

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

**Edad al primer parto y su efecto en los parámetros  
(re)productivos en vacas Jersey de lechería especializada en Costa  
Rica, para el periodo comprendido entre los años 2000 al 2010**

**Modalidad: Tesis de Grado**

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

**Gloriana Castillo Badilla**

**Campus Presbítero Benjamín Núñez  
2011**

**TRIBUNAL EXAMINADOR**

Edad al primer parto y su efecto en los parámetros (re)productivos en vacas Jersey de lechería especializada en Costa Rica, para el periodo comprendido entre los años 2000 al 2010.

Dr. Rafael Ángel Vindas Bolaños

Vice-Decano \_\_\_\_\_

Dr. Laura Castro Ramírez

Directora \_\_\_\_\_

Dr. Juan José Romero Zúñiga

Tutor \_\_\_\_\_

Dr. Jaime Murillo Herrera

Tutor \_\_\_\_\_

Dr. Frank Hueckmann Voss

Lector \_\_\_\_\_

Dra. Sandra Estrada König

Lectora \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

Este trabajo, se lo dedico a Dios, por darme la oportunidad de cumplir mi sueño, darme fuerzas día con día y enviarme personas increíbles, que me han acompañado durante el trayecto de mi vida.

A mi mis papás, que me apoyaron en cada paso, por enseñarme a no darme por vencida, dar lo mejor de mi misma en todo lo que haga, a entender que las victorias saben mejor si se lucha por ellas y a disfrutar cada momento. Muchísimas gracias, por estar ahí conmigo en cada momento, los quiero con todo mi corazón, y este esfuerzo no es mío, es de ustedes.

A mis hermanas, Pau y María, por ser mis mejores amigas, y alejarme de la tensión con su buen humor, las dos son lo mejor que tengo.

A mi familia, Tita, Papi y Tía, por ser ejemplo de lucha y perseverancia, por chinearne, ser mi soporte; ¡los quiero muchísimo!

A Die, por apoyarme y acompañarme con todo su amor, porque sin obligación, siempre fue un estudiante de veterinaria honorífico. ¡Gracias por todo de corazón! ¡Lo quiero montones!

A mis amigas, compañeras de internado y hermanas de u, por las madrugadas, trasnochadas y mal comidas; por hacer de esta época la mejor de mi vida, y compartir conmigo las buenas, las malas, y las peores, gracias a cada una: Mafer, Nati, Hele y Mau.

A Jotas, porque este proyecto es lo que es gracias a toda su ayuda y dedicación, a Jaime, por creer en mí, y por todas sus enseñanzas, mil gracias a los dos, por hacer de este trabajo una realidad.

## AGRADECIMIENTOS

A CRIPAS por hacer posible esta tesis, al brindarme la base de datos para la realización de este estudio.

A Jotas, por estar a cada paso conmigo, porque sin su ayuda nada de esto habría sido posible. Gracias por todas sus enseñanzas, consejos, apoyo y dedicación durante todo este proceso. Fue todo un honor trabajar con usted.

A Jaime, por educarme al tipo de profesional que quiero ser y darme alas para perseguir mi sueño. Por sus valiosos consejos, y su amistad.

Al Dr. Marian Kusenda, que nos acompañó durante las giras realizadas, y me ayudó a hacer posible mi pasantía. Thank you for everything, your lessons, and help through all this process.

A mis lectores, el Dr. Frank Hueckmann y Dra. Sandra Estrada, por sus valiosos aportes durante esta tesis. ¡Mil gracias!

## RESUMEN

Se realizó un estudio retrospectivo con 28 367 animales raza Jersey puro, de lecherías especializadas de distintas zonas ecológicas de Costa Rica, en el periodo comprendido entre los años 2000 y 2010, para cuantificar el efecto provocado por la edad al primer parto (EPP) sobre los parámetros productivos y reproductivos de las primeras dos lactancias. Además, se analizaron las variaciones 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 Jersey puras de lecherías especializadas, 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, que presentaron condiciones adecuadas para su procesamiento estadístico. Los datos fueron analizados por medio de estadística descriptiva y mediante un modelo lineal mixto con el programa SAS en su rutina PROC MIXED.

La EPP promedio para los animales en estudio fue 29,35 meses (DE: 6,77; IC95%: 29,27 – 29,42). Hubo una tendencia al incremento de la EPP, con el transcurso de los años. Por otro lado, los resultados demostraron un efecto significativo de la EPP sobre el rendimiento productivo del animal en las dos primeras lactancias ( $P < 0,0001$ ); presentando un decremento del rendimiento en 275,81 kg de leche, en aquellos individuos con una EPP por debajo de los 25 meses ( $P < 0,0001$ ), con respecto a los que tuvieron una edad más alta.

Se demostró el efecto plausible de la zona ecológica, con un incremento significativo de la producción en las zonas bosque húmedo premontano (Bh-P), bosque pluvial premontano (Bp-P) y bosque muy húmedo premontano (Bmh-P) ( $P < 0,0001$ ). Asimismo, se observó efecto en el índice de endogamia, el tipo de parto, y la época de nacimiento sobre la EPP. Las variables año 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 28 367 Jersey pure breed cows from specialized milk farms of different ecological areas in Costa Rica, for the period from 2000 to 2010, was carried out.

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 a lineal mixed model (PROC MIXED, SAS Stat 8.0).

The data analyzed in the present study, were pure breed Jersey 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, National University.

The average of the AFC for the population studied was 29.35 months (SD: 6.77; 95% CI: 29.27 – 29.42). The results showed an effect of the AFC on the milk yield of the first lactation ( $P < 0,0001$ ), with a decrement of 275,81 kg during the first lactation in animals with AFC lower than 25 months ( $P < 0,0001$ ), compared to those with higher values of AFC.

This study demonstrated a plausible effect of ecological zone, with a significant increment in the production of the areas pre-montane moist forest (Bh-P), pre-montane rain forest (Bp-P) y pre-montane very humid forest (Bmh-P) ( $P < 0,0001$ ). Also, we observed the

effect of inbreeding index, parturition type and birth season in the AFC value. The variables of year of birth and lactation number of the dam did not affect the AFC.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación .....	3
1.3. Hipótesis .....	7
2. OBJETIVOS .....	8
2.1. Objetivos generales .....	8
2.2. Objetivos específicos .....	8
3. METODOLOGÍA: MÉTODOS Y MATERIALES .....	10
3.1. Población de estudio .....	10
3.2. Diseño del estudio .....	10
3.3. Recolección de Datos y descripción de las variables .....	10
3.4. Análisis de datos .....	13
4. RESULTADOS .....	16
5. DISCUSIÓN .....	37
6. CONCLUSIONES .....	50
7. RECOMENDACIONES .....	51
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
9. ANEXOS .....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Variables utilizadas en el análisis de los efectos de la EPP sobre la producción de la primera lactancia en hatos lecheros especializados, Jersey puros de Costa Rica.....	11
<b>Cuadro 2.</b> Variables utilizadas en el análisis de los efectos de la EPP sobre la producción de la segunda lactancia en hatos lecheros especializados, Jersey puros de Costa Rica.....	12
<b>Cuadro 3.</b> Descripción de la población estudiada.....	18
<b>Cuadro 4.</b> Edad a primer parto según variables de tiempo, lugar y animal.....	21
<b>Cuadro 5.</b> Edad al segundo parto según variables de tiempo, lugar y animal.....	23
<b>Cuadro 6.</b> Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre la producción de la primera lactancia a 305 días.....	27
<b>Cuadro 7.</b> Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre el intervalo parto- concepción de la primera lactancia.....	28
<b>Cuadro 8.</b> Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre los servicios por concepción de la primera lactancia.....	29
<b>Cuadro 9.</b> Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre la producción de la segunda lactancia a 305 días.....	34
<b>Cuadro 10.</b> Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre el intervalo parto-concepción de la segunda lactancia.....	35
<b>Cuadro 11.</b> Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre los servicios por concepción de la segunda lactancia.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Edad al Primer Parto según variable año de parto.....	19
<b>Figura 2.</b> Edad al Primer Parto según variable Ecozona.....	19
<b>Figura 3.</b> Edad al Primer Parto según variable Año de Nacimiento.....	20

## LISTA DE ABREVIATURAS

EPP:	Edad al primer parto.
ESP:	Edad al segundo parto.
VAMPP:	Programa Veterinario Automatizado para el Manejo y control de la Producción.
CRIPAS:	Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible.
MedPob:	Programa de Investigación en Medicina Poblacional.
USDA:	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
RMF:	Retención de membranas fetales.
IPC:	Intervalo parto-concepción.
SPC:	Servicios por concepción.
KG3051:	Producción 305 días de la primera lactancia.
KG3052:	Producción 305 días de la segunda lactancia.
IC 95%:	Intervalo de confianza 95%.
LI:	Límite inferior.
LS:	Límite superior.
N:	Número de la muestra.
D.E:	Derivación estándar.
E.E:	Error estándar.
bh-MB:	Bosque húmedo montano bajo.
bh-P:	Bosque húmedo premontano.
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.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Antecedentes**

La eficiencia reproductiva determina en gran medida las ganancias de una empresa ganadera. En explotaciones lecheras, las ganancias dependen de la magnitud del período de reproducción de las hembras, pues la productividad está en función de la frecuencia de parición a lo largo de la vida productiva del animal (Casas y Tewolde, 2001).

La decisión de comenzar la vida productiva de un animal se basa principalmente en el peso, el tamaño corporal y la edad. Los programas de hembras reemplazos tienen como meta que la edad al primer parto (EPP) promedio sea de 24 meses, ya que esto implica una disminución en los costos de producción (Pirlo et al., 2000; Radostits, 2003). Bajo condiciones de pastoreo los animales en el trópico, deberían alcanzar su madurez reproductiva a los 15 meses de edad, tiempo en el cual poseen el 60% del peso corporal (Radostits, 2003).

Por otra parte, la producción láctea se ve afectada por los factores ambientales, la disponibilidad de alimento, el manejo y los trastornos fisiológicos y patológicos que se presenten durante el periodo seco de un bovino (González & Boschini, 1996). Las explotaciones pecuarias en el trópico enfrentan además una gran variedad de microclimas que influyen en el rendimiento productivo de los animales (Wing Ching-Jones et al., 2008).

La vida productiva de un animal es indicativa de la eficiencia del sistema pecuario; y está influenciada por la EPP, el intervalo entre partos, la duración de cada lactancia y el éxito en soportar otras lactaciones (Hare et al., 2006).

La EPP consiste, en el tiempo que tarda un animal en alcanzar su madurez y reproducirse por primera vez (Hare et al., 2006), por lo tanto va a determinar el inicio de su época productiva (Ben Gara et al., 2009). La fertilidad medida como EPP es un importante indicador del desempeño reproductivo, ya que una avanzada edad para el inicio de la vida productiva, constituye una limitante de importancia económica (Bolívar et al., 2009).

La edad adecuada de un animal a la hora del primer parto, tiene un efecto significativo en el rendimiento productivo de un animal durante su vida, también puede disminuir la viabilidad del bovino dentro del hato lechero (Marini et al., 2007; Haworth et al., 2008). Estudios comprueban que vacas que paren a una corta edad, tienen una menor producción de leche durante su primera lactación, 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 (Lin et al., 1986; Bormann et al., 2002; Radostits, 2003; Marini et al., 2007;).

La reducción de la EPP puede incrementar la rentabilidad de la empresa, por medio del aumento del desempeño productivo del animal durante su vida (Meyer et al., 2004). Por esa razón las terneras deben mantenerse con un régimen nutricional adecuado para obtener un decremento en la edad de inicio de la vida reproductiva, sin afectar el desarrollo mamario ni comprometer el posterior desempeño productivo del animal, ya que un mal manejo de la dieta durante el periodo prepuberal puede llegar a provocar un mal desarrollo mamario y su futuro rendimiento productivo (Sejrsen & Purup, 1997). La disminución en el rendimiento de la producción está relacionado al crecimiento acelerado durante el periodo prepuberal, que reduce la funcionalidad del tejido mamario, y por lo tanto su posterior producción de leche (Ettema & Santos, 2004).

Powell (1985) afirma por estudios realizados en el periodo comprendido entre 1960 y 1982, que la edad promedio al parto en una animal de raza Jersey oscila en los 25 meses, siendo este, el rango más bajo en comparación con otras razas; ya que éstas alcanzan su peso ideal para la inseminación más precoz, ya que se ven menos afectadas por factores ambientales, tales como temperatura y humedad (West & Bernard, 2003; García et al., 2005). Igualmente se caracterizan por tener grandes ventajas como son su superioridad en fertilidad, excelente facilidad de parto y mayor longevidad; además de tener como ventaja la calidad de la leche, que es de gran importancia para la industria lechera (Bolívar et al., 2009).

Por otro lado, el efecto de la EPP sobre los parámetros reproductivos, tales como los servicios por concepción (SPC) y el intervalo parto-concepción (IPC), no han sido ampliamente discutido en la literatura, en donde si relaciona la EPP como un factor que puede influir en la presentación de partos distócicos, cuando se reduce de manera significativa la edad de un animal a la hora de su primer parto, debido al escaso desarrollo corporal de las terneras (Ettema & Santos, 2004). De otro modo, la EPP parece no tener efecto sobre las medidas reproductivas en caso de incrementar o disminuir la EPP, según lo reportado por Marini, et al, (2007), en donde concluyó que los parámetros reproductivos no presentan variaciones con la alteración de la EPP.

## **1.2. Justificación**

El objetivo principal de las explotaciones lecheras es producir leche a un menor costo económico posible, obteniendo buenos rendimientos productivos y buena calidad leche. Para cumplir con esta meta, la reproducción es un factor vital en la determinación de la producción animal eficiente (Ball & Peters, 2004).

El efecto de la velocidad de crecimiento, edad y peso al parto sobre la subsecuente producción de leche, ha sido ampliamente estudiado a través del tiempo (Solano & Vargas, 1997; Andrews, 2000; Ettema & Santos, 2004), ya que el animal muchas veces no llega a la lactación con un peso corporal adecuado para soportar las exigencias que conlleva la producción de leche (Pirlo et al., 2000). Es por eso que existe un efecto significativo y linealmente positivo entre la EPP y la producción de leche en la primera lactancia (Solano & Vargas, 1997).

Adicionalmente, Hare (2006), citando datos del USDA, determinó que tanto en los Estados Unidos como en el mundo, se ha observado una leve disminución de la EPP con el paso de los años siendo 25,9 meses en 1991, y 25,4 meses para el año 2002. Esto puede relacionarse al aumento en la tasa de rotación dentro del hato lechero, o a una mejoría en la crianza de terneras que conllevan a una madurez reproductiva precoz.

Por otro lado, autores como Casas y Tewolde (2001), afirman que la producción de leche se ve incrementada con cada día que aumenta la EPP; debido a lo anterior a las mejores condiciones en que el animal se presenta al parto, e influyendo positivamente sobre la producción de leche en la subsecuente lactancia (Casas & Tewolde, 2001).

En Costa Rica, se determinó que la EPP promedio en animales Jersey es de 38,8, cuando estos se encuentran en condiciones de pastoreo, sin suplementación nutricional adecuada (Wing Ching-Jones et al., 2008). La justificación para la EPP tan elevada se adjudicó al tipo de sistema de explotación, que provoca limitaciones en la tasa de crecimiento y por lo tanto incrementa la EPP.



Existen factores que producen variaciones en la EPP, en los que se incluyen las características genéticas establecidas por el grupo racial, el índice de endogamia, locación donde se encuentra el animal, y condiciones de manejo, tales como tamaño del hato y condiciones de crianza, asimismo influyen el año y época de nacimiento (Casas & Tewolde, 2001; Ben Gara et al., 2009).

En el trópico, los sistemas de producción de leche, están limitados en su nivel de producción por factores tanto genéticos como ambientales. Las condiciones del medio tropical afectan de manera considerable el comportamiento productivo de las vacas lecheras, disminuyendo su producción y condicionando el manejo de los animales, lo que limita la expresión del potencial genético. La producción de leche, por vaca por año en el trópico, es aproximadamente una cuarta parte de la lograda en zonas templadas (Carvajal et al., 2002).

Entre las variables ambientales estacionales que repercuten sobre la EPP y la subsecuente producción de leche, están la precipitación y la humedad relativa; esta información determinada en hatos Jersey en climas tropicales (Wing Chig-Jones et al., 2008).

Además de los factores anteriormente mencionados, Heinrichs (2005), determina que la dificultad del parto de la madre, el uso de antibióticos durante los primeros 4 meses de vida de la ternera, así también como condiciones de manejo inadecuado, altos niveles de amonio, temperatura y humedad, pueden incrementar la EPP (Heinrichs et al., 2005). En condiciones de pastoreo se determinó de igual manera que forrajes nutricionalmente pobres pueden aumentar la EPP (Heinrichs et al., 2005).

Partiendo de estos conocimientos se debe establecer la EPP ideal que beneficie de mejor manera la producción en cada hato lechero particular.

Mediante una fuente de datos confiable como lo es el Programa Veterinario Automatizado para el control de la producción y Salud del Hato (VAMPP Bovino 3.0), y la creación de un modelo matemático mixto, utilizado anteriormente para el análisis estadístico en varios estudios científicos relacionados (González & Boschini, 1996; Solano & Vargas, 1997; Casas & Tewolde, 2001; García et al., 2005; Bolívar et al., 2009), se obtiene el acceso necesario para relacionar distintas variables de forma individual y agrupada. El estudio se llevó a cabo gracias a la disponibilidad de la información, por parte del Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS), del Programa de Investigación en Medicina Poblacional (MedPob), de la Escuela de Medicina Veterinaria Universidad Nacional (EMV-UNA), lo cual se aplicó en el estudio, aunado a los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera, en las empresas lecheras involucradas.

Basado en información brindada por productores lecheros de diferentes áreas de Costa Rica, se concluyó que la mayoría consideran que un inicio temprano de la vida reproductiva de un bovino, previamente a que se concluya su etapa de desarrollo, conlleva a una primera lactancia con niveles productivos poco satisfactorios, pero que se compensa en posteriores lactancias, específicamente, a partir de la segunda, si se le brinda al individuo un adecuado balance nutricional. Por esa razón es vital, conocer si la EPP de un animal va a influenciar la producción de la primera lactancia y por lo tanto, si tiene o no efecto en su posterior rendimiento productivo, en el caso específico de esta investigación, reflejado en la segunda lactancia.

La carencia de estudios actualizados que determinen la EPP óptima en raza Jersey pura en Costa Rica, bajo condiciones tropicales, forjó la razón de este estudio; cuya meta principal es que los productores obtengan los beneficios de una mejor producción total, gracias a un

inicio de la vida reproductiva de sus reemplazos adecuado, que permita un mayor aprovechamiento de los animales.

### **1.3. Hipótesis**

*Ho:* No existe una tendencia en la EPP, en individuos raza Jersey durante el periodo comprendido entre los años 2000 al 2010, en Costa Rica.

*Ho:* La zona ecológica, época y año de nacimiento, la lactancia de la madre y su tipo de parto, además del coeficiente endogámico, no tienen efecto sobre la EPP.

*Ho:* La EPP, en la raza Jersey no tiene efectos sobre la producción de la primera lactancia.

*Ho:* No existe efecto de la EPP, sobre la producción de la segunda lactancia en animales raza Jersey.

*Ho:* La edad a primer parto, la zona ecológica, época y año de nacimiento, la lactancia de la madre y su tipo de parto, además del coeficiente de endogamia, no tienen efecto sobre el intervalo parto concepción y el número de servicios por concepción de la segunda gestación.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivos generales**

#### **2.1. A.**

Determinar el efecto de la edad al primer parto sobre la producción de leche y en los principales parámetros reproductivos, de la primera y segunda lactancia, y en vacas Jersey de hatos lecheros especializados de Costa Rica, durante el periodo comprendido entre los años 2000 al 2011.

### **2.2. Objetivos específicos**

#### **2.2. A.**

Caracterizar la producción de leche a la primera y segunda lactancia, y los parámetros reproductivos de los animales sometidos al presente estudio.

#### **2.2. B.**

Identificar los factores intrínsecos y extrínsecos (tiempo, lugar y animal) que afectan la EPP, en hembras Jersey puras.

#### **2.2. C.**

Establecer el efecto de la edad al primer parto, sobre la producción de la primera lactancia, en vacas Jersey de hatos lecheros especializados de Costa Rica.

**2.2. D.**

Determinar las repercusiones que tiene la edad al primer parto en vacas Jersey de hatos lecheros especializados de Costa Rica sobre la producción de la segunda lactancia.

**2.2. E.**

Determinar el efecto que tiene la edad al primer parto sobre el intervalo parto concepción y el número de servicios por concepción de la segunda gestación, en vacas Jersey de hatos lecheros especializados de Costa Rica.

### **3. MÉTODOS Y MATERIALES**

#### **3.1. Población de estudio**

Se trabajó con los datos registrados en el programa VAMPP Bovino 3.0 de las vacas Jersey puras, de hatos lecheros especializados de Costa Rica, durante el período 2000-2010, con un total de 28 367 animales; que presentaron 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, es de tipo longitudinal retrospectiva. Se tomaron datos de 10 años atrás registrados en el programa VAMPP Bovino 3.0. Abarcando el periodo del 1 enero 2000 al 31 de diciembre de 2010.

La variable independiente principal es la edad al primer parto de cada vaca lechera, siendo la producción de leche a la primera lactancia y la producción de la segunda lactancia, las variables dependientes para cada uno de los estudios. Las demás variables independientes de cada estudio se describen posteriormente en los Cuadros 1 y 2.

#### **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 CRIPAS, del Programa MedPob, de EMV-UNA.

**Cuadro 1. Variables utilizadas en el análisis de los efectos de la EPP sobre la producción de la primera lactancia en hatos lecheros especializados, Jersey puros de Costa Rica.**

Variable	Condición	Tipo de variable	Nivel de variable	Descripción
<b>Producción de leche 1° lactancia</b>	Dependiente	Continua Discreta	Continuo Bajo Medio Alto	Corregida en Kg. 305 días. < 2 400 2 400 – 4 302 > 4 302
<b>Edad al Primer Parto</b>	Independiente	Politómica	Bajo Medio Alto	<25,8 25,8- 71 >71
<b>Año de nacimiento</b>	Independiente	Discreta	Continuo	
<b>Época de nacimiento del animal</b>	Independiente	Discreta Politómica	Seca Lluviosa	Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril. Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre, Octubre y Noviembre.
<b>Tipo de parto</b>	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, sin cesárea y con RMF. Difícil con cesárea.
<b>Tipo de parto de la madre</b>	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, sin cesárea y con RMF. Difícil con cesárea.
<b>Año del 1° parto</b>	Independiente	Continua	Continuo	2000-2009
<b>Época de 1° parto</b>	Independiente	Discreta Dicotómica	Seca Lluviosa	Dic. Ene., Feb., Mar. y Abr. May., Jun., Jul., Ago., Set., Oct., y Nov.
<b>Número de lactancia madre</b>	Independiente	Discreta Politómica	1 2-4 ≥ 5	Primerizas 2 a 4 5 o más
<b>Zona Ecológica</b>	Independiente	Discreta	1 a 10	Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge.
<b>Endogamia</b>	Independiente	Discreta	Bajo Alto	<6,25% >6,25%

\*RMF: retención de membranas fetales.

**Cuadro 2. Variables utilizadas en el análisis de los efectos de la EPP sobre la producción de la segunda lactancia en hatos lecheros especializados, Jersey puros de Costa Rica.**

Variable	Condición	Tipo de variable	Nivel de variable	Descripción
<b>Producción de leche 2<sup>a</sup> lactancia</b>	Dependiente	Continua Discreta	Continuo	Corregida en Kg. 305 días.
			Bajo	<2 400
			Medio	2 400 - 5 065
			Alto	> 5 065
<b>Edad al 2° Parto</b>	Independiente	Discreta Politómica	Bajo	< 38,3
			Medio	38,3 - 54,3
			Alto	> 54,3
<b>Año del 2° parto</b>	Independiente	Continua	Continuo	2000-2009
<b>Época de 2° parto</b>	Independiente	Discreta Dicotómica	Seca	Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril.
			Lluviosa	Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre, Octubre y Noviembre
<b>Intervalo parto-concepción</b>	Independiente	Discreta Politómica	Continuo	
			Bajo	< 65
			Medio	65 - 132
			Alto	> 132
<b>Días seca</b>	Independiente	Discreta Politómica	Bajo	< 52
			Medio	52 - 85
			Alto	> 85
<b>Longitud de la 1<sup>a</sup> lactancia</b>	Independiente	Continua Discreto Politómica	Continuo	
			Bajo	< 255
			Medio	255 - 343
			Alto	> 343
<b>Longitud de la 2<sup>a</sup> lactancia</b>	Independiente	Continua Discreta Politómica	Continuo	
			Bajo	< 252
			Medio	252- 355
			Alto	> 355

\*RMF: retención de membranas fetales.

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

Por otro lado, se analizó el efecto de las variables EPP, zona, tipo de parto, coeficiente de endogamia, días de lactancia y producción a 305 días, trabajadas de la misma forma que se hizo con la producción de leche (Cuadros 1 y 2), sobre la IPC y SPC.



### 3.4. Análisis de Datos

El análisis de datos se divide en dos segmentos:

3.4.1 Análisis del efecto de la EEP sobre la producción de leche, consistió en el análisis de datos obtenidos del sistema VAMPP Bovino 3.0, el cual se llevó a cabo en diversas fases, las cuales se describen a continuación:

- a. Estadística descriptiva. Involucra el cálculo de medidas de tendencia central (media y mediana) y medidas de dispersión (desviación estándar), ambas para las variables en forma continua. Asimismo, se calcularon porcentajes para las variables discretas. Para ambos tipos de medidas se determinó el intervalo de confianza (IC) al 95%.
- b. Estimación del efecto de la EEP sobre los parámetros (re)productivos de la primera y segunda lactancia. Se realizó mediante un modelo múltiple lineal mixto, en el cual se creó un modelo para la evaluación de cada variable dependiente (producción a 305 días de la primera lactancia y producción a 305 días de la segunda lactancia).

El modelo estadístico para la producción en la primera lactancia será:

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

Donde:

$Y_{ijklm}$  = Producción en la primera lactancia

$\mu_0$  = 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  $m$ -ésima del tipo de parto

$eijklm$  = Efecto aleatorio residual

El modelo estadístico para la producción en la segunda lactancia será:

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

Donde:

$Yijklmn$  = Producción en la segunda lactancia

$\mu_0$  = 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 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

$eijklmno$  = Efecto aleatorio residual

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

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

Donde:

$Y_{ijklmn}$  = Intervalo parto concepción

$\mu_0$  = 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 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 será:

$$Y_{ijklmno} = \mu_0 + Epp_i + hae_j + lac_k + eco_l + part_m + endo_n + ret_o + eijklmno$$

Donde:

$Y_{ijklmn}$  = Servicios por concepción

$\mu_0$  = 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 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. Descripción de la población.*

Luego del proceso de edición y reducción de registros, se incluyeron en el estudio un total de 28 367 individuos, incluidos dentro de la Base Nacional de Datos (BND) del programa VAMPP Bovino 3.0.

La EPP promedio de la totalidad de vacas incluidas, fue de 29,35 meses, con una producción a los 305 días en la primera lactancia de aproximadamente de 3 700 kg de leche por animal. Respecto a los indicadores de reproducción, se determinó que el promedio de días abiertos fue de 117,92 y los servicios por concepción de 1,48 (Cuadro 3). Por otro lado, el 4% de la población de estudio presentaba algún nivel de endogamia ( $n= 7\ 153$ ) (Cuadro 3).

Al segundo parto, la edad promedio es de 42,10 meses, con un valor de producción a 305 días, para la segunda lactancia, significativamente más elevada que la primera ( $p < 0,05$ ), siendo de 4386,22 kg. Los resultados para días de lactancia, días secos, servicios por concepción e intervalo parto-concepción, presentaron diferencias significativas para la primera y segunda lactancia (Cuadro 3).

## 4.2. Edad al primer parto

La EPP promedio para la población de estudio es de 29,35 meses (DE: 6,77; IC95%: 29,27 – 29,42) con una mediana de 27,50.

Basándose en el año de parto, existe un incremento de la EPP, desde los 28,5 meses en el año 2000 a los 30 meses en el 2010. Sin embargo, durante los años 2003 al 2008 no hubo variaciones significativas.

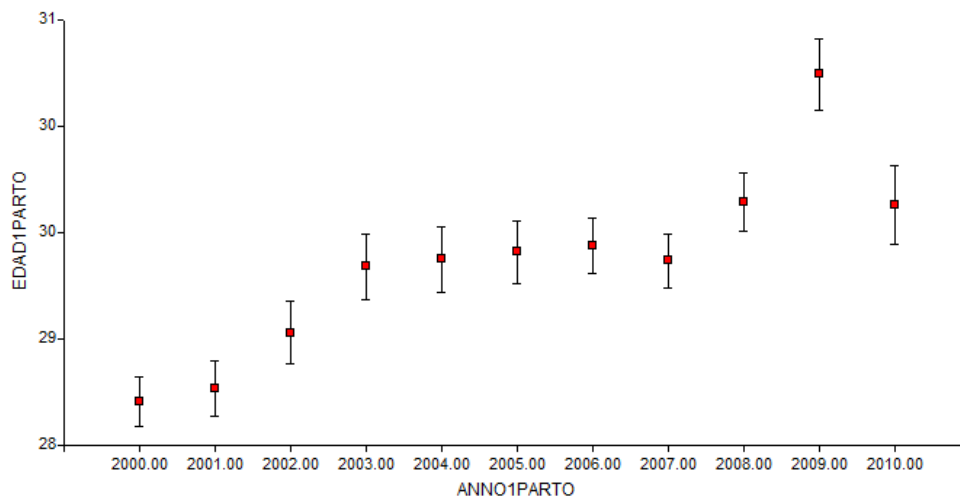
Considerando las variables de tiempo, lugar y animal, la EPP es diferente dependiendo de la zona ecológica (ecozona) donde se encuentra el animal, siendo las zonas bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque pluvial premontano (bp-P), las que obtienen EPP más bajas, 27 y 26 meses, respectivamente. Las zonas 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), no presentan diferencias significativas y oscilan entre los 30 y 31 meses (Figura 1).

**Cuadro 3. Descripción de la población estudiada.**

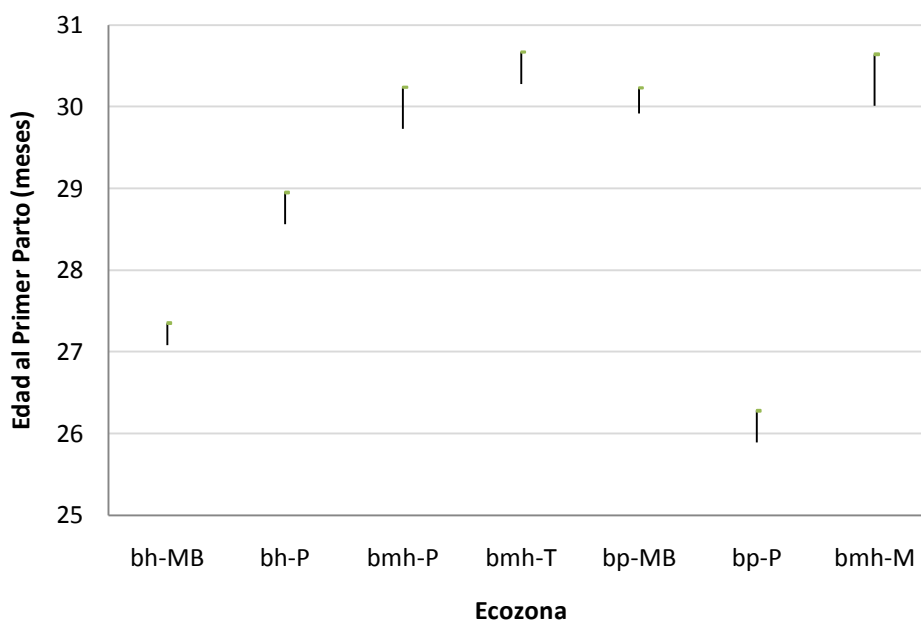
Variable	N	Media	D.E.	E.E.	IC 95%	
					LI	LS
Índice de endogamia (general)	28 367	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01
Índice de endogamia (endogámicos)	7 153	0,04	0,03	0,00	0,04	0,04
<b>Primera Lactancia</b>						
Edad al primer parto	28 367	29,35	6,77	0,04	29,27	29,42
Producción a 305 días	20 580	3 706,23	1 069,66	7,46	3 691,60	3 720,85
Días de lactancia	22 367	290,29	105,91	0,71	288,89	291,68
Días seca	15 885	82,35	55,78	0,44	81,48	83,21
Servicios por concepción	20 443	1,48	0,93	0,01	1,46	1,49
Intervalo parto concepción	22 858	117,92	81,36	0,54	116,86	118,97
<b>Segunda Lactancia</b>						
Edad al segundo parto	19 728	42,10	7,08	0,05	42,00	42,19
Producción a 305 días	15 190	4 386,22	1 216,86	9,87	4 366,87	4 405,56
Días de lactancia	16 455	287,25	96,20	0,75	285,78	288,72
Días seca	11 374	78,14	42,70	0,40	77,35	78,92
Servicios por concepción	19 715	1,79	1,30	0,01	1,77	1,80
Intervalo parto concepción	7 088	111,80	70,47	0,84	110,15	113,44

N: cantidad de animales de la muestra. D.E: derivación estándar. E.E: Error estándar.

IC95%: intervalo de confianza 95%.LI: límite superior.LI: límite inferior.

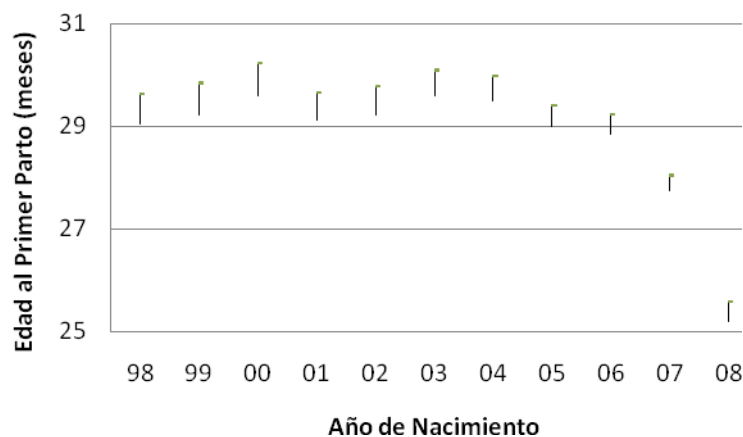


**Figura 1. Edad al Primer Parto según variable año de parto**



**Figura 2. Edad al Primer Parto según variable Ecozona.**

Durante el período de estudio no hubo diferencias significativas en la EPP según el año de nacimiento entre los años 1998 y 2007, los animales iniciaron cerca de los 30 meses de edad su vida productiva en todos los casos. El valor extremo más bajo se registró en el año 2008 (25,39 meses).



**Figura 3. Edad al Primer Parto según variable Año de Nacimiento.**

La EPP según el número de lactancia de la madre no muestra cambios significativos luego del segundo parto y se mantiene entre 27 y 28 meses, aproximadamente. Sin embargo, se observa una diferencia significativa en la EPP en hijas de las primerizas (Media= 30,50 meses).

La época del año en que nacieron las hembras no presenta diferencias significativas en la EPP. Por otro lado, las hembras nacidas en un parto difícil (0,3%), empezaron su vida productiva a los 27 meses, a diferencia de las nacidas por parto normal (99,7%), que iniciaron a los 29 meses de edad. No se registraron animales nacidos mediante cesárea. Por otro lado animales con un nivel de endogamia considerado de riesgo (>6,25%), tuvieron una EPP de 27 meses, contrastando con los 30 meses de EPP para los individuos consanguinidad menor (Cuadro 4).



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

Variable	Estrato	N	Media	D.E	E.E	IC 95%	
						LI	LS
<b>Época de Nacimiento</b>	Seca	13 813	29,79	7,12	0,16	29,47	30,10
	Lluviosa	14 554	28,94	6,40	0,05	28,84	29,03
<b>Lactancia de la Madre</b>	1	16 370	30,50	7,68	0,06	30,38	30,61
	2	3 366	27,78	5,07	0,09	27,60	27,95
	3	2 727	27,76	5,00	0,10	27,56	27,95
	4	2 165	27,74	4,65	0,10	27,54	27,93
	5	1 516	27,59	4,45	0,11	27,37	27,80
	6	1 018	28,04	5,10	0,16	27,72	28,35
	7	605	27,82	4,82	0,20	27,42	28,21
	8	348	28,09	4,50	0,24	27,61	28,56
	9	252	28,10	4,75	0,30	27,51	28,68
<b>Tipo de parto de la madre</b>	Normal	28 274	29,36	6,78	0,04	29,28	29,43
	Distócico	93	27,17	4,35	0,45	26,28	28,05
<b>Coefficiente Endogamia</b>	< 6,25 %	21 214	30,13	7,33	0,05	30,03	30,22
	≥ 6,25%	7 153	27,04	3,91	0,05	26,94	27,13

N: cantidad de animales de la muestra. D.E: derivación estándar. E.E: Error estándar. IC95%: intervalo de confianza 95%.LI: límite superior.LI: límite inferior.

En resumen, el año de nacimiento y el número de lactancia de la madre no afectan la edad al primer parto; no así la zona ecológica, el tipo de parto de la madre, la época de nacimiento y el coeficiente de endogamia de la vaca que sí tuvieron efecto sobre la EPP.

### 4.3. Edad al segundo parto

En cuanto a la edad al segundo parto (ESP) y su relación con las variables de tiempo, lugar y animal, la ecozona mantuvo un patrón similar al efecto producido para la EPP. Las ecozonas bmh-P, bmh-T, bp-MB, y bmh-M, mantuvieron valores no diferentes entre ellas, y oscilan entre los 42- 43 meses; los valores más bajos ( $P < 0,05$ ) se encuentran de igual forma en las ecozonas bh-MB y bp-P, con 41 y 39, respectivamente.

El año de nacimiento muestra un comportamiento muy similar al observado para la EPP. Los animales nacidos entre 1998 y 2005 tuvieron ESP que oscilaron entre los 41 y 43 meses aproximadamente, sin diferencias significativas entre ellos. Luego del 2006 se observa una tendencia a disminuir, alcanzando su mínimo en el año 2008 (33,67 meses) ( $P > 0.001$ ).

La ESP según el número de lactancia de la madre mantiene el patrón presentado para la EPP, donde para la animales nacidos de vacas en su primera lactancia, el promedio es mayor a las demás (Media 43,2 meses), mientras que para los animales nacidos de vacas con 2 o más lactancias no hubo diferencias significativas, cerca de 40,5 meses.

Al igual que para la EPP, la época del año en que nacieron los animales no presenta diferencias importantes para la ESP, siendo de 42,6 y 41,6 para la época lluviosa y seca, respectivamente.

Con respecto al tipo de parto de la madre, aquellos animales nacidos por parto normal presentaron 42,1 meses de ESP, mientras que para las hembras nacidas de un parto distócico fue de 40,5 meses ( $P < 0.05$ ).

De la misma forma que para la EPP, los animales con grado de endogamia mayor al 6,25% obtuvieron una ESP menor ( $P < 0,05$ ), siendo de 39,4 meses respecto a aquellos con índice de endogamia debajo de ese porcentaje (42,2 meses). Los demás resultados se pueden observar en el Cuadro 5.

**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
<b>Época de nacimiento</b>	Seca	9 665	42,60	7,49	0,08	42,44	42,75
	Lluviosa	10 063	41,61	6,62	0,07	41,47	41,74
<b>Lactancia de la madre</b>	1	11 344	43,25	7,84	0,07	43,11	43,38
	2	2 329	40,58	5,53	0,11	40,36	40,79
	3	1 868	40,47	5,62	0,13	40,21	40,72
	4	1 551	40,50	5,38	0,14	40,22	40,77
	5	1 049	40,46	5,21	0,16	40,14	40,77
	6	726	40,66	5,67	0,21	40,24	41,07
	7	438	40,67	5,94	0,28	40,12	41,21
	8	237	40,65	5,17	0,34	39,98	41,31
	9	186	40,43	5,50	0,40	39,64	41,21
<b>Tipo de parto de la madre</b>	Normal	19 671	42,10	7,08	0,05	42,00	42,19
	Distócico	57	40,48	4,98	0,66	39,18	41,77
<b>Coefficiente endogamia</b>	< 6,25 %	18 947	42,21	7,13	0,05	42,11	42,30
	≥ 6,25%	781	39,38	4,70	0,17	39,04	39,71

N: cantidad de animales de la muestra. D.E: derivación estándar. E.E: Error estándar. IC95%: intervalo de confianza 95%.LI: límite superior.LI: límite inferior.

Al igual que los resultados obtenidos para la primera lactancia, el número de lactancia de la madre, la ecozona, el tipo de parto de la madre, la época de nacimiento y el coeficiente de endogamia de la vaca sí afectaron la ESP.

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

##### *4.4.1. Producción láctea a 305 días.*

Las hembras con una EPP baja y media, presentaron una producción de 275,81kg y 167,70kg menos ( $P < 0,0001$ ) que aquellas que tuvieron una edad alta, las cuales produjeron un promedio estimado de 3 929kg (Cuadro 6).

Adicionalmente, en la variable ecozona, tomando como base de comparación la zona bmh-M, el área bp-P es la que presenta la mayor diferencia positiva, con una producción de 1 215,42 kg ( $P < 0,0001$ ) mayor. Asimismo, las otras ecozonas presentan producciones significativamente mayores, a diferencia de la zona bp-MB, la cual no presentó diferencia estadísticamente significativa respecto a la zona bmh-M (Cuadro 6).

Al analizar el efecto de las variables reproductivas sobre la producción láctea, se determinó que aquellos animales sin retención de membranas fetales (RMF) tuvieron una producción de 450kg más que aquellos que presentaron RMF (Cuadro 6). Asimismo, los animales con lactancias de duración corta a media presentaron, respectivamente, una producción de 1 350,65 kg y 253,00 kg menos ( $P < 0,0001$ ) que las hembras con lactancias largas (Cuadro 6).

Por otro lado no se observan cambios significativos en la producción a 305 días, entre los animales con menos y más de 6,25% de endogamia o con parto normal o difícil (Cuadro 6).

#### *4.4.2. Intervalo parto-concepción.*

Cuando se analiza el efecto conjunto de las variables sobre el intervalo parto-concepción (IPC) de la primera lactancia, se puede observar que la ecozona y el nivel de producción tuvieron efecto significativo. Así, la variable ecozona, muestra un decremento de la IPC en todas las áreas, tomando como base de comparación la zona bmh-M. Asimismo, únicamente las zonas bh-P y bmh-P mostraron variaciones significativas en el IPC de aproximadamente 12 días menos que el área bmh-M (Cuadro 7). Por su parte, al analizar la producción a 305 días en la primera lactancia, aquellos con baja producción aumentaron su IPC en 1,13 días ( $P=0,80$ ), mientras que los animales con una producción media disminuyeron su IPC en 8 días aproximadamente ( $P<0,0001$ ), al compararlas con hembras con alta producción (Cuadro 7).

Las restantes variables reproductivas no afectaron de modo significativo el IPC. Así, las hembras con una EPP baja y media, presentaron una disminución no significativa de 3 y 2 días, aproximadamente, respecto a las hembras de una alta EPP (Cuadro 7)

Las hembras con un parto normal tuvieron una disminución no significativa del IPC de 5,2 días, comparando con las que tuvieron un parto distócico ( $p= 0,34$ ). Por otro lado, los animales sin RMF, incrementaron su IPC en 2,5 días, pero de igual manera no fue significativo ( $P=0,85$ ) (Cuadro 7).

Por otro lado, los animales con índice de endogamia menor a 6,25 presentaron 3,13 días más en su IPC que aquellos con un nivel de riesgo en la endogamia, aunque esta diferencia no fue significativa ( $P=0,18$ ) (Cuadro 7).

#### *4.4.3 Servicios por concepción.*

Los servicios por concepción (SPC) se vieron afectados significativamente por la EPP, en donde hembras con una EPP baja y media, presentaron 1,7 y 1,2 servicios menos que aquellas vacas con una alta EPP, que presentaron 3,06 servicios ( $P<0,0001$ ) (Cuadro 10). De igual manera, la variable ecozona afectó significativamente los SPC. Utilizando como base de comparación la zona bmh-M, se observó que únicamente las vacas en el área bp-P presentaron 0,33 SPC más ( $P<0,0001$ ), mientras que las de las restantes zonas ecológicas presentaron variaciones no significativas (Cuadro 8).

Las hembras que no tuvieron RMF presentaron 0,36 menos SPC en comparación a las que sufrieron RMF ( $P=0,01$ ). El tipo de parto y el nivel de endogamia no afectaron los SPC (Cuadro 8).

Finalmente, la producción de leche a 305 días en la primera lactancia, afecta significativamente los SPC, tanto en la producción baja, como la media, en que se registraron en 0,08 y 0,11 SPC menos ( $P=0,01$ ;  $P<0,0001$ ) con respecto a aquellas altas productoras (Cuadro 8).

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

<b>Variable</b>	<b>Estrato</b>	<b>Estimado</b>	<b>Diferencia</b>	<b>E.E*</b>	<b>P**</b>
<b>Intercepto</b>		3 848,00		203,33	<0,0001
<b>Zona</b>	bh-MB	3 720,84	320,07	141,58	0,0238
	bh-P	3 925,64	524,86	143,02	0,0002
	bmh-P	3 940,27	539,50	143,74	0,0002
	bmh-T	3 614,66	213,89	137,66	0,0203
	bp-MB	3 251,10	149,67	136,78	0,2739
	bp-P	4 616,20	1 215,42	149,42	<0,0001
	bmh-M	3 400,72	0	0	0
<b>Tipo de parto</b>	Normal	3 766,06	-30,58	61,63	0,6197
	Distócico	3 796,65	0	0	0
<b>Retención</b>	Sin RMF	4 006,12	449,52	146,45	0,0022
	Con RMF	3 556,59	0	0	0
<b>Edad al parto</b>	<25,8	3 656,38	-275,81	39,73	<0,0001
	25,8-71	3 761,49	-167,70	37,18	<0,0001
	>71	3 929,16	0	0	0
<b>Días de lactancia</b>	<255	2 965,29	-1 350,65	34,73	<0,0001
	255-343	4 062,84	-253,00	24,94	<0,0001
	>343	4 315,84	0	0	0
<b>Endogamia</b>	<6,25%	3 806,28	49,85	27,68	0,0718
	>6,25%	3 756,43	0	0	0

\*EE= Error estándar de la diferencia. \*\*P= Valor de P de la diferencia.

RMF= Retención de membranas fetales

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

<b>Variable</b>	<b>Estrato</b>	<b>Estimado</b>	<b>Diferencia</b>	<b>E.E*</b>	<b>P**</b>
<b>Intercepto</b>		132,92		16,13	<0,0001
<b>Zona</b>	bh-MB	117,31	-11,08	8,02	0,1671
	bh-P	104,54	-23,85	7,99	0,0029
	bmh-P	100,59	-27,80	8,16	0,0007
	bmh-T	115,59	-12,81	7,89	0,1048
	bp-MB	128,04	-0,35	7,91	0,9640
	bp-P	117,53	-10,87	8,41	0,1964
	bmh-M		0	0	0
<b>Tipo de parto</b>	Normal	113,40	-5,19	5,47	0,3425
	Distócico	118,59	0	0	0
<b>Retención</b>	Sin RMF	117,23	2,45	13,41	0,8548
	Con RMF	114,77	0	0	0
<b>Edad al parto</b>	<25,8	114,48	-3,68	3,25	0,2569
	25,8-71	115,34	-2,82	3,11	0,3669
	>71	118,17	0	0	0
<b>Endogamia</b>	<6,25%	117,56	3,13	2,38	0,1899
	>6,25%	114,43	0	0	0
<b>KG305 1°</b>	<2400	119,68	1,13	4,47	0,8005
<b>Lactancia</b>	2400-4302	109,76	-8,78	2,04	<0,0001
	>4302	118,55	0	0	0

\*EE= Error estándar de la diferencia. \*\*P= Valor de P de la diferencia.

RMF= Retención de membranas fetales. KG305d= Producción a 305 días.



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

<b>Variable</b>	<b>Estrato</b>	<b>Estimado</b>	<b>Diferencia</b>	<b>E.E*</b>	<b>P**</b>
<b>Intercepto</b>		3,24		0,18	<0,0001
<b>Zona</b>	bh-MB	2,22	0,23	0,10	0,0219
	bh-P	2,05	0,07	0,10	0,4753
	bmh-P	1,97	-0,005	0,10	0,9575
	bmh-T	2,11	0,12	0,10	0,2151
	bp-MB	1,88	-0,10	0,10	0,3196
	bp-P	2,31	0,33	0,10	0,0022
	bmh-M	1,98	0	0	0
<b>Tipo de parto</b>	Normal	2,04	-0,07	0,06	0,2676
	Distócico	2,11	0	0	0
<b>Retención</b>	Sin RMF	1,89	-0,36	0,14	0,0150
	Con RMF	2,26	0	0	0
<b>Edad al parto</b>	<25,8	1,29	-1,70	0,04	<0,0001
	25,8-71	1,87	-1,19	0,03	<0,0001
	>71	3,06	0	0	0
<b>Endogamia</b>	<6,25%	2,08	0,02	0,02	0,4813
	>6,25%	2,06	0	0	0
<b>KG305 d 1°</b>	<2400	2,06	-0,08	0,03	0,0179
<b>Lactancia</b>	2400-4302	2,02	-0,11	0,02	<0,0001
	>4302	2,14	0	0	0

\*EE= Error estándar de la diferencia. \*\*P= Valor de P de la diferencia.

RMF= Retención de membranas fetales. KG305d= Producción a 305 días.

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

##### *4.5.1. Producción a 305 días.*

En la producción a 305 días de la segunda lactancia, algunas variables de tiempo, lugar y animal afectan de forma similar a lo que presenta la primera lactancia. Así, la EPP, influyó en la producción a 305 días de la segunda lactancia, dando como resultado que las hembras con una baja EPP, presentaron una producción 143,6 kg mayor, en relación a aquellas que tuvieron una alta EPP (media=4 529,55 kg/305 d;  $P=0,02$ ). Asimismo, aquellas hembras que parieron por primera vez a una edad media, produjeron 74,6 kg más en 305 d que las hembras con mayor edad al primer parto, aunque de forma no estadísticamente significativa ( $P=0,15$ ) (Cuadro 9).

Al analizar el efecto de la variable ecozona, se comprobó una importante diferencia positiva en las vacas del bp-P, con una producción de 728,85 kg por encima de la producción de la zona bmh-M ( $P<0,0001$ ). Por otro lado las demás áreas muestran un aumento de la producción que oscila entre los 26 a 450kg. Únicamente la zona bp-MB presentó una diferencia negativa de 383,03 kg/305 d con respecto a la zona bmh-M ( $P= 0,0097$ ) (Cuadro 9).

Al analizar el efecto de algunas variables reproductivas sobre la producción a 305 días, se observó que el tipo de parto, la RMF y la ESP, no representaron efectos significativos (positivos o negativos) (Cuadro 9).

La duración de la lactancia presentó diferencias entre aquellas lactancias cortas y medias, que produjeron 1 436,38 kg y 308,88 kg menos, que las que lactaron por periodos más amplios ( $P < 0,0001$ ) (Cuadro 9).

Por otro lado no se observan cambios significativos en la producción a 305 días, entre los animales con grado de endogamia mayor o menor a 6,25 (Cuadro 9).

La producción a 305 días de la primera lactancia si afectó de manera significativa la producción de la lactancia posterior; así, los animales con producciones bajas y medias durante la primera lactancia, produjeron menos leche en la segunda lactancia ( $P < 0,0001$ ) (Cuadro 9). Por otra parte, las vacas con menos días secos obtuvieron una producción inferior que los que obtuvieron un periodo seco más extenso ( $p < 0,0001$ ) (Cuadro 11).

Finalmente, los animales con lactancias de corta y media duración presentaron una producción inferior (210 kg y 82 kg aproximadamente) respecto a los animales con lactancias largas (Cuadro 9).

#### *4.5.2. Intervalo parto-concepción.*

Tanto la ESP como la EPP, alteraron de forma significativa el IPC de la segunda lactancia. Aquellos animales con EPP baja y media, tuvieron aproximadamente un IPC 32 y 14 días mayor que las hembras de una alta EPP ( $P < 0,0001$ ). Completamente lo contrario ocurrió con la ESP, donde las vacas con una ESP baja y media, tuvieron 115,7 y 84, 4 menos días abiertos, que aquellas con edad más avanzada ( $P < 0,0001$ ) (Cuadro 10).

La variable ecozona afecta de forma significativa el IPC; así, con respecto a los 171,61 días de días abiertos de la zona bmh-M, en la mayoría de las áreas ecológicas las variaciones oscilan éntrelos 8 y 16 días de diferencia (Cuadro 10).

Por otro lado, el tipo de parto, la RMF y el índice de endogamia no mostraron diferencias significativas en el IPC ( $P= 0,62$ ;  $P=0,76$ ;  $P=0,36$ , respectivamente) (Cuadro 10).

Adicionalmente, la duración de la segunda lactancia cambió de forma significativa el IPC en aquellas vacas con menos de 252 días de lactancia ( $P < 0.05$ ), efecto que no se presentó con las vacas de duración media, respecto a las vacas de alta longitud de lactancia (Cuadro 10).

Las vacas con baja producción a 305 días de la primera lactancia aumentaron su IPC en 56,06 días ( $P<0,0001$ ), mientras que los animales con una producción media disminuyeron su IPC de forma no significativa, en 0,42 días ( $p=0,78$ ) al compararlas con hembras con alta producción, las que presentaron 143 días abiertos (Cuadro 10).

Posteriormente, los días secos afectaron el IPC significativamente, mostrando que aquellas hembras con un periodo seco de duración corta o media, disminuyeron los días abiertos en 43 y 45 días aproximadamente ( $P<0,0001$ ), con respecto a los animales con periodos secos más extensos (Cuadro 10).

#### *4.5.3. Servicios por concepción.*

Los SPC se vieron afectados significativamente, tanto por la EPP como por la ESP. Las hembras con EPP baja y media, presentaron 0,67 y 0,31 SPC menos que aquellas con una edad

alta ( $P < 0,0001$ ). Asimismo, los animales con ESP baja y media tuvieron 1,63 y 1,11 servicios menos que las hembras con ESP alta ( $P < 0,0001$ ) (Cuadro 11)

Este parámetro no fue afectado por la variable ecozona de manera significativa. (Cuadro 11). Del mismo modo, las variables reproductivas analizadas (tipo de parto y la RMF), así como el coeficiente de endogamia, no evidencian diferencias importantes ni significativas en los SPC (Cuadro 11).

Por otro lado, la producción a 305 días de la primera lactancia, en su estrato de producción baja, no altera los SPC de la segunda lactancia de forma significativa, a diferencia de las vacas en producción media que disminuyen en 0,18 los servicios ( $P < 0,0001$ ) con respecto a aquellas altas productoras (Cuadro 11).

La duración de la primera lactancia produce variaciones positivas en los SPC, en donde las hembras con lactancias de duración corta presentan 1,64 servicios menos que las que tuvieron lactancias más extensas ( $P < 0,0001$ ). Por otro lado, las hembras con periodos de producción medios presentaron un aumento de 1,35 servicios ( $P < 0,0001$ ). Por el contrario, la duración de la segunda lactancia, evidenció diferencias menores en SPC, aunque las lactancias cortas tuvieron un incremento significativo de 0,10 SPC más que las hembras con periodos productivos más amplios ( $P = 0,01$ ). Las vacas con lactancias de duración media no presentaron diferencia con las lactancias más prolongadas (Cuadro 11).

Finalmente, se muestra una disminución de 0,59 SPC en los animales con periodos secos cortos y medios, respecto a las hembras con más días secos ( $P < 0,0001$ ) (Cuadro 11).

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

<b>Variable</b>	<b>Estrato</b>	<b>Estimado</b>	<b>Diferencia</b>	<b>E.E*</b>	<b>P**</b>
<b>Intercepto</b>		5 767,69		296,05	< 0,0001
<b>Zona</b>	bh-MB	4 472,25	31,96	151,90	0,8333
	bh-P	4 714,92	274,64	152,59	0,0720
	bmh-P	4 895,52	455,24	154,24	0,0032
	bmh-T	4 466,66	26,38	148,34	0,8588
	bp-MB	4 057,25	-383,03	148,09	0,0097
	bp-P	5 169,13	728,85	158,90	< 0,0001
	bmh-M	4 440,28	0	0	0
<b>Tipo de parto</b>	Normal	4 617,04	29,51	131,78	0,8228
	Distócico	4 587,53	0	0	0
<b>Retención</b>	Sin RMF	4 557,99	-88,59	194,38	0,6486
	Con RMF	4 646,58	0	0	0
<b>ESP</b>	<38,3	4 536,70	-126,84	129,77	0,3284
	38,3,54,3	4 606,63	-56,90	120,60	0,6372
	>54,3	4 663,54	0	0	0
<b>Días de lactancia 2</b>	<252	3 747,66	-1436,38	46,28	< 0,0001
	252-355	4 875,16	-308,88	31,35	< 0,0001
	>355	5 184,04	0	0	0
<b>Endogamia</b>	<6,25%	4 572,48	-59,61	36,94	0,1066
	>6,25%	4 632,10	0	0	0
<b>EPP</b>	<25,8	4 673,13	143,59	62,44	0,0215
	25,8-71	4 604,18	74,63	52,42	0,1546
	>71	4 529,55	0	0	0
<b>KG305 1° Lactancia</b>	<2400	4 398,82	-687,13	128,10	< 0,0001
	2400-4302	4 322,09	-763,83	33,98	< 0,0001
	>4302	5 085,95	0	0	0
<b>Días Seca en la 1° lactancia</b>	<52	4 404,28	-314,90	53,85	< 0,0001
	52-82	4 683,40	-35,78	46,40	0,4407
	>82	4 719,18	0	0	0
<b>Días de lactancia en la 1° Lactancia</b>	<255	4 489,74	-209,78	66,66	0,0017
	255-343	4 617,59	-81,93	35,83	0,0223
	>343	4 699,53	0	0	0

EE= Error estándar de la diferencia. P= Valor de P de la diferencia. RMF= Retención de membranas fetales. KG305d= Producción a 305 días. ESP= edad al segundo parto.

**Cuadro 40. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre el intervalo parto-concepción de la segunda lactancia.**

<b>Variable</b>	<b>Estrato</b>	<b>Estimado</b>	<b>Diferencia</b>	<b>E.E*</b>	<b>P**</b>
<b>Intercepto</b>		295,41		13,33	< 0,0001
<b>Zona</b>	bh-MB	162,79	-8,81	5,56	0,1133
	bh-P	157,27	-14,33	5,54	0,0098
	bmh-P	155,22	-16,38	5,67	0,0039
	bmh-T	159,18	-12,42	5,48	0,0236
	bp-MB	163,09	-8,51	5,50	0,1220
	bp-P	161,68	-9,93	5,85	0,0899
	bmh-M	171,61	0	0	0
<b>Tipo de parto</b>	Normal	160,10	-2,89	6,01	0,6296
	Distócico	163,00	0	0	0
<b>Retención</b>	Sin RMF	162,97	2,83	9,30	0,7609
	Con RMF	160,13	0	0	0
<b>ESP</b>	<38,3	112,57	-115,67	5,98	< 0,0001
	38,3-54,3	143,83	-84,41	5,55	< 0,0001
	>54,3	228,24	0	0	0
<b>Días de lactancia 2° lactancia</b>	<252	165,02	4,12	1,96	0,0361
	252-355	158,73	-2,17	1,62	0,1820
	>355	160,90	0	0	0
<b>Endogamia</b>	<6,25%	162,36	1,62	1,77	0,3615
	>6,25%	160,74	0	0	0
<b>EPP</b>	<25,8	177,79	31,28	2,88	< 0,0001
	25,8-71	160,36	13,86	2,41	< 0,0001
	>71	146,50	0	0	0
<b>KG305 d 1° Lactancia</b>	<2400	199,07	56,06	4,50	< 0,0001
	2400-4302	142,58	-0,42	1,57	0,7880
	>4302	143,00	0	0	0
<b>Días Seca 1° lactancia</b>	<52	148,02	-42,71	2,51	< 0,0001
	52-82	145,90	-44,83	2,21	< 0,0001
	>82	190,73	0	0	0
<b>Días de lactancia 1° lactancia</b>	<255	115,09	-109,41	3,10	<0,0001
	255-343	145,06	-79,43	1,74	<0,0001
	>343	224,54	0	0	0

\*EE= Error estándar de la diferencia. \*\*P= Valor de P de la diferencia.

RMF= Retención de membranas fetales. KG305d= Producción a 305 días.

ESP= edad al segundo parto.

**Cuadro 11. Análisis multivariado para el efecto de las variables de tiempo, lugar y animal sobre los Servicios por concepción de la segunda lactancia.**

<b>Variable</b>	<b>Estrato</b>	<b>Estimado</b>	<b>Diferencia</b>	<b>E.E*</b>	<b>P**</b>
<b>Intercepto</b>		4,24		0,28	<0,0001
<b>Zona</b>	bh-MB	2,46	0,18	0,11	0,1010
	bh-P	2,29	0,01	0,11	0,9111
	bmh-P	2,29	0,01	0,11	0,9146
	bmh-T	2,32	0,03	0,10	0,7240
	bp-MB	2,40	0,12	0,11	0,2569
	bp-P	2,16	-0,12	0,11	0,2910
	bmh-M	2,28	0	0	0
<b>Tipo de parto</b>	Normal	2,35	0,06	0,12	0,6157
	Distócico	2,28	0	0	0
<b>Retención</b>	Sin RMF	2,28	-0,06	0,19	0,7483
	Con RMF	2,35	0	0	0
<b>ESP</b>	<38,3	1,60	-1,63	0,12	<0,0001
	38,3,54,3	2,12	-1,11	0,11	<0,0001
	>54,3	3,23	0	0	0
<b>Días de lactancia 2°</b>	<252	2,38	0,10	0,04	0,0118
<b>lactancia</b>	252-355	2,29	0,01	0,03	0,66547
	>355	2,27	0	0	0
<b>Endogamia</b>	<6,25%	2,31	-0,01	0,03	0,7284
	>6,25%	2,32	0	0	0
<b>EPP</b>	<25,8	2,66	0,67	0,06	<0,0001
	25,8-71	2,30	0,31	0,05	<0,0001
	>71	1,99	0	0	0
<b>KG305d 1°</b>	<2400	2,49	0,16	0,09	0,0704
<b>lactancia</b>	2400-4302	2,14	-0,18	0,03	<0,0001
	>4302	2,32	0	0	0
<b>Días Seca 1°</b>	<52	2,12	-0,59	0,05	<0,0001
<b>lactancia</b>	52-82	2,11	-0,59	0,04	<0,0001
	>82	2,71	0	0	0
<b>Días de lactancia 1°</b>	<255	1,67	-1,64	0,06	<0,0001
<b>lactancia</b>	255-343	1,96	1,35	0,06	<0,0001
	>343	3,32	0	0,03	0

EE= Error estándar de la diferencia. P= Valor de P de la diferencia. RMF= Retención de membranas fetales. KG305d= Producción a 305 días. ESP= edad al segundo parto.



## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. *Estadística descriptiva.*

La EPP promedio para animales raza Jersey puros, de diferentes zonas ecológicas de Costa Rica, resultó en 29 meses aproximadamente. Durante el período de estudio, hubo una tendencia global al incremento desde los 28,5 meses en el año 2000 a los 30 meses en el 2010. Sin embargo, durante los años 2003 al 2008 no hubo variaciones significativas. El promedio observado es ligeramente más alto que los valores reportados por otros autores para zonas templadas (Powell, 1985; Hare, et al., 2006), pero marcadamente inferior al reportado por Wing Chin-Jones (2008) en condiciones tropicales de la zona baja de Turrialba, que correspondió a 38,8 meses. Estos autores atribuyen esta alta EPP a un desarrollo de animales a base de pasto, sin suplementación nutricional adecuada, que provoca una limitación en la tasa de crecimiento y en la maduración del animal (Heinrichs et al., 2005; Wing Ching-Jones et al., 2008). El resultado obtenido en el presente estudio podría deberse a que se incluyeron únicamente animales puros de lecherías especializadas, cuyos requerimientos nutricionales para un desarrollo adecuado y una producción láctea rentable se ven satisfechos, tanto durante su etapa de desarrollo como a lo largo de su vida productiva.

Este incremento de casi 2 meses en los últimos 10 años en la EPP en el ganado Jersey especializado, se podría deber a la tendencia mundial de lograr un desarrollo músculo esquelético mayor en las novillas antes de su primer servicio. El efecto cuadrático observado entre la tasa de crecimiento prepuberal y la EPP, está relacionado al manejo adecuado de los requerimientos nutricionales y el rendimiento productivo posterior de la hembra; ya que de

igual forma, este influye en el desarrollo del tejido mamario apropiado (Sejrsen & Purup, 1997; Solano & Vargas, 1997; Macdonald, et al., 2005; Vergara, et al., 2009).

Se ha comprobado que animales con EPP inferior a los dos años de vida, comprometen su longevidad dentro del hato lechero, así también como su rendimiento productivo (Haworth et al., 2008). Ettema & Santos (2004) recomiendan que la EPP ideal para que un animal sea rentable dentro de un hato lechero, debe ser alrededor de los 24 meses de vida, cuando la hembra posee un adecuado peso corporal. Por otro lado, es importante evitar un desarrollo acelerado durante la etapa prepuberal, ya que el incremento del tejido graso no favorece el desarrollo del tejido secretorio de la ubre (Sejrsen & Purup, 1997; Ettema & Santos, 2004).

Actualmente, se reportan incrementos en los costos de producción por reducción de la EPP por debajo de los 24 meses de edad (Pirlo et al., 2000), ya que animales con bajo rendimiento en la primera lactancia, presentan bajos rendimientos de igual forma en sus posteriores lactancias (Haworth et al., 2008). La tendencia de general de los productores de leche, es a disminuir la EPP, y de ese modo acortar los costos en manejo de crianza de terneras. Pero, se ha comprobado que empezar la vida productiva de un animal a los 24-25 meses de vida incrementa los ingresos de la finca, con mínimos impactos negativos sobre la producción de leche. Contrario a lo provocado en animales muy jóvenes en su primer parto, que comprometen su longevidad y rendimiento productivo dentro del hato, además de incrementar la posibilidad de tener dificultades de parto, que afecta de forma directa el desempeño en la lactación; implicando de esa forma, un incremento en los gastos de producción (Ettema & Santos, 2004).

## 5.2. *Edad al primer Parto*

Asimismo, se analizó el efecto de variables de tiempo, lugar y animal sobre la EPP, determinando que las variables ecozona, tipo de parto de la madre, época de nacimiento y coeficiente de endogamia, sí afectan el valor de la edad con la que una novilla llega al primer parto, a diferencia de las variables año de nacimiento y número de lactancia de la madre, que no tuvieron efecto sobre la producción láctea corregida a 305 días.

La zona ecológica influyó de manera significativa sobre la EPP. Las ecozonas con valores más altos para la EPP correspondieron a las zonas bosque muy húmedo pre-montano, bosque muy húmedo tropical, bosque pluvial montano bajo, bosque muy húmedo montano; oscilando entre los 30 y 31 meses de vida. Dichas zonas cuentan, con niveles altos de temperatura ambiental, que oscilan entre 21 y 26 grados Celsius (Quesada, 2007). Fox y Tylutki (1998) predijeron un aumento en la EPP cuando los animales son sometidos a un estrés ambiental, tales como elevadas temperaturas por encima de 30 °C, e índices de humedad de más del 80 %, así como energía solar; después de la concepción; pueden provocar una reducción de la producción láctea de 2,6 a 11,9 kg por día (Fox &Tylutki, 1998). Por otro lado las zonas correspondientes a bh-MB y bp-P, conocidas como bosque húmedo montano bajo y bosque pluvial pre-montano, obtuvieron valores menores (26-27 meses). Estas zonas se ubican geográficamente en las áreas circunvecinas de Zarcero y Ochomogo, además de la Cordillera de Tilarán y la Vertiente Atlántica de la Cordillera Volcánica Central, respectivamente. La resistencia que posee la raza Jersey en climas tropicales, que no presentan otras razas, podría explicar que no exista variación de los valores para la EPP, dentro de las zonas ecológicas bh-P, bmh-P, bmh-T, bp-MB y bmh-M (García Peniche et al., 2005). (Ver Anexo 1)

No se encontró efecto del año de nacimiento sobre la EPP; sin embargo, el año 2008 fue el que presentó mayor diferencia, con una EPP de 25,58 meses. En estudios realizados anteriormente, la variable año de nacimiento no implicó cambios en la EPP (Solano & Vargas, 1997; Casas & Tewolde, 2001). Asimismo, la variación obtenida para el año 2008, presente en este estudio, podría estar sujeta al número de datos obtenidos para ese año, que fue inferior a los demás. Posiblemente, debido a que la mayoría de las fincas incluidas en la base nacional de datos corresponden a lecherías especializadas, que son más constantes en la recolección y envío de datos a CRIPAS, provocó una reducción marcada de la EPP para ese año. De igual manera, se ha comprobado que en condiciones tropicales puede existir un leve efecto del año, provocado por las fluctuaciones climáticas, la disponibilidad de alimento y las condiciones de manejo (Casas & Tewolde, 2001).

La época del año de nacimiento presentó en este estudio diferencias significativas, similar a lo expuesto por otros autores (Vergara et al., 2009). Los animales que nacieron en época seca mostraron una EPP mayor (29,79 meses) que los nacidos durante la época lluviosa (28,94 meses). Este resultado concuerda a lo reportado por Mejía-Bautista (2010), quien obtuvo resultados similares con respecto al efecto de la época del año sobre la EPP, donde los individuos que nacieron durante la época lluviosa obtuvieron una EPP un mes más baja, que aquellos nacidos en época seca (36 meses). El efecto de la época del año está sujeto a la disponibilidad de alimento, tolerancia a temperaturas ambientales elevadas, y la eficiencia en la detección de celo; que son factores que influyen en la expresión de características asociadas con la eficiencia reproductiva en condiciones tropicales (Casas & Tewolde, 2001). Consistentemente, se demuestra que las vacas que paren durante la época seca son las que tienen intervalo entre partos más cortos; probablemente las vacas que paren durante la época

seca del año, son las que registran mayor condición corporal, esto relacionado a estadios de balance negativo no prolongado y reinicio temprano de la actividad ovárica (Mejía-Bautista et al., 2010).

El tipo de parto de la madre, no ha sido asociado con variaciones en la EPP (Ettema & Santos, 2004, Thompson et al., 1983); no obstante, en el caso del presente estudio, aquellas hembras nacidas de un parto normal mostraron una EPP más alta (29,36 meses; IC95%: 29,28-29,43) que aquellas nacidas un parto distócico (27,17 meses), evidenciando un efecto latente del tipo de parto de la madre sobre la EPP de su hija.

Cuando se estudia el efecto del número de lactancia de la madre, no se observaron cambios significativos a partir del segundo parto, a diferencia con las hembras nacidas de primerizas, que tuvieron una EPP más elevada (30,50 meses). 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). No existen estudios que soporten los hallazgos obtenidos en el presente estudio, con respecto al incremento del valor de la EPP en novillas hijas de vacas primerizas; en animales raza Jersey.

Al analizar el efecto del coeficiente de endogamia sobre la EPP, se observa que en los animales estudiados, aquellos con un nivel de endogamia considerado de riesgo (>6,25%), tuvieron una EPP de 27 meses, contrastando con los 30 meses de EPP para los individuos con

consanguinidad menor. Los resultados del efecto del coeficiente de endogamia sobre la EPP, concuerda que existe un efecto de esta variable sobre la EPP, donde altos niveles de endogamia producen incrementos en la EPP, se han observado cambios solo cuando el individuo presenta niveles de endogamia por encima del 10% (Thompson, et al., 2000; Casas & Tewolde, 2001; Parlan, et al., 2007).

Por otro lado, al analizar la ESP, las variables reproductivas (IEP y SPC) y la producción de la primera y segunda lactancia, no presentaron diferencias significativas por efecto del índice de endogamia, contrario a lo expuesto anteriormente donde se establece un efecto negativo de la endogamia sobre la producción láctea y en el porcentaje de grasa y proteína de la leche en animales con coeficientes de endogamia mayores o iguales a 6,25% (Thompson, et al., 2000; Parland, et al., 2007).

### 5.3. *Edad al segundo Parto*

Las diferentes variables ambientales, de individuo y de manejo, que se estudiaron, afectan de manera similar a la EPP, como a la ESP. Igualmente, la ESP se ve afectada por, el número de lactancia de la madre, la ecozona, el tipo de parto de la madre, la época de nacimiento y el coeficiente de endogamia. Los hallazgos obtenidos del efecto de las variables de ambiente y manejo sobre la ESP, cumplen con el mismo patrón de la EPP.

#### 5.4. *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 manejo (Lactancia de la madre, tipo de parto, índice de endogamia).

La sumatoria de todas estas variables influyó en la producción de leche a 305 días en la primera lactancia. Siendo que la de EPP baja y media, obtuvieron una menor producción que aquellas que tuvieron una EPP alta. Este resultado concuerda con lo reportado en otros estudios, que afirman la existencia de una correlación positiva entre el incremento de la producción de leche y el aumento de la EPP (Powell, 1985; Pirlo et al., 2000; Ettema, et al., 2004; Haworth et al., 2008). Autores afirman, que EPP por debajo de los 23 meses comprometen el rendimiento de la producción en la primera lactancia, así también como la composición de la leche y el desempeño productivo (Haworth et al., 2008). Esto debido a que, como se mencionó anteriormente, la EPP está estrechamente relacionada a la tasa de crecimiento y, al desarrollo estructural de la ubre para producir leche, etapas que dan lugar en el periodo prepuberal (Sejrsen & Purup, 1997; Solano & Vargas, 1997; Macdonald, et al., 2005, Haworth et al., 2008).

Por otro lado, otros autores han observado variaciones positivas en el porcentaje de grasa en la leche, consecuente con variaciones en la EPP. Según estos autores, el valor de grasa y proteína total en leche se ve incrementada en vacas con a EPP mayor (<25 meses) que en aquellas que paren a una edad media (23-25 meses) o baja (>23 meses) (Pirlo et al., 2000; Ettema & Santos, 2004).

El efecto negativo observado en el decremento de la producción láctea, en animales con baja EPP (<25 meses), se puede relacionar a distintos factores, tales como la ganancia de peso excesiva durante la etapa prepuberal, o la baja condición corporal del animal a la hora de empezar su primera lactación (Pirlo et al., 2000). Eso se puede explicar en los datos obtenidos dentro del presente estudio, ya que aquellas hembras más jóvenes al primer parto tuvieron niveles productivos inferiores, posiblemente aunado a un manejo incorrecto de la etapa prepuberal, que conlleva a animales fisiológicamente no preparados para una gestación y posterior lactancia, incrementando el estrés que sufre el animal, y afectando su desempeño productivo.

Por otro lado, cuando se estudió de manera conjunta las variables de ambiente y manejo; las zonas ecológicas con producciones de leche superiores correspondieron a la bp-P, bmh-P y bh-P, las cuales presentan características en común, como lo son la altitud (500-1500msnm) y la temperatura ambiental (promedio 18 - 24°C), que permite el crecimiento de pastos ricos en proteína, como el Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Ryegrass (*Lolium sp.*), con valores de Proteína cruda de 26,5%, cubriendo los requerimientos necesarios para animales en producción (NRC, 2001). Cabe mencionar que los niveles de proteína cruda para animales durante el periodo seco, es inferior en un 50%, ya que de otro modo se incrementa el riesgo de sufrir enfermedades metabólicas en el posparto temprano, que afectan el desempeño productivo del animal.

Al estudiar aquellas zonas con rendimiento productivo inferior, que corresponden a bp-MB, bmh-M y bmh-T, ubicadas en el Caribe de Costa Rica y en la región adyacente a la Cordillera de Tilarán. Dichas zonas ecológicas, presentan condiciones ambientales que no



permiten el máximo desarrollo del potencial genético de los animales para la producción de leche, por ejemplo, las bmh- T, posee altas temperaturas ( $>24^{\circ}\text{C}$ ) y precipitaciones que sobrepasan los 7000mms/año. Estas condiciones adversas, observadas en regiones como Sarapiquí, San Carlos y Tortuguero; asimismo, la bp-MB, ubicada en la cordillera de Talamanca se caracteriza por humedad excesiva y altas precipitaciones (4000-8000mms/año) (Quesada, 2007). Las circunstancias climáticas, observadas en dichas zonas ecológicas, no brindan el mejor entorno nutricional, ya que la calidad de forrajes no es la óptima, además del estrés calórico al que se enfrentan los animales (Ver Anexo 1). Estas zonas ecológicas cuentan con un ambiente no apto para el desarrollo de animales de raza europea, que no toleran las altas temperaturas, así como la humedad relativa de buena manera, por otro lado el desarrollo de terneras en estas áreas del país, es de tipo más extensivo, sin los cuidados necesarios para garantizar el máximo potencial genético de la hembra. Por otro lado, la región bmh- M, ubicada en las faldas del Volcán Irazú y en el Cerro Chirripó (Quesada, 2007), con temperatura ambiental promedio de  $6 - 11^{\circ}\text{C}$ , precipitaciones: 1000 - 2000mms/año, presentó, de igual forma, uno de los más bajos niveles de producción.

Cuando se analiza el efecto de las variables reproductivas sobre la producción láctea, los animales sin retención de membranas fetales (RMF) tuvieron una producción mayor que aquellos que presentaron RMF. Resultado, que concuerda a lo anteriormente reportado por Haworth, et al., (2008), en donde afirma que complicaciones de parto, pueden implicar un deterioro de la posterior producción láctea del animal.

Asimismo, la producción se vio afectada por la longitud de la lactancia, en donde las hembras con lactancias más extensas, produjeron mayor cantidad de leche, en comparación a los animales con lactancias de duración corta a media ( $P < 0,0001$ ).

El resultado obtenido en el presente estudio, al considerar el efecto del índice de endogamia en conjunto con las demás variables sobre la producción de la primera lactancia. Los animales sometidos al presente estudio, no presentaron cambios significativos en la producción a 305 días, entre los animales con menos y más de 6,25% de endogamia; distinto de lo que menciona Thompson, et al, (2000), donde reporta que altos índices de endogamia producen un deterioro marcado del rendimiento productivo, de alrededor de 0,5 y 1,5 kg menos de leche por día.

Por otro lado, cuando se analiza el efecto conjunto de las distintas variables de ambiente y manejo sobre el IPC, se observa que únicamente las variables zona y producción de la primera lactancia, producen un efecto significativo en los días abiertos. Similar a lo presentado anteriormente, la zona ecológica, es una variable de peso, ya que influye en las variables productivas de igual manera que en las reproductivas, reafirmando la implicación del ambiente, temperatura, humedad y radiación solar en el rendimiento productivo y reproductivo de los animales en lecherías tropicales.

La EPP en el presente estudio, no mostró diferencias significativas en el IPC, concordando con lo reportado para animales en condiciones de pastoreo, donde no se observó efecto marcado de la EPP sobre los indicadores reproductivos (Marini, et al., 2007). Pero asimismo, se observó que aquellas hembras con EPP media (23-25 meses), se preñaron más

temprano que aquellas con bajos (<23 meses) o altos (>25 meses) valores para la EPP (Ettema & Santos, 2004; Marini, et al., 2007).

Basándose, en el efecto conjunto de las variables dependientes sobre los servicios por concepción, las variables zona ecológica, producción de la primera lactancia, RMF y EPP, son las que producen un efecto significativo. Los SPC, se ven disminuidos, conforme se disminuye la EPP ( $P < 0,0001$ ), pero cabe mencionar que aquellos individuos con bajas EPP, son las que poseen niveles de producción inferiores, por lo tanto un menor estrés metabólico. Asimismo, los animales que presentaron RMF, tuvieron mayor cantidad de SPC (2,26 servicios), que aquellas con parto normal, información que concuerda con lo reportado por Lozano Domínguez (1999), que determinó que hembras que presentaron retención de placenta o metritis posparto, tuvieron un servicio más que aquellas que no exhibieron ningún tipo de patología en el posparto. Del mismo modo, los animales con mayor nivel productivo presentaron un incremento en el número de servicios. Esto está ampliamente descrito en la literatura, como uno de los mayores problemas que enfrenta la industria láctea en los últimos años, en la cual los animales altos productores enfrentan un pobre desempeño reproductivo; todo esto provocado por distintos factores fisiológicos, ambientales, nutricionales y de manejo (Lucy, 2001).

##### 5.5. *Análisis Multivariado de la segunda lactancia*

A diferencia del análisis de la primera lactancia, la segunda lactancia se ve influenciada por distintas variables, tales como la longitud de la primera lactancia, el periodo seco, y la producción de la primera lactación.

En relación al efecto de la EPP sobre la producción de la segunda lactancia, esta influye de una manera menos significativa que en la primera lactación. El resultado concuerda con lo reportado en la literatura, donde se establece que la EPP no parece tener el mismo efecto que tiene en la primera lactancia, en las posteriores lactaciones (Haworth et al., 2008). Pero de igual manera, las hembras con una EPP baja, mantuvieron niveles de producción inferiores en 126, 84 kg, que aquellas las que llegaron a su primer parto a una edad más avanzada, cuya producción a 305 días correspondió a 4 666,54 kg. De igual manera una baja EPP, compromete el índice de longevidad dentro del hato (Haworth et al., 2008).

Por otro lado, se determinó un efecto de los días de lactancia, y la longitud del periodo seco en la producción de leche; en donde al disminuir el tiempo de dichos periodos se observa un decremento en la producción láctea. Estos hallazgos son similares a los obtenidos Sorensen & Enevoldsen (1990), donde se determinó una disminución de 2kg de leche por cambiar el periodo seco de 7 a 4 semanas de longitud.

Cuando se analizan las variables reproductivas de la segunda lactancia, tanto los SPC, como el IPC, se ven afectados por la ESP, la EPP, el periodo seco y la duración de la primera lactancia. A pesar de los hallazgos encontrados en el presente estudio, no existe apoyo en la literatura que determine el efecto real de la EPP y la ESP en las variables reproductivas del segundo parto. En el presente estudio se determinó que el incremento de los días de lactancia y el periodo seco, sí produce un aumento en los SPC, y en los días abiertos. Sin embargo, a pesar de que se relaciona el incremento de la producción a la disminución de la eficiencia reproductiva, los individuos con niveles bajos de producción, presentaron IEP mayores que las altas productoras, fenómeno que se presentó de igual manera en la primera lactancia. Este

efecto se puede relacionar, a una mala condición corporal a la hora del parto, así también como procesos infecciosos y errores de manejo.

## 6. CONCLUSIONES

Existe una tendencia marcada en la EPP, para el periodo comprendido entre los años 2000 y 2010, en la cual se establece un incremento de ese valor, concordando con la predisposición global a llevar animales a su primer parto mejor desarrollados, para garantizar un buen rendimiento productivo.

Durante la realización del presente estudio, se determinó un efecto lineal de la EPP sobre la producción de leche de la primera lactancia, más no así sobre la segunda. El decremento de la EPP, conlleva a una marcada disminución de la producción, que produce asimismo, un animal que no explota su máximo potencial genético de producción, sacrificando, de este modo, sus lactancias posteriores.

Por otro lado, la producción de la segunda lactancia, no se afecta por la EPP, igual que la primera, pero hembras con baja rendimiento en su primer parto, mantienen bajos niveles de producción en la segunda. De ese modo, la EPP, parece tener un efecto no solo sobre la primera lactancia, sino también, en el rendimiento productivo posterior.

La zona ecológica, época del año, y el tipo de parto, además del coeficiente endogámico, poseen un efecto sobre el valor de la EPP. A diferencia del número de lactancia de la madre, y el año de nacimiento, que no produce diferencias significativas sobre la EPP.

El intervalo parto concepción y el número de servicios por concepción no se ven afectados por la edad al primer parto, corregido por el nivel de endogamia, el nivel de producción láctea, el tipo de parto y la zona ecológica.

## **7. RECOMENDACIONES**

La correcta EPP para cada hato lechero es distinta para cada hato lechero, pero un protocolo adecuado de crianza de terneras es vital para lograr el máximo potencial de los animales.

Asimismo, el manejo correcto del periodo prepuberal de una hembra, es la clave para obtener un animal un buen rendimiento productivo y una larga viabilidad dentro del hato lechero. El balance nutricional, así como el protocolo de enfermedades infecciosas, es vital para darle al animal un periodo prepuberal que la prepare correctamente para una posterior lactancia.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrews, A. H. (2000). *The Health of Dairy Cattle*. Blackwell Publishing, Oxford, Inglaterra
- Ball, P.J. & A.R. Peters. (2004). *Reproduction in Cattle*. 3ra ed. Blackwell Publishing, Oxford, Inglaterra.
- Ben Gara, A., R. Bouraoui, B. Rekik, H. Hammami, H. Rouissi. (2009). Optimal age at first calving for improved milk yield and length of productive life in Tunisian Holstein cows. *Am.Eurasian Journal of Agronomy.*, 2: 162-167.
- 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., J. Echeverry, L. Restreppo, M. Cerón Muñoz. (2009). Productividad de vacas Jersey, Holstein y Jersey/Holstein en una zona de bosque húmedo montano bajo (Bh-MB) [en línea]. *Livestock Research for Rural Development*. <http://www.lrrd.org/lrrd21/6/boli21080.htm>. (Consulta: 24 ene. 2011)
- 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.
- 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.
- Ettema, J., & J. Santos. (2004). Impact of age at first calving on lactation, reproduction, health, and income in First-Parity Holstein on Commercial Farms. *J. Dairy Sci.*, 87: 2730-2742.
- Fox, D. G., & T. P. Tylutki. (1998). Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81:3085–3095.
- García Peniche, T.B., G.B. Casell, R.E. Pearson, I. Misztal. (2005). Comparisons of Holsteins with Brown Swiss and Jersey Cows. *J. Dairy Sci.*, 88: 790–796.
- González, N., F. Boschini. (1996). Comportamiento de la producción de leche en hatos Holstein y Jersey del valle central de Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, 3: 43-59.
- 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.
- 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., 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.
- Holdrige, L. R. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. . IICA., San José, C.R.

- Lozano Dominguez, R.R. (1999). Problemas en el parto y sus consecuencias reproductivas en vacas lecheras. [en línea]. Inifap. HYPERLINK "<http://www.inifapaguascalientes.gob.mx/Publicaciones>" <http://www.inifapaguascalientes.gob.mx/Publicaciones> . (Consulta: 25 oct. 2011)
- Lucy, M.C. (2001). Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End?.  
J. Dairy Sci. 84:1277–1293
- Macdonald, K.A., J.W. Penno, A.M. Bryant, J.R. Roche. (2005). Effect of feeding level Pre- and Post puberty and body weight at first calving on growth, milk production and fertility in grazing dairy cows. J. Dairy Sci., 88: 3363-3375.
- 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: 25 feb.2011)
- National Research Council (NRC) (2001) Nutrient requirements of dairy cattle. 7th edition. National Academy Press. USA.
- Mejía-Baustista, G.T., J.G. Magaña, J.C. Segura-Correa, R. Delgado & R.J. Estrada-León. (2010). Comportamiento reproductivo y productivo de vacas *Bos indicus*, *Bos taurus* y sus cruces en un sistema de producción Vaca:Cría en Yucatán, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 12: 289 - 301

- Meyer, M., R. Everett, M. Van Amburgh. (2004). Reduced age at first calving: effects on lifetime production, longevity and profitability [en línea]. Arizona Dairy. <http://cals.arizona.edu>. (Consulta: 24 ene.2011)
- 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
- 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.
- Powell, R. (1985). Trend of Age at First Calving. *J. Dairy Sci.*, 68: 768-772.
- Quesada Monge, R. (2007). Memorias del IX Congreso Nacional de Ciencias: Exploraciones fuera y dentro del aula. Bosques de Costa Rica. Ago. 24 y 25. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Radostits, O. 2003. Herd Health: food animal production medicine. 3rd. ed. W.B. Saunders Company, Pensilvania, U.S.A,
- SAS Institute Inc., SAS®. User's Guide. Version 6. 4th edition. Cary, NC, USA. SAS Institute Inc. 1990.943 pp.
- Sejrsen, K., & S. Purup. (1997). Influence of prepubertal feeding level en milk yield potential of Dairy heifers: A review. *J. Anim. Sci.*, 75: 828-835.

- 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.
- Sorensen, J.T, C. Enevoldsen. (1991). Effect of dry period length on milk production in subsequent lactation. *J Dairy Sci* 74:1277-1283.
- 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.
- Thompson, J.R., R.W. Everett, C.W. Wolfe. (2000). Effects of inbreeding on production and survival in Jerseys. *J Dairy Sci* 83:2131–2138
- Vergara, G.O; A.L. Botero, B.C. Martínez. (2009). Factores ambientales que afectan la edad al primer parto y primer intervalo entre partos en vacas del sistema de doble propósito. [en línea]. Redalyc, Sistema de Información Científica, [HYPERLINK "http://redalyc.uaemex.mx/" http://redalyc.uaemex.mx](http://redalyc.uaemex.mx/) (Consulta: 14 oct.2011)
- West, J., B. Mullinix, J.K. Bernard. (2003). Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake,. *J. Dairy Sci.*, 86: 232–242.
- 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.

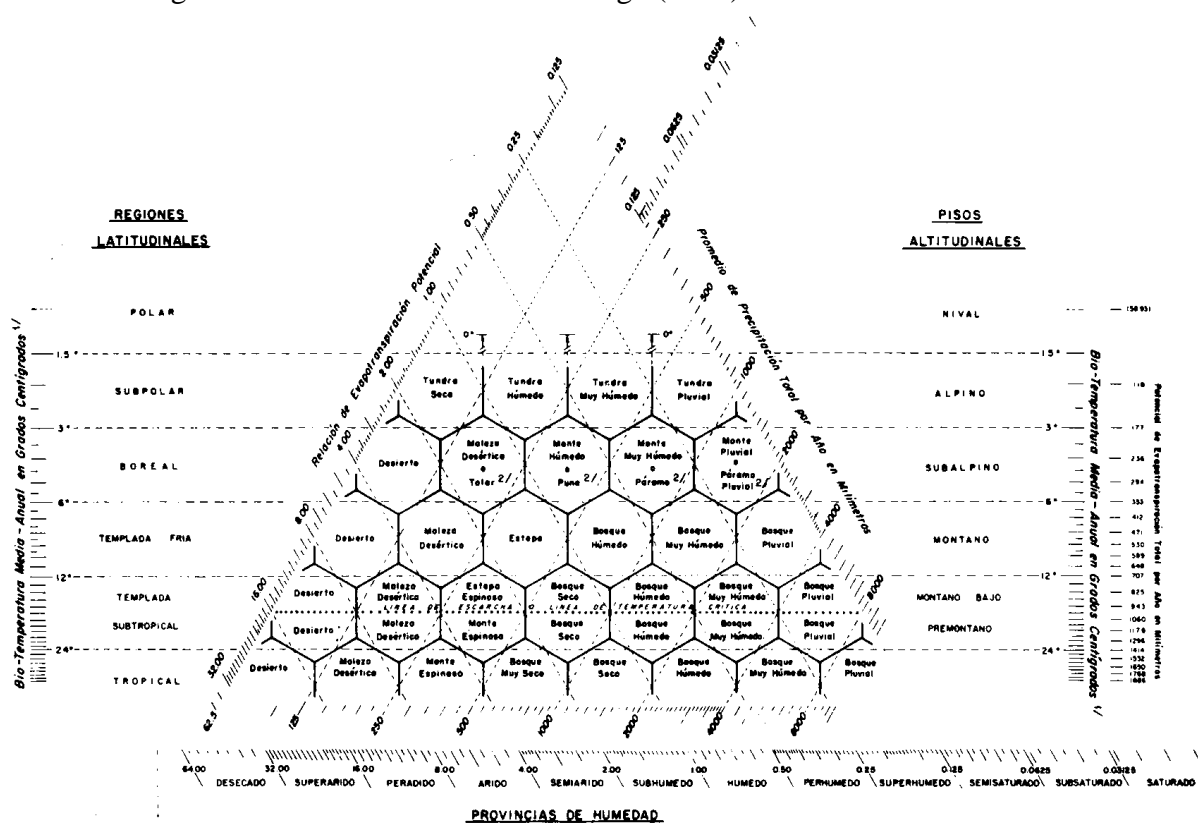
## 9. ANEXOS

**Anexo 1:** Características ambientales de las zonas ecológicas según Holdrige (1987).

<b>Zona</b>	<b>Código</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Precipitaciones (mms/año)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
<b>Bosque húmedo montano bajo</b>	bh-MB	1500 - 2000	1000 - 2000	12 - 17
<b>Bosque húmedo Premontano</b>	bh-P	500 - 1500	1000 - 2000	18 - 24
<b>Bosque muy húmedo premontano</b>	bmh-P	500 - 1500	2000 - 4000	18 - 24
<b>Bosque muy húmedo tropical</b>	bmh-T	0 - 500	4000 - 8000	>24
<b>Bosque muy húmedo montano</b>	bmh-M	2000 - 2500	1000 - 2000	6 - 11
<b>Bosque pluvial montano bajo</b>	bp-MB	1500 - 2000	4000 - 8000	12 - 17
<b>Bosque pluvial Premontano</b>	bp-P	500 - 1500	4000 - 8000	18 - 24

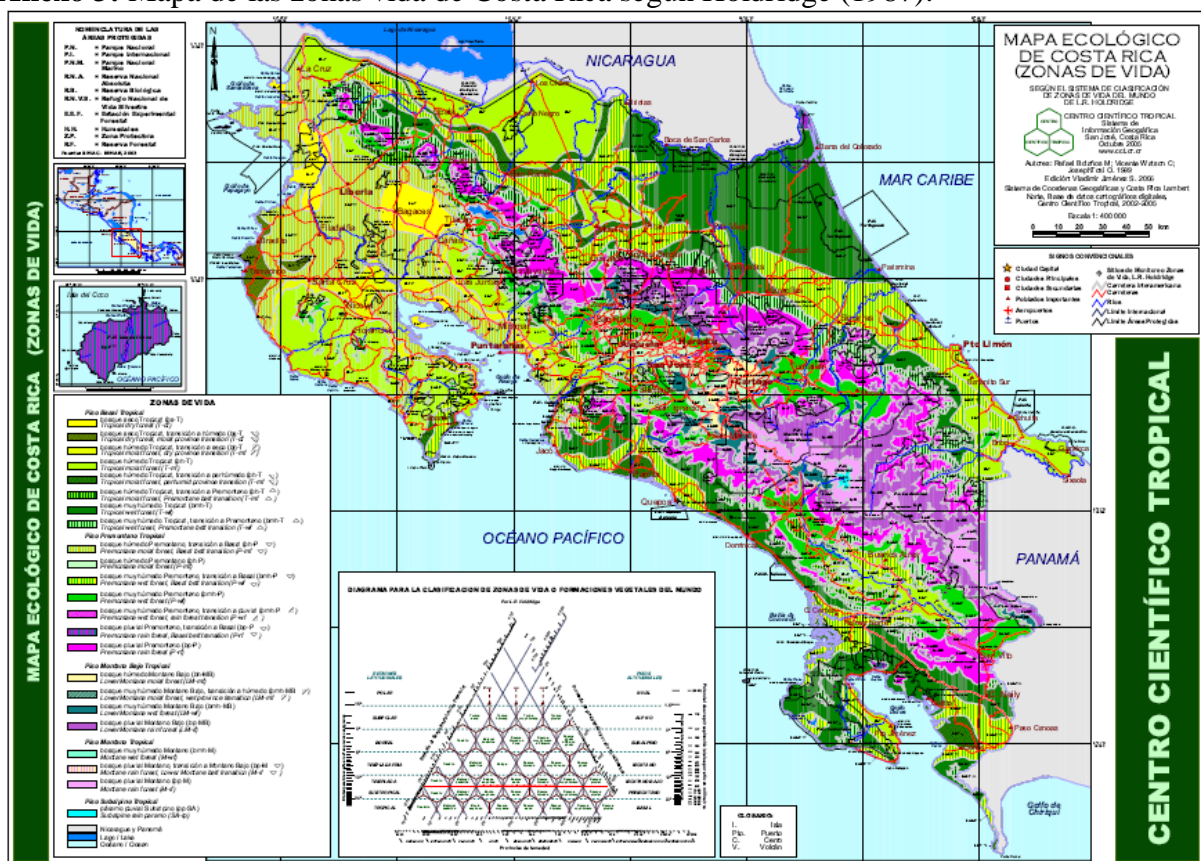
Fuente: Holdrige, L. R. 1987; Quesada Monge, R. 2007.

Anexo 2: Diagrama de zonas de vida de Holdridge (1987).



Fuente: Holdridge, L. R. 1987.

Anexo 3: Mapa de las zonas vida de Costa Rica según Holdridge (1987).



Fuente: Centro Científico Tropical (<http://www.cct.or.cr/mapas/zonas-de-vida-costa-rica.pdf>).

**Anexo 4.** Efecto de la EPP sobre el rendimiento general del animal.

	<b>23-25 meses</b>	<b>26-28 meses</b>	<b>29-31 meses</b>	<b>32-34 meses</b>	<b>35-37 meses</b>
<b>Lactancias</b>	4,0	4	3,8	3,8	3,8
<b>Rendimiento de por vida (kg)</b>	18 747	18 730	17 964	17 991	17 657
<b>Rendimiento por lactancia (kg)</b>	13,1	13,2	13,1	13,1	13,1
<b>Rendimiento por vida (kg)</b>	8,8	8,4	7,9	7,5	7,3

Fuente: The Health of Dairy Cattle (2000).