

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
POSGRADO EN CIENCIAS VETERINARIAS TROPICALES**



**EFFECTO DE ENDOGAMIA SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN VACAS
DE RAZAS HOLSTEIN Y JERSEY EN HATOS LECHEROS ESPECIALIZADOS
DE COSTA RICA.**

Judyana Fabiola Aguirre Valverde

Heredia, Septiembre 2011

Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador del Posgrado en Ciencias Veterinarias Tropicales para optar al grado de *Magister Scientiae* en Producción Animal Sostenible.

**EFFECTO DE ENDOGAMIA SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN VACAS
DE RAZAS HOLSTEIN Y JERSEY EN HATOS LECHEROS ESPECIALIZADOS
DE COSTA RICA.**

Judyana Fabiola Aguirre Valverde

Tesis presentada para optar al grado de *Magister Scientiae* en
Producción Animal Sostenible. Cumple con los requisitos establecidos por el
Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional.
Heredia. Costa Rica.

Miembros del Tribunal Examinador

Presidente del Consejo Central de Posgrado

Dra. Sandra Estrada König
Directora del Programa de Posgrado

Dr. Juan José Romero Zúñiga
Tutor

Dr. Bernardo Vargas Leitón
Asesor

Dr. Jorge Camacho Sandoval
Asesor

Judyana Aguirre Valverde
Sustentante

RESUMEN GENERAL

Se realizaron dos estudios de tipo longitudinal retrospectivo de los datos de fincas lecheras especializadas incluidas en el programa VAMPP Bovino del Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS) de la Escuela de Medicina Veterinaria (EMV) de la Universidad Nacional (UNA) de Costa Rica. Estos datos corresponden a 545 hatos registrados desde enero de 1995 a diciembre de 2005. El porcentaje promedio de animales consanguíneos fue de 17,9%, con un coeficiente de endogamia (F) de 0,46%. El promedio de F para Holstein y Jersey fue de 0,49% y 0,55% respectivamente, sin embargo la Jersey tiene animales con F más elevados; la raza Holstein tiene 22,6% de animales consanguíneos y la Jersey 20,3%. Los animales que presentaron algún grado de consanguinidad tienen un promedio de F de 2,16% para Holstein y 2,98 para Jersey. Se utilizó como punto de corte un valor F de $<6,25\%$ y $\geq 6,25\%$ para discriminar entre valores bajos y altos, respectivamente. Se realizaron estimaciones de supervivencia para ver el efecto de la endogamia alta sobre vida productiva según el USDA (Departamento de Agricultura de EEUU), mediante la distribución de Weibull y curvas de supervivencia Kaplan-Meier. Se observó, para las razas Holstein y Jersey, 10,3 y 19,3 meses de vida productiva más para los animales con $F < 6,25\%$. Se hizo regresión lineal múltiple utilizando un modelo mixto para la estimación del efecto absoluto de F sobre parámetros (re)productivo. Las vacas con niveles bajos de endogamia tuvieron una producción corregida a 305 d de 201,6 kg más que las que tienen niveles elevados ($p < 0,01$), respecto a edad al primer parto ($p < 0,01$) hay -0,4 m para las vacas con coeficiente de endogamia bajo con respecto a las que tienen niveles de endogamia elevados. En días abiertos hubo 2,94 d más para animales con endogamia baja, aunque este dato no es significativo, mientras que en servicios por concepción se encontró 0,10 ($p < 0,05$) más servicios en vacas con bajo coeficiente de endogamia. Luego se hizo la estimación del riesgo de que una vaca con niveles altos de endogamia presenten parámetros productivos y reproductivos bajos, calculando razones de posibilidad (Odds ratio). Se determinó que las vacas con endogamia alta tienen 1,30 veces el riesgo de producir menos de 5 000 kg (Jersey) y 6 500 kg (Holstein) de leche en producción corregida a 305 d ($p < 0,05$). No hubo mayor riesgo de tener una vida productiva USDA menor a 40 m, edad el primer parto menor a 28 m, días abiertos menor a 90 d ni servicios por concepción menor a 1,5 en los animales con endogamia alta. Los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS/STAT® ver 9.2. Se concluye

entonces que la endogamia tiene efecto importante y significativo sobre la vida productiva USDA y la producción de leche corregida a 305 d, mas no en los parámetros reproductivos en vacas de los grupos raciales Holstein y Jersey de lecherías especializadas en Costa Rica.

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

INTRODUCCIÓN GENERAL

La endogamia (consanguinidad) puede definirse como el apareamiento que ocurre entre animales que están emparentados entre sí genéticamente por ancestros comunes (Johansson y Rendel 1972). El grado de consanguinidad puede medirse por medio del coeficiente de endogamia de un individuo, el cual expresa la relación genética existente entre el padre y la madre por líneas de descendencia de uno o varios ancestros en común (Wright 1922).

En general, la consecuencia más importante de la consanguinidad es un fenómeno que se denomina depresión endogámica, que está definida como la disminución en los rendimientos productivos y reproductivos del animal, afectándose así unos caracteres más que otros (Caravaca *et al.* 2005). En los bovinos, estos efectos negativos se dan principalmente sobre la producción de leche (Maiwashe 2008), salud de la ubre (Caraviello 2004b), eventos del parto y periparto (parto distócico y retención de membranas fetales), la fertilidad y la supervivencia (Nicholas 2003, Mc Parland *et al.* 2007, Romero *et al.* 2007).

La endogamia reduce el vigor híbrido o ventaja selectiva, que es la fortaleza de diferentes caracteres que le proporcionan una mejor resistencia y adaptabilidad a los animales mestizos (Bath *et al.* 1978). Esto ocurre porque si en un individuo existe un alelo deletéreo recesivo, transmitirá ese alelo a la mitad de sus descendientes. Como este alelo es recesivo, puede continuar transmitiéndose y extendiéndose durante generaciones en esa misma familia, sin que se exprese en el fenotipo. Si ocurriese un cruce endogámico en dicha familia y los individuos portan el gen recesivo indeseable, cada descendiente tendría una probabilidad de $\frac{1}{4}$ de ser homocigoto recesivo, mostrando entonces el fenotipo aberrante (Puertas 1996).

Dado que la consanguinidad aumenta la homocigosis de una cantidad importante de genes recesivos detrimentales que provocan la reducción de caracteres cuantitativos de importancia económica (Croquet *et al.* 2006), podría traducirse en pérdidas monetarias importantes a nivel de explotaciones lecheras especializadas de Costa Rica. Estas pérdidas financieras, directas e indirectas, representan un costo altamente significativo para el productor (Smith *et al.* 1998, Casell 1999, Mc Parland *et al.* 2007).

Es por eso que los objetivos de estos dos artículos son conocer en qué grado se muestra esa depresión endogámica en hatos lecheros especializados de Costa Rica, y de qué manera afecta el desempeño productivo y reproductivo de las vacas de las razas Holstein y Jersey. La información obtenida de este estudio resultará de suma utilidad para los técnicos responsables de la salud de hato y los productores, para establecer pautas de manejo y proveer herramientas de apoyo que les permita desarrollar estrategias de cruzamiento del recurso genético presente en los hatos lecheros especializados costarricenses en el futuro, y de esta manera minimizar las pérdidas económicas que incurre tener animales endogámicos.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	11
1.- RESUMEN	12
2.- INTRODUCCIÓN	12
3.- METODOLOGÍA	14
3.1.- Captura y recolección de datos	14
3.2.- Descripción de las variables	14
3.- Edición y análisis de Datos	16
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1.- Estadística descriptiva y niveles de endogamia	18
4.2.- Niveles de endogamia	19
4.3.- Curvas de Descarte	22
4.4.- Modelos mixtos	23
4.5.- Procedimiento logístico	24
6.- BIBLIOGRAFÍA	28
CAPÍTULO II	31
1.- RESUMEN	32
2.- INTRODUCCIÓN	32
3.- METODOLOGÍA	33
3.2.- Descripción de las variables	34
3.3.- Edición y análisis de Datos	34
3.4.- Procesamiento estadístico	36
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1.- Estadística descriptiva	38
4.2.- Niveles de endogamia	38
4.3.- Modelos mixtos	40
4.4.- Procedimiento logístico	43
5.- CONCLUSIONES	46
6.- BIBLIOGRAFÍA	47

**EFFECTO DE ENDOGAMIA SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN VACAS
DE RAZAS HOLSTEIN Y JERSEY EN HATOS LECHEROS ESPECIALIZADOS
DE COSTA RICA**

Efecto de endogamia sobre parámetros productivos en vacas de razas Holstein y Jersey en hatos lecheros especializados de Costa Rica.

1.- RESUMEN

Se realizó un estudio longitudinal retrospectivo de 545 hatos lecheros especializados presentes en la Base Nacional de Datos VAMPP Bovino, del Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS), de la Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional (EMV-UNA), en el período comprendido entre enero de 1995 y diciembre de 2010. Se encontró un porcentaje de animales con endogamia de 17,9%, siendo la raza Holstein la de más animales consanguíneos, aunque la Jersey fue la que tuvo, en promedio, los niveles más elevados. También se analizó el efecto que tiene sobre la producción corregida a 305 d (PC305 d), esto mediante regresión lineal múltiple para la estimación del efecto absoluto, utilizando un modelo mixto. Se utilizó como punto de corte un valor F (coeficiente de endogamia) de $< 6,25\%$ y $\geq 6,25\%$ para discriminar entre valores bajos y altos. Las vacas con niveles bajos de F produjeron 201,6 kg más de leche en PC305 d con respecto a las que tienen niveles elevados ($p < 0,01$). Además, se hizo la estimación del riesgo de que una vaca con niveles altos de endogamia presenten parámetros productivos bajos calculando Razón de posibilidades. Las vacas con alta endogamia tienen 1,30 veces el riesgo de PC305 d menor a 5 000 kg (Jersey) y 6 500 kg (Holstein) que las de endogamia baja. El análisis de supervivencia mediante la distribución de Weibull y curvas de Kaplan-Meier, determinó el efecto de endogamia sobre la vida productiva calculada según la fórmula USDA (Departamento de Agricultura de EEUU). Se observó para la raza Holstein y Jersey, 10,3 y 19,3 m de vida productiva USDA más para los animales con F bajo. Se concluye que existe un efecto negativo de la consanguinidad elevada sobre la vida productiva USDA y sobre PC305 d de las vacas Holstein y Jersey en fincas lecheras de Costa Rica.

2.- INTRODUCCIÓN

La endogamia (consanguinidad) puede definirse como el apareamiento que ocurre entre animales que están emparentados entre sí genéticamente por ancestros comunes (Johansson y Rendel, 1972). La endogamia disminuye heterocigosidad y aumenta la frecuencia de genes deletéreos recesivos, lo que puede reducir el rendimiento y la viabilidad fenotípica. Este fenómeno, conocido como la depresión endogámica, afecta

parámetros productivos y reproductivos, que generalmente provoca una disminución de la rentabilidad de granjas lecheras (Weigel and Lin, 2000).

Numerosos estudios demuestran que hay una fuerte evidencia de esta depresión endogámica, que afecta a todos los rasgos de producción a 305 d, porcentaje de grasa y proteína en leche (Cassell, 1999, Maiwashe *et al.*, 2008), días de vida productiva (Smith *et al.*, 1998) y pérdida de fortaleza o capacidad de sobrevivencia (De Alba, 1964, Mc Parland *et al.*, 2007). Se han observado disminuciones de rendimiento productivo por cada 1% de incremento de endogamia de hasta 58,02 kg de leche en cada lactancia para la raza Jersey (Maiwashe *et al.*, 2008) y de 29,6 kg para la raza Holstein (Wiggans *et al.*, 1995), 358 kg (Cassell, 1999) y 177 kg (Smith *et al.*, 1998) menos de producción total de leche, 13 d (Cassell, 1999) menos de vida productiva, 10 d (Cassell, 1999) y 4,80 d (Smith *et al.*, 1998) menos de producción de leche.

Las vacas inician su vida productiva en el momento en que empieza la producción de leche en su primera lactancia y sigue una tendencia al incremento hasta lograr la mayor producción en la tercera lactancia (Colina *et al.*, 2000). En vacas de producción láctea, el término vida útil o vida productiva es utilizado para indicar el período comprendido entre la fecha del primer parto y el día de secado o descarte del último parto, es decir, los días totales de producción de leche, más los días seca (Ducrocq and Solkner, 1998, Chirinos *et al.*, 1999). Resultados de estudios muestran 44,4 (De Alba, 1964) y 42,9 (Orrego *et al.*, 2003) meses de vida productiva en la raza Holstein, mientras que para la raza Jersey se reportan 55,32 m (De Alba, 1964).

Por otro lado, para el USDA (United States Department of Agriculture) la vida productiva consiste en la asignación de créditos a una vaca por cada día de ordeño que permanece en el hato, es decir, la vaca no recibe créditos por los días secos. Estos créditos se suman a lo largo de todas las lactancias disponibles para obtener un acumulado final que se interpreta en términos meses de vida productiva (Caraviello, 2004b, VanRaden *et al.*, 2006).

El objetivo de esta investigación es caracterizar la endogamia y determinar su efecto sobre la producción de leche corregida a 305 d y sobre la vida productiva según USDA en vacas de raza Holstein y Jersey en hatos lecheros especializados de Costa Rica.

3.- METODOLOGÍA

Se realizó un estudio longitudinal retrospectivo tomando como base poblacional las vacas de 1 395 fincas lecheras de Costa Rica, de las cuales 545 tuvieron registros adecuados para el análisis, tanto de genealogía como de parámetros productivos y reproductivos. Esta información pertenece a la base de datos nacional de las fincas registradas en el programa VAMPP Bovino (Veterinary Automated Management and Production Control Programme; Noordhuizen and Buurman, 1984), en el Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS) de la Escuela de Medicina Veterinaria – Universidad Nacional (EMV-UNA). De estos datos se seleccionaron las vacas que nacieron en el período comprendido entre el 1 de enero de 1995 y el 30 de diciembre de 2010.

3.1.- Captura y recolección de datos

Los productores anotan los datos de los eventos que ocurren en la finca en una libreta de apuntes. Esta información es introducida en el programa VAMPP Bovino por ellos mismos o por los técnicos que trabajan brindando asistencia en la finca. El personal del proyecto CRIPAS recolecta periódicamente la información contenida en el programa VAMPP (Romero, 2005). Hoy día, VAMPP Bovino es utilizado por alrededor de 1 500 fincas lecheras especializadas en Costa Rica, algunas con información de hace 30 años. Debido a esta relación entre CRIPAS y los agricultores, la Universidad Nacional es capaz de realizar estudios a nivel poblacional en áreas tales como mejoramiento genético, reproducción, salud animal, etc. (Vargas, 2000, Romero *et al.*, 2007).

3.2.- Descripción de las variables

La variable independiente principal es el coeficiente de endogamia (F) de cada vaca lechera, siendo las variables dependientes: producción de leche y vida productiva. Se tomarán en consideración otras variables (covariables) y fuentes de variación que son: raza, número de lactancias, ecozona, hato, año y época de parto, las cuales pueden incidir en las variables dependientes, además del nivel de consanguinidad. Las variables dependientes e independientes y la forma en que se utilizaron se describen en la Tabla 1.

Tabla 1.- Descripción de las variables productivas utilizadas en el análisis de la situación de endogamia en fincas lecheras de Costa Rica.

Variable	Condición	Tipo	Nivel	Descripción
Producción de leche corregida a 305 d	Dependiente	Continua		
		Discreta	Bajo	< 5 000 kg Jersey < 6 500 kg Holstein
			Alto	≥ 5 000 kg Jersey ≥ 6 500 kg Holstein
Vida productiva	Dependiente	Continua		
		Discreta	Bajo	< 40 meses
			Alto	≥ 40 meses
Endogamia	Independiente	Continua		
		Discreta	Bajo	< 6,25 %
			Alto	≥ 6,25 % (Florio, 2005)
Raza	Independiente	Discreta	Holstein	≥ 6/8 Holstein
			Jersey	≥ 6/8 Jersey
Días de Lactancia	Independiente	Discreta	Bajo	< 275 d
			Normal	Entre 275 y 325 d
			Alto	> 325 d
Número de lactancia	Independiente	Continua		
		Discreta	0	Primerizas
			1	2 y 3
			2	4 y 5
			3	Con 6 o más
Ecozonas	Independiente	Discreta	1 a 9	Zonas de vida (Holdridge, 1987)
Hato	Independiente	Discreta	1-1395	Base de datos VAMPP
Año de parto o nacimiento	Independiente	Discreta	1995-2010	Período del estudio
Hato/ Año	Independiente	Discreta	1995-2010	Base de datos VAMPP
Época de Parto	Independiente	Discreta	0= Seca	Diciembre, Enero-Abril
			1= Lluviosa	Mayo-Noviembre

3.- Edición y análisis de Datos

Para este estudio se utilizaron 545 hatos de la base de datos VAMPP Bovino de Costa Rica. El período que abarca el estudio es de 1995 – 2010. Debido a la poca cantidad disponible de datos de animales que nacieron después del 2008 y año de parto después de 2010, se hizo una reorganización y los animales que nacieron después de 2008, así como las fechas de parto después de 2010, se trasladaron a esos mismos años.

Para determinar el efecto de la endogamia sobre los parámetros productivos se incluyeron en el estudio únicamente las vacas Holstein y Jersey; asimismo, los cruces con 75% o más de la raza fueron considerados como “puras”. Las otras razas puras como Guernsey y Pardo Suizo fueron solo tomadas en cuenta en la fase de estadística descriptiva, por el bajo volumen de información que hay sobre ellas.

Las vacas que tenían una vida productiva según USDA mayor a 120 m se asumió como de 120, producción corregida a 305 d menor a 500 kg se trasladó a 500. Esto con el fin de eliminar valores extremos y trabajar dentro de los rangos máximos y mínimos plausibles.

Con respecto a la variable zonas de vida según Holdridge (1987), se eliminaron tres debido a que los datos que contienen son pocos y no aportan mucha información al estudio, estas fueron: bosque muy húmedo montano, bosque pluvial premontano y bosque seco tropical, las utilizadas en esta investigación se describen en la Tabla 2.

Tabla 2.- Rangos de variación en altitud, precipitación y temperatura en zonas agroecológicas de Costa Rica con presencia de sistemas de producción lecheros¹

Zona Agroecológica	Código	Altitud, msnm	Precipitación, mms/año	Temperatura, ° C
B. muy húmedo tropical	Bmh-t	0-500	4000-8000	>24
B. muy húmedo premontano	Bmh-p	500-1500	2000-4000	18-24
B. húmedo montano bajo	Bh-mb	1500-2000	1000-2000	12-17
B. pluvial montano bajo	Bp-mb	1500-2000	4000-8000	12-17
B. húmedo tropical	Bh-t	0-500	2000-4000	>24
B. húmedo premontano	Bh-p	500-1500	1000-2000	18-24
B. muy húmedo montano bajo	Bmh-mb	1500-2000	2000-4000	12-17

¹ Tomado de Vargas y Ulloa (2008). Desarrollado con base en Holdridge (1987)

3.4.- Procesamiento estadístico

La primera fase del procesamiento de datos fue mediante estadística descriptiva para hacer una clasificación y resumen de los datos en estudio (tablas de frecuencia, medidas de tendencia central, medidas de dispersión e histogramas). Fueron utilizados los procedimientos PROC UNIVARIATE, PROC FREQ y PROC MEANS del software SAS/STAT® ver 9.2.

Se hicieron estimaciones de supervivencia de vida productiva según USDA para el modelo paramétrico mediante la distribución de Weibull (Van Raden *et. al* 2006), utilizando la rutina PROC LIFEREG (SAS/STAT® ver 9.2). Luego se hicieron evaluaciones complementarias mediante un modelo no paramétrico utilizando las curvas de descarte de Kaplan-Meier con la rutina PROC LIFETEST (SAS/STAT® ver 9.2). Se empleó la prueba de Log-Rank (logaritmo del rango) para determinar la diferencia entre las curvas de varios niveles de endogamia con una significancia de 0,05.

La segunda fase fue la estimación del efecto absoluto mediante la regresión lineal múltiple utilizando un modelo mixto (PROC MIXED, SAS/STAT® ver 9.2). Se creó un modelo para cada variable dependiente.

El modelo estadístico para producción de leche corregida a 305 d es:

$$Y_{ijklmn} = \mu_0 + endo_i + hap_j + ep_k + raza_l + nlac_m + eco_n + e_{ijklmn}$$

¡Error! Marcador no definido. Donde:

Y_{ijklmn} = producción de leche (kg)

μ_0 = media general de la variable de respuesta

$endo_i$ = efecto fijo de la i -ésima endogamia ($i = 0 \dots$; porcentaje de endogamia)

hap_j = efecto aleatorio del j -ésimo hato/año de parto

ep_k = efecto fijo de k -ésima época de parto ($k = 0-1$; 0= seca, 1= lluviosa)

$raza_l$ = efecto fijo de la l -ésima raza ($l = 1-2$; 1= Holstein, 2= Jersey)

$nlac_m$ = efecto fijo de la m -ésima lactancia ($m = 0-3$; 0= 1, 1= 2-3, 2= 4-5, 3= ≥ 6 lactancias)

eco_n = efecto fijo de la n -ésima ecozona ($n = 1 - 7$)

e_{ijklmn} = efecto aleatorio residual

El modelo estadístico para vida productiva USDA es:

$$Y_{ijkl} = \mu_0 + endo_i + han_j + raza_k + eco_l + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = vida productiva USDA (meses)

μ_0 = media general de la variable de respuesta

$endo_i$ = efecto fijo de la i -ésima endogamia ($i = 0 \dots$; porcentaje de endogamia)

han_j = efecto aleatorio del j -ésimo año de nacimiento

$raza_k$ = efecto fijo de k -ésima raza ($k = 1-2$; 1= Holstein, 2= Jersey)

eco_l = efecto fijo de la l -ésima ecozona ($l = 1 - 7$)

e_{ijkl} = efecto aleatorio residual

La tercera fase fue la estimación del riesgo (Razón de posibilidades) de que una vaca con niveles altos de endogamia ($\geq 6,25\%$ Romero *et al.*, 2007) presenten parámetros productivos bajos según la raza y el número de lactancia. Esto se realizó mediante el procedimiento PROC LOGISTIC, SAS/STAT® ver 9.2.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Estadística descriptiva y niveles de endogamia

Luego de depurar los datos y seleccionar las vacas que nacieron en el período transcurrido entre enero de 1995 y diciembre de 2010, se eligieron las que tenían datos genealógicos con los que se pudo calcular el coeficiente de consanguinidad (F). Resultaron un 17,9% ($n=47\ 221$) de animales con algún grado de endogamia en todas las razas, lo que es ligeramente más elevado que el estudio de Hudson and Van Vleck (1984), que encontraron un valor de 16,89%. Por el contrario el estudio de Romero *et al.*, (2007) evidenció un 6,04% de individuos endogámicos en vacas lecheras de Costa Rica. La diferencia observada respecto a éste último puede deberse, en una buena proporción, a que en aquel momento el módulo de genealogía no contaba con la información completa de los toros incluidos en los registros de la NAAB (National Association of Animal Breeders), con que actualmente cuenta; además, el personal de CRIPAS ha sensibilizado a los usuarios de VAMPP Bovino para que, al iniciar una finca, introduzcan todos los datos de genealogía de las vacas, tanto las existentes como las descartadas.

Con relación a la variable producción corregida a 305 d se encontró un promedio general de 5 672,3 kg (n= 241 399) y de vida productiva según el cálculo USDA (VPU) de 28,8 m (n=91 162), estos valores están dentro de los parámetros normales de vacas en producción lechera.

En la Figura 1 se observa una tendencia creciente y similar en los niveles de endogamia de la raza Holstein y Jersey en el período de 1995 a 2008. En general, el comportamiento observado es no lineal, de la misma forma que lo reporta Sewalem *et al.*, 2006 en un estudio hecho en Estados Unidos. En los Estados Unidos, la tasa de variación interanual de F fue de 0,14 y 0,24, para Holstein y Jersey respectivamente, para el período comprendido entre 1994 y 2004 (AIPL, 2005).

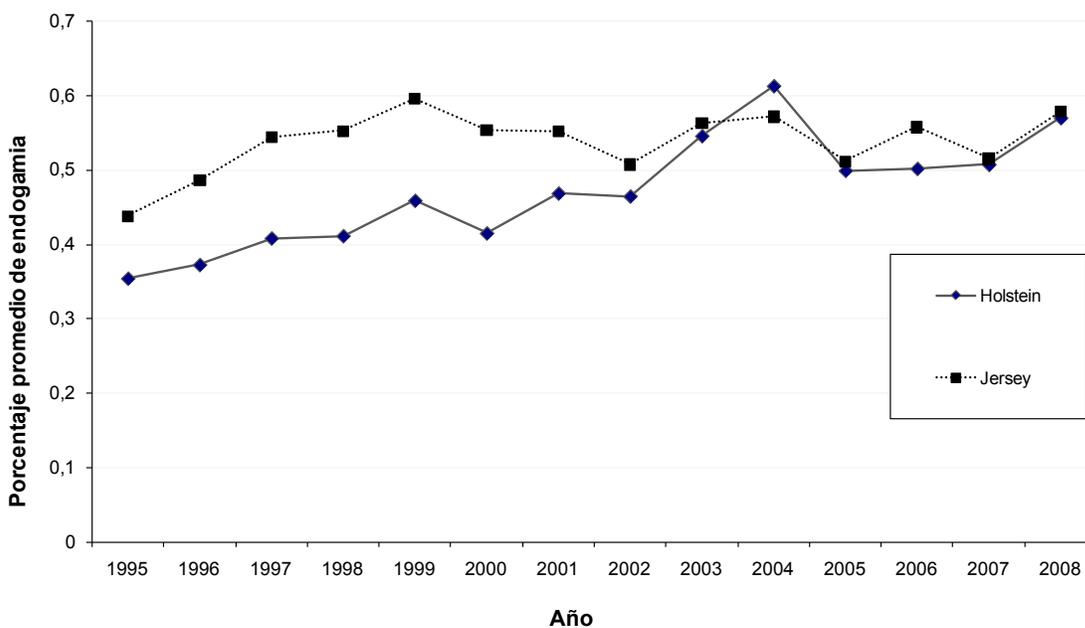


Figura 1.- Tendencias de consanguinidad para las razas Holstein y Jersey según el año de nacimiento.

4.2.- Niveles de endogamia

La raza Holstein presentó 22,6% y la Jersey 20,3% de vacas con algún grado de endogamia, resultados que son aproximados a los valores obtenidos por Vargas y Gamboa (2008) con 21,2 % para Holstein y 23,2% para Jersey, con la diferencia de que en este estudio el mayor porcentaje lo tiene Holstein.

Más de la mitad de los animales en estudio (58%) están representados por el grupo racial Holstein, el 37% es de raza Jersey, lo que corresponde aproximadamente a la misma proporción de porcentaje de animales destinados a lechería a nivel nacional Figura 2.

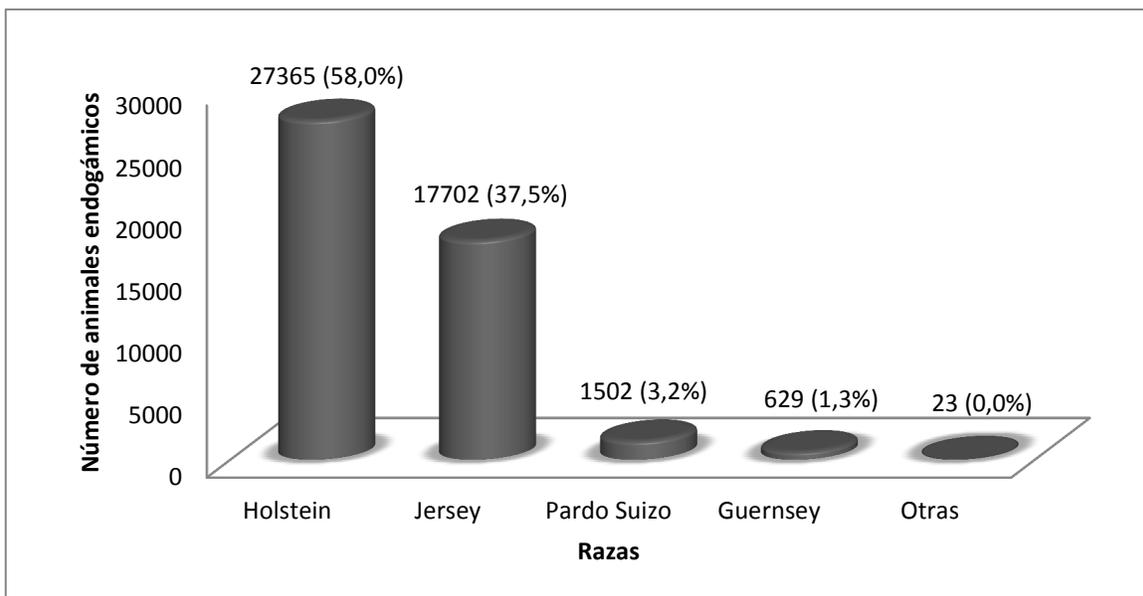


Figura 2.- Distribución de endogamia por grupo racial en los animales en estudio.

El promedio general fue de $F=0,42\%$, con valores individuales que oscilan entre cero y $46,88\%$. Esto confirma el resultado de Casas y Tewolde (2001) de $0,44\%$ en vacas lecheras de Costa Rica. El promedio general de los animales que tienen algún nivel de endogamia en razas Holstein, Jersey, Pardo Suizo y Guernsey es de $F= 2,36\%$, que resulta bastante elevado.

El promedio de consanguinidad para la Holstein y Jersey fue de $0,49\%$ y $0,55\%$ respectivamente, incluyendo los animales con un aparente $F= 0$, estos valores son más bajos que los encontrados en Vargas y Gamboa (2008) $0,75\%$ y $1,25\%$ para las mismas razas en Costa Rica, en ambos estudios el grupo racial Jersey tiene mayor porcentaje F que el Holstein, (Tabla 3). Si no se consideran los aparentes “ceros” al hacer el cálculo de la media de F , la raza que presenta un mayor promedio es la Jersey con $2,68\%$, seguida de la Holstein con $2,16\%$, esto se debe posiblemente a que la población de vacas Jersey es más pequeña, y por ello hay menor cantidad disponible de toros de raza Jersey

destinados a inseminación artificial lo que predispone a que ocurran mayor cantidad de cruces endogámicos en esta raza (Tabla 4).

La raza Jersey fue la que tuvo mayor porcentaje de vacas con grados de endogamia considerados de riesgo para obtener menor rendimiento productivo. Estos niveles de riesgo son $F \geq 5\%$ y $\geq 6,25\%$ que son los valores máximos permisibles de consanguinidad en ganado bovino (Florio, 2005) (Tabla 3).

Tabla 3.- Resumen estadístico de endogamia en los animales en estudio y sus diferentes niveles de riesgos.

	Raza		
	Holstein	Jersey	Pardo Suizo
N	121 076	87 072	6 835
Media del % Consanguinidad*	0,49	0,55	0,57
Mínimo (%)	0,0	0,0	0,0
Máximo (%)	46,88	37,50	30,62
Endogamia a $\geq 2,5\%$	22,0 (21,6-22,5)	37,4 (36,7-38,1)	27,9 (25,6-30,2)
diferentes niveles $\geq 5,0\%$	5,1 (4,9-5,4)	10,6 (10,1-11,0)	8,9 (7,5-10,4)
de riesgo (IC 95%) $\geq 6,25\%$	3,9 (3,5-4,1)	7,8 (7,4-8,2)	7,9 (6,6-9,3)

**Toma en cuenta los animales sin endogamia.*

Tabla 4.- Promedios de indicadores productivos de vacas de la raza Holstein, Jersey y Pardo suizo con algún grado de consanguinidad.

Variable	Holstein		Jersey		Pardo Suizo	
	N	Media	N	Media	N	Media
Consanguinidad (%)*	27 365	2,16	17 702	2,68	1 502	2,60
P. Corregida a 305d (kg)	30 635	7 534	22 543	5 667	2 057	5 379
Vida productiva USDA (meses)	11 405	27,89	7 559	31,60	772	29,91

**Toma en cuenta solo los animales endogámicos.*

4.3.- Curvas de Descarte

En la Figura 3 se puede observar el gráfico obtenido mediante la distribución de Weibull, que muestra diferencias entre las medianas de vida productiva USDA de las razas Holstein y Jersey a niveles de endogamia altos ($F \geq 6,25\%$) de 29,5 m y 41,4 m respectivamente, con respecto a niveles de endogamia bajos ($F < 6,25\%$) 19,2 m y 22,1 m. En general la tendencia es, mayor vida productiva en vacas con niveles bajos de endogamia. La diferencia más notoria es de 19,3 m más de VPU en raza Jersey para animales con $F < 6,25\%$ respecto a niveles altos. Es muy importante considerar este aspecto debido a que pueden ocurrir pérdidas económicas importantes en una lechería mediante la disminución de producción láctea cuando tiene animales con alta endogamia, principalmente cuando el grupo racial es Jersey.

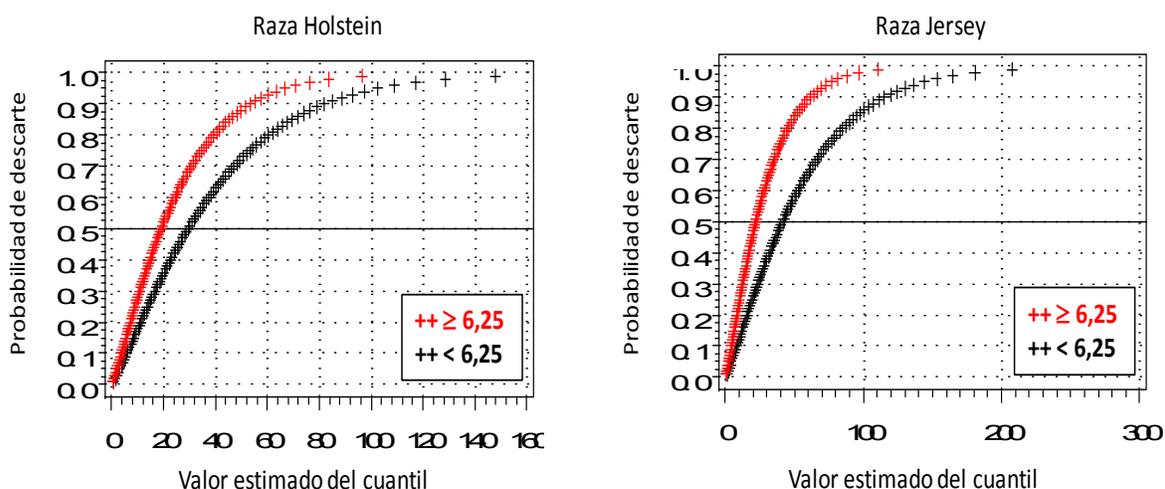


Figura 3.- Comparación de vida productiva (meses) según el cálculo USDA en Holstein y Jersey entre las que tienen un coeficiente de endogamia $\geq 6,25\%$ y $< 6,25\%$.

Al comparar las curvas de descarte de Kaplan-Meier para la variable vida productiva según USDA, entre animales con endogamia alta y baja, únicamente se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la raza Jersey, aquí se observa que para 25 m de VPU, hay una probabilidad de descarte de 60% y para 75 m decae al 20%, también indica una menor elevación en los animales con $F \geq 6,25\%$, entre los 25 y 95 meses de VPU, lo que demuestra que el efecto de endogamia es más marcado para estos animales en este intervalo de su vida. Es importante aclarar que al comparar las curvas de Kaplan-Meier con las de Weibull muestran resultados diferentes, esto porque éstas están estratificadas por razas, mientras que las primeras se ajustaron con un

modelo paramétrico que incluyó además de la raza varios efectos ambientales, por tanto las de Weibull se consideran más completas.

Otros estudios plantean que las pérdidas de producción por depresión endogámica se dan en los animales jóvenes, es decir, en las primeras lactancias en donde hay una mayor producción esto justifica las mayores pérdidas financieras que se dan por F alta (Thompson *et al.*, 2000a). La raza Holstein no mostró diferencias significativas (Figura 4).

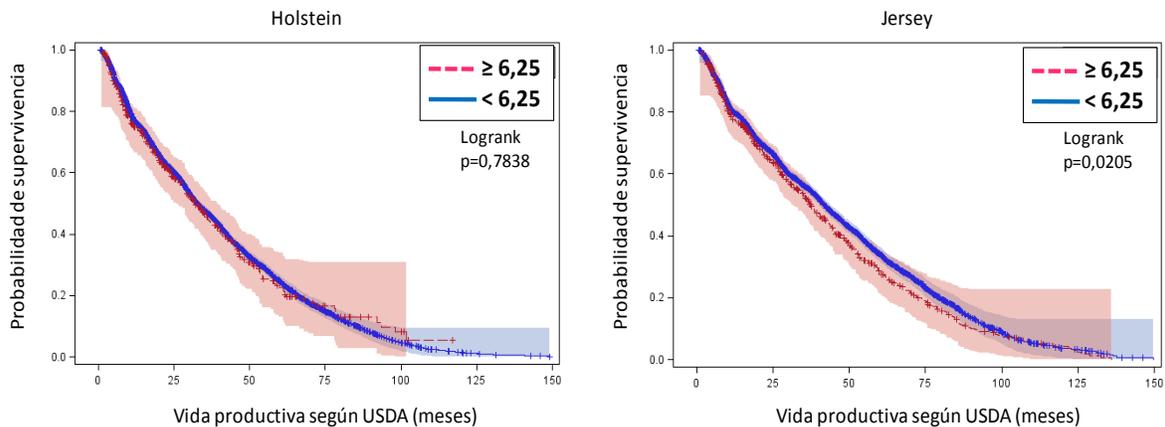


Figura 4.- Comparación de estimadores de supervivencia de Kaplan-Meier (95% bandas de Hall-Wellner) para vida productiva según USDA en Holstein y Jersey con $F < 6,25\%$ y $\geq 6,25\%$.

4.4.- Modelos mixtos

En la regresión lineal múltiple se analizó la variable dependiente producción corregida a 305 d. Se puede observar en la Tabla 5 que hay mayor producción (+53,2 kg) cuando la época de parto fue verano ($p < 0,05$). Además, hay un efecto de la ecozona sobre esta variable dependiente, todas altamente significativas. De esto es importante mencionar que en la zona ecológica Bosque Húmedo Premontano se producen 2098,9 kg ($p < 0,001$) menos de leche que en el Bosque Pluvial Montano Bajo. Esto señala la importancia de considerar otros factores o covariables en el modelo que pueden incidir en la variable dependiente además del nivel de consanguinidad. Hay un efecto del número de lactancias sobre la PC305d, sin embargo no es significativo.

Respecto a endogamia, hay 201,6 kg más de producción de leche en las vacas que tienen un $F < 6,25\%$ ($p < 0,01$), dato que se asemeja a la literatura consultada; por ejemplo,

Cassell (1999) y Smith *et al.* (1998) reportan 37 kg y 177 kg menos por cada 1% de consanguinidad, esto demuestra una vez más que la endogamia alta tiene un efecto significativo negativo sobre producción de leche PC305 d en los hatos lecheros de Costa Rica.

Tabla 5.- Efecto de la endogamia $\geq 6,25\%$, época de parto, razas, ecozona y lactancias sobre Producción corregida a 305 d.

Variable	Estrato	Estimado absoluto	Error estándar	P
Intercepto		5524,7	109,1	<0,0001
Época de parto	Lluviosa	0	.	.
	Seca	53,2	20,7	<0,01
Razas	Jersey	0	.	.
	Holstein	1693,0	38,7	<0,001
Ecozona	Bp-mb	0	.	.
	Bh-mb	-399,4	125,3	<0,001
	Bh-p	-2098,9	121,5	<0,001
	Bh-t	-955,7	268,7	<0,001
	Bmh-mb	-464,8	132,1	<0,001
	Bmh-p	-1111,1	117,3	<0,001
Lactancias	Bmh-t	-479,2	116,7	<0,001
	> 5	0	.	.
	2-3	-403,8	563,7	0,4737
	4-5	-1099,7	646,3	0,0888
Endogamia	1	61,2	553,7	0,9120
	$\geq 6,25\%$	0	.	.
	< 6,25%	201,6	48,4	<0,0001

4.5.- Procedimiento logístico

Se puede observar en la Tabla 6 que los animales con endogamia alta tienen 1,30 veces el riesgo de producir menos de 5 000 kg y 6 500 kg de leche en PC305 d, que los animales con baja endogamia ($p < 0,05$) para las Jersey y Holstein, respectivamente. Este resultado se complementa con el de modelos mixtos lo que indica nuevamente que el efecto negativo que tiene la endogamia $\geq 6,25\%$ es consistente sobre la producción

corregida a 305 días. Los animales que parieron en época lluviosa tuvieron 1,09 el riesgo de producir menos de 5 000 kg y 6 500 kg de leche en producción corregida a 305 d, que los animales que parieron en época seca ($p < 0,05$) para Jersey y Holstein.

La zona ecológica también tiene influencia sobre PC305 d ($p < 0,05$). Las vacas que están en la ecozona Bosque Húmedo Tropical tienen 12,6 veces el riesgo de producir menos leche PC305 d que las que están en Bosque Pluvial Montano Bajo. Existe 1,89 veces la probabilidad de producirse menos leche en la cuarta a quinta lactancia, en relación a la sexta o más lactancias (IC: 1,19 – 2,99).

Tabla 6.- Razón de posibilidades de las diferentes variables en estudio con respecto a producción corregida a 305 d.

Variable	Efecto	Punto estimado	Intervalos de confianza (95%)	
Ecozona	Bh-mb vs. Bp-mb	2,13	1,88	2,42
	Bh-p vs. Bp-mb	1,81	1,61	2,05
	Bh-t vs. Bp-mb	12,62	8,04	19,81
	Bmh-mb vs. Bp-mb	2,86	2,48	3,29
	Bmh-p vs. Bp-mb	2,24	1,99	2,52
	Bmh-t vs. Bp-mb	4,56	4,02	5,17
Razas	Holstein vs. Jersey	0,89	0,83	0,95
Endogamia	$\geq 6,25\%$ vs. $< 6,25\%$	1,30	1,13	1,50
Lactancias	2-3 vs. > 5	0,34	0,04	2,92
	4-5 vs. > 5	1,89	1,19	2,99
	1 vs. > 5	2,66	0,91	7,76
Época de parto	Lluviosa vs. seca	1,09	1,03	1,17

La Tabla 7 expresa el riesgo de los animales con F alto de tener una VPU menor a 40 m, respecto a los de F bajo, cabe mencionar que este resultado no es estadísticamente significativo, aparte de ser de baja magnitud. Sewalem *et al.* (2006) realizó un estudio similar en Canadá, pero utilizaron un rango de F entre $\geq 6,25\%$ y $< 12,5\%$, encontrando un riesgo incrementado de descarte prematuro en ambas razas, con valores de OR de 1,19 en Holstein y 1,14 Jersey ($p < 0,05$).

Las zonas ecológicas también tienen riesgo significativo sobre VPU, los que tienen el efecto más marcado son los animales que viven en la ecozona Bosque Húmedo Tropical que señala 5,5 veces el riesgo de tener una vida productiva USDA baja sobre los animales que habitan en Bosque Húmedo Montano Bajo. Las lactancias mayores a 4 actúan como factor de protección en VPU sobre la primera lactancia.

Tabla 7.- Razón de posibilidades de las diferentes variables en estudio respecto a vida productiva según USDA.

Variable	Efecto	Razón de posibilidades	Intervalos de confianza (95%)	
Ecozona	Bh-mb vs. Bp-mb	1,46	1,29	1,66
	Bh-p vs. Bp-mb	1,50	1,33	1,68
	Bh-t vs. Bp-mb	5,51	2,80	10,85
	Bmh-mb vs. Bp-mb	1,62	1,40	1,89
	Bmh-p vs. Bp-mb	1,96	1,75	2,21
	Bmh-t vs. Bp-mb	1,96	1,72	2,23
	Razas	Holstein vs. Jersey	1,30	1,21
Endogamia	≥ 6,25% vs. < 6,25%	1,07	0,92	1,24
Época de parto	Lluviosa vs. seca	1,08	1,01	1,16

Para todas las lactancias el estimado es <0,001 con IC: <0,001 - >999,99.

5.- CONCLUSIONES

La endogamia en los hatos lecheros de Costa Rica ha ido aumentando con los años a causa de la selección y apareamiento que hacen los productores en sus fincas, muchas veces sin un programa de control definido, asociado a esto, el poco uso y anotación de registros de los animales reproductores.

El porcentaje de animales endogámicos es alto comparado con investigaciones realizadas en años anteriores a menor escala en la misma población, representando el grupo racial Holstein la mayor cantidad, sin embargo, la raza Jersey tiene mayor porcentaje de animales con grados de endogamia considerados de riesgo para obtener menor rendimiento productivo. También es la raza que tiene una media de F más elevada entre los animales con algún grado de consanguinidad.

La mediana de vida productiva medida según el método USDA, se afectó significativamente en más de 10 m y 19 m para las vacas Holstein y Jersey con coeficiente de endogamia alta, respecto a las de F baja en las razas estudiadas.

Se encontró mayor producción de leche corregida a 305 d en los animales que tienen $F < 6,25\%$, en relación a los que tienen $F \geq 6,25\%$.

Con los resultados encontrados en este estudio se puede demostrar que hay un efecto significativo que es negativo para los parámetros productivos de producción corregida a 305 d y vida productiva (USDA) en los animales que tienen F alta, con respecto a los que tienen F bajo en los hatos lecheros especializados de Costa Rica.

6.- BIBLIOGRAFÍA

1. Animal Improvement Programs Laboratory (AIPL). 2005. Subject: Inbreeding trends. Disponible: <http://aipl.arsusda.gov/dynamic/inbrd/current/kindx.html> [Consultado: 04 de septiembre, 2011].
2. Caraviello, D. 2004b. Duración de la vida productiva. Reproducción y Genética. No. 612.
3. Casas, E. y Tewolde, A. 2001. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de genotipos criollos lecheros en el trópico húmedo. Archivo Latinoamericano de Producción Animal. 9(2): 63-67.
4. Cassell, B.G. 1999. Effect of Inbreeding on Lifetime Performance of Dairy Cows. Dept of Dairy Science, Virginia Polytechnic Institute and State Univ, Blacksburg, VA. Advances in Dairy Technology. 11:13.
5. Chirinos, Z., González-Stagnaro, C., Madrid-Bury, N. y Rivera, J. 1999. Vida útil, longevidad y causas de eliminación en vacas mestizas doble propósito. Revista científica, FCV-LUZ. 9(6):477-484.
6. Colina, J., Verde, O., Hahn, M. y Barrios, D. 2000. Comportamiento productivo de un rebaño Holstein puro bajo condiciones tropicales. Rev. Fac. Cs. Vets. 41(1-3): 25-32.
7. De Alba, J. 1964. Reproducción y genética animal. Turrialba: SIC. 446 p.
8. Ducrocq, V. and J. Solkner. 1998. Implementation of a routine breeding value evaluation for longevity of dairy cows using survival analysis techniques. Dept. of Livestock. Sci.33. Vienna, Austria.
9. Florio, J. 2005. Consanguinidad en la ganadería bovina. Manual de Ganadería Doble propósito. 10: 129 – 134.
10. Holdridge, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. IICA: San José. 219 p.
11. Hudson, G.F.S. and Van Vleck, L.D. 1984. Inbreeding of artificially bred dairy cattle in the northeastern United States. J. Dairy Sci. 67(1):161-170.
12. Johansson, I. y Rendel J. 1972. Genética y mejora animal. Zaragoza: Acribia.
13. Noordhuizen, J.P.T.M. and Buurman, J., 1984. Veterinary automated management and production control programme for dairy farms (VAMPP), the application of MUMPS for data processing. Veterinary Quarterly. 6, 62-77.

14. Mc Parland, S., Kearney, F., Rath, M. and Berry, D. 2007. Inbreeding Effects on Milk Production, Calving Performance, Fertility, and Conformation in Irish Holstein-Friesians. 90(9):4411-4419.
15. Maiwashe, A., Nephawe, K. y Theron, H. 2008. Estimates of genetic parameters and effect of inbreeding on milk yield and composition in South African Jersey cows. South African Journal of Animal Sci. 38(2):119-125.
16. Orrego, J., Delgado, A. y Echevarría, L. 2003. Vida productiva y principales causas de descarte de Vacas Holstein en la Cuenca de Lima. Rev. investig. vet. Perú. 14(1):68-73.
17. Sewalem, A., Kistemaker, G.J., Miglior, F. and Van Doormaal B.J. 2006. Analysis of inbreeding and its relationship with functional longevity in Canadian dairy cattle. J Dairy Sci. 89(6):2210-6.
18. Romero, J.J. 2005. Appraisal of the epidemiology of *Neospora caninum* infection in Costa Rican dairy cattle. Ph.D. Thesis. Wageningen University. The Netherlands. 137 p.
19. Romero, J.J., Rojas, J. y Pérez, E. 2007. Relación de la endogamia con la retención de membranas fetales en vacas de hatos lecheros especializados de Costa Rica. Ciencias Veterinarias. 24:79:89.
20. SAS Inst. Inc. 2009. SAS/STAT® User's Guide: Statistics; Version 9.2. Cary; NC, USA.
21. Smith, L.A.; Cassell, B.G. and Pearson, R.E. 1998. The Effects of Inbreeding on the Lifetime Performance of Dairy Cattle. J. Dairy Sci. 81(10).
22. Thompson, J.R., Everett, L.W. y Hammerschmidt, N.L. 2000a. Effects of Inbreeding on Production and Survival in Holsteins. J. Dairy Sci. 83(8):1856-1863.
23. VanRaden, P.M., Dematawewa, C.M., Pearson, R.E., and Tooker, M. E. 2006. Productive Life Including All Lactations and Longer Lactations with Diminishing Credits. J. Dairy Sci. 89:3213–3220.
24. Vargas, B. 2000. Bioeconomic modeling to support management and breeding of dairy cows in Costa Rica. Ph.D. Thesis. Wageningen University. The Netherlands. 187 p.
25. Vargas, B. y Gamboa, G. 2008. Estimación de tendencias genéticas e interacción genotipo x ambiente en ganado lechero de Costa Rica. Téc. Pec. Méx. 46(4):371-386.

26. Vargas, B. y Ulloa, J. 2008: Relación entre curvas de crecimiento y parámetros reproductivos en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. 20:103. [Consultada: 21 de Noviembre, 2010] de <http://www.lrrd.org/lrrd20/7/varg20103.htm>
27. Weigel, K. and Lin, S. 2000. Use of Computerized Mate Selection Programs to Control Inbreeding of Holstein and Jersey Cattle in the Next Generation. J Dairy Sci. 83:822–828.
28. Wiggans G.R., VanRaden P.M. and Zuurbier J. 1995. Calculation and use of inbreeding coefficients for genetic evaluation of United States dairy cattle. J. Dairy Sci. 78:1584–1590.
29. Wright, S. 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. American Naturalist. 56:330-338.

**EFFECTO DE ENDOGAMIA SOBRE PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN
VACAS DE RAZAS HOLSTEIN Y JERSEY EN HATOS LECHEROS
ESPECIALIZADOS DE COSTA RICA**

Efecto de endogamia sobre parámetros reproductivos en vacas de razas Holstein y Jersey en hatos lecheros especializados de Costa Rica.

1.- RESUMEN

En este estudio se analiza el efecto de los niveles de consanguinidad (F) alta ($\geq 6,25\%$) sobre parámetros reproductivos importantes en producción bovina como; edad al primer parto (EPP), días abiertos (DA) y servicios por concepción (SPC). Se tomó como base poblacional los datos contenidos en el programa VAMPP Bovino del Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS) de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional (EMV-UNA). Resultó un 17,9% (n=47 221) de animales con endogamia y se encontró F promedio de 0,42% del total de la población en estudio (0,49% y 0,55% para Holstein y Jersey). La raza Holstein tiene 22,6% de animales consanguíneos y la Jersey 20,3%; sin embargo, la Jersey tiene animales con F más elevados. Los animales que presentaron algún grado de consanguinidad tienen un promedio de F de 2,16% para Holstein y 2,98 para Jersey. Se utilizó como punto de corte un valor F de $< 6,25\%$ y $\geq 6,25\%$ para discriminar entre valores bajos y altos. Se hizo regresión lineal múltiple utilizando un modelo mixto para la estimación del efecto absoluto de F sobre parámetros reproductivos. Las vacas con F bajos tuvieron una EPP ($p<0,01$) de -0,4 m con respecto a las que tienen F alto. En DA hubo 2,94 d más para animales con F bajo, aunque este dato no es significativo, mientras que en SPC hay 0,10 ($p<0,05$) servicios más en vacas con F bajo. Además, se hizo la estimación del riesgo de que una vaca con $F \geq 6,25\%$ presenten parámetros reproductivos bajos, obteniéndose resultados no significativos de riesgo para esta condición. Se concluye que no hubo un efecto estadísticamente significativo de endogamia alta sobre DA y SPC, pero si en EPP, en vacas Holstein y Jersey en hatos lecheros especializados de Costa Rica.

2.- INTRODUCCIÓN

Con el fin de mejorar la eficiencia productiva y reproductiva de un hato bovino, principalmente uno de lechería, se utilizan técnicas reproductivas especializadas como la inseminación artificial, que permite incrementar el progreso genético mediante aumento en la intensidad de selección y reducción del intervalo entre generaciones. Estas técnicas generalmente inducen a una disminución de la cantidad de toros utilizados con fines reproductivos, a los que se extrae su semen y que se usan con frecuencia para

aprovechar sus características positivas pero sin ningún control en cada explotación (Vargas y Gamboa, 2008). Esto podría traer como efecto colateral gran cantidad de individuos emparentados entre sí (endogamia), en los que se reporta con alta frecuencia, una depresión en sus caracteres productivos y reproductivos.

Investigaciones realizadas a nivel mundial (Caraviello, 2004c, Vargas y Gamboa, 2008, Mc Parland *et al.*, 2007), comprobaron que esta depresión está presente, en mayor o menor grado, en los hatos lecheros especializados en los que no hay un programa de control reproductivo definido.

Los aspectos más importantes en los que está implicada la endogamia en reproducción son: aumento de la incidencia de distocia en vacas (Smith *et al.*, 1998, Adamec *et al.*, 2006), retención de membranas fetales (Romero *et al.*, 2007), servicios por concepción, días abiertos (Caravaca *et al.*, 2005, Nicholas, 2003, Ruiz *et al.*, 2006), disminución en fertilidad (Caraviello, 2004a, Mc Parland *et al.*, 2009), reducción en la libido, aumentos de la esterilidad gamética, mortalidad embrionaria (Johansson y Rendel, 1972) y edad al primer parto (Smith *et al.*, 1998). Las alteraciones encontradas por cada 1% de incremento de consanguinidad son: 0,45 (Røkouei *et al.*, 2010), 0,55 (Smith *et al.*, 1998) y 0,5 (Casas y Tewolde, 2001) días más de edad al primer parto, Intervalo entre partos de +0,53 d (Røkouei *et al.*, 2010) y +0,73 d (Mc Parland *et al.*, 2007) y 0,46% de probabilidad de distocia (Smith *et al.*, 1998).

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto que tiene la endogamia sobre parámetros reproductivos en las vacas razas Holstein, Jersey en hatos lecheros especializados de Costa Rica.

3.- METODOLOGÍA

Se realizó un estudio longitudinal retrospectivo de 1 395 fincas lecheras de Costa Rica. Esta información pertenece a la base de datos nacional de las fincas registradas en el programa VAMPP Bovino (Veterinary Automated Management and Production Control Programme) (Noordhuizen and Buurman, 1984), en el Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS), de la Escuela de Medicina Veterinaria – Universidad Nacional (EMV-UNA). De estos datos se seleccionaron las vacas que nacieron en el periodo comprendido entre 1 de enero de 1995 y 30 de diciembre de 2010

que tuvieran datos registrados de consanguinidad. Resultaron un total de 545 hatos lecheros que cumplieron con los criterios de inclusión del estudio.

3.1.- Recolección de Datos

Los productores capturan los datos de los eventos que ocurren en la finca en una libreta de apuntes, esta información es introducida en el programa VAMPP por ellos mismos o por los técnicos que trabajan brindando asistencia en la granja. El personal del proyecto CRIPAS, recolecta periódicamente la información contenida en el programa VAMPP (Romero, 2005). Hoy día, VAMPP es utilizado por alrededor de 1 500 granjas lecheras especializadas en Costa Rica, algunas con información de hace 30 años. Debido a esta relación entre CRIPAS y los agricultores, la Universidad Nacional es capaz de realizar estudios a nivel poblacional en áreas tales como mejoramiento genético, reproducción, salud animal, etc. (Vargas, 2000, Romero *et al.*, 2007).

3.2.- Descripción de las variables

La variable independiente principal es el coeficiente de endogamia (F) de cada vaca lechera, siendo las variables dependientes: edad al primer parto, servicios por concepción y días abiertos. Se tomarán en consideración otras variables (covariables) y fuentes de variación que son: raza, número de lactancias, ecozona, hato, año y época de parto, las cuales pueden incidir en las variables dependientes, además del nivel de consanguinidad. Las variables dependientes e independientes y la forma en que se utilizaron se describen en la Tabla 1.

3.3.- Edición y análisis de Datos

Los animales nacidos en años anteriores a 1985 se tomaron como de ese año, y los que nacieron después de 2008 se asumieron como nacidos en ese mismo año. Si el año de parto era mayor a 2010 se reubicaron en el año 2010, esto debido al bajo volumen de datos para fechas de nacimiento o de parto.

Para determinar el efecto de la endogamia sobre los parámetros reproductivos se incluyeron en el estudio únicamente las vacas Holstein y Jersey, asimismo, los cruces con 75% o más de la raza fueron considerados como “puras”. Las otras razas puras como Guernsey y Pardo Suizo fueron solo tomadas en cuenta en la fase de estadística descriptiva.

Tabla 1.- Descripción de las variables reproductivas utilizadas en el análisis de la situación de la endogamia en fincas lecheras de Costa Rica.

Variable	Condición	Tipo	Nivel	Descripción
Días abiertos	Dependiente	Continua		
		Discreta	Bajo	< 140 d
			Alto	≥ 140 d
Servicios/ concepción	Dependiente	Continua		
		Discreta	Bajo	< 1,5
			Alto	≥ 1,5
Edad al primer parto	Dependiente	Continua		
		Discreta	Bajo	< 28 meses
			Alto	≥ 28 meses
Endogamia	Independiente	Continua		
		Discreta	Bajo	< 6,25 %
			Alto	≥ 6,25 % (Florio, 2005)
Raza	Independiente	Discreta	Holstein	≥ 6/8 Holstein
			Jersey	≥ 6/8 Jersey
Número de lactancia	Independiente	Continua		
		Discreta	0	Primerizas
			1	2 o 3
			2	4 o 5
			3	≥ 6
Ecozonas	Independiente	Discreta	1 a 7	Zonas de vida (Holdridge, 1987)
Hato	Independiente	Discreta		Base de datos VAMPP
Año de parto o nacimiento	Independiente	Discreta	1994-2009	Período del estudio
Época de Parto	Independiente	Discreta	Seca	Diciembre, Enero-Abril
			Lluviosa	Mayo-Noviembre

Luego se eliminaron todos los animales que no poseían ningún grado de consanguinidad, los servicios por concepción que sobrepasaban los 8 se asumieron como 8, la edad al primer parto mayor a los 60 m se trasladaron a 60, el intervalo parto concepción menor a 20 d y mayor a 450, se ubicaron entre ese rango.

Con respecto a la variable zonas de vida según Holdridge se eliminaron tres debido a que son pocos datos que no aportan mucha información al estudio, que son: bosque muy húmedo montano, bosque pluvial premontano y bosque seco tropical, las utilizadas en este estudio se describen en la Tabla 2. Adicionalmente, se creó la variable zona-época de parto uniendo ambas variables en una sola.

Tabla 2.- Rangos de variación en altitud, precipitación y temperatura en zonas agroecológicas de Costa Rica con presencia de sistemas de producción lecheros¹

Zona Agroecológica	Código	Altitud, msnm	Precipitación, mms/año	Temperatura, ° C
B. muy húmedo tropical	Bmh-t	0-500	4000-8000	>24
B. muy húmedo premontano	Bmh-p	500-1500	2000-4000	18-24
B. húmedo montano bajo	Bh-mb	1500-2000	1000-2000	12-17
B. pluvial montano bajo	Bp-mb	1500-2000	4000-8000	12-17
B. húmedo tropical	Bh-t	0-500	2000-4000	>24
B. húmedo premontano	Bh-p	500-1500	1000-2000	18-24
B. muy húmedo montano bajo	Bmh-mb	1500-2000	2000-4000	12-17

¹ Tomado de Vargas y Ulloa (2008). Desarrollado con base en Holdridge (1987)

3.4.- Procesamiento estadístico

El procesamiento de datos se realizó mediante 3 fases:

1.- Estadística descriptiva para hacer una clasificación y resumen de los datos en estudio (tablas de frecuencia, medidas de tendencia central, medidas de dispersión e histogramas). Fueron utilizados los procedimientos PROC UNIVARIATE, PROC FREQ y PROC MEANS del software SAS/STAT® ver 9.2.

2.- Estimación del efecto absoluto mediante la regresión lineal múltiple utilizando un modelo mixto (PROC MIXED, SAS/STAT® ver 9.2). Se creó un modelo para cada variable dependiente.

El modelo estadístico para la variable dependiente edad a primer parto es:

$$Y_{ijklm} = \mu o + endo_i + han_j + ep_k + raza_l + eco_m + e_{ijklm}$$

¡Error! Marcador no definido.Donde:

Y_{ijklm} = Edad al primer parto (meses)

μ_0 = media general de la variable de respuesta

$endo_i$ = efecto fijo de la i -ésima endogamia ($i = 0\dots$; porcentaje de endogamia)

han_j = efecto aleatorio del j -ésimo hato/año de nacimiento

ep_k = efecto fijo de k -ésima época de nacimiento ($k = 0-1$; 0= seca, 1= lluviosa)

$raza_l$ = efecto fijo de la l -ésima raza ($l = 1-2$; 1= Holstein, 2= Jersey)

eco_m = efecto fijo de la m -ésima ecozona ($m = 1 - 7$)

e_{ijklm} = efecto aleatorio residual

El modelo estadístico para la variable dependiente servicios por concepción es:

$$Y_{ijklmn} = \mu_0 + endo_i + hap_j + ep_k + raza_l + nlac_m + eco_n + e_{ijklmn}$$

¡Error! Marcador no definido.Donde:

Y_{ijklmn} = servicios por concepción (número de servicios)*

μ_0 = media general de la variable de respuesta

$endo_i$ = efecto fijo de la i -ésima endogamia ($i = 0\dots$; porcentaje de endogamia)

hap_j = efecto aleatorio del j -ésimo hato/año de parto

ep_k = efecto fijo de k -ésima época de parto ($k = 0-1$; 0= seca, 1= lluviosa)

$raza_l$ = efecto fijo de la l -ésima raza ($l = 1-2$; 1= Holstein, 2= Jersey)

$nlac_m$ = efecto fijo de la m -ésima lactancia ($m = 0-3$; 0= 1, 1= 2-3, 2= 4-5, 3= ≥ 6 lactancias)

eco_n = efecto fijo de la n -ésima ecozona ($n = 1 - 7$)

e_{ijklmn} = efecto aleatorio residual

*Este modelo se repite para la variable dependiente días abiertos (número de días):

3.- Estimación del riesgo (Razón de posibilidades) de que una vaca con niveles altos de endogamia ($\geq 6,25\%$ Romero *et al.*, 2007) presenten parámetros reproductivos desfavorables (días abiertos, edad al primer parto y servicios por concepción altos) según la raza y el número de lactancia. Esto se realizó mediante el procedimiento PROC LOGISTIC, SAS/STAT® ver 9.2.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Estadística descriptiva

Se encontraron 541 212 lactancias en el programa VAMPP Bovino. Luego de la reducción y edición de los datos, se seleccionaron las vacas que tenían datos genealógicos con los que se pudo calcular el coeficiente de consanguinidad. Resultó una tasa global de animales con endogamia de 17,9% (n=47 221) lo que es contrario el estudio de Romero *et al.* (2007) donde encontró una media de 6,04% en vacas lecheras de Costa Rica.

La Tabla 3 muestra una diferencia de edad al primer parto de 1,64 m en Holstein respecto a Jersey, 39 d de DA, siempre a favor de Jersey y 0,18 SPC más para Holstein. El promedio general de SPC es de 2,02 (n=371878), con valores que oscilan entre 1 y 26. Por otro lado, la EPP promedio fue de 30,23 m (n=127 489) con un valor mínimo de 18 y un máximo de 178, asimismo, el promedio de DA es de 140,9 d (n=371878).

Tabla 3.- Promedios de indicadores reproductivos de la raza Holstein, Jersey y Pardo suizo con algún grado de consanguinidad.

Variable	Holstein		Jersey		Pardo Suizo	
	N	Media	N	Media	N	Media
Consanguinidad (%)	27 365	2,16	17 702	2,68	1 502	2,60
SPC (N°)	12 309	2,09	7661	1,91	762	2,391
EPP (meses)	14 239	28,46	8497	26,82	882	27,68
DA (días)	12 309	159,69	7661	120,06	762	186,53

Casi la mitad de los animales en estudio están representados por el grupo racial Holstein con un 58%, el 37,5% corresponde a Jersey, 3,2% Pardo Suizo, 1,3% Guernsey, las otras razas solo representan un 0,01%.

4.2.- Niveles de endogamia

La raza Holstein presentó 22,6% y la Jersey 20,3% de vacas con algún grado de endogamia, resultados que son similares a los obtenidos por Vargas y Gamboa (2008) con 21,2 % para Holstein y 23,2% para Jersey en la misma población, con la diferencia de que en este estudio la de mayor porcentaje fue Holstein, sin embargo, la raza Jersey fue

la que tuvo mayor porcentaje de vacas con grados de endogamia considerados de riesgo para obtener menor rendimiento productivo (Tabla 4).

Tabla 4.- Resumen estadístico de endogamia en los animales en estudio y sus diferentes niveles de riesgos.

	Raza			
	Holstein	Jersey	Pardo Suizo	
N	121 076	87 072	6 835	
Media del % Consanguinidad*	0,49	0,55	0,57	
Mínimo (%)	0,0	0,0	0,0	
Máximo (%)	46,88	37,50	30,62	
Endogamia a	≥ 2,5 %	22,0 (21,6-22,5)	37,4 (36,7-38,1)	27,9 (25,6-30,2)
diferentes niveles	≥ 5,0 %	5,1 (4,9-5,4)	10,6 (10,1-11,0)	8,9 (7,5-10,4)
de riesgo (IC 95%)	≥ 6,25 %	3,9 (3,5-4,1)	7,8 (7,4-8,2)	7,9 (6,6-9,3)

*Toma en cuenta los animales sin endogamia.

El promedio de consanguinidad tomando los aparentes ceros para la Holstein y Jersey fueron de 0,49% y 0,55% respectivamente, valores que son más bajos que los encontrados en Vargas y Gamboa (2008) 1,25% y 0,75% para las mismas razas en hatos de Costa Rica. El promedio general de la población en estudio fue de F=0,42%, con valores individuales que oscilan entre cero y 46,88%. Un dato muy similar a este, es el descrito por Casas y Tewolde (2001), con F=0,44% en vacas lecheras de hatos costarricenses. Por el contrario, Røkouei *et al.* (2010) reportan F= 2,90% con un rango entre 0 y 47,3%, en una población de vacas Holstein en Irán. Cuando se tomó en cuenta F= 0 resultó un promedio general de la población en estudio de 2,36%.

La raza que presenta un mayor promedio entre las vacas con algún porcentaje de endogamia es la Jersey con 2,68%, seguida de Holstein con 2,16%. Vargas y Gamboa (2008) también indican que Jersey tiene niveles más elevados de F que Holstein, esto debido posiblemente a que la población es más pequeña y por tanto hay una menor cantidad disponible de toros de raza Jersey destinados a inseminación artificial, lo que provoca mayor probabilidad de cruces endogámicos (Tabla 3). Sewalem *et al.*, (2006) menciona valores más elevados, 3,6% y 3,2% para las mismas razas en Canadá.

4.3.- Modelos mixtos

La regresión lineal múltiple demuestra que hay -0,4 m (12 d menos) de EPP ($p < 0,01$) para las vacas con F bajo ($< 6,25\%$) con respecto a las que tienen niveles de endogamia elevados (Tabla 5). Otros estudios de Casas y Tewolde (2001) en vacas lecheras de Costa Rica y Smith *et al.* (1998) en Estados Unidos, reportan 0,5 y 0,55 d más de EPP por cada 1% de consanguinidad. Este aspecto es muy importante considerarlo cuando evaluamos implicaciones económicas de la consanguinidad ya que cada día que un animal no produce, representa un gasto adicional para el productor, que disminuye la rentabilidad de la empresa lechera.

Hay 1,6 m más de EPP en Holstein que en Jersey esto es esperable para esta raza, ya que tiende a ser menos precoz que la Jersey. También hay un efecto significativo en la ecozona sobre esta misma variable a excepción de Bosque Húmedo Premontano. La tabla 5 indica que las vacas que están en el Bh-t tienen 2,7 m ($p < 0,001$) más de EPP que las que viven en la zona ecológica Bosque Pluvial Montano Bajo.

Tabla 5.- Efecto de endogamia $\geq 6,25\%$, época de parto, razas y ecozona sobre edad al primer parto (meses).

Variable	Estrato	Estimado absoluto	Error estándar	P
Intercepto		26,6	0,2	<0,0001
Época de nacimiento	Lluviosa	0	.	.
	Seca	-0,2	0,1	<0,001
Razas	Jersey	0	.	.
	Holstein	1,6	0,1	<0,0001
Ecozona	Bp-mb	0	.	.
	Bh-mb	0,5	0,1	<0,0001
	Bh-p	0,1	0,1	0,2067
	Bh-t	2,7	0,4	<0,0001
	Bmh-mb	2,1	0,1	<0,0001
	Bmh-p	0,5	0,1	<0,0001
Endogamia	Bmh-t	1,7	0,1	<0,0001
	$\geq 6,25\%$	0	.	.

	< 6,25%	-0,4	0,1	<0,01
--	---------	------	-----	-------

Respecto a días abiertos resultó que hay 2,94 d más para animales con endogamia baja con respecto a endogamia elevada, pero no es significativo. Este es un valor diferente al reportado por Røkouei *et al.* (2010), que menciona 0,53 d más abiertos por cada 1% de endogamia. También se puede observar que la época de parto y número de lactancias tienen efecto pero no es significativo. La mayoría de zonas ecológicas sí tienen efecto sobre esta variable, por ejemplo los animales que viven en la ecozona Bh-t tienen más días abiertos y los del Bh-p las que tienen menos días abiertos respecto a las demás ($p < 0,001$). La raza Holstein tiene 35,3 días más abiertos que la Jersey ($p < 0,005$) Tabla 6.

Tabla 6.- Efecto de endogamia $\geq 6,25\%$, época de parto, razas y ecozona sobre días abiertos (días).

Variable	Estrato	Estimado absoluto	Error estándar	P
Intercepto		114,7	3,4	<0,0001
Época de parto	Lluviosa	0,0	.	.
	Seca	-1,7	1,3	0,18
Razas	Jersey	0,0	.	.
	Holstein	35,3	1,4	<0,0001
Ecozona	Bp-mb	0,0	.	.
	Bh-mb	2,2	2,4	0,34
	Bh-p	-9,0	2,2	<0,0001
	Bh-t	39,1	8,1	<0,0001
	Bmh-mb	1,6	2,8	0,56
	Bmh-p	11,0	2,2	<0,0001
Lactancias	Bmh-t	17,6	2,4	<0,0001
	> 5	0,0	.	.
	2-3	-10,8	41,1	0,7935
	4-5	9,3	45,2	0,8374
Endogamia	1	-30,4	40,4	0,4526
	$\geq 6,25\%$	0,0	.	.
	< 6,25%	2,9	2,9	0,30

Para servicios por concepción hay 0,10 ($p < 0,05$) más servicios en vacas con endogamia baja que las que tienen F alto. La mayoría de ecozonas y la época de parto no ejercen efecto sobre dicha variable. La raza Holstein tiene 0,17 más servicios por concepción que la Jersey (Tabla 7). Para esta variable no se encontró literatura con la que se pudiesen contrastar los resultados. Las vacas entre cuarta y quinta lactancia tienen 1,6 servicios menos por concepción que los animales de seis o más lactancias ($p < 0,05$).

Tabla 7.- Efecto de endogamia $\geq 6,25\%$, época de parto, razas y ecozona sobre servicios por concepción.

Variable	Estrato	Estimado absoluto	Error estándar	P
Intercepto		1,69	0,05	<,0001
Época de parto	Lluviosa	0	.	.
	Seca	0,03	0,02	0,1822
Razas	Jersey	0	.	.
	Holstein	0,17	0,02	<,0001
Ecozona	Bp-mb	0	.	.
	Bh-mb	0,20	0,04	<,0001
	Bh-p	-0,03	0,04	0,4483
	Bh-t	0,06	0,13	0,6496
	Bmh-mb	0,03	0,04	0,4818
	Bmh-p	0,20	0,03	<,0001
	Bmh-t	0,19	0,04	<,0001
	Lactancias	> 5	0,0	.
	2-3	-0,8	0,71	0,3238
	4-5	-1,6	0,64	0,0133
	1	-1,3	0,65	0,0416
Endogamia	$\geq 6,25\%$	0	.	.
	$< 6,25\%$	0,10	0,05	0,0230

4.4.- Procedimiento logístico

Los animales con F alto tienen 1,14 veces el riesgo de presentar edad al primer parto mayor a 28 m, que los de endogamia baja ($p < 0,05$). Este resultado es consistente con lo encontrado en el modelo lineal, que indica más de edad al primer parto para las vacas con F alto. Las de raza Holstein tienen 2,12 veces el riesgo de tener edad al primer parto mayor a 28 m que las Jersey, dato que también corresponde con el obtenido en el modelo lineal con 1,6 m más de edad al primer parto para Holstein. También hay un efecto significativo de la mayoría de las ecozonas sobre esta variable, es importante recalcar que las vacas de las zonas ecológicas que tienen más probabilidad de tener mayor edad al primer parto es la de Bh-t (OR= 2,94; IC95% 2,11-4,08), lo que confirma una vez más el resultado del modelo lineal (Tabla 8).

Tabla 8.- Razón de posibilidades de las diferentes variables en estudio con respecto a edad al primer parto.

Variable	Efecto	Razón de posibilidades	Intervalos de confianza (95%)	
Ecozona	Bh-mb vs. Bp-mb	1,24	1,11	1,37
	Bh-p vs. Bp-mb	1,03	0,94	1,14
	Bh-t vs. Bp-mb	2,94	2,11	4,08
	Bmh-mb vs. Bp-mb	2,06	1,82	2,33
	Bmh-p vs. Bp-mb	1,35	1,23	1,49
	Bmh-t vs. Bp-mb	2,44	2,20	2,70
Razas	Holstein vs. Jersey	2,12	1,99	2,25
Endogamia	≥ 6,25% vs. < 6,25%	1,14	1,01	1,29

Las vacas con endogamia alta tienen prácticamente el mismo riesgo de tener días abiertos mayores de 90 d (OR= 1,02; IC95% 0,90-1,16) no se encontró literatura similar para compararla con esta variable.

Este resultado coincide con el modelo lineal, en que el efecto de la endogamia sobre esta variable tampoco fue significativo. Ninguna de las lactancias tiene una influencia significativa en esta variable, pero la raza y época de parto sí (Tabla 9). Es esperable que la Holstein tenga 2,27 veces el riesgo de tener más días abiertos que Jersey.

La tabla 10 muestra que las vacas con endogamia baja tienen casi la misma probabilidad de tener servicios por concepción elevados, que las de endogamia alta (OR=1,09; IC95% 0,98-1,21). Estas variables independientes, al igual que en de regresión lineal tienen un efecto débil sobre la variable dependiente SPC.

Tabla 9.- Razón de posibilidades de las diferentes variables en estudio con respecto a días abiertos.

Variable	Efecto	Razón de posibilidades	Intervalos de confianza (95%)	
Ecozona	Bh-mb vs. Bp-mb	0,92	0,83	1,03
	Bh-p vs. Bp-mb	0,76	0,69	0,85
	Bh-t vs. Bp-mb	1,34	0,90	1,98
	Bmh-mb vs. Bp-mb	0,82	0,72	0,93
	Bmh-p vs. Bp-mb	1,02	0,92	1,13
	Bmh-t vs. Bp-mb	1,10	0,99	1,23
Razas	Holstein vs. Jersey	2,27	2,13	2,41
Endogamia	≥ 6,25% vs. < 6,25%	1,02	0,90	1,16
Lactancias	2-3 vs. > 5	0,25	0,03	2,27
	4-5 vs. > 5	0,57	0,05	6,39
	1 vs. > 5	0,46	0,05	4,25
Epoca de parto	Lluviosa vs. seca	1,11	1,04	1,17

Tabla 10.- Razón de posibilidades de las diferentes variables en estudio con respecto a servicios por concepción.

Variable	Efecto	Razón de posibilidades	Intervalos de confianza (95%)	
Ecozona	Bh-mb vs. Bp-mb	1,09	0,98	1,21
	Bh-p vs. Bp-mb	0,88	0,80	0,97
	Bh-t vs. Bp-mb	1,15	0,81	1,64
	Bmh-mb vs. Bp-mb	0,90	0,79	1,02
	Bmh-p vs. Bp-mb	1,15	1,05	1,27
	Bmh-t vs. Bp-mb	1,08	0,97	1,20
Razas	Holstein vs. Jersey	1,33	1,25	1,41
Endogamia	≥ 6,25% vs. < 6,25%	0,91	0,80	1,03
Epoca de parto	Lluviosa vs. seca	0,98	0,93	1,04

Para todas las lactancias el estimado es <0,001 con IC: <0,001 - >999,99.

5.- CONCLUSIONES

El promedio de animales consanguíneos es bajo respecto a otros estudios hechos en Estados Unidos, pero es elevado si lo comparamos con estudios hechos en este país, esto debido probablemente a que en nuestras condiciones se lleva un menor control de registros, y podría ser que estos resultados sean más elevados respecto a estudios anteriores localmente por que se ha hecho mucho énfasis en que se aumente el grado de precisión con que se llevan estos registros genealógicos en las fincas.

Los modelos mixtos demuestran que hay un efecto negativo significativo de la endogamia sobre la edad al primer parto de 12 d más para las vacas con endogamia alta, esto es importante para la rentabilidad de las fincas lecheras ya que esta cantidad de días menos de productividad en una vaca corresponde a pérdidas económicas considerables para la empresa lechera.

No hay un efecto significativo de la endogamia alta ($\geq 6,25\%$) sobre parámetros reproductivos como servicios por concepción y días abiertos en los hatos lecheros especializados de Costa Rica en las razas Holstein y Jersey.

Las diferentes ecozonas utilizadas en este estudio tuvieron efectos significativos sobre la edad al primer parto, días abiertos y servicios por concepción. Obviamente existen algunas ecozonas que favorecen los parámetros reproductivos y otras que hacen que haya una disminución del rendimiento de los mismos, este hecho sucede porque algunas ecozonas representan las zonas de confort térmico para estas razas, que les permite expresar todo su potencial genético.

6.- BIBLIOGRAFÍA

1. Adamec, V.; Cassell, B.G.; Smith, E.P.; and. Pearson, R.E. 2006. Effects of Inbreeding in the Dam on Dystocia and Stillbirths in US Holsteins. *J. Dairy Sci.* 89:307–314.
2. Caravaca, F.P., Castel, J.M., Guzmán, J.L., Delagado, M., Mena, Y., Alcalde, M.J. y González, P. 2005. Bases de la producción animal. Sevilla: RC Impresiones S.C.A. 506 p.
3. Caraviello, D. 2004a. Cruzamientos en el Ganado lechero. *Reproducción y Genética.* No. 610.
4. Caraviello, D. 2004c. Inbreeding in dairy cattle. *Reproduction and Genetics.* No. 615.
5. Casas, E. y Tewolde, A. 2001. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de genotipos criollos lecheros en el trópico húmedo. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal.* 9(2): 63-67.
6. Florio, J. 2005. Consanguinidad en la ganadería bovina. *Manual de Ganadería Doble propósito.* 10: 129 – 134.
7. Holdridge, L. 1987. *Ecología basada en zonas de vida.* IICA: San José. 219 p.
8. Johansson, I. y Rendel J. 1972. *Genética y mejora animal.* Zaragoza: Acribia.
9. Nicholas, F. W. 2003. *Introduction to veterinary genetics.* Blackwell: Padstow, Cornwall.
10. Mc Parland, S., Kearney, F., Rath, M. and Berry, D. 2007. Inbreeding Effects on Milk Production, Calving Performance, Fertility, and Conformation in Irish Holstein-Friesians. 90(9):4411-4419.
11. Mc Parland, S., Kearney, F., and Berry, D. 2009. Purging of inbreeding depression within the Irish Holstein-Friesian population. *Genetics Selection Evolution.* 41:16.
12. Noordhuizen, J.P.T.M. and Buurman, J., 1984. Veterinary automated management and production control programme for dairy farms (VAMPP), the application of MUMPS for data processing. *Veterinary Quarterly.* 6, 62-77.
13. Røkouei, M., Vaez Torshizi, R., Moradi Shahrababak, M., Sargolzaei, M. and Sørensen, A. C. 2010. Monitoring inbreeding trends and inbreeding depression for economically important traits of Holstein cattle in Iran. *J. Dairy Sci.* 93:3294–3302.

14. Romero, J.J. 2005. Appraisal of the epidemiology of *Neospora caninum* infection in Costa Rican dairy cattle. Ph.D. Thesis. Wageningen University. The Netherlands. 137 p.
15. Romero, J.J., Rojas, J. y Pérez, E. 2007. Relación de la endogamia con la retención de membranas fetales en vacas de hatos lecheros especializados de Costa Rica. *Ciencias Veterinarias*. 24:79:89.
16. Ruíz Flores, A.; Núñez Domínguez, R. Ramírez Valverde, R.; Domínguez Viveros, J.; Mendoza Domínguez, M. y Martínez Cuevas, E. 2006. Niveles y efectos de la consanguinidad en variables de crecimiento y reproductivas en bovinos Tropicarne y Suizo Europeo. *Agrociencia*. 40(003).
17. SAS Inst. Inc. 2009. SAS/STAT® User's Guide: Statistics; Version 9.2. Cary; NC, USA.
18. Sewalem, A., Kistemaker, G.J., Miglior, F. and Van Doormaal B.J. 2006. Analysis of inbreeding and its relationship with functional longevity in Canadian dairy cattle. *J Dairy Sci*. 89(6):2210-6.
19. Smith, L.A.; Cassell, B.G. and Pearson, R.E. 1998. The Effects of Inbreeding on the Lifetime Performance of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci*. 81(10).
20. Vargas, B. 2000. Bioeconomic modeling to support management and breeding of dairy cows in Costa Rica. Ph.D. Thesis. Wageningen University. The Netherlands. 187 p.
21. Vargas, B. y Gamboa, G. 2008. Estimación de tendencias genéticas e interacción genotipo x ambiente en ganado lechero de Costa Rica. *Téc. Pecu. Méx*. 46(4):371-386.
22. Vargas, B. y Ulloa, J. 2008: Relación entre curvas de crecimiento y parámetros reproductivos en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. 20:103. [Consultada: 21 de Noviembre, 2010] de <http://www.lrrd.org/lrrd20/7/varg20103.htm>