3). Además, cerca del 0,9% de las vacas pertenecientes a la muestra presentaba un nivel de endogamia $\geq 6,25\%$ (n=651).

El promedio de edad al segundo parto (ESP) es de 44,44 meses (IC95%: 44,36 – 44,51); por su parte, los promedios de producción total y producción a 305 días para la segunda lactancia fueron 6127 kg. (IC 95%: 6083,7- 6171,5) y 6280 kg. (IC 95%: 6248,5- 6311,5) respectivamente. Además, los SPC e IPC para la segunda lactancia fueron 1,87(IC95%: 1,87 – 1,87) y 134,98 (IC95%: 133,37 – 136,58), respectivamente (Cuadro 3).

4.2 Edad al primer parto (EPP)

La EPP promedio para la población de estudio es de 30,65 meses (D.E: 6,81; IC95%: 30,59 – 30,70) con una mediana de 28, 90.

Cuadro 3. Características generales de la población estudiada.

Variable	n	Media	D.E.	E.E.	IC 95%	
					LI	LS
Índice de endogamia (general)	46 029	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01
Índice de endogamia (endogámicos)	12 813	0,0294	0,0329	0,0003	0,0288	0,0299
Primera Lactancia						
Edad al primer parto	46 029	30,64	6,80	0,03	30,58	30,69
Producción total	27 145	5188,35	2140,92	17,81	5153,44	5223,25
Producción a 305 días	20 575	5288,52	1569,44	17,74	5253,74	5323,29
Días de lactancia	33 467	309,65	117,56	0,77	308,14	311,15
Días seca	23 113	85,78	56,09	0,43	84,93	86,62
Servicios por concepción	32 160	1,44	0,83	0,00	1,44	1,44
Intervalo parto concepción	35 392	148,73	95,05	0,54	147,67	149,78
Segunda Lactancia						
Edad al segundo parto	30 795	44,44	7,49	0,04	44,36	44,51
Producción total	19 619	6127,66	2349,86	22,4	6083,75	6171,56
Producción a 305 días	15 643	6280,02	1850,13	16,07	6248,52	6311,51
Días de lactancia	24 081	298,97	107,89	0,86	297,28	300,65
Días seca	15 989	84,05	47,01	0,44	83,18	84,91
Servicios por concepción	30 782	1,87	1,30	0,00	1,87	1,87
Intervalo parto concepción	12 061	134,98	83,61	0,82	133,37	136,58

Al analizar la EPP considerando las variables de tiempo, lugar y animal, su valor es diferente dependiendo de la ecozona donde se encuentra la vaca; así, se observan dos grupos de ecozonas con EEP alta (entre 31 y 32 meses) y baja (entre 29 y 30), con diferencias estadísticas entre grupos y dentro de ellos. Así, por ejemplo, en el grupo de alta

(bosque muy húmedo premontano [bmh-P], bosque muy húmedo tropical [bmh-T], bosque pluvial montano bajo [(bp-MB], y bosque muy húmedo montano [bmh-M], las zonas bmh-T y bm-MB son diferentes entre ellas, mientras que en grupo de baja (bosque húmedo montano bajo [bh-MB], bosque húmedo premontano [bh-P] y bosque pluvial premontano [bp-P]), la bh-P es diferente a las demás (Figura 1).

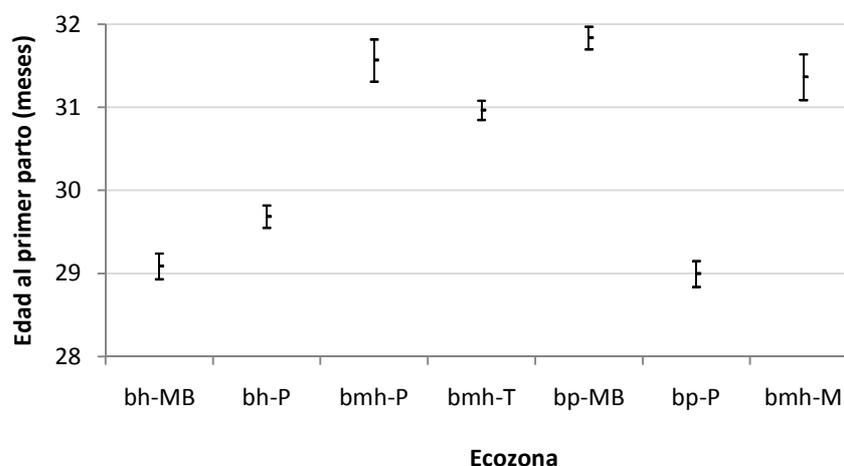


Figura 1. Edad al primer parto (EPP) según zona ecológica.

Durante el período de estudio se observan cambios estadísticos significativos en la EPP según el año de nacimiento de la vaca. El valor extremo más alto se registró en el año 1997(34,7 meses) y el menor en 2008 (26,1 meses) (Figura 2).

La época del año en que nació la hembra no presenta asociación significativa sobre la EPP (Cuadro 4). Además, independientemente del número de lactancia de la madre, la EPP se mantiene entre los 29 y los 30 meses; aunque se observa un aumento significativo en la EPP en las hijas de vacas primerizas (Media= 31,5 meses) (Figura 3).

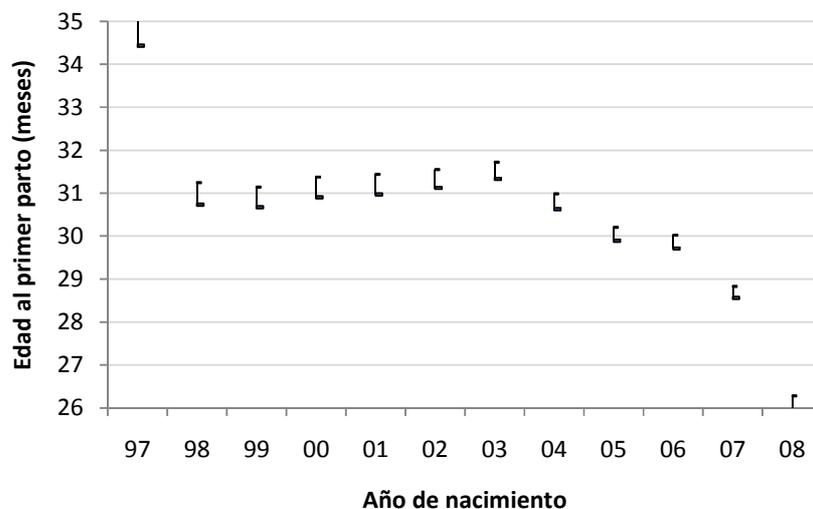


Figura 2. Edad al primer parto según año de nacimiento del animal.

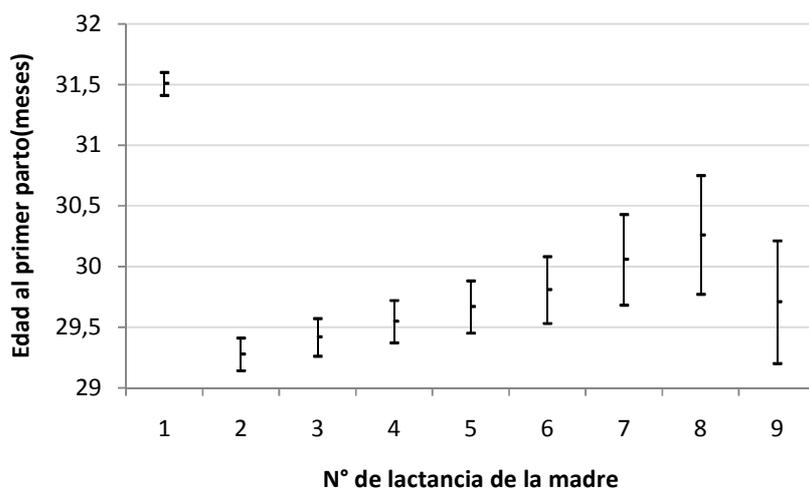


Figura 3. Edad al primer parto según el número de lactancia de la madre

De 46 029 registros, el 99,5% (45 818) de los animales nació mediante un parto normal, llegando a una EPP de 30,6 meses (IC95%: 30.60 – 30.71), mientras que las hembras nacidas en un parto distócico mostraron una EPP de 28,1 meses (IC95%: 27.56–28.65). Por otro lado, animales con coeficiente de endogamia $\geq 6,25\%$, tuvieron una EPP

menor (28,94 meses) (IC95%: 28.54–29.33), con respecto a los individuos con un coeficiente de endogamia < 6,25% (30,67 meses) (IC95%: 30.61– 30.72) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Edad al primer parto según variables de tiempo, lugar y animal.

Variable	Estrato	N	Media	D.E.	E.E.	IC 95%	
						LI	LS
Época de nacimiento	Seca	21 446	31,11	7,30	0,05	31,01	31,20
	Lluviosa	24 583	30,25	6,32	0,04	30,17	30,32
Tipo de parto de la madre	Normal	45 818	30,66	6,82	0,03	30,60	30,71
	Distócico	209	28,11	4,03	0,28	27,56	28,65
Coefficiente de endogamia	< 6,25%	33216	31,45	7,30	0,04	31,37	31,52
	≥ 6,25%	12813	28,58	4,71	0,04	28,50	28,65

En resumen, la EPP no presenta diferencias significativas entre estratos según la época de nacimiento y el número de lactancia de la madre; no así según la zona ecológica, el año de nacimiento, el tipo de parto de la madre y el coeficiente de endogamia de la vaca.

4.3 Edad al segundo parto (ESP)

El promedio de edad a segundo parto (ESP) para la población de estudio es de 44,44 meses (D.E: 6,81; IC 95%: 30,59 – 30,70) con una mediana de 42,90.

En cuanto a la ESP y su relación con las variables de tiempo, lugar y animal, la variable ecozona mantuvo un patrón similar al efecto producido para la EPP (Figura 4); así, las zonas bmh-P, bmh-T, bp-MB y bmh-M mantuvieron valores muy similares (44,7- 45,8 meses), mientras que los valores más bajos se encuentran en las zonas bh-MB, bh-P y bp-P, con valores que oscilan entre los 42,6 y 43,2 meses.

Con respecto al año de nacimiento, la ESP muestra un patrón similar al observado en la EPP, en el cual se observan diferencias significativas entre años, especialmente desde el 2004 hasta el 2007, con los valores extremos alto y bajo en los años 1997 y 2008, respectivamente (Figura 5).

La ESP no muestra diferencias por época de nacimiento del animal, siendo similar tanto en época seca (Media: 44,8 meses) como en época lluviosa (Media: 44,1 meses).

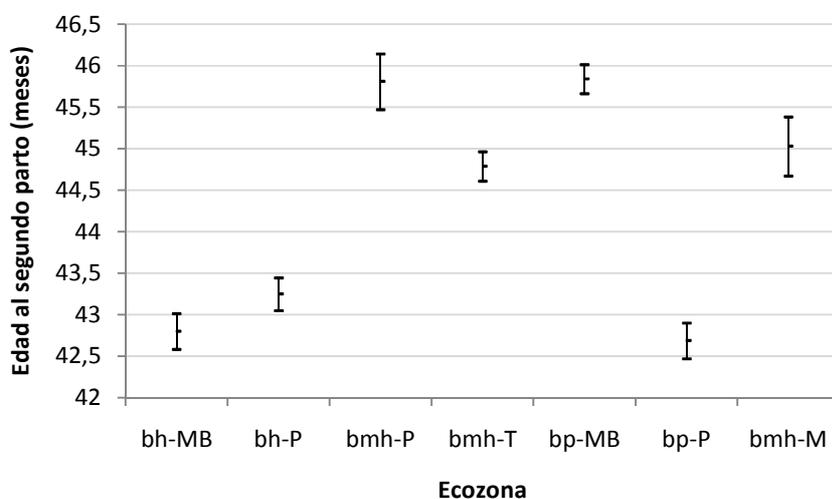


Figura 4. Edad al segundo parto según zona ecológica

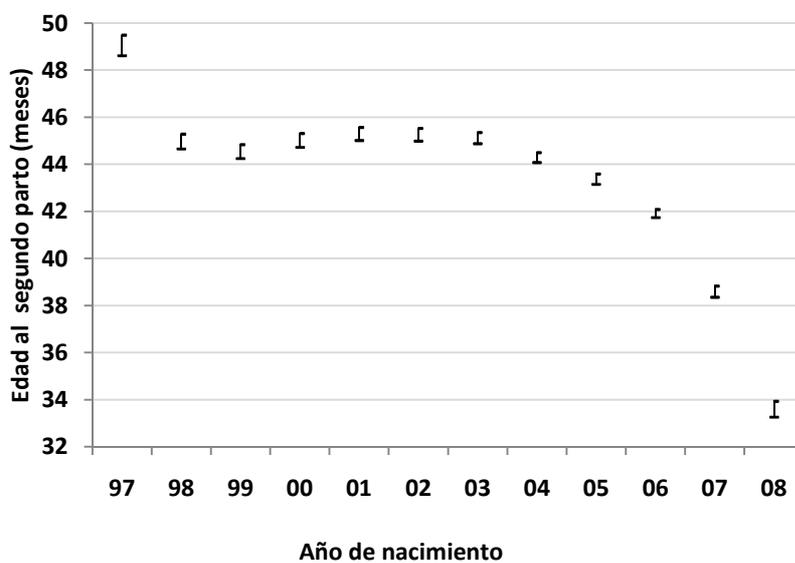


Figura 5. Edad al segundo parto según año de nacimiento.

Con respecto al número de lactancia de la madre, esta mantiene el patrón presentado para la EPP, donde únicamente los animales nacidos de vacas en su primera lactancia tienen una edad al segundo parto mayor a las demás (45,3 meses) (D.E: 8,13) (Figura 6).

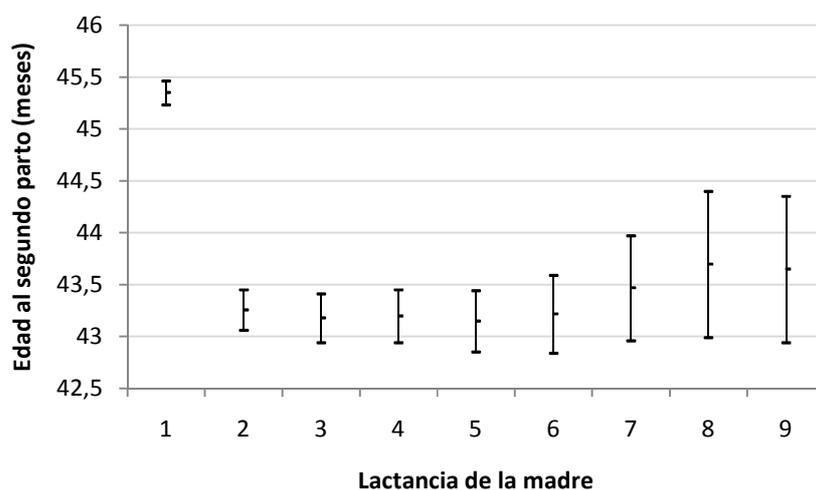


Figura 6. Edad al segundo parto según el número de lactancia de la madre.

Adicionalmente, las hembras nacidas de parto distócico presentaron una ESP 2 meses menor (41,75) en comparación con las vacas que nacieron de parto normal; asimismo, se observan diferencias significativas en la ESP con respecto a la variable coeficiente de endogamia, siendo 2,75 meses menor en las vacas con $\geq 6,25$ (Cuadro 5).

En resumen, la ESP no muestra diferencias significativas entre estratos según la época de nacimiento y el número de lactancia de la madre; no así la zona ecológica, el año de nacimiento, el tipo de parto de la madre, y el coeficiente de endogamia de la vaca que si mostraron diferencias entre estratos para la ESP.

Cuadro 5. Edad al segundo parto según variables de tiempo, lugar y animal.

Variable	Estrato	N	Media	D.E.	E.E.	IC 95%	
						LI	LS
Época de nacimiento	Seca	14 222	44,80	7,82	0,07	44,66	44,93
	Lluviosa	16 573	44,13	7,19	0,06	44,01	44,24
Tipo de parto de la madre	Normal	30 661	44,45	7,50	0,04	44,37	44,52
	Distócico	132	41,75	4,81	0,42	40,92	42,57
Coefficiente de endogamia	< 6,25%	22108	45,22	7,92	0,05	45,12	45,31
	$\geq 6,25\%$	8687	42,47	5,83	0,06	42,35	42,58

4.4 Análisis multivariado: Análisis del efecto conjunto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre las variables (re)productivas de la primera lactancia.

4.4.1 Producción láctea a 305 días.

La EPP tuvo un efecto altamente significativo sobre la producción a 305 días de la primera lactancia; siendo que, las vacas cuyo primer parto ocurre antes de los 26 meses y las que paren entre los 26 y los 33,6 meses, muestran una diferencia de -354,78 kg

($p < 0,0001$) y $-105,6$ kg ($p = 0,0117$) respectivamente, en comparación con las vacas que paren sobre los 33,6 meses (Cuadro 6).

En el caso de la variable ecozona, tomando como punto de comparación la zona bmh-M, se observa una diferencia significativa ($p < 0,0001$) de más de 1000 kg en las demás zonas, con excepción de las zonas bmh-P y bp-MB, en las cuales la diferencia es menor, pero siempre importante, de más de 500 kg. (Cuadro 6).

Al analizar el efecto de las variables reproductivas, se observó una diferencia significativa ($p < 0,05$) en las vacas que no presentaron RMF en el parto en comparación con las que presentaron tal condición, con una producción de 194 kg más por lactancia.

Por otro lado, se observa una diferencia significativa de 134,96 kg más en la producción de los animales con un coeficiente de endogamia $< 6,25\%$, con respecto a los que presentan un coeficiente de endogamia $\geq 6,25\%$ (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre la producción a 305 días de la primera lactancia

Variable	Estrato	Estimado	Diferencia	EE*	P**
Intercepto			4 982,05	193,40	<0,0001
EPP (meses)	<26	4 817,36	-354,78	46,50	<0,0001
	26-33,6	5 066,54	-105,60	41,87	0,0117
	>33,6	5 172,14	0	0	0
Zona	bh-MB	5 432,86	1 311,38	175,72	<0,0001
	bh-P	5 393,09	1 271,61	169,17	<0,0001
	bmh-P	4 650,61	529,13	179,00	0,0031
	bmh-T	5 264,67	1 143,18	167,29	<0,0001
	bp-MB	4 703,54	582,06	169,24	0,0006
	bp-P	5 564,53	1 443,04	172,42	<0,0001
	bmh-M	4 121,48	0	0	0
Tipo de parto de la vaca	Normal	5 058,29	79,21	53,95	0,1421
	Distócico	4 979,08	0	0	0
	Sin RMF	5 115,72	194,08	81,13	0,0168
	Con RMF	4 921,64	0	0	0
Duración de primera lactancia	<256	3 648,58	-2 281,33	40,85	<0,0001
	256-375	5 477,55	-452,36	27,51	<0,0001
	>375	5 929,91	0	0	0
Coefficiente de endogamia	<6,25%	5 086,16	134,94	57,7	0,0196
	≥6,25%	4 951,20	0	0	0

*EE= error estándar de la diferencia

**P= valor de P de la diferencia

4.4.3 Intervalo parto-concepción (IPC).

Se determinó que la EPP, la ecozona, el tipo de parto y la producción láctea a 305 días afectaron de forma significativa el IPC de la primera lactancia. Así, las vacas con una EPP < 26 meses presentan un decremento en su IPC de 13 días. De igual forma, en las vacas que paren a una edad intermedia (26 -33,6 meses) su IPC se reduce 8 días (Cuadro 7).

En relación al efecto de la variable ecozona, la mayoría de las zonas muestran diferencias altamente significativas al compararlas con la zona correspondiente al bosque muy húmedo montano (bmh-M), en las cuales el IPC se reduce en un rango de 21 a 33 días; excepto en la zona de bp-MB ($p= 0,1769$). Además, con respecto a la variable tipo de parto, las vacas que tuvieron un parto normal presentan un IPC menor (-13,37 días) que las vacas con parto distócico ($p= 0,0045$). Aunque, no se observa diferencia significativa ($p= 0,60$) en las vacas que presentaron RMF en el periparto con respecto a las que no presentaron tal condición (Cuadro7).

Por otro lado, tomando como punto de referencia las vacas con una mayor producción a 305 d, tanto las vacas de producción intermedia como las de menor producción presentan una diferencia significativa de -14,15($p<0,0001$) y - 6,50 ($p= 0,012$) días en su IPC (Cuadro 7). Si bien es cierto al momento del IPC la vaca no ha concluido su producción, hemos asumido que las vacas mantienen una tendencia en su producción durante la lactancia, de modo que la producción a los 305 es directamente proporcional durante el IPC. Finalmente, la variable coeficiente de endogamia no tuvo efecto sobre el IPC.

4.4.4 Servicios por concepción (SPC)

La EPP afecto significativamente los SPC de la primera lactancia; así, al comparar las vacas con una EPP < 26 meses y las que paren entre 26 y 33,6 meses de edad, con respecto a las que paren > 33 meses, se observa una diferencia significativa ($p<0,0001$) de 1,1 y 0,6 SPC menos, respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 7. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre el intervalo parto-concepción (IPC) de la primera lactancia.

Variable	Estrato	Estimado	Diferencia	EE*	P**
Intercepto			201,10	12,12	<0,0001
EPP (meses)	<26	153,17	-13,37	3,14	<0,0001
	26 - 33,6	158,43	-8,12	2,86	0,0046
	>33,6	166,55	0	0	0
Zona	bh-MB	150,38	-28,89	8,52	0,007
	bh- P	145,37	-33,90	8,33	<0,0001
	bmh-P	157,71	-21,56	8,87	0,0151
	bmh-T	158,27	-21,00	8,20	0,0105
	bp-MB	168,10	-11,17	8,27	0,1769
	bp-P	156,61	-22,66	8,41	0,0071
	bmh-M	179,27	0	0	0
Tipo de parto de la vaca	Normal	152,88	-13,02	4,58	0,0045
	Distócico	165,90	0	0	0
	Distócico sin RMF	157,56	-3,65	7,09	0,6065
	Distócico con RMF	161,21	0	0	0
Coefficiente de endogamia	<6,25%	159,95	1,12	4,00	0,7791
	≥6,25%	158,82	0	0	0
KG3051	<3948	159,77	-6,50	2,61	0,0128
	3948-6386	152,12	-14,15	2,30	<0,0001
	>6386	166,27	0	0	0

*EE= error estándar de la diferencia

**P= valor de P de la diferencia

Por otro lado, se observó un efecto de la producción láctea a 305 días de la primera lactancia, donde las vacas que tuvieron una producción menor e intermedia muestran una diferencia significativa ($p < 0,0001$) de -0,18 y -0,15 SPC respectivamente, al compararlas con las vacas altas productoras (Cuadro 8). Asimismo, se determinó un efecto significativo de la variable zona únicamente en la zona correspondiente al bmh-P ($p = 0,0178$) con respecto a la zona bmh-M.

Otras variables como tipo de parto y el coeficiente de endogamia no tuvieron efecto significativo sobre los SPC de la primera lactancia.

Cuadro 8. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre los servicios por concepción (SPC) de la primera lactancia.

Variable	Estrato	Estimado	Diferencia	EE*	P**
Intercepto			2,31	0,10	<0,0001
EPP (meses)	<26	1,08	-1,11	0,02	<0,0001
	26 -33,6	1,56	-0,64	0,02	<0,0001
	>33,6	2,20	0	0	0
Zona	bh-MB	1,75	0,13	0,07	0,0869
	bh- P	1,61	-0,01	0,07	0,8091
	bmh-P	1,43	-0,18	0,07	0,0178
	bmh-T	1,65	0,03	0,07	0,6754
	bp-MB	1,55	-0,07	0,07	0,3415
	bp-P	1,66	0,03	0,07	0,6245
	bmh-M	1,62	0	0	0
Tipo de parto de la vaca	Normal	1,60	-0,02	0,03	0,4192
	Distócico	1,63	0	0	0
	Distócico sin RMF	1,64	0,04	0,05	0,4129
	Distócico con RMF	1,59	0	0	0
Coeficiente de endogamia	6,25%	0,01	0,01	0,03	0,6874
	≥6,25%	0	0	0	0
KG305-d 1° lactancia	<3948	1,54	-0,18	0,02	<0,0001
	3948-6386	1,57	-0,15	0,02	<0,0001
	>6386	1,73	0	0	0

*EE= error estándar de la diferencia

**P= valor de P de la diferencia

4.5. Análisis del efecto conjunto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre las variables (re)productivas de la segunda lactancia.

4.5.1 Producción láctea a 305 días.

Para el caso de la producción láctea a 305 días de la segunda lactancia, tanto la EPP como la ESP tuvieron un efecto altamente significativo, siendo que las vacas con una EPP < 26 meses y entre los 26- 33 meses muestran una producción mayor en 447,53 kg y 265,14 kg, respectivamente, en comparación con las vacas de más de 33 meses de EPP. Además, las vacas con una ESP < 39 meses y entre los 39-48 meses de edad, muestran una diferencia significativa en su producción de -380,18 kg y -205,6 kg, respectivamente, en comparación con las vacas que paren a una mayor edad (Cuadro 9).

Al analizar el efecto de la variable ecozona, el patrón es similar al observado en la primera lactancia con diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$), donde la zona bh-MB es la que presenta una mayor diferencia (1655,77 kg), con respecto a la zona bmh-M, y la zona bp-MB es la que muestra una menor diferencia (976,95 kg) (Cuadro 9).

En relación a las variables reproductivas, se determinó que aquellos animales que presentaron parto normal tuvieron una producción de 274,77 kg mayor que las vacas con parto distócico ($p = 0,002$). Además, se observa una diferencia significativa ($p = 0,0006$) de 376 kg más en las vacas que no presentaron RMF en el periparto, en comparación con las que presentaron tal condición (Cuadro 9).

Asimismo, las vacas de menor producción, y de producción media a 305 días en la primera lactancia, muestran diferencias significativas de -1195,18 y -896,89 kg respectivamente ($p < 0,0001$), en la producción de la segunda lactancia (Cuadro 9).

Finalmente, con respecto a la duración del período de secado, se observa una diferencia negativa de 155,92 kg ($p < 0,01$) en las vacas que tuvieron un período de secado < 57 días; sin embargo, las vacas con un período de secado entre 57-91 días producen 101,30 kg más que las vacas cuyo secado es mayor ($p < 0,05$) (Cuadro 9).

Contrario a lo observado en la primera lactancia, el coeficiente de endogamia no tuvo efectos significativos sobre la producción a 305-d de la segunda lactancia.

Cuadro 9. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre la producción a 305 días de la segunda lactancia.

Variable	Estrato	Estimado	Diferencia	EE*	P**
Intercepto			6 272,15	245,09	<0,0001
EPP (meses)	<26	6 079,52	447,53	84,22	<0,0001
	26-33,6	5 897,13	265,14	71,21	0,0002
	>33,6	5 632,00	0	0	0
ESP (meses)	<39,1	5 684,66	-380,18	85,68	<0,0001
	39,1-48,1	5 859,15	-205,69	67,83	0,0024
	>48,1	6 064,84	0	0	0
Zona	bh-MB	6 325,67	1 655,77	194,98	<0,0001
	bh- P	6 220,95	1 551,05	188,60	<0,0001
	bmh-P	5 700,62	1 030,73	198,84	<0,0001
	bmh-T	5 993,17	1 323,27	186,24	<0,0001
	bp-MB	5 646,84	976,95	188,46	<0,0001
	bp-P	6 529,72	1 859,82	192,77	<0,0001
	bmh-M	4 669,90	0	0	0
Tipo de parto de la vaca	Normal	6 006,94	274,77	90,59	0,0024
	Distócico	5 732,17	0	0	0
	Distócico sin RMF	6 057,93	376,75	109,47	0,0006
	Distócico con RMF	5 681,18	0	0	0
Endogamia	<6,25%	5 890,80	42,48	75,84	0,57
	≥6,25%	5 848,31	0	0	0
KG305-d 1° lactancia	<3948	5 371,73	-1 195,18	60,21	<0,0001
	3948-6386	5 670,02	-896,89	38,63	<0,0001
	>6386	6 566,91	0	0	0
Días seca 1° lactancia	<57	5 731,84	-155,92	52,91	0,0032
	57-91	5 989,06	101,30	48,38	0,0364
	>91	5 887,76	0	0	0

*EE= error estándar de la diferencia

**P= valor de P de la diferencia

4.5.3. Intervalo parto-concepción (IPC).

Las variables EPP y ESP afectaron significativamente el IPC, mostrando una diferencia de 86,51 días más en las vacas con una EPP < 26 meses y de 58,33 días en las vacas con EPP entre los 26 y 33 meses, en comparación con las vacas cuyo primer parto se dio sobre los 33 meses. Por el contrario, las vacas cuyo segundo parto ocurrió antes de los 39 meses, o entre 39 y 48 meses, presentaron una diferencia de -139,27 y -91,46 días abiertos, en comparación con las vacas con ESP > 48 meses (Cuadro10). Además, con respecto a la variable ecozona, se observan diferencias significativas principalmente en las zonas correspondientes a bh-MB, bh-P y bmh-P, en las cuales el IPC se reduce entre 11 y 16 días (Cuadro10).

Por otro lado, las variables tipo de parto, coeficiente de endogamia y producción a 305d de la primera lactancia no afectaron el IPC de la segunda lactancia (Cuadro 10).

Finalmente, tomando como punto de referencia las vacas con mayor período de secado (>91 días), las vacas con < 57 días y las que tuvieron entre 57 y 91 días, muestran diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) de 37,78 y 43,29 días menos en su IPC (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre el intervalo parto-concepción (IPC) de la segunda lactancia.

Variable	Estrato	Estimado	Diferencia	EE*	P**
Intercepto			283,89	8,41	<0,0001
EPP (meses)	<26	199,92	86,51	3,01	<0,0001
	26-33,6	171,74	58,33	2,49	<0,0001
	>33,6	113,41	0	0	0
ESP	< 39,1	99,33	-139,27	3,05	<0,0001
	39,1-48,1	147,14	-91,46	2,36	<0,0001
	>48,1	238,60	0	0	0
Zona	bh-MB	160,18	-11,22	5,45	0,0396
	bh- P	156,44	-14,97	5,31	0,0049
	bmh-P	155,34	-16,06	5,67	0,0046
	bmh-T	162,90	-8,50	5,23	0,1041
	bp-MB	161,80	-9,61	5,28	0,0688
	bp-P	163,78	-7,62	5,38	0,15
	bmh-M	171,41	0	0	0
Tipo de parto de la vaca	Normal	163,07	2,74	3,69	0,4569
	Distócico	160,32	0	0	0
	Distócico sin RMF	162,88	2,37	4,69	0,6127
	Distócico con RMF	160,50	0	0	0
Días seca 1° lactancia	<57	150,93	-37,78	1,92	<0,0001
	57- 91	145,43	-43,29	1,85	<0,0001
	>91	188,72	0	0	0
Endogamia	<6,25%	160,62	-2,13	2,70	0,4294
	≥6,25%	162,76	0	0	0
KG305-d 1° lactancia	<3948	163,67	2,06	1,92	0,2822
	3948-6386	159,81	-1,79	1,57	0,2529
	>6386	161,60	0	0	0

*EE= error estándar de la diferencia

**P= valor de P de la diferencia

4.5.4. Servicios por concepción (SPC).

Los SPC de la segunda lactancia fueron afectados tanto por la EPP como por la ESP. Al comparar las vacas con una menor EPP (<26 meses) y las que paren entre los 26 y 33 meses de edad, con respecto a las que paren >33 meses, se observa una diferencia

significativa de 0,98 y 0,64 más en los SPC ($p < 0,0001$). A diferencia, al tomar como punto de comparación las vacas de mayor ESP, las vacas que parieron por segunda vez antes de los 39 meses y entre los 39 y los 48 presentan diferencias significativas ($p < 0,0001$) de -1,35 y -0,87 SPC (Cuadro 11).

Con respecto al efecto de la producción a 305 días en la primera lactancia, las vacas con una producción $< 3\ 948$ kg y las que tuvieron una producción entre 3948-6386 kg presentan una diferencia altamente significativa de -0,42 y -0,23 SPC, en comparación con las vacas que tuvieron una mayor producción ($p < 0,0001$). Asimismo, se observan diferencias significativas ($p < 0,0001$) tanto en las vacas con un período de secado de 57 días (-0,69 SPC), así como en las vacas cuyo período seco comprendió entre 57 y 91 días (-0,70 SPC) en relación a las vacas con un período seco más extenso (Cuadro 11).

Por otro lado, contrario al patrón observado para la primera lactancia, donde la variable ecozona únicamente afectó los SPC en la zona correspondiente a bmh-P, todas las zonas presentan diferencia significativas en los SPC con respecto a la zona correspondiente al bmh-M, las cuales van desde -0,29 a -0,50. Además, al igual que en la primera lactancia, las variables tipo de parto y coeficiente de endogamia no afectaron significativamente los SPC (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre los servicios por concepción (SPC) de la segunda lactancia.

Variable	Estrato	Estimado	Diferencia	EE*	P**
Intercepto			4,05	0,16	<0,0001
EPP (meses)	<26	2,64	0,98	0,05	<0,0001
	26-33,6	2,30	0,64	0,04	<0,0001
	>33,6	1,65	0	0	0
ESP (meses)	<39,1	1,58	-1,35	0,05	<0,0001
	39,1- 48,1	2,07	-0,87	0,04	<0,0001
	>48,1	2,94	0	0	0
Zona	bh-MB	2,29	-0,29	0,10	0,0063
	bh- P	2,03	-0,55	0,10	<0,0001
	bmh-P	2,05	-0,53	0,11	<0,0001
	bmh-T	2,17	-0,41	0,10	<0,0001
	bp-MB	2,16	-0,42	0,10	<0,0001
	bp-P	2,08	-0,50	0,10	<0,0001
	bmh-M	2,58	0	0	0
Tipo de parto de la vaca	Normal	2,19	-0,005	0,07	0,9421
	Distócico	2,20	0	0	0
	Sin RMF	2,20	0,007	0,08	0,9370
	Con RMF	2,19	0	0	0
Endogamia	<6,25%	2,22	0,05	0,05	0,2821
	≥6,25%	2,17	0	0	0
KG305-d 1° lactancia	<3948	1,99	-0,42	0,03	<0,0001
	3948-6386	2,18	-0,23	0,03	<0,0001
	>6386	2,42	0	0	0
Días Seca 1° lactancia	<57	1,97	-0,69	0,03	<0,0001
	57- 91	1,96	-0,70	0,03	<0,0001
	> 91	2,66	0	0	0

*EE= error estándar de la diferencia

**P= valor de P de la diferencia

5. DISCUSIÓN

5.1. Estadística descriptiva.

La media de la EPP determinada en el presente estudio para vacas de la raza Holstein puras de diferentes hatos lecheros especializados de Costa Rica fue de 30,6 meses. Durante el periodo de estudio se mantuvo entre los 30 y 31 meses del año 1998 al año 2005, a partir del cual se presentó una tendencia de disminución en los años 2006 y 2007 hacia 29 y 28 meses, respectivamente. El promedio de EPP observado es mayor a los reportados para la raza Holstein en países como Estados Unidos (25,9 meses; Heinrich et al., 1994), Italia (26 meses; Pirlo, 1997), Irán (26,8 meses, Nilforooshan y Edriss, 2004), España (28,6 meses; Perez et al., 1999) e incluso en Colombia (26,72 meses; Bolivar et al., 2009) bajo condiciones climáticas similares a algunas zonas de Costa Rica (bh- MB). Asimismo, el dato es similar al observado en trabajos anteriores realizados en fincas de Honduras y Costa Rica ($29,20 \pm 0,2$ meses; Moncayo, 2004), en Perú bajo condiciones de pastoreo (31 meses $\pm 0,11$; Marini et al., 2007) y en Egipto bajo condiciones semiáridas (30,7 meses; Hammoud et al., 2010). Estas variaciones podrían ser atribuidas a condiciones nutricionales, climáticas y de manejo (Hussein y El Agawany, 2009).

En el presente estudio, el promedio para la producción corregida a 305 días en la primera lactancia correspondió a 5288 kg; siendo similar al promedio indicado en un estudio realizado en Costa Rica para la raza Holstein de 6281 ± 2098 kg (Vargas y Gamboa, 2008) y al promedio reportado para Colombia de 5761 ± 1735 kg (Cerón et al., 2001). Dicho resultado es superior a lo reportado por Molina & Boschini (1979) de una producción corregida a 305 días de $4053,78 \pm 850,5$ kg y a los obtenidos por Carvajal et al. (2002) en su estudio en vacas Holstein en México donde el promedio general de producción

de leche durante la lactancia fue de 2918.3 ± 67.6 kg y hasta los 305 días de 2635 ± 51.9 kg. Sin embargo, dicho valor es mucho menor a los mencionados en países como EEUU (11920 kg) e Irán (7082 kg) para esta raza (Animal Improvement Program Laboratory, 2008; Rokouei, 2010). Estas diferencias productivas con respecto a otros países, se deben a que la raza Holstein tiene el potencial para producir mayores volúmenes de leche, sin embargo, las condiciones ambientales del trópico a las que se encuentra sometida la limita (Carvajal et al., 2002). Además, son el reflejo de diferencias geográficas (pisos altitudinales), meteorológicas y de condiciones de manejo como la nutrición, el sistema de producción (pastoreo vs. estabulado) y el número de ordeños al que se someten las vacas en un día, las cuales son características propias de cada región.

El promedio de IPC de la primera lactancia en el presente estudio (148,73 días) es menor al reportado en Argentina, donde la raza Holstein pura tuvo un IPC de 159 días Moncayo (2004). Según los índices publicados por Wattiaux (2003) todas las razas y composiciones raciales se encuentran por encima de los valores óptimos para esta variable, pero dentro de lo aceptable (140 días) excepto la raza Holstein pura que se encuentra por encima de este valor. Sin embargo, Marini et al. (2007) reportaron valores menores en esta raza, de alrededor de $140,3 \pm 3,97$ y $121,0 \pm 3,18$ en su IPC en vacas de baja (24 meses) y alta EPP (36 meses).

Por otro lado, los SPC requeridos por las vacas del presente estudio posterior a su primer parto (1,44), son menores a los reportados por estudios anteriores, donde los animales requirieron alrededor de 2 servicios por concepción. (Moncayo, 2004; Manguasha y León, 2007; Marini et al., 2007).

4.2. Edad al primer Parto

Al analizar el efecto de variables de tiempo lugar y animal sobre la EPP, se determinó que la EPP no presenta diferencias significativas entre estratos según la época de nacimiento y el número de lactancia de la madre; no así según la zona ecológica, el año de nacimiento, el tipo de parto de la madre y el coeficiente de endogamia de la vaca.

En el presente estudio se observó un efecto significativo de la ecozona sobre la EPP, donde las vacas que habitan bh-MB, bp-P y bh-P son las que presentan una menor EPP (29-30 meses). Lugares como Poás, Vara Blanca, Zarcero, Coronado, Heredia, entre otros; donde se desarrolla gran parte de la actividad productiva de lechería especializada de Costa Rica están ubicados en estas zonas ecológicas. Estos tipos de bosques corresponden a áreas altas, con un índice de precipitaciones de 1200- 4000 mm /año y con una temperatura ambiental entre los 12- 24 °C (Anexo 2). Dichas condiciones propician un adecuado crecimiento de forrajes, tales como el pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) que en las zonas de altura de Costa Rica presenta un valor promedio de 22,6% de proteína cruda valor considerado alto para forrajes tropicales, favoreciendo así un buen desempeño productivo en la raza Holstein que proviene originalmente de zonas de clima templado. Asimismo, otros pastos como el Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), San Juan (*Setaria anceps*) y *Brachiaria ruzi*(*Brachiaria ruzi*) en el trópico húmedo de Costa Rica presentan valores promedio de proteína cruda de 14.8, 13.6 y 12.4, respectivamente (Anexo 3). Además, los forrajes tropicales se caracterizan por contener cantidades de energía inferiores y niveles de fibra superiores a los que poseen los forrajes de clima templado (Anexos 4 y 5

Por el contrario, los animales ubicados en las zonas bmh- P, bmh-T, bp-MB y bmh-M mantienen una EPP entre los 31-32 meses. Entre los lugares que practican la ganadería lechera ubicados en estas ecozonas están San Carlos, Aguas Zarcas, Pital, Sarapiquí, la

zona de Turrialba y las cercanías del volcán Irazú, etc. Las zonas bmh-T y bmh-P se caracterizan por temperaturas elevadas y alta humedad relativa, con preponderancia de sistemas de pastoreo (Quesada, 2007). Según el índice de humedad y temperatura (ITH), cuando se alcanzan valores superiores a 72 en el ITH, los cuales se obtienen a temperaturas $\geq 22^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa altas, el animal se encuentra en un estado de estrés calórico (Smith et al., 2006). El estrés calórico repercute directamente en el desempeño productivo del ganado, ya que afecta los mecanismos de termorregulación animal (evaporación, conducción, convección y radiación) (Collier et al., 2006), afectando su zona de confort o termoneutralidad ($5\text{-}25^{\circ}\text{C}$), lo que a su vez altera el consumo de alimento (West 2003), las concentraciones hormonales (Jordan, 2003) y el metabolismo (Kadzere et al., 2002); por lo cual las condiciones presentes en estas zonas podrían contribuir a que se dé un retraso en la entrada a pubertad y consecuentemente la edad de primera concepción y parto. Estos resultados concuerdan con un estudio realizado en Costa Rica donde se observaron efectos altamente significativos de zona agroecológica ($p < 0.01$) sobre la EPP, donde las zonas donde se presentaron mayores EPP fueron bh-T y bs-T y la zona bh-MB presentó la menor EPP (Vargas y Ulloa, 2008).

Se observaron cambios estadísticos significativos en la EPP según el año de nacimiento de las novillas; mostrando diferencias de un año a otro desde el año 2004 al 2007. Ossa et al. (2007) y Hammoud et al. (2010) reportan que el año de nacimiento de la ternera fue una causa estadísticamente significativa ($P < 0,0001$) de la variación de la edad al primer parto. Este efecto podría ser consecuencia de que las variaciones climatológicas que ocurren de un año a otro, repercuten en la fisiología propia del animal, así como también los cambios en los sistemas de alimentación (la cantidad y la calidad del forraje) y manejo de los hatos lecheros (Carvajal et al, 2002; Hammoud et al., 2010). Además, para el

año 2008 se observó una marcada disminución de la EPP (media: 26,13 meses) con respecto a los anteriores; dicha diferencia podría ser atribuida a una menor cantidad de datos obtenidos para este año (n=1279) en el programa VAMPP Bovino 3.0 consecuente a una falla en la recolección o reporte de la información por parte de los productores de algunas fincas.

Por otro lado, el presente estudio mostró que la época de nacimiento de la vaca no presenta efecto significativo sobre la EPP, ya que se observó que, independiente de la época, la EPP se mantuvo entre los 30-31 meses, lo cual coincide con Hammoud et al., (2010) quienes reportan que la época de nacimiento no tuvo efectos significativos en la EPP en vacas Holstein en Egipto, ya que las novillas nacidas en invierno tuvieron la menor EPP (29.9 ± 0.4 meses), mientras que las que nacieron en las otras épocas oscilaron entre 30.7 ± 0.4 y 31.2 ± 0.4 meses. Aunque, difiere de un estudio realizado en Colombia en animales doble propósito (Ossa et al., 2007), el cual constató un efecto significativo ($P < 0,001$) del mes de nacimiento sobre la edad al primer parto, argumentando que los efectos provenientes del mes de nacimiento sobre la edad al primer parto pueden derivarse en parte, de las diferencias de alimentación en las épocas de verano e invierno las cuales, a su vez, se reflejan en el crecimiento y reproducción de las novillas. Asimismo, Casas y Tewolde (2001) indican que el efecto de época del año, además de la disponibilidad de alimento, está sujeta a otros factores como tolerancia a temperaturas ambientales elevadas y la eficiencia en la detección de celo; los cuales influyen en la expresión de características asociadas con la eficiencia reproductiva en condiciones tropicales.

El número de lactancia de la madre no tuvo efecto significativo sobre la EPP, ya que se observó que, independiente del número de lactancia, las hijas mantuvieron una EPP entre los 29 y los 30 meses; excepto, en las vacas hijas de primerizas en las que se observó una

mayor EPP (31,5 meses). En un estudio realizado en Venezuela por Sánchez y Martínez (2010) en vacas doble propósito, el número de parto de la madre no tuvo efectos significativos sobre EPP. Por su parte, Berry, et al., (2008), determinaron que sí existe un efecto de la madre sobre el rendimiento de su progenie, especialmente cuando se enfrenta a condiciones uterinas pobres, que producen una alteración de la expresión genética del feto, como por ejemplo dietas insuficientes durante el periodo de gestación, que pueden provocar, debido a un balance negativo, bajos rendimientos productivos de las hijas (Berry, et al., 2008). No obstante, la EPP no es una variable que se vea afectada por el número de lactancia de la madre (Berry, et al., 2008).

Al analizar el efecto de las variables tipo de parto y coeficiente de endogamia sobre la EPP, se determinó que las vacas cuya madre presentó un parto distócico alcanzaron la EPP a una edad de 28 meses, mientras que las vacas nacidas de un parto normal mostraron una EPP de 30 meses. Sin embargo, en estudios realizados anteriormente, el tipo de parto de la madre no ha sido asociado con variaciones en la EPP (Thompson et al., 1983; Ettema y Santos, 2004). Asimismo, las vacas con un coeficiente de endogamia $\geq 6,25\%$ mostraron una EPP de 28 meses, en contraste con los individuos con un coeficiente de endogamia $< 6,25\%$ en los cuales la EPP se presentó alrededor de los 30 meses. Este resultado es contradictorio con recientes estudios que indican una asociación entre el aumento del nivel de consanguinidad, inclusive cuando es superior al 0,07 % y el incremento de la EPP (Vélez et al., 2002; MC Parland et al., 2009; Rokouei et al., 2010).

4.3. Edad al segundo Parto

Las diferentes variables de tiempo, lugar y animal que determinaron cambios en la EPP, igualmente influyeron en la presentación de la ESP, siendo que las variables referentes a ecozona, año de nacimiento, tipo de parto y nivel de endogamia mostraron un patrón similar al descrito anteriormente para la EPP. Asimismo, según las variables época de nacimiento y número de lactancia de la madre, la ESP no mostró cambios significativos.

4.4. Análisis Multivariado de la primera lactancia

Para analizar el efecto real sobre la primera lactancia, se estudió de manera conjunta, el impacto de la EPP y de las variables ambientales (zona ecológica, año de nacimiento y época del año) y de la vaca (lactancia de la madre, tipo de parto, índice de endogamia).

Se determinó un efecto significativo de la edad al primer parto (EPP) sobre la producción de leche de la primera lactancia; donde las vacas con una EPP de 26 meses y entre 26 y 33,6 meses mostraron un decremento en su producción de 354,78 kg y 105,60 kg, en comparación con las vacas con una EPP > 33,6 meses. Lo anterior concuerda con estudios previos que indican disminución en la producción de leche en la primera lactancia con la reducción de la EPP (< 25 meses) (Pirlo et al., 2000), y mayor producción a medida que la EPP aumenta (Bouissou, 1997; Ettema y Santos, 2004; Geha, 2009). Aunque, difiere de lo reportado por Rodríguez & Martínez (2008), donde la EPP no afectó la producción de la primera lactancia. Nilforooshan y Edriss (2004) indican que la EPP puede afectar significativamente la producción de leche, el porcentaje de grasa, el tiempo de vida y la vida productiva. Asimismo, Pirlo et al. (2000) mencionan que el efecto negativo de un parto temprano sobre la producción láctea podría ser causado por diferentes factores, como

una alta ganancia de peso antes de la pubertad, pero el factor más probable es el bajo peso corporal en las novillas al comienzo de la primera lactancia (Pirlo et al., 2000).

Por otra parte, cuando se analiza el efecto de las variable ecozona, las zonas con mayores índices productivos corresponden a la de bp-P, la cual incluye las cordilleras volcánica central, de Tiláran y Talamanca así como la vertiente Atlántica; el bh-MB, que corresponde a las localidades de Zarcero y Ochomogo; el bh-P, el cual predomina en el Valle Central del país y el bmh-T ubicado en las llanuras del noreste del país (San Carlos, Sarapiquí y Tortuguero) y las regiones del Atlántico Sur y Pacífico Sur (Quesada, 2007). Estas zonas agroecológicas se caracterizan por mantener temperaturas $\leq 24^{\circ}\text{C}$, una altitud media (500-2000 msnm) y precipitaciones de 1000 a 2000 mm anuales, con excepción de las zonas bp-P que difiere en cuanto a precipitaciones (4000 mm/año) y bmh-T cuyas características son mayores a las descritas (Anexo 2). Estas condiciones tropicales favorecen un adecuado crecimiento de los pastos (Wing Ching-Jones et al., 2008), especialmente de pastos ricos en proteína mencionados anteriormente, beneficiando el rendimiento productivo de los animales; ya que por el contrario, las temperaturas y humedad relativa altas son condiciones que afectan la expresión del potencial genético de los animales y comprometen su bienestar (Kadzere et al. 2002).

Asimismo, las zonas donde se observó una menor producción corresponden al bmh-P y bp-MB, las cuales se ubican a lo largo de las cordilleras en ambas vertientes y en las cercanías de la Cordillera de Talamanca y Volcánica Central, respectivamente; estas regiones del país presentan precipitaciones que pueden alcanzar de 4000-8000 mm/año y temperaturas de 12 a 24° C. Entre las condiciones ambientales que se relacionan y repercuten con la productividad láctea, se citan la temperatura ambiental (West y col 2003;

Settivari et al., 2007), la humedad relativa (Bohmanova et al., 2007; Wing Ching-Jones et al., 2008), la radiación solar (Tucker et al., 2007), la velocidad del viento (Nassuna-Musoke et al., 2007), el efecto de la duración del día (Barash et al., 2001) y la precipitación diaria (Garcia-Ispierto et al., 2007; Wing Ching-Jones et al., 2008). En este caso las altas precipitaciones podrían ser el factor que contribuye a una baja en la producción de leche de estas zonas, así como la presencia de suelos de tipo utilisoles característicos de zonas más bajas, los cuales son muy ácidos, pobres en microelementos y de baja fertilidad, limitando el adecuado crecimiento y contenido nutricional de los pastos (Henríquez et al., 2001). Los pastos tropicales están en desventaja con relación a los de clima templado debido a que las temperaturas altas a que crecen los forrajes tropicales, así como su exposición mayor a enfermedades y depredadores, son responsables de sus niveles altos de lignina y bajos de nitratos, proteína y carbohidratos no fibrosos, cualidades que hacen que sus valores nutricionales sean medios o bajos. Otro aspecto que reduce la calidad de los forrajes tropicales es que éstos se han adaptado a zonas geográficas con noches largas, durante las cuales los carbohidratos solubles se oxidan, produciéndose una relación baja entre los carbohidratos no fibrosos y la proteína degradable. Esta condición reduce la síntesis de proteína microbiana en el rumiante que consume estos pastos (Sánchez, 2001).

Con respecto a los parámetros reproductivos, se determinó que la condición de retención de membranas fetales al parto afectó negativamente disminuyendo la producción láctea de los animales que la presentan. Lo anterior es concordante con Haworth et al., (2008), quienes afirman que las complicaciones de parto pueden implicar un deterioro de la posterior producción láctea del animal.

Por otro lado, al analizar el efecto producido por la variable referente a endogamia sobre el nivel de producción, se determinó que animales con un nivel de endogamia

<6,25% tuvieron una producción mayor en 134,96 kg, con respecto a animales que poseen un valor $\geq 6,25\%$, esto confirma el efecto detrimental que indican varios autores de la consanguinidad sobre la producción de leche, los cuales indican que la disminución en la producción es de 55 kg por cada 1% de aumento (Smith et al, 1998; Cassell, 1999; Vélez et al. 2002; McParland et al., 2009; Rokouei et al., 2010).

Al analizar el efecto de las variables de animal y de ambiente sobre las variables reproductivas, se determinó que la EPP y la ecozona influyen sobre el IPC; dicho intervalo se reduce en alrededor de 13 y 8 días en las vacas con una EPP <26 meses y entre 26-33,6 meses, respectivamente, comparadas con las de EPP >33,6 meses. En contraste, Hussein y El Agawany (2009) determinaron que las vacas con EPP < 24 meses tuvieron un mayor IPC en comparación con las que parieron a una mediana edad (24-28 meses) y con las que parieron mas tarde (≥ 28 meses). Por otro lado, la variable ecozona afecta de manera importante el IPC, en el cual se presentó una disminución entre 11 y 33 días en la mayoría de las zonas, dicho efecto podría deberse a las diferencias en las características climatológicas ya citadas anteriormente. Igualmente, las vacas que no presentaron complicaciones al parto como la RMF se preñan 13 días antes que las que presentan tal condición. Esto debido a que los desordenes posparto pueden tener efectos detrimentales en el desempeño reproductivo posterior (Hincapié et al., 2003; Hussein y El Agawany, 2009).

Por otra parte, los animales cuya producción a 305 días fue baja y media, mostraron un IPC menor que las vacas con una mayor producción, concordando con lo observado en estudios anteriores, los cuales reportan asociaciones positivas entre la producción de leche y los indicadores reproductivos. Se indica que las novillas con mayor producción muestran un deterioro en su capacidad de reiniciar la actividad reproductiva luego del primer parto (Kim y Suh, 2003; Marini et al., 2007). Igualmente, Hussein y El Agawany (2009)

asociaron desordenes postparto con una alta producción de leche, especialmente en vacas que paren a edad media (≥ 24 -28 meses) y alta (> 28 meses), lo cual podría indicar la alta predisposición de las vacas con una producción superior a presentar desordenes posparto.

Cuando se analiza el efecto conjunto de la EPP y las demás variables dependientes sobre los SPC, las vacas con una EPP baja y media requirieron 1,1 y 0,6 servicios menos para preñarse con respecto a las vacas que parieron a una mayor edad. En contraste, Marini et al. (2007) determinaron que las novillas de menor edad al primer parto no se diferenciaron significativamente de las de mayor edad en el número de servicios por preñez. Asimismo, estudios anteriores (Bouissou, 1997; Marini y col., 2001; Hussein y El Agawany, 2009) no encontraron un efecto de la EPP sobre los indicadores reproductivos.

Igualmente a lo observado anteriormente para IPC, en las vacas con producción a 305 días baja y media se determinó una disminución en los SPC, ya que como se mencionó anteriormente, altas producciones de leche comprometen la eficiencia reproductiva posterior.

Otras variables como tipo de parto y coeficiente de endogamia no influyeron en los SPC de población estudiada. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de investigaciones recientes (Mc Parland et al., 2007; MC Parland et al, 2009; Rokouei et al., 2010), donde no se determinó ningún efecto negativo de la consanguinidad sobre las características reproductivas, excepto para el intervalo entre partos de la tercera lactancia y la EPP. Asimismo, únicamente la ecozona, correspondiente al bmh-P, mostró una disminución en los SPC de 0,18.

4.5. Análisis multivariado de la segunda lactancia

A diferencia de la primera lactancia, la producción de la segunda lactancia fue afectada además por otras variables como el período de secado y la producción a 305 días de la primera lactancia.

Con respecto al análisis del efecto de la EPP, contrario a lo observado en la primera lactancia las vacas con EPP baja y media tuvieron una mayor producción en 447,53 kg y 265,14 kg con respecto a las de mayor edad. En oposición, la ESP baja y media afectó negativamente esta producción siendo menor en 380 y 205 kg, respectivamente, lo que contrasta con estudios anteriores que determinaron que la producción de la segunda lactancia y lactancias posteriores no fue afectada por una reducida EPP (Lin et al., 1986; Gardner et al., 1988; Van Amburgh et al., 1998; Rodríguez y Martínez, 2008).

Al analizar el efecto de la variable ecozona sobre la producción de la segunda lactancia se determinó un patrón similar al de la primera lactancia donde, igualmente las zonas con menores índices productivos corresponden al bmh-P y bp- MB.

Con respecto al efecto de la variable tipo de parto sobre producción, contrario a lo observado en la primera lactancia donde esta variable no influyó, se observó un mayor rendimiento productivo (376,75 kg) en las vacas que no presentaron complicaciones al periparto parto, lo cual es esperable ya que, como se mencionó anteriormente las complicaciones de parto pueden afectar negativamente la producción láctea (Haworth, et al., 2008). Asimismo, la producción a 305 días de la primera lactancia se asoció con la producción de la segunda al mantenerse la tendencia a una menor producción en las vacas que tuvieron baja producción en la primera lactancia; siendo que las vacas cuya producción en primera lactancia fue baja y media mostraron en su segunda lactancia 1195 y 896 kg menos, respectivamente.

Además, en las vacas con un periodo de secado corto (<57 días) se observó una menor producción de 155,92 kg. Sin embargo, las vacas que tuvieron un periodo seco intermedio aumentaron su producción en alrededor de 100 kg. Elizondo (2007) indica que un periodo de descanso entre lactancias es esencial para obtener una producción máxima de leche en la lactancia subsiguiente. Asimismo, Annen et al. (2004) encontraron que animales de primer parto demostraron necesitar de un periodo de descanso mayor (al menos 60 días) que los animales con más de dos partos, en los cuales dicho periodo se redujo hasta 30 días no observándose implicaciones en el rendimiento productivo.

Por otro lado, contrario a lo observado en la primera lactancia el coeficiente de endogamia no influyó en la producción a 305 días de la segunda lactancia.

Al analizar el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre los parámetros reproductivos, tanto el IPC como los SPC fueron afectados por la EPP, la ESP, la ecozona y el periodo seco. Asimismo, ambos parámetros no se vieron perjudicados por el tipo de parto y el nivel de endogamia que presentaban los animales.

La producción a 305 días de la primera lactancia influyó en los SPC, pero no el IPC. Marini et al. (2007) indican que las novillas de primera parición tienen un potencial de producción que expresan independientemente de la edad a la que paren su primer ternero. Sin embargo, mantener esa producción con menor edad afecta negativamente su desempeño reproductivo posterior, no tanto la aparición del primer celo sino el logro de una segunda concepción efectiva. Asimismo, estos resultados coinciden en parte con lo expresado por Vélez et al. (2000) para quienes el balance energético negativo afectaría el restablecimiento de la actividad ovárica y el porcentaje de ovulaciones sin manifestación de celo, profundizado en vacas de primer parto una categoría que debe destinar parte de la energía consumida para completar su desarrollo.

6. CONCLUSIONES

Conforme a las nuevas tendencias mundiales, la EPP mostró una tendencia a la baja en CR, sin alcanzar las medias observadas en países con lechería especializada.

VARIABLES de animal, tiempo y ambiente mostraron un efecto sobre la EPP; lamentablemente, excepto el coeficiente de endogamia (a mediano y largo plazo), esos factores son no modificables en condiciones de pastoreo como en la gran mayoría de fincas estudiadas.

Es probable que el efecto observado de la EPP sobre la producción láctea en la primera lactancia afecte la vida productiva de la vaca dentro del hato. Se requiere de estudios posteriores que comprueben esa hipótesis.

Se evidenció un aparente efecto compensatorio en la producción de leche de la segunda lactancia respecto a la primera, producto de la ESP.

El efecto observado de la EPP sobre los parámetros reproductivos no fue similar en la primera y la segunda lactancia; así, en la primera lactancia el valor de estos parámetros es considerablemente menor al disminuir la EPP, efecto que se invierte en la segunda lactancia.

7. RECOMENDACIONES

La EPP puede ejercer diferentes efectos – positivos o negativos- en el rendimiento (re)productivo de un hato lechero, por lo que es fundamental la identificación de la correcta EPP para cada finca en particular, que permita una mayor producción de leche, la reducción de los costos de crianza sin sacrificar el desarrollo adecuado de las novillas, así como el mejoramiento de la eficiencia reproductiva.

Además, es de vital importancia un adecuado manejo nutricional tanto de la etapa de temprana de crianza como del periodo prepuberal de la hembras de reemplazo que les permita alcanzar un adecuado desarrollo corporal y reproductivo, lo cual es la base de un buen rendimiento (re) productivo a futuro.

Asimismo, es necesaria la participación del médico veterinario para orientar y ayudar al productor en la determinación de la EPP en la cual se obtenga la mejor producción láctea.

Se recomienda continuar la realización de futuras investigaciones acerca del tema, por ejemplo en otras composiciones raciales presentes en Costa Rica y sus respectivos cruces, así como el efecto sobre el porcentaje de grasa en leche, la vida productiva y el tiempo de vida de las vacas. También es importante que estudios similares involucren variables de peso al nacimiento, peso al primer servicio y peso al primer parto.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.I.P.L.(Animal Improvement Program Laboratory) [en línea] United States Department of Agriculture. Agric Res Serv. <http://www.aipl.arsusda.gov/>. (Consulta: 16 nov. 2011).
- Annen, E. L., R. J. Collier, M. A. McGuire, J. L. Vicini, J. M. Ballam, and M. J. Lormore. 2004. Effect of modified dry period lengths and bovine somatotropin on yield and composition of milk from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:3746-3761
- Barash H., N. Silanikove, A. Shamay, E.Ezra. 2001. Interrelationships among ambient temperature, day length and milk yield in dairy cows under a Mediterranean climate. *J. Dairy Sci.* 84:2314-2320
- Berry, D.P, P. Lonergan, S.T. Butler, A.R. Cromie, T. Fair, F. Mossa, C.O. Evans. 2008. Negative influence of high maternal milk production before and after conception on offspring survival and milk production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 91:329–337.
- Bolívar D.M, J.J. Echeverry, L.F. Restrepo, M.F. Cerón Muñoz. 2009. Productividad de vacas Holstein y Jersey en una zona de bosque húmedo montano bajo (Bh-MB). [en línea] *Livestock Research for Rural Development.*21:80. <http://www.lrrd.org/lrrd21/6/boli21080.htm> (Consulta: 28 jun. 2011)
- Bohmanova J, I. Misztal, J. Cole. 2007. Temperature humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* 90:1947–1956.

- Bormann, J., T. Druet, N. Gengler, G.R. Wiggans. 2002. Estimating effects of permanent environment, lactation stage, age, and pregnancy on test-day yield. *J. Dairy Sci.*, 85: 263.
- Botero L. Criterio para entrar novillas a toro.1990. In II Seminario de producción agropecuaria Mompox.
- Bouissou, R.G. 1997. Edad al primer parto. *Marca Líquida* 64: 41-44.
- Carvajal, M., E.R. Valencia, J.C. Segura. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán México. *Rev. Biomed.*, 13:25-31.
- Casas, E., & A. Tewolde. 2001. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 9: 63-67.
- Cassell, B.G. 1999. Effect of inbreeding on lifetime performance of dairy cows. *Advances in Dairy Technology.*, 11:13.
- Cedeño, D. A & L.B Vargas. 2004. Efecto de la raza y el manejo sobre la vida productiva del bovino lechero en Costa Rica. *Arch. Zootec.*, 53: 129-140.
- Cerón Muñoz M.F, H. Tonhati, C.N. Costa, S.D. Rojas, P.C. Solarte. 2004. Interacao genótipo-ambiente em bovinos da raza hóländesa brasileiros e colombianos. *Arch Zootec.*, 53: 239-248.
- Cerón Muñoz M.F, H. Tonhati1, C. Costa, F. Benavides. 2001. Interacción genotipo-ambiente en ganado Holstein colombiano. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 2: 74-78

- Collier R., G. Dahl, J. Van Baale. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 89:1244–1253.
- Elizondo S.J. 2007. Periodo seco corto en ganado de leche. [en línea] *Rev. electrón. vet.*,5:22-30.<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050507.html> (Consulta: 18 ene. 2012).
- Ettema, J., & J. Santos. 2004. Impact of age at first calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holstein on comercial farms. *J.Dairy Sci.*, 87: 2730-2742.
- Grajales . H, A. Hernández y E. Prieto. 2006. Edad y peso a la pubertad y su relación con la eficiencia reproductiva de grupos raciales bovinos en el trópico colombiano. [en línea] <http://www.lrrd.org/lrrd18/10/graj18139.htm> (Consulta: 10 mar.2011).
- García-Ispuerto I., G. F. Lopez, G.S. Bech, P. Santolaria, J. Yaniz, C.Nogareda, F. De Rensis, M.B Lopez. 2007. Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain. *Theriogenology* 67:1379–1385.
- Gardner, R. W, L. W. Smith, and R. L. Park. 1988. Feeding and management of dairy heifers for optimal lifetime productivity. *J. Dairy Sci.*, 71: 996-999.
- M.H. Hammoud, S. Z. El-Zarkouny, E. Z. M. Oudah. 2010.Effect of sire, age at first calving, season and year of calving and parity on reproductive performance of Friesian cows under semiarid conditions in Egypt. *Archiva Zootechnica.*, 13: 60-82.
- Hare, E., H. Norman, J. Wright. 2006. Trends in calving age and calving intervals for dairy cattle breeds in the United States. *J. Dairy. Sci.*, 89: 365-370.

- Holdrige, L. R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, C. R.
- Haworth, G., W. Tranter, J. Chuck, Z. Cheng, & D. Wathes. 2008. Relationships between age at first calving and first lactation milk yield, and lifetime productivity and longevity in dairy cows. *Vet. Rec.* ,162 : 643-647.
- Heinrichs, A. J., S. J. Wells, H. S. Hurd, G. W. Hill, and D. A. Dargatz. 1994. The national dairy heifers evaluation project: a profile of heifer management practices in United States. *J. Dairy Sci.* 77:1548–1555. Buscar este artículo
- Heinrichs, A.J., B.S. Heinrichs, O. Harel, G.W. Rogers, N.T. Place. 2005. A prospective study of calf factors affecting age, body size, and body condition score at first calving of Holstein dairy heifers. *J. Dairy Sci.*, 88: 2828-2835.
- Henríquez. C, Cabalceta.G, Bertsch. F, Alvarado.A. 2001. Principales Suelos de Costa Rica [en línea]. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html (Consulta: 24 feb 2012).
- Hincapié J.J, G. Blanco, E. Campo. 2003. Trastornos reproductivos en la hembra bovina. Prografic, Tegucigalpa, Honduras.
- Hoffman, P. C., N. M. Brehm, S. G. Price, and A. Prill-Adams. 1996. Effect of accelerated postpubertal growth and early calving on lactation performance of primiparous Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, 79:2024-2031.
- Jordan E. 2003. Effects of heat stress on reproduction. *J. Dairy Sci.*, 86: 104–114.

- Kadzere C., M. Murphy, N. Silanikove, E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science.*, 77:59–91.
- Kim, I.H. and Suh, G.H. 2003. Effect of the amount of body condition loss from the dry to near calving periods on the subsequent body condition change, occurrence of postpartum diseases, metabolic parameters and reproductive performance in Holstein dairy cows. *Theriogenology.*, 60, 1445-1456.
- Lin, C. Y., A. J. McAllister, T. R. Batra, A. J. Lee, G. L. Roy, J. A. Vesely, J. M. Wauthy and K. A. Winter. 1986. Production and reproduction of early and late bred dairy heifers. *J. Dairy Sci.*, 69:760-768.
- Losinger, W. C., and A. J. Heinrichs. 1996. Dairy operation management practices and herd milk production. *J. Dairy Sci.* 79:506–514.
- Marini, P.R., A. Charmandarian, M.I.Oyarzabal. 2001. Indicadores productivos y reproductivos de vacas de diferentes edades al primer parto en sistemas a pastoreo. *Sitio Argentino de Producción Animal.*, 9.(Supl.1)
- Marini, P.R., A. Charmandarian, R.J. Di Masso. 2007. Desempeño productivo y reproductivo de vacas de diferentes edades al primer parto en sistemas a pastoreo [en línea]. *Sitio Argentino de Producción Animal.* <http://www.produccion-animal.com.ar/>. (Consulta: 20 feb. 2011)
- Mauguashca, G.J & V.V. León. 2006. Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en el hato lechero de la hacienda “San Luís”. Machachi, Pichincha. Vol 21

- Geha M. J. 2009. Effects of inbreeding and age at first calving on milk yield and failed services in first lactation of bST and non-bST treated Holstein cows. [en línea] .<http://digitalcommons.unl.edu/dissertations/AAI3352316>
- Moncayo, G. 2004. Evaluación del desempeño productivo y reproductivo de las razas Holstein, Pardo Suizo y sus cruces en dos fincas de Honduras y una de Costa Rica. El Zamorano, Honduras.
- Moore, R. K., B. W. Kennedy, L. R. Schaeffer, and J. E. Moxley. 1990. Relationships between reproduction traits, age and body weight at calving, and days dry in first lactation Ayrshires and Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 73:835-842.
- Moore, R. K., B. W. Kennedy, L. R. Schaeffer, and J. E. Moxley. 1991. Relationships between age and body weight at calving and production in first lactation Ayrshires and Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 74:269–278.
- Nassuna-Musoke G., J. Kabassa, M. King. 2007. Response of friesian cows to microclimate on small farms in warm tropical climates. *Journal of Animal and Veterinary Advances.*, 6:899-906.
- Nilforooshan, M.A & M.A. Edriss. 2004. Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan Province. *J. Dairy Sci.*, 87: 2130-2135.
- Ossa, G.A, Suárez, M.A y Pérez, J.E. 2007. Factores ambientales y genéticos que influyen la edad al primer parto y el intervalo entre partos en hembras de la raza criolla Romosinuano. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria.*, 8: 74-80.

- Parland, S.M., J.F. Kearney, M. Rath, D.P. Berry. 2007. Inbreeding effects on milk production, calving performance, fertility, and conformation in Irish Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 90:4411–4419
- Perez, M. A., D. Hernandez, R. Alenda, M. J. Carabano, and N. Charfeddine. 1999. Genetic analysis of true profit for Spanish dairy cattle. [en línea]. *Interbull*. <http://www.interbull.slu.se/bulletins/bulletin23/perez.pdf>.
- Pirlo, G. 1997. Rearing cost of replacement heifer and optimal age at first calving. *L Informatore Agrario.*, 9:12.
- Pirlo, G., F. Miglior, M. Speroni. 2000. Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs on Italian holsteins. *J. Dairy Sci.*, 83: 603-608
- Quesada Monge, R. . Instituto Tecnológico de Costa Rica .2007. Memorias del IX Congreso Nacional de Ciencias: Exploraciones fuera y dentro del aula. Bosques de Costa Rica. Ago. 24 y 25, Cartago.
- Radcliff, R. P., M. J. VandeHaar, L. T. Chapin, T. E. Pilbeam, D. K. Beede, E. P. Stanisiewski, and H. A. Tucker. 2000. Effects of diet and injection of bovine somatotropin on prepubertal growth and first-lactation milk yields of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 83:23-29.
- Radostits, O. 2003. *Herd Health: food animal production medicine*. 3rd. ed. W.B. Saunders, Pensilvania, U.S.

- Rodríguez V.A, V. Omar, W. Berbin, M. Rodríguez. 1998 .El gen y formación del ganado tipo Yaracal: comportamiento productivo y reproductivo. *In* Mejora de la ganadería mestiza doble propósito. Ed. Maracaibo, Venezuela.
- Rodríguez G. y Martínez G.E. 2008. Efecto de la edad al primer parto, grupo racial y algunos factores ambientales sobre la producción de leche y el primer intervalo entre partos en vacas doble propósito. *Arch Med Vet.*, 40: 7-22.
- Rokouei, M., Vaez Torshimi, R., Moradi Shahrabak, M., Sargolzaei, M. and Sorencen, A. C. 2010. Monitoring inbreeding trends and inbreeding depression for economically important traits of Holstein cattle in Iran. *J. Dairy Sci.*, 93:3294-3302.
- Romero, JJ., Estrada, S., Pérez, E. 2000. Uso del sistema de información VAMPP en investigaciones a gran escala. *In* XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Set., 11-15., Panamá.
- Sánchez, G. y G. Martínez. 2010. Algunos factores no genéticos y de grupo racial que afectan la edad al primer parto en vacas doble propósito. *Rev. Fac. Agron.* 36: 125-133.
- Sánchez, J.M. 2001. El valor nutritivo de algunos pastos tropicales de Costa [en línea]. Programa de Registro y Control de Calidad de Alimentos para Animales. <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/pcpt.htm> (Consulta: 24 feb. 2012).
- Settivari R., J. Spain, M. Eilersieck, J. Byatt, R. Collier, D. Spiers. 2007. Relationship of thermal status to productivity in heat-stressed dairy cows given recombinant bovine somatotropin. *J. Dairy Sci.*, 90:1265–1280.

- Smith L.A, B.G. Cassell, R.E. Pearson. 1998. The effects of inbreeding on the lifetime performance of dairy cattle. *J Dairy Sci.*, 81: 2729-2737.
- Solano Patiño, C., & B. Vargas Leitón. 1997. El crecimiento de novillas de reemplazo en fincas lecheras de Costa Rica: el efecto de la velocidad de crecimiento y edad al primer parto sobre la subsecuente producción de leche. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 5: 37-50.
- SAS Institute Inc., SAS®. User's Guide. Version 6. Fourth Edition. Cary, NC, USA. SAS Institute Inc. 1990. 943 pp.
- Smith, T., A. Chapa, S. Willard, C. Herndon, R. Williams, J. Crouch, T. Riley, D. Pogue. 2006. Evaporative tunnel cooling of dairy cows in the southeast II: impact on lactation performance. *J. Dairy Sci.*, 89:3915–3923.
- Studer, E. 1998. A veterinary perspective of on-farm evaluation of nutrition and reproduction. *J. Dairy Sci.*, 81:872–876.
- Thompson, J.R., E.J. Pollak, C.L. Pelissier. 1983. Interrelationships of parturition problems, production of subsequent lactation, reproduction, and age at first calving. *J. Dairy. Sci.*, 66: 1119-1127.
- Tucker C., A. Rogers, K. Schutz . 2007. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in pasture-based system. [en línea] *Applied Animal Behaviours Science*. Doi: 10.1016/j.applanim.2007.03.015.

- Van Amburgh, M. E., D. M. Galton, D. E. Bauman, R. W. Everett, D. G. Fox, L. E. Chase, and H. N. Erb. 1998. Effects of three prepubertal body growth rates on performance of Holstein heifers during first lactation. *J. Dairy Sci.*, 81:527-538.
- Vargas Leitón, B & Z.G. Gamboa. 2008. Estimación de tendencias genéticas e interacción genotipo x ambiente en ganado lechero de Costa Rica. *Téc Pecú Méx.*, 46:371-386.
- Vargas, B & J. Ulloa. 2008. Relación entre curvas de crecimiento y parámetros reproductivos en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. [en línea] *Livestock Research for Rural Development* 20: 7 <http://www.lrrd.org/lrrd20/7/varg20103.htm> (Consulta: 03 ago. 2011).
- Vicini, J. L., S. E. Bettis, S. C. Denham, R. L. Hintz, J. L. Holst, E. D. Plunkett, B. A. Crooker, W. J. Weber, H. Chester-Jones, and M. E. Van Amburgh. 2003a. Effects of feed management program and POSILAC on prepubertal growth rate of replacement dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 86:(Suppl. 1)
- Vicini, J. L., D. T. Gallian, S. E. Bettis, C. R. Bilby, S. C. Denham, R. L. Hintz, J. L. Holst, T. H. Klushmeyer, E. D. Plunkett, B. A. Crooker, W. J. Weber, and M. E. Van Amburgh. 2003b. Effects of prepubertal growth rate and POSILAC treatment of replacement dairy heifers on subsequent milk production and economics. *J. Dairy Sci.* 86: (Suppl. 1)
- Vélez, M, J. Hincapié, I. Matamoros, R. Santillán. 2002. Producción de ganado lechero en el trópico. 4 ed. Zamorano Academic, Argentina.

- Wattiaux, M.A. (2003). Reproducción y Selección Genética: Manejo de la eficiencia reproductiva (en línea). Instituto Babcock. http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/de_html/ch13.es.html (Consultado: 28 sep. 2004)
- West, J. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86:2131 - 2144.
- Wing Ching- Jones, R., R. Pérez, E. Salazar. 2008. Condiciones ambientales y producción de un hato de ganado Jersey en el trópico húmedo: el caso del módulo lechero SDA/UCR. *Agr. costarr.*, 32: 87-94.

9. ANEXOS

Anexo 1: Mapa de zonas de vida en Costa Rica según la clasificación de Holdridge

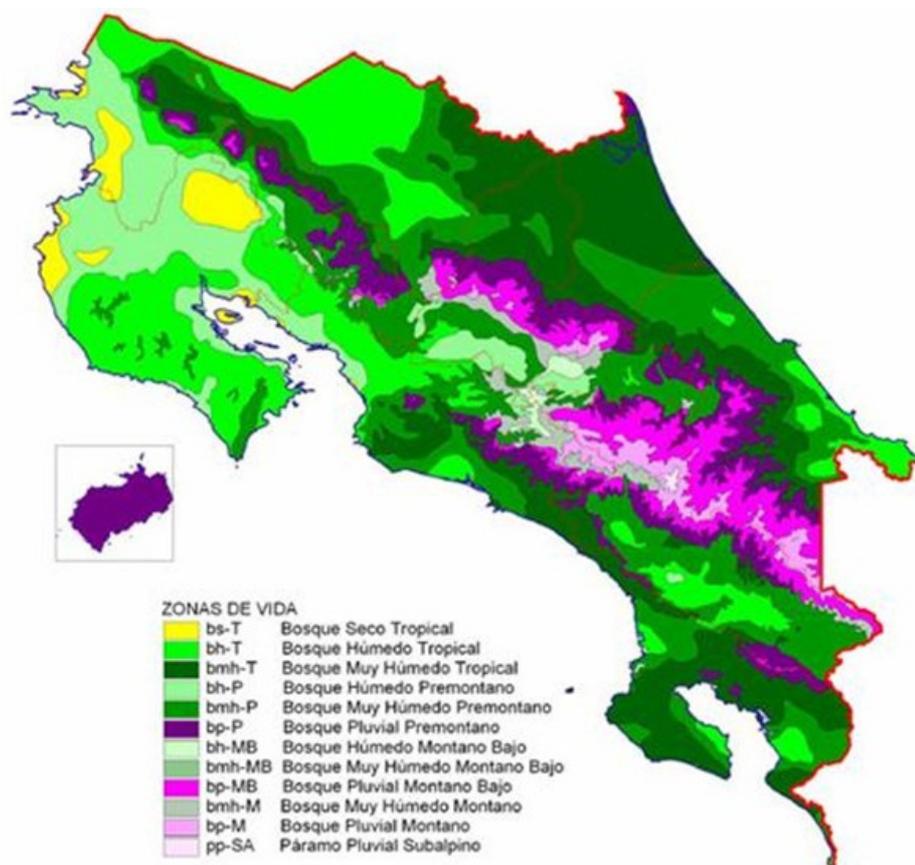


Figura 1. Mapa de zonas de vida en Costa Rica según la clasificación de Holdridge

Anexo 2: Rangos de variación en altitud, precipitación y temperatura en zonas agroecológicas de Costa Rica con presencia de sistemas de producción lecheros.

Zona Agroecológica	Código	Altitud, msnm	Precipitación, mms/año	Temperatura, ° C
Bosque seco tropical	BS-T	0-500	1000-2000	>24
Bosque muy húmedo tropical	BMH-T	0-500	4000-8000	>24
Bosque muy húmedo premontano	BMH-P	500-1500	2000-4000	18-24
Bosque húmedo montano bajo	BH-MB	1500-2000	1000-2000	12-17
Bosque pluvial montano bajo	BP-MB	1500-2000	4000-8000	12-17
Bosque húmedo tropical	BH-T	0-500	2000-4000	>24
Bosque húmedo premontano	BH-P	500-1500	1000-2000	18-24
Bosque muy húmedo montano bajo	BMH-MB	1500-2000	2000-4000	12-17
Bosque muy húmedo montano	BMH-M	2000-2500	1000-2000	6-11

¹ Desarrollado con base en Holdridge (1987)

Anexo 3. Valor Nutricional de los Pastos del Trópico Húmedo de Costa Rica. Proteína Cruda (% de la MS)

Trópico Húmedo	Época Semiseca	Época Lluviosa	Promedio
Estrella africana (<i>Cynodon nlemfuensis</i>)	13.1	16.4	14.8
San Juan (<i>Setaria anceps</i>)	15.3	11.8	13.6
Brachiaria ruzi (<i>Brachiaria ruziziensis</i>)	13.5	11.2	12.4
King Grass (<i>Pennisetum purpureum</i>) (pasto de corte)	8.4	9.6	9.0
Zonas Altas			
Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	22.0	23.2	22.6

Fuente: Sánchez, 2001.

Anexo 4. Valor Nutricional de los Pastos del Trópico Húmedo y Zona Alta de Costa Rica.
Energía Digestible (Mcal/ Kg de MS)

Trópico Húmedo	Época Semiseca	Época Lluviosa	Promedio
Estrella africana (Cynodon nlemfuensis)	2.44	2.46	2.45
San Juan (Setaria anceps)	2.65	2.46	2.56
Brachiaria ruzi (Brachiaria ruzizensis)	2.48	2.38	2.43
King Grass (Pennisetum purpureum) (pasto de corte)	2.15	2.09	2.12
Zona Alta			
Kikuyo (Pennisetum clandestinum)	2.89	2.98	2.95

Fuente: Sánchez, 2001.

Anexo 5. Valor Nutricional de los Pastos del Trópico Húmedo y Zona Alta de Costa Rica.
Fibra Detergente Neutro (% de la MS)

Trópico Húmedo	Época Semiseca	Época Lluviosa	Promedio
Estrella africana ² (Cynodon nlemfuensis)	70.3	71.7	71.0
San Juan ² (Setaria anceps)	65.4	69.3	67.4
Brachiaria ruzi ² (Brachiaria ruzizensis)	65.3	68.1	66.7
King Grass ³ (Pennisetum purpureum) (pasto de corte)	73.6	71.9	72.8
Zona Alta			
Kikuyo ⁴ (Pennisetum clandestinum)	62.9	58.3	60.6

Fuente: Sánchez, 2001.