

# Relación entre curvas de crecimiento y parámetros reproductivos en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica

**B Vargas y J Ulloa**

*Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales, Programa en Producción Animal Sostenible, Apartado postal 304-3000, Heredia, Costa Rica*

[bvargasl@costarricense.cr](mailto:bvargasl@costarricense.cr)

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue comparar los patrones de crecimiento que presentan 15 grupos raciales lecheros en 9 zonas agroecológicas de Costa Rica y estimar su relación con la edad a primer parto (EPP) y el intervalo primer parto- concepción (IPC). Las curvas de crecimiento por grupo racial y zona agroecológica fueron ajustadas mediante un modelo Gompertz, el cual proporcionó el mejor ajuste. Se contó con un total de 346 799 registros de peso corporal, provenientes de 51 177 animales.

En peso a madurez, se observaron diferencias ( $p<0.01$ ) entre distintos grupos raciales, no así entre zonas agroecológicas ( $p=0.70$ ). Aunque la diferencias entre zonas no fueron significativas, para Holstein se observaron curvas de crecimiento menos elevadas en las zonas Bosque Muy Húmedo-Premontano y Bosque Muy Húmedo-Tropical, los cuales pueden relacionarse con factores climáticos (p.e temperatura y humedad), así como a la mayor preponderancia de sistemas basados en pastoreo dentro de estas zonas. Los grupos con mayores pesos a madurez fueron Holstein y sus cruces con Pardo Suizo, así como Guernsey y cruces Bos indicus×Bos taurus, mientras que el grupo con menor peso a madurez fue Jersey y sus cruces con Holstein y Pardo Suizo. Se observaron además efectos altamente significativos de grupo racial ( $p<0.01$ ) y zona agroecológica ( $p<0.01$ ) sobre la EPP ( $n=7990$ ). Las zonas donde se presentan mayores EPP fueron Bosque Húmedo-Tropical y Bosque Seco-Tropical. Para todos los grupos raciales se observó una relación inversa significativa entre ganancia de peso (0-12 meses) y la EPP. Los coeficientes de regresión obtenidos variaron entre -0.05 y 0.46. En el caso del cruce Holstein×Pardo Suizo el coeficiente implica una reducción aproximada de 0.46 meses en edad al parto por cada kilogramo adicional de ganancia de peso mensual. Similar relación se observó entre ganancia de peso (12-20 meses) y EPP, donde los coeficientes obtenidos variaron entre -0.04 y -0.37. Por el contrario, se determinó que el único factor que mostró efecto altamente significativo ( $p<0.01$ ) sobre el IPC ( $n=6567$ ) fue la zona agroecológica.

**Palabras claves:** Curva de crecimiento, edad a primer parto, intervalo parto concepción, zonas agroecológicas

# Relation between growth curves and reproductive parameters in dairy breed types from different agro ecological zones in Costa Rica

## Abstract

The objective of this study was to assess the relation between growth rate on age at first calving and calving to conception interval in 15 dairy breed types from 9 agro ecological zones in Costa Rica. Growth curves were fitted to observed body weights within breed types and agro ecological zones. A total of 346 799 body weights records from 51 177 heifers were available.

For mature weight, highly significant ( $p < 0.01$ ) differences were found between breed types, but not for between agro ecological zones ( $P < 0.07$ ). Despite differences in mature weight between zones being non significant, flatter curves were observed for Holstein in zones *Premontane Wet Forest* and *Tropical Wet Forest*, which could be associated due climatic factors as well as the major preponderance of grazing based systems in these zones. Breed types with highest mature weight were Holstein, Holstein×Brown Swiss crosses, Guernsey and Bos Indicus×Bos Taurus crosses. Lowest mature weight was observed for Jersey and the crosses Jersey×Holstein, Jersey×Brown Swiss. Besides, highly significant ( $p < 0.01$ ) effects of breed type and agro ecological zone on Age at First (n=7990) Calving were observed. Zones with higher age at first calving were *Tropical Moist Forest* and *Tropical Dry Forest*. For all breed types a significant inverse relationship between growth rate (0-12 mo.) and Age at First Calving was observed. Regression coefficients ranged between -0.05 and 0.46. For Holstein×Brown Swiss coefficient was 0.46, which means an observed reduction of 0.46 mo in age at first calving for every additional increase of 1 kg in monthly weight gain (0-12 mo). A similar relationship was observed between weight gain (12-20 mo) and age at first calving, and the coefficients range between -0.04 and -0.37. In the analysis of calving to conception interval, highly significant differences ( $p < 0.01$ ) were found only for agro ecological zone.

**Key words:** age at first calving, agroecological zones, calving to conception interval

## Introducción

En Costa Rica, al igual que en muchos países del trópico, ha existido una fuerte tendencia a la sustitución de razas locales por razas puras exóticas con el fin de incrementar los niveles de producción de leche. Estas razas se han originado en regiones donde las condiciones climáticas y nutricionales son más favorables, en su mayoría, que las imperantes bajo condiciones locales; por lo que en algunos casos el rendimiento de estas razas se ve disminuido. Una alternativa a la cual ha recurrido el productor es la utilización de cruces entre razas cebuinas y razas europeas; con el fin de minimizar los problemas de adaptación de las razas puras.

La producción láctea depende en gran medida de la habilidad del desempeño reproductivo de cada hembra. El reto para la industria lechera, es el sostener altos niveles de producción de leche sin afectar los parámetros reproductivos. Aunque las deficiencias reproductivas, son dependientes de cambios fisiológicos, mala alimentación, alta genética, factores biológicos, sanidad y manejo en general, la madurez sexual para las novillas depende más del peso corporal que de la edad, por ende, la tasa de crecimiento influye considerablemente en la edad de entrada a la pubertad y la edad al primer parto (Sejrsen y Purup 1997; MacDonald et al 2005).

El crecimiento de un organismo animal puede ser definido como el cambio constante en peso y otras medidas corporales (altura, longitud, perímetro torácico, etc.) a lo largo de su vida. Para representar el crecimiento de un organismo se han utilizado distintas funciones matemáticas que relacionan el cambio de peso en función de la edad de los animales. Entre las funciones más utilizadas se encuentran las funciones asintóticas de patrón sigmoideal, tales como Brody, Richards, Logística, Gompertz y Von Bertalanffy (Fitzhugh 1976). La ventaja de las funciones matemáticas sigmoideas es que resumen el fenómeno del crecimiento en pocos parámetros descriptivos, los cuales pueden ser interpretados biológicamente. La mayoría de las funciones utilizadas para describir el crecimiento constan de 3 parámetros: el parámetro A, que es una estimación del peso adulto; el parámetro K que está relacionado con la pendiente de la curva y por tanto con la tasa de crecimiento o madurez; y el parámetro B, que es una constante de integración (Blasco 1999). En algunas funciones se incluye un cuarto parámetro ( $m$ ), el cual se relaciona con el punto de inflexión de la curva, es decir, el umbral entre la fase autoaceleradora y la fase autoinhibidora.

Las curvas de crecimiento se han utilizado con diversos objetivos. Un uso frecuente es la definición de curvas estándares para distintas razas. Según Padrón y Vaccaro (1987) la cuantificación del crecimiento en peso hasta una edad determinada, bajo condiciones óptimas de manejo, alimentación, control sanitario y en el clima bajo el cual se ha desarrollado una raza bovina constituye el patrón de crecimiento normal de la raza. En ganado lechero por ejemplo, se han generado estándares para las razas más comunes (Heinrichs y Hargrove 1987, 1991, 1994; Vaccaro y Rivero 1985; Solano y Vargas 1997a). Estos estándares pueden ser utilizados como referencia para determinar la eficiencia de crecimiento de un grupo específico de animales con respecto al patrón de la raza; también pueden utilizarse para determinar si un animal es excepcional o si es necesario adoptar medidas correctivas en la explotación. Otros estudios se han enfocado a estudiar el efecto de factores

genéticos y ambientales sobre las curvas de crecimiento (Molina et al 1992; Solano y Vargas 1997b).

Un estudio realizado por Soto Reverol (2003) determinó que la ganancia de peso tiene efectos inversos sobre la edad al primer servicio, edad a la primera concepción y edad al primer parto, es decir, a mayores ganancias de peso se obtienen menores edades a primer servicio. Resultados similares han sido reportados por otros estudios (Sejrsen y Purup 1997; MacDonald et al 2005). Estos estudios señalan que el inicio de la actividad ovárica en hembras lecheras jóvenes está más relacionado con el desarrollo corporal que con la edad cronológica del animal.

Actualmente no existe un estudio en Costa Rica que compare el rendimiento en crecimiento y su efecto sobre parámetros reproductivos; involucrando tanto las razas introducidas como los cruces. Este estudio podría aportar información importante con el fin de identificar los tipos raciales más adecuados de acuerdo a las características agroecológicas de las distintas zonas de producción. El objetivo del presente estudio fue comparar los patrones de crecimiento que presentan distintos grupos raciales lecheros en diferentes zonas agroecológicas de Costa Rica y estimar su relación con la edad a primer parto y el intervalo primer parto- concepción.

## **Materiales y métodos**

### **Fuentes de información**

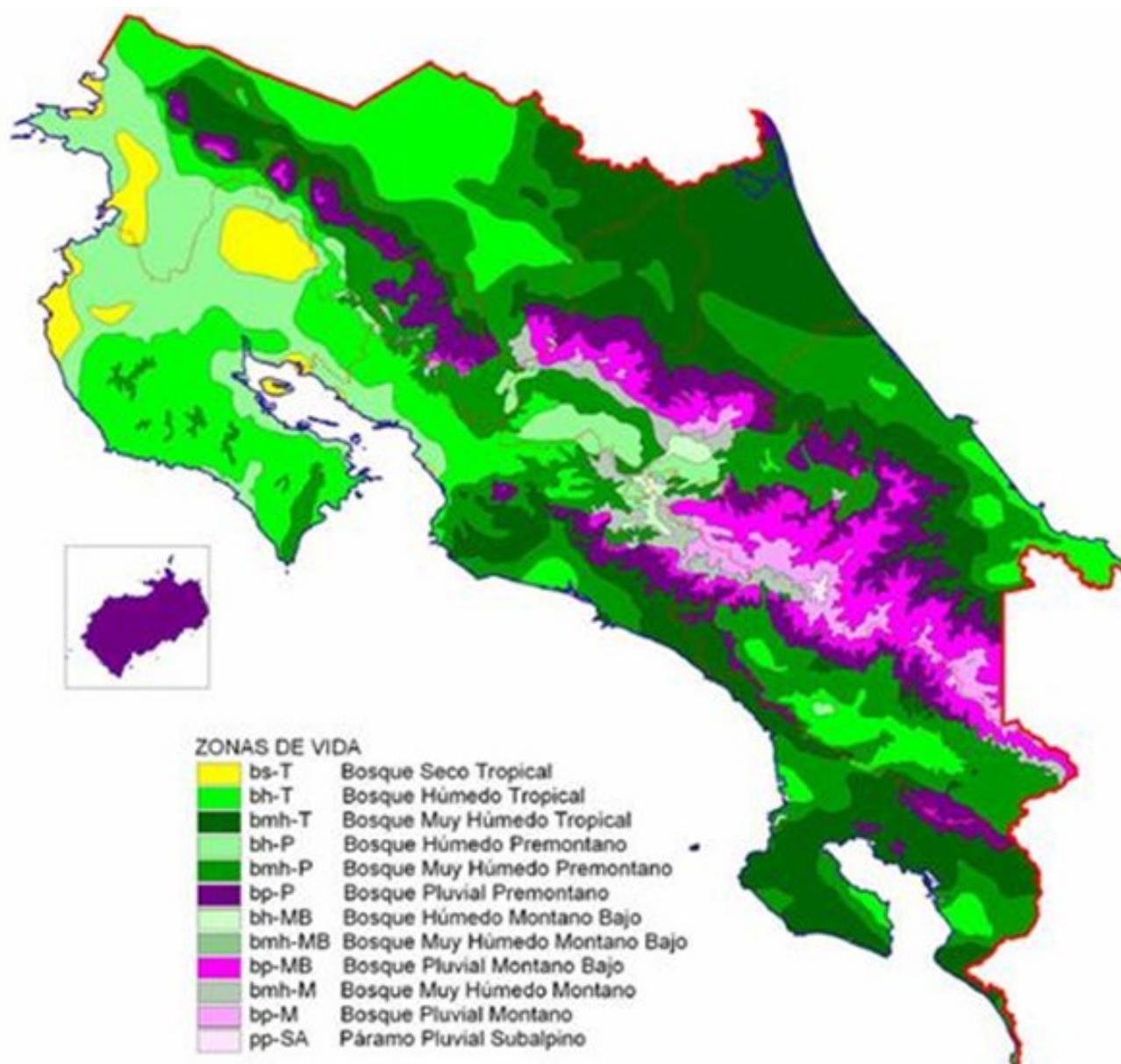
La información para este estudio se obtuvo de la base de datos del Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS, Pérez et al 1989) adjunto a la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Costa Rica. Esta base de datos contiene información proveniente de alrededor de 844 fincas lecheras distribuidas en distintas zonas de Costa Rica, cuya información se almacena inicialmente en el programa de cómputo VAMPP (Noordhuizen y Buurman 1984). Se contó inicialmente con 408 847 registros de pesaje corporal. Estos registros de peso fueron en su mayoría colectados por los mismos productores, por lo que se contó con una cantidad muy variable de registros para cada animal distribuidos principalmente durante la etapa de crecimiento (0 a 36 meses). Los datos incorporados en el presente análisis fueron recolectados en las fincas en el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1980 hasta el 30 de abril del 2005.

### **Edición de los datos**

Inicialmente, se realizó una selección y clasificación de fincas y razas presentes en la base de datos. Este proceso implicó la identificación y ubicación de las fincas por zona agroecológica y la clasificación de los registros por grupo racial.

### **Clasificación de fincas por zonas agroecológicas**

Para la identificación de las zonas agroecológicas inicialmente se ubicaron las fincas por distrito y cantón. Posteriormente se asociaron las fincas con la zona agroecológica respectiva de acuerdo con la clasificación primaria disponible en el mapa de zonas de vida (Figura 1) elaborado según la clasificación propuesta por Holdridge (1947, 1987).



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

Los rangos de variación en altitud, precipitación y temperatura para las 9 zonas de vida identificadas en este estudio se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Rangos de variación en altitud, precipitación y temperatura en zonas agroecológicas de Costa Rica con presencia de sistemas de producción lecheros<sup>1</sup>

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

Bosque muy húmedo montano bajo	BMH-MB	1500-2000	2000-4000	12-17
Bosque muy húmedo montano	BMH-M	2000-2500	1000-2000	6-11

<sup>1</sup> Desarrollado con base en Holdridge (1987)

## Clasificación por grupos raciales

Debido a la gran diversidad de composiciones raciales presentes en la fincas, se procedió a realizar una clasificación inicial de los animales en grupos raciales afines. Posteriormente, dentro de los grupos formados se seleccionaron aquellos que contaron con la suficiente cantidad de animales que permitiera obtener estimados precisos de parámetros de crecimiento y producción. Al final se contó con un total de 14 grupos raciales (Tabla 2) distribuidos en 9 zonas agroecológicas.

**Tabla 2.** Grupos raciales incluidos en el estudio de curvas de crecimiento

Código	Grupos raciales abarcados
H8	Holstein
J8	Jersey
PS8	Pardo Suizo
G8	Guernsey
H+J-	Cruces Holstein/Jersey, con mayor proporción de Holstein
H+PS-	Cruces Holstein/Pardo Suizo, con mayor proporción de Holstein
H-J+	Cruces Holstein/Jersey, con mayor proporción de Jersey
H-PS+	Cruces Holstein/Pardo Suizo, con mayor proporción de Pardo Suizo
H4J4	Cruces Holstein/Jersey, en iguales proporciones
HSM	Cruces Holstein/Simental, en iguales proporciones
H4PS4	Cruces Holstein/Pardo Suizo, en iguales proporciones
BI+BT-	Cruces Bos Indicus/Bos Taurus, mayor proporción Bos Indicus
BI-BT+	Cruces Bos Indicus/Bos Taurus, mayor proporción Bos Taurus
BI4BT4	Cruces Bos Indicus/Bos Taurus, iguales proporciones
J4PS4	Cruces Jersey/Pardo Suizo, iguales proporciones

## Depuración de la información

Se realizó una depuración de datos adicional a los controles de calidad ya presentes en el programa VAMPP. Esta depuración se realizó con el fin de detectar y eliminar valores extremos considerados biológicamente improbables o imposibles; así como también para asegurar una mayor representatividad de los datos.

Los criterios de depuración y selección de la información fueron los siguientes;

- Se eliminaron los pesos corporales que presentaron más de 3 desviaciones estándares con respecto al promedio observado para cada edad (en meses) dentro de cada raza en la población.
- Se seleccionaron los grupos raciales que contaron con un mínimo de 100 hembras con registros de peso corporal.
- Cada hembra incluida debió contar con un mínimo de 5 registros de peso tomados antes de los 84 meses de edad.

## Tipificación de curvas de crecimiento

Una vez clasificados los datos de peso corporal por grupo racial y zona agroecológica se procedió a evaluar el ajuste de distintos modelos matemáticos no lineales que han sido descritos en la literatura. Las funciones evaluadas fueron: Brody, Logística, Richards, Bertalanffy y Gompertz (Tabla 3).

**Tabla 3.** Funciones por evaluar para la tipificación de curvas de crecimiento

Nombre	Función
Función de Brody	$y = A [1 - b \times e^{(-kt)}]$
Función Logística	$y = A [(1 + b \times e^{(-kt)})^{-1}]$
Función de Gompertz	$y = A \times e^{[-b \times e^{(-kt)}]}$
Función de von Bertalanffy	$y = A \times [1 - b \times e^{(-kt)}]^3$
Función de Richards	$y = A \times [1 - b \times e^{(-kt)}]^m$

Fuente: (Blasco 1999)

$Y$ = Peso (kg) al tiempo  $t$ ;  $t$ = tiempo transcurrido desde el nacimiento;  $A$ = Peso asintótico cuando  $t$  tiende a infinito (peso a madurez);  $b$ = constante de integración;  $k$ = Tasa de madurez;  $e$ = Base de los logaritmos naturales;  $m$ = Parámetro de inflexión

Las funciones se ajustaron para cada uno de los grupos de zona agroecológica×grupo racial. Posteriormente, se seleccionó la función de mejor ajuste con base en 3 criterios estadísticos: el error estándar de estimación, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el coeficiente de autocorrelación Durbin-Watson. La comparación se realizó utilizando los valores promedio de los 3 criterios descritos anteriormente para todos los grupos evaluados. El modelo que presentó mejor ajuste se utilizó para generar las curvas de crecimiento de los distintos grupos raciales en las diferentes zonas agroecológicas. El ajuste de las curvas se realizó utilizando el algoritmo Gauss-Newton implementado en el procedimiento NLIN del programa SAS (1990). El criterio de convergencia utilizado fue un cambio menor a  $1 \times 10^{-8}$  en la suma de cuadrados residuales entre 2 iteraciones consecutivas del algoritmo.

### Relación entre crecimiento y rendimiento reproductivo

Para determinar la relación observada en la población entre parámetros de crecimiento y parámetros reproductivos de las hembras de primer parto se utilizaron modelos estadísticos de regresión lineal múltiple.

Se analizaron los parámetros reproductivos de edad al primer parto e intervalo entre parto y concepción. La edad a primer parto se considera un buen indicador de la eficiencia reproductiva en hembras de reemplazo, ya que permite medir la eficiencia tanto en la presentación de celo como en la concepción. Del mismo modo el intervalo parto-concepción evalúa la prontitud con que la hembra de primer parto entra nuevamente en celo y se preña.

El modelo estadístico utilizado para el análisis de estas variables reproductivas fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = m + ZA_i + GR_j + GR \times GDP0-12_k + GR \times GDP12-20_k + e_{ijk} \quad (1)$$

donde:

$Y_{ijk}$	= EPA, Edad al parto (días), IPC, Intervalo Parto Concepción (días),
$m$	= Media general de la variable de respuesta,
$ZA_i$	= Efecto fijo de la $i$ -ésima Zona Agroecológica,
$GR_j$	= Efecto fijo del $j$ -ésimo grupo racial,
$GDP0-12$	= Covariable, estimado de ganancia de peso promedio (kg/mes) entre el nacimiento y los 12 meses,
$GDP12-20$	= Covariable, estimado de ganancia de peso promedio (kg/mes) entre 12 y 20 meses,
$e_{ijk}$	= Error aleatorio $NID(0, \sigma^2)$ .

Las ganancias de peso se obtuvieron mediante el cálculo de coeficientes de regresión lineal simple con los datos disponibles para cada animal dentro de cada uno de los periodos considerados (0 a 12 m, 12 a 20 m). En el modelo se incluyó el efecto de GPD asociado con cada grupo racial (GR×GPD) con el fin de evaluar si la relación entre crecimiento y reproducción es consistente entre los distintos grupos raciales. La información disponible fue analizada mediante modelos estadísticos de regresión lineal múltiple utilizando el programa estadístico STATISTICA (Statsoft 2001).

## Resultados y discusión

## Tipificación de curvas de crecimiento

Después del procedimiento de edición y depuración de los datos de crecimiento se contó finalmente con un total de 346 799 registros de peso corporal, provenientes de 51 177 animales.

La distribución de la información entre grupos raciales y zonas fue muy irregular. Las zonas con mayor cantidad de información fueron BMH-P (36.8%) y BMH-T (26.7%) y las de menor cantidad fueron BH-T (0.99%) y BS-T (1.01%). Los grupos raciales con mayor cantidad de información fueron H8 (35.4%) y J8 (25.7%) y los de menor cantidad fueron J4PS4 (0.58%) y BI+BT- (0.25%). Se contó con un total de 41 combinaciones de raza por zona agroecológica con suficiente información para el ajuste de las curvas de crecimiento.

La tabla 4 muestra los resultados del ajuste de los distintos modelos a los datos de crecimiento.

**Tabla 4.** Bondad de ajuste de distintos modelos a los datos de peso corporal

Modelo	R <sup>2</sup>	d.e*	EE	d.e	DW	d.e
Brody	0.998	0.001	15.4	6.24	1.09	0.51
Bertalanffy	0.998	0.001	16.1	4.79	0.96	0.47
Gompertz	0.998	0.001	14.8	4.64	1.08	0.50
Logístico	0.997	0.001	18.6	5.23	0.76	0.41
Richards	0.997	0.001	17.8	5.20	0.84	0.48

\* Corresponde a la desviación estándar del estimado respectivo, el cual se obtuvo como el promedio del ajuste obtenido en los 41 grupos de zona agroecológica × grupo racial

En cuanto al R<sup>2</sup> se observa un comportamiento similar de todos los modelos evaluados, siendo superior a 99.5% en todos los casos. Estos altos estimados son debidos a que el ajuste de los modelos se realizó sobre los promedios de peso dentro de cada edad y raza.

Se presentaron mayores diferencias en el error estándar de estimación, para el cual el modelo con el mejor comportamiento fue el de Gompertz (EE=14.8 kg). De acuerdo con el coeficiente Durbin Watson, todos los modelos presentan niveles significativos de autocorrelación (DW<1.10), pero los menos graves fueron Gompertz (1.08) y Brody (1.09). Los problemas de autocorrelación se deben básicamente a la heterogeneidad de varianzas observada para pesos en distintos rangos de edad.

Se realizó un análisis más exhaustivo de los parámetros de la curva generados por los modelos Gompertz y Brody, con el fin de seleccionar el más eficiente de los dos. Se observó que el modelo Brody, en algunos casos, produjo estimados poco realistas (>900 kg) de peso a edad adulta (parámetro A). Por esta razón finalmente se seleccionó el modelo Gompertz como el de mayor eficiencia. En otro estudio realizado por Solano y Vargas (1997a) se obtuvo una mayor eficiencia del modelo de Brody para la descripción del crecimiento de las novillas de reemplazo; sin embargo, en dicho estudio se utilizaron únicamente datos de los primeros 2 años de vida de las hembras. En el presente estudio para la mayoría de los grupos raciales se contó con datos de peso a edad madura, lo que permitió aproximar con mayor precisión la forma sigmoidea de la curva de crecimiento. Por otro lado, el modelo de Gompertz, a diferencia de Brody, permite estimar un punto de inflexión, siendo más apropiado para la tipificación de la curva de crecimiento de forma sigmoidea que presenta un bovino.

Los parámetros finales de la curva de crecimiento obtenidos mediante el modelo de Gompertz para los distintos grupos raciales y zonas agroecológicas se presentan en la tabla 5.

**Tabla 5.** Parámetros de la curva de crecimiento según el modelo de Gompertz para distintos grupos raciales y diferentes zonas agroecológicas de Costa Rica

Zona	Grupo Racial	Parámetros Modelo de Gompertz				Punto de inflexión	
		A	E.E <sub>A</sub>	B	K	Edad, m	Peso, kg

bmh-p	BI+BT-	440.9	43.20	0.905	0.1050	8.6	162.2
bh-t	BI-BT+	613.2	25.70	0.876	0.0672	13.0	225.6
bmh-p	BI-BT+	583.9	12.55	1.064	0.0886	12.0	214.8
bmh-t	BI-BT+	491.7	27.10	0.801	0.0879	9.1	180.9
bmh-p	BI4BT4	467.9	9.30	0.961	0.1049	9.2	172.1
bh-mb	G8	541.8	6.74	1.061	0.1025	10.4	199.3
bmh-mb	H+J-	536.5	21.50	1.019	0.0932	10.9	197.4
bmh-p	H+J-	487.4	11.50	1.100	0.1101	10.0	179.3
bmh-t	H+J-	468.2	10.00	0.871	0.0973	9.0	172.2
bmh-p	H+PS-	522.6	6.57	1.186	0.1152	10.3	192.3
bmh-t	H+PS-	585.9	32.50	0.889	0.0772	11.5	215.5
bh-mb	H-J+	365.2	21.80	0.799	0.1114	7.2	134.3
bmh-mb	H-J+	425.7	8.68	1.045	0.0981	10.7	156.6
bmh-p	H-J+	444.9	24.00	1.016	0.0940	10.8	163.7
bmh-t	H-J+	441.8	2.04	0.798	0.0818	9.8	162.5
bmh-p	H-PS+	514.5	5.47	1.165	0.1118	10.4	189.3
bh-mb	H4J4	422.1	13.58	0.793	0.1042	7.6	155.3
bmh-mb	H4J4	484.9	10.65	1.039	0.0958	10.8	178.4
bmh-p	H4J4	525.5	20.80	0.916	0.0788	11.6	193.3
bmh-t	H4J4	454.4	1.76	0.819	0.0886	9.2	167.2
bmh-p	H4PS4	508.9	4.77	1.096	0.1117	9.8	187.2
bmh-t	H4PS4	673.3	41.90	0.914	0.0649	14.1	247.7
bh-mb	H8	584.9	3.90	0.858	0.0877	9.8	215.2
bh-p	H8	576.4	8.24	1.025	0.0904	11.3	212.0
bmh-m	H8	597.3	6.75	0.873	0.0789	11.1	219.7
bmh-mb	H8	570.0	3.81	0.985	0.0851	11.6	209.7
bmh-p	H8	513.5	6.48	1.092	0.1063	10.3	188.9
bmh-t	H8	525.7	2.74	0.869	0.0868	10.0	193.4
bp-mb	H8	622.3	4.21	0.789	0.0719	11.0	228.9
bs-t	H8	629.1	12.20	0.893	0.0603	14.8	231.4
bmh-p	J4PS4	443.1	10.27	1.127	0.1168	9.6	163.0
bh-mb	J8	434.4	5.90	0.861	0.0892	9.7	159.8
bh-p	J8	434.4	9.00	0.872	0.0780	11.2	159.8
bh-t	J8	348.7	6.54	1.179	0.1211	9.7	128.3
bmh-m	J8	429.2	11.52	0.843	0.0931	9.1	157.9
bmh-mb	J8	449.6	7.77	1.049	0.0894	11.7	165.4
bmh-p	J8	444.2	3.50	0.889	0.0719	12.4	163.4
bmh-t	J8	392.4	1.19	0.798	0.0877	9.1	144.4
bp-mb	J8	430.7	3.12	0.904	0.0853	10.6	158.4
bs-t	J8	445.9	8.29	0.799	0.0688	11.6	164.0
bmh-p	PS8	500.9	5.97	1.185	0.1135	10.4	184.3

Un análisis de varianza sobre el parámetro A o peso estimado a la madurez en los datos de la tabla 5 indicó que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre grupos raciales pero no entre zonas agroecológicas ( $p = 0.70$ ). Los grupos

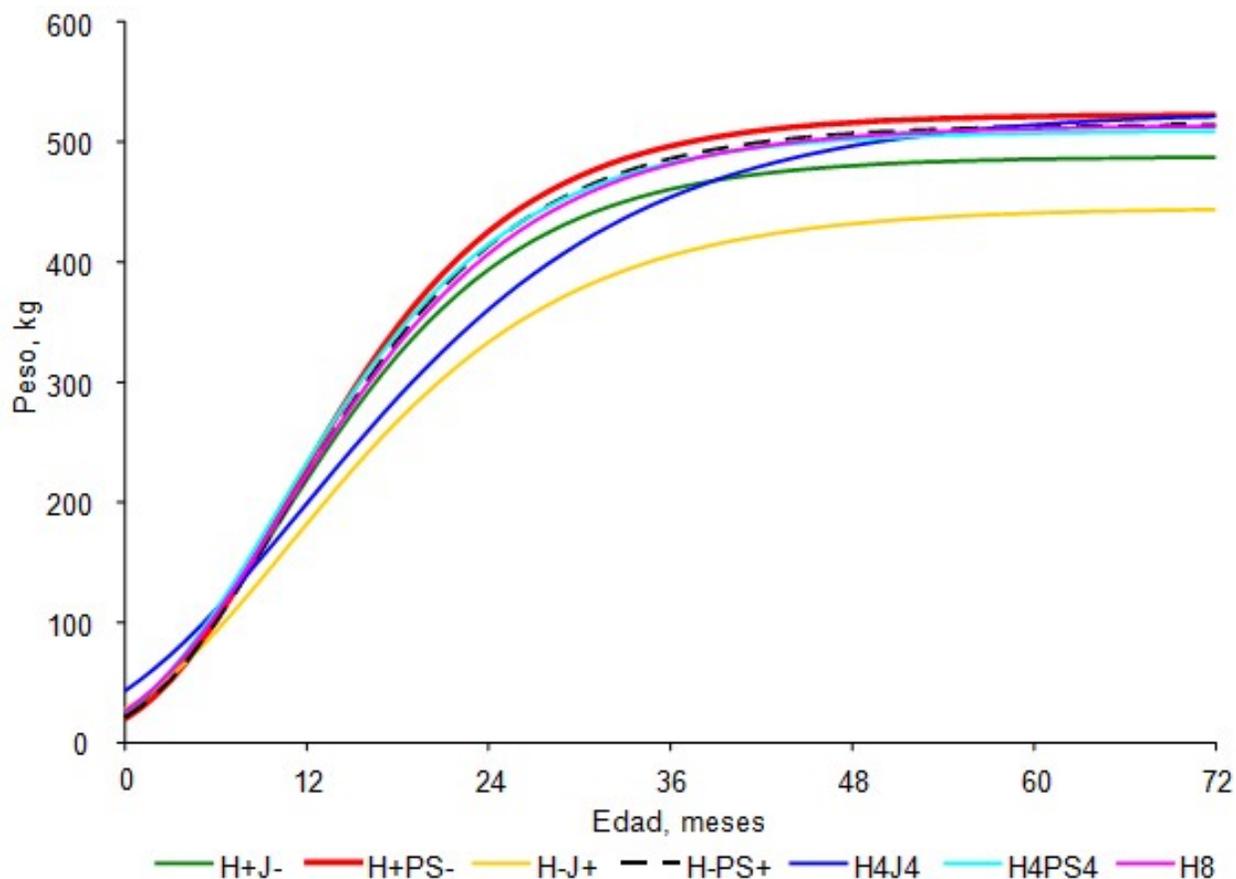
con mayores estimados de A fueron H8 y sus cruces con Pardo Suizo, así como G8 y BI-BT+. Por el contrario los menores estimados de A se obtuvieron para J8 y sus cruces con Holstein y Pardo. Como se observa en la tabla 5, se observó una gran variación en los errores estándares de A, principalmente en función de la cantidad de información disponible y del nivel de variación de pesos entre animales de un mismo grupo.

La mayoría de los estimados del parámetro A fueron biológicamente consistentes, ya que se encuentran dentro de los rangos de peso normales para los grupos raciales evaluados. En algunos pocos casos los estimados de A fueron bajos, lo que puede deberse a que para algunos grupos se contó con información limitada de pesos a edad madura. Los grupos raciales que contaron con mayor disponibilidad de información (p.e Holstein y Jersey) presentan estimados de A con errores estándares reducidos (p.e < 20 kg).

Estos errores estándares también son causados por la mayor o menor variabilidad genética existente dentro de los distintos grupos raciales. Debido a que los animales se clasificaron en los distintos grupos con base en la proporción esperada de genes de distintas razas, es evidente que la variabilidad dentro de los grupos raciales compuestos es en general mucho mayor que la variabilidad dentro de las razas puras.

Un análisis de varianza sobre el parámetro de edad al punto de inflexión indicó que no existen diferencias significativas entre grupos raciales o zonas agroecológicas. Sin embargo, se observó un rango de variación en la edad al punto de inflexión de 8.6 meses para BI+BT- a 11.9 meses para H4PS4. En general la raza Holstein y sus cruces tendieron a presentar mayores edades al punto de inflexión en comparación con la raza Jersey y sus cruces, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

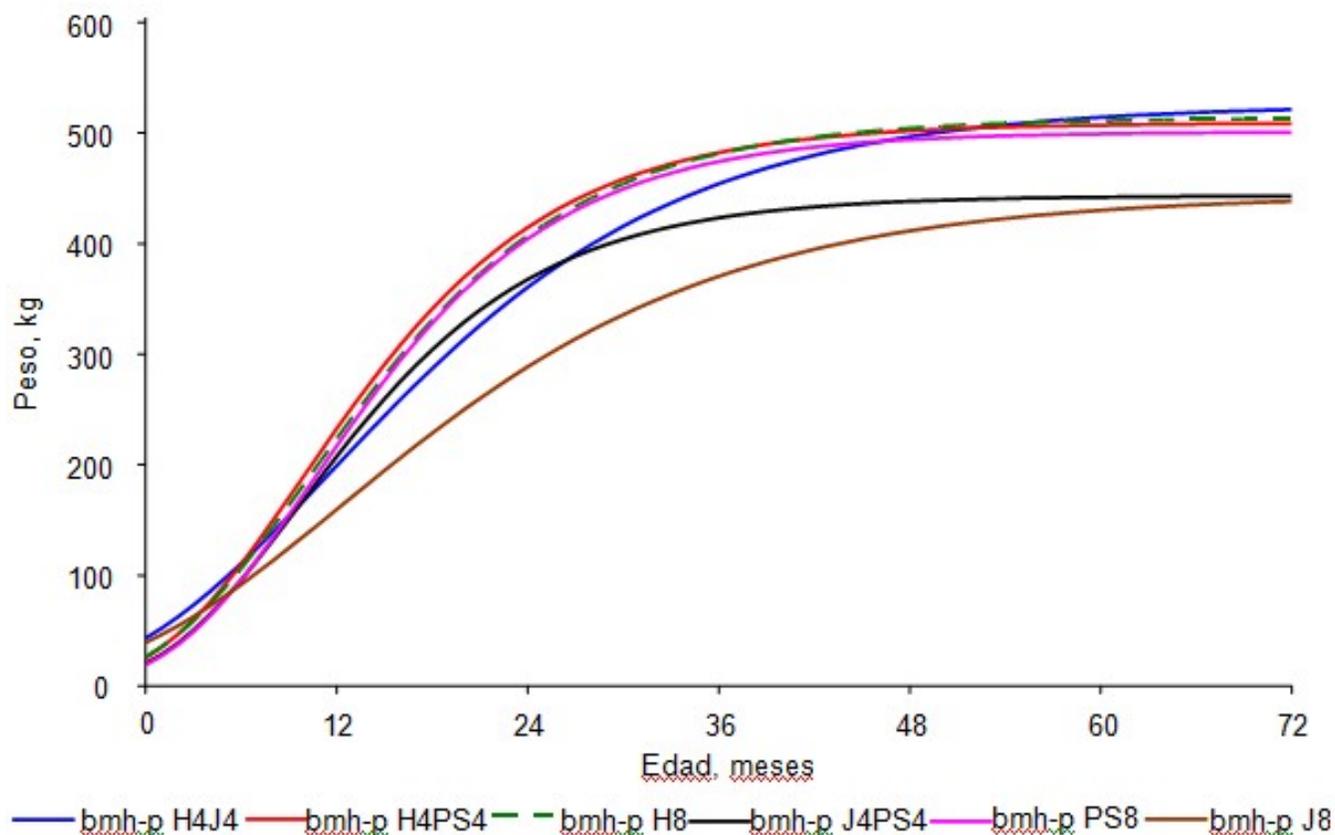
La figura 2 presenta las curvas de crecimiento estimadas para Holstein y sus cruces dentro de la zona BMH-P.



**Figura 2.** Curvas de crecimiento estimadas según el modelo de Gompertz para la raza Holstein y sus cruces dentro de la zona agroecológica de Bosque Muy Húmedo- Premontano

La zona BMH-P, por sus características, permite producción de pastos y cultivos de tipo permanente como actividades de mejor ajuste al bioclima, siendo esta una de las principales razones por la cual la mayor cantidad de grupos raciales se encuentran presentes en esta zona. En la figura 2 se observa como la mayoría de los grupos raciales comparados presentan un crecimiento similar excepto los cruces con Jersey. El cruce H-J+ presenta una curva de menor elevación, debido posiblemente a la preponderancia de la raza Jersey en estos cruces. En menor grado las curvas de los cruces H+J- y H4J4 también son inferiores en algunas etapas del crecimiento. Por el contrario, la raza Holstein y sus cruces con Pardo Suizo presentan curvas más elevadas y muy similares entre sí. Estos patrones son congruentes con el crecimiento típico descrito en la literatura para estas razas (Heinrichs y Hargrove 1987, 1991, 1994).

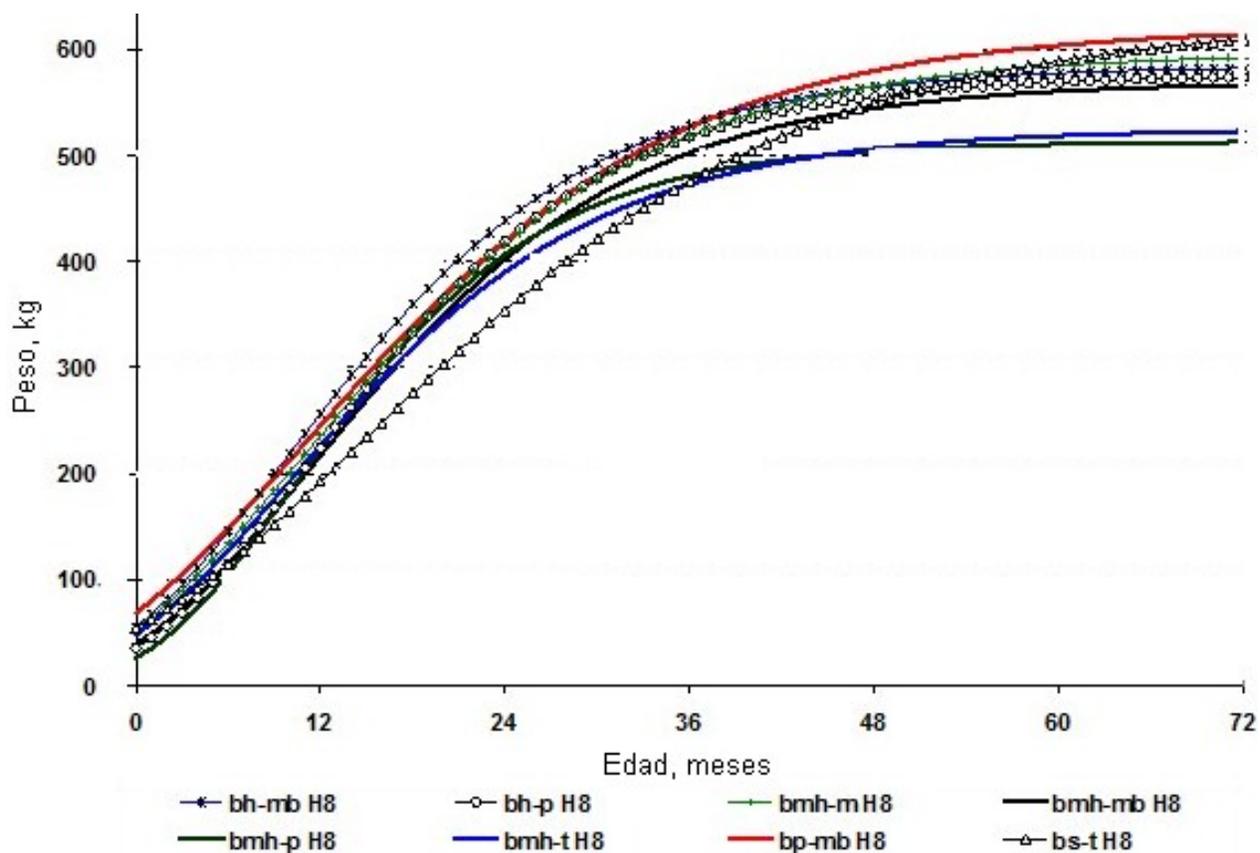
En la figura 3 se presentan las curvas estimadas de crecimiento dentro la zona BMH-P para las razas lecheras puras más comunes (Holstein, Jersey, Pardo Suizo), así como sus cruces.



**Figura 3.** Curvas de crecimiento estimadas según el modelo de Gompertz, para razas Holstein, Jersey y Pardo Suizo y cruces en la zona agroecológica Bosque Muy Húmedo- Premontano

Podemos ver curvas similares de crecimiento entre la raza Holstein, sus cruces, y la raza Pardo Suizo. Por otro lado, las curvas de la raza Jersey y sus cruces son marcadamente menos elevadas, lo que también concuerda con los datos reportados por la literatura para estas razas (Solano y Vargas 1997a); Vattiaux (b) s.f). Las razas Holstein y Pardo Suizo se clasifican como razas lecheras de mayor envergadura en comparación con Jersey, y esto se observa claramente en las distintas elevaciones de las curvas de crecimiento que se generaron a partir de los datos disponibles.

La figura 4 muestra un ejemplo de la variación en curvas de crecimiento observada entre distintas zonas agroecológicas.



**Figura 4.** Curvas de crecimiento estimadas según el modelo de Gompertz para hembras de raza Holstein en distintas zonas agroecológicas de Costa Rica

Aunque no se observó un efecto significativo de la zona agroecológica sobre el parámetro A, en esta figura es posible apreciar algunas diferencias importantes en crecimiento de la raza Holstein (H8) en distintas zonas. Se observan variaciones en el parámetro A desde 513.5 (BMH-P) hasta 629.1 (BS-T). Las zonas BMH-T y BMH-P fueron las que presentaron los menores estimados de peso a edad adulta con respecto a las demás zonas evaluadas. Es probable que esta diferencia se deba en parte a que estas zonas se caracterizan por temperaturas elevadas y alta humedad relativa, lo que podría afectar el crecimiento, así como el comportamiento productivo y metabólico de una raza como la Holstein, que proviene originalmente de zonas de clima templado. Adicionalmente, es posible que otro factor importante sea el tipo de sistema de producción que ha evolucionado en estas zonas, donde prevalecen los sistemas con alimentación basada en pastoreo. Por el contrario en las zonas más templadas los sistemas preponderantes son más intensivos y con mayor uso de concentrados.

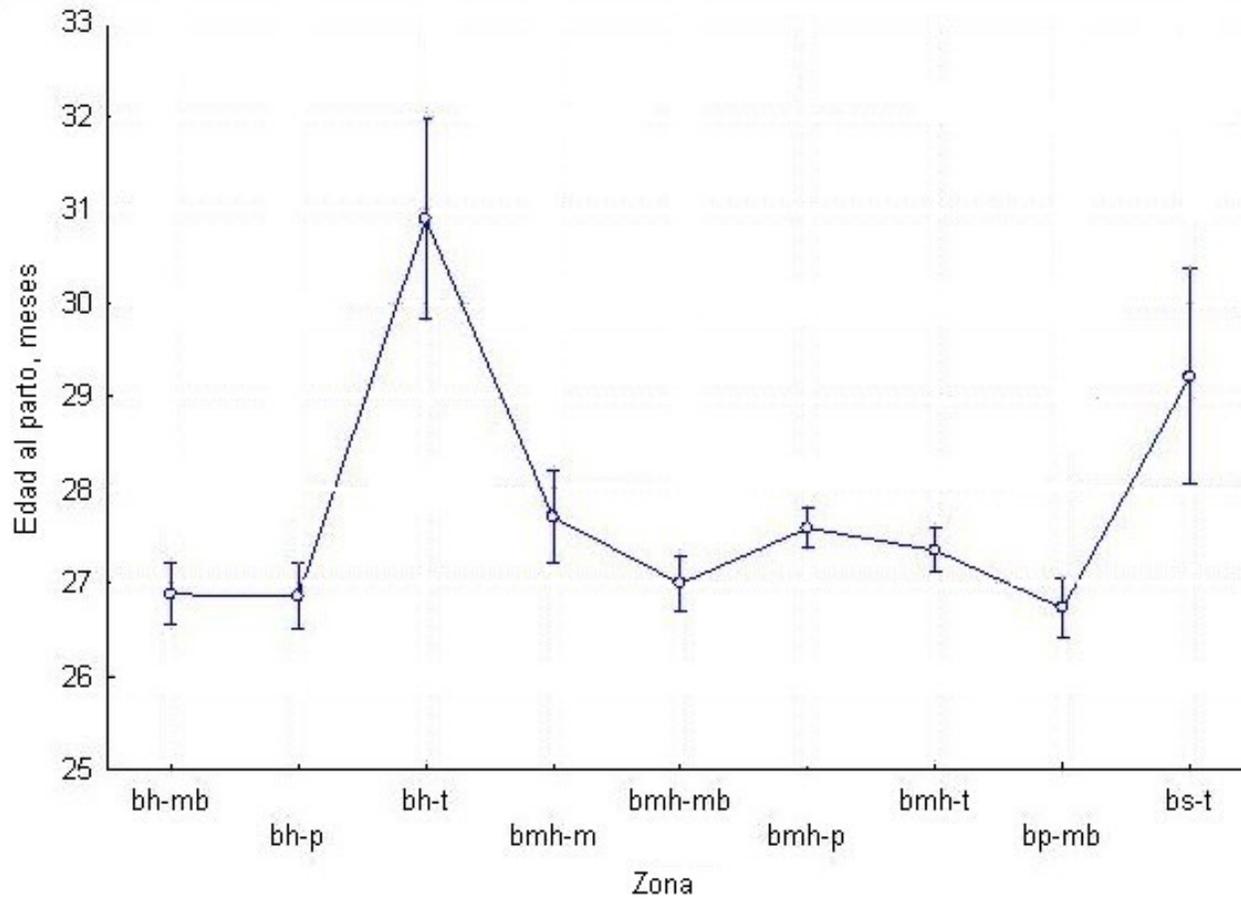
De manera interesante se observó que la curva correspondiente a la zona BS-T, aunque inicialmente es menos elevada que las demás presenta al final un peso adulto similar al de zonas más templadas. Es probable entonces que las diferencias en sistemas de alimentación provoquen un crecimiento retardado en las zonas donde predomina el pastoreo, pero sin efecto marcado sobre el peso final a madurez.

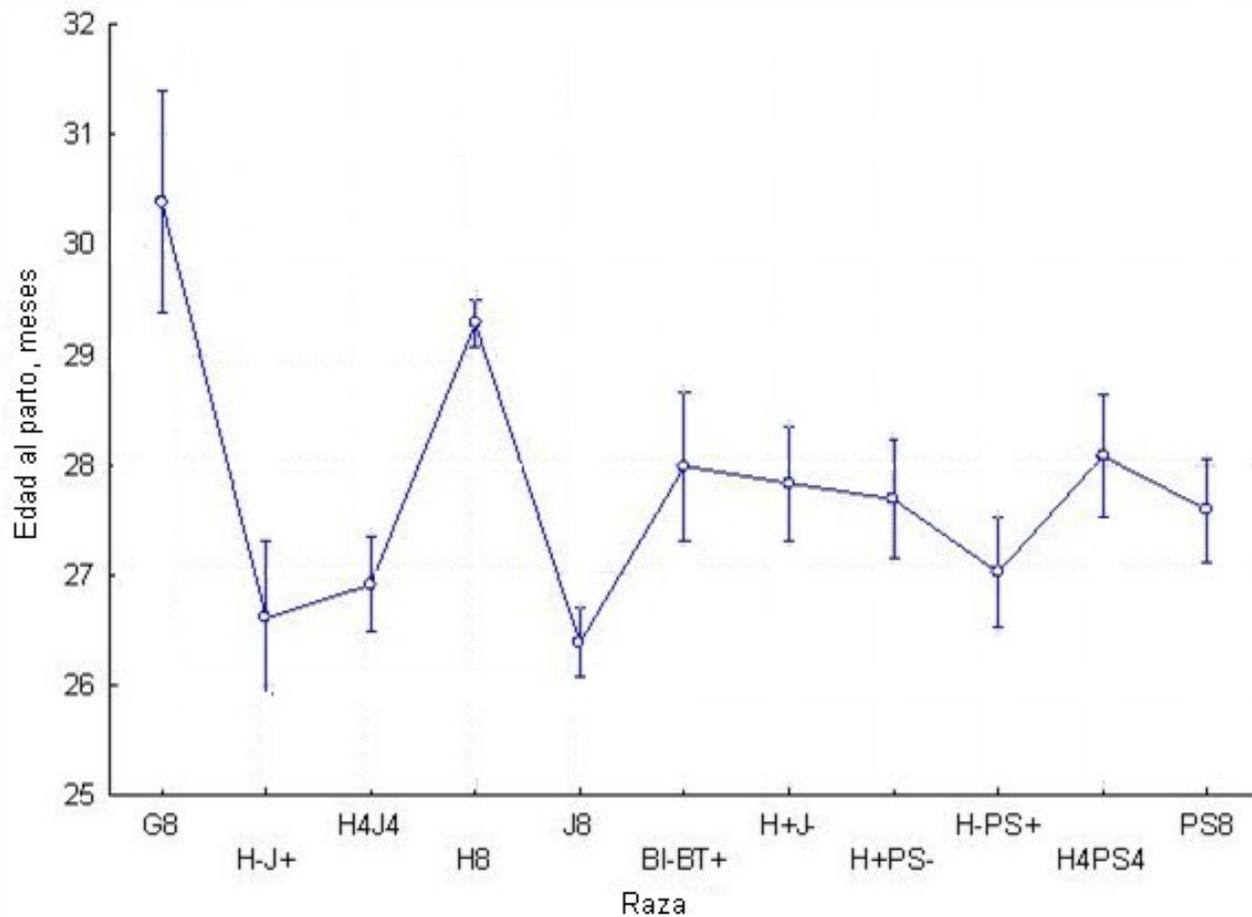
### Relación entre ganancia de peso y edad a primer parto

Los resultados anteriores demuestran que existen diferencias considerables en el crecimiento, no sólo entre grupos raciales sino también entre zonas agroecológicas. Es importante sin embargo, establecer hasta qué punto estas diferencias en crecimiento pueden afectar también el rendimiento reproductivo al primer parto de las hembras lecheras.

De acuerdo con los resultados del análisis estadístico existen efectos altamente significativos ( $p < 0.01$ ) de los factores raza y zona agroecológica sobre la edad al primer parto. De la misma manera se observó un efecto altamente significativo ( $p < 0.01$ ) de la interacción entre Raza y Ganancia de Peso. El  $R^2$  para este modelo fue bajo (0.18) lo que indica que existe una gran parte de la variación en edad al parto que no es explicada por los factores considerados en este estudio.

Como se observa en la figura 5 (superior) las edades al primer parto de las hembras en la zona BH-T y BS-T son significativamente mayores ( $p < 0.05$ ) a las de las demás zonas. Por el contrario la zona BM-MB presenta la menor Edad al Primer Parto.





**Figura 5.** Medias de mínimos cuadrados (+IC95%) para la variable Edad al Parto (m) según Zona Agroecológica (superior) y Grupo Racial (inferior)

Nuevamente estas zonas presentan menores elevaciones y mayores temperaturas, con preponderancia de sistemas de pastoreo. Es probable que estos factores contribuyan a retrasar la entrada a pubertad y consecuentemente la edad de primera concepción y parto.

De la misma manera se observa en la figura 5 (inferior) como la Edad al Parto de las hembras de raza Guernsey y Holstein fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ) a las demás razas, mientras que la raza Jersey y los grupos H4J4 y H-J+ presentaron las menores Edades a Primer Parto. Estudios anteriores realizados localmente (Cedeño y Vargas 2004) reportan también una menor Edad al Parto para la raza Jersey. Las razas lecheras de menor envergadura, p.e Jersey, presentan generalmente una menor edad a pubertad y consecuentemente también una menor edad al parto (Vattiaux (a) s.f). Por el contrario, razas de mayor envergadura entran a pubertad más tardíamente y consecuentemente presentan mayores edades al parto.

Por otra parte, los coeficientes de regresión obtenidos para GPD1 y GPD2 mostraron una relación inversa consistente entre la ganancia de peso y la Edad al Primer Parto. La magnitud del coeficiente de regresión de GPD1 sobre EPA varió entre -0.05 para H-PS+ y -0.46 para BI-BT+. Es decir, en el caso de H-PS+, se observa una reducción aproximada de 0.46 meses en Edad al Parto por cada kilogramo adicional de ganancia de peso mensual durante el primer año de crecimiento. De manera similar, el coeficiente de regresión de GPD2 sobre EPA varió entre -0.04 para H-J+ y -0.37 para H4PS4. Es decir, en el caso de H4PS4 se observa una reducción aproximada de 0.37 meses en Edad al Parto por cada kilogramo adicional de ganancia de peso mensual en el periodo entre 12 y 20 meses.

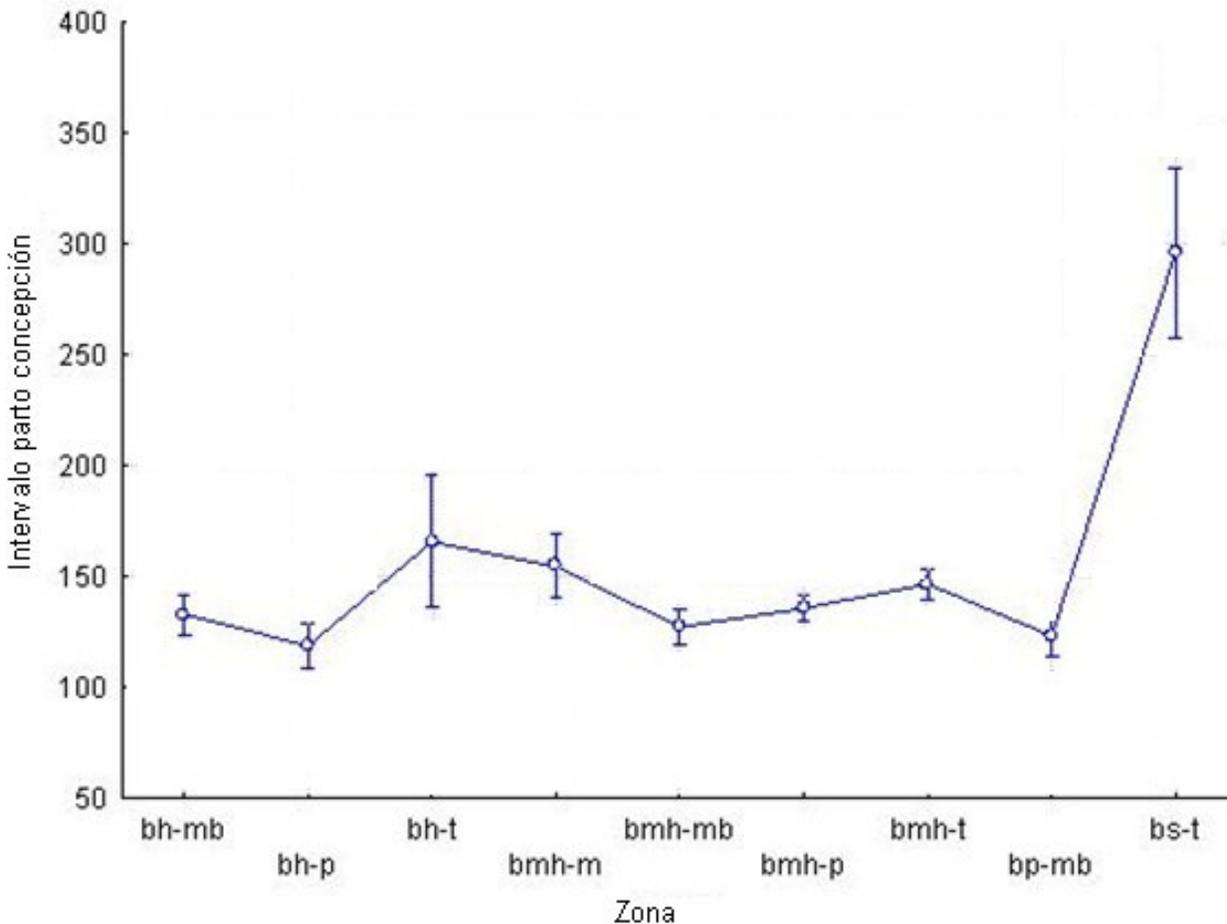
Estos resultados demuestran que existe una relación entre la eficiencia en crecimiento y el rendimiento reproductivo (edad a parto) en las hembras lecheras de los grupos raciales considerados en este estudio. Un crecimiento corporal más acelerado puede contribuir a que la hembra entre en celo y se preñe más rápidamente, lo que conlleva a menores edades al parto.

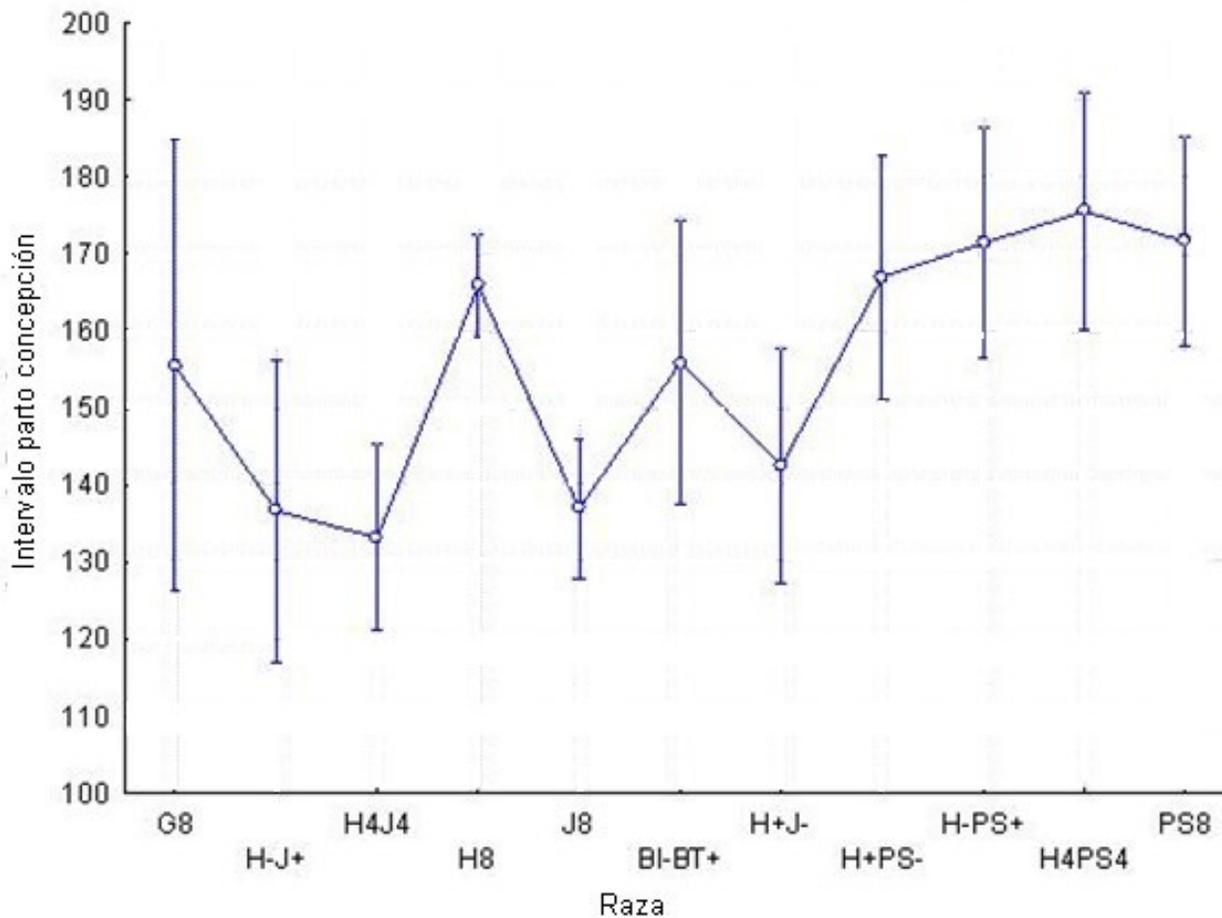
Aunque el presente estudio se basa en datos de campo, esta relación ha sido previamente documentada también en estudios de carácter experimental (Sejrsen y Purup 1997; MacDonald et al 2005). De acuerdo con estos estudios la entrada a la pubertad en hembras lecheras está mayormente determinada por el peso corporal y por lo tanto puede ser adelantada considerablemente mediante cambios en el manejo nutricional.

### Relación entre ganancia de peso e intervalo parto concepción

De acuerdo con los resultados del análisis estadístico el único factor que mostró efecto altamente significativo ( $p < 0.01$ ) sobre el Intervalo Parto Concepción fue la zona agroecológica. Los resultados indican que IPC muestra una alta variabilidad, como se denota en el bajo  $R^2$ , que fue de 0.04. Al parecer, el rendimiento reproductivo posparto está determinado mayormente por otros factores no cuantificados en el presente estudio.

En la figura 6 (superior) se observa como el Intervalo Parto Concepción de la zona BS-T es significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) que en la demás zonas. Por el contrario los menores intervalos se observan en las zonas BP-MB y BH-P.





**Figura 6.** Medias de mínimos cuadrados (+IC95%) para la variable Intervalo Parto Concepción (d) según Zona Agroecológica (superior) y Grupo Racial (inferior)

Este patrón fue similar al observado para Edad al Parto, donde los rendimientos menos favorables se dan en las zonas con mayores temperaturas. Es probable nuevamente que este factor incida, en los mayores intervalos observados en la zona BS-T.

En cuanto a las razas, aunque el análisis de varianza no indicó efecto significativo, la prueba de separación de medias por Fisher muestra una tendencia a menores Intervalos Parto Concepción en la raza J8, H4J4 y H-J+ (figura 6, inferior); mientras que tienden a ser más elevados para H8, PS8 y sus cruces. Este patrón también es similar al observado para Edad al Parto, donde los rendimientos más favorables fueron para la raza Jersey. El rendimiento reproductivo superior de la raza Jersey no solamente se da en el primer parto, sino a lo largo de toda la vida productiva, como lo han demostrado otros estudios realizados previamente (Cedeño y Vargas 2004).

Los coeficientes de regresión de GPD1 y GPD2 sobre IPC, además de no presentar significancia estadística, fueron de magnitud irregular y de signo variable. Esto parece indicar que no existe una relación clara entre la velocidad del crecimiento hasta el primer parto y el rendimiento reproductivo posparto. Es decir, el peso alcanzado al momento del parto no parece afectar de manera significativa el intervalo hasta la concepción. Similares resultados fueron reportados por MacDonald et al (2005). Cabe notar que los rangos de variación en peso observados dentro de cada raza se mantuvieron dentro de parámetros normales y no se observaron deficiencias radicales de crecimiento en ningún grupo. Es probable que con tasas de crecimiento inferiores a las observadas si podrían observarse efectos significativos sobre el intervalo posparto. Por otro lado los intervalos a concepción son muy sensibles al manejo, por lo que gran parte de su variabilidad es atribuible a diferencias en políticas de inseminación posparto (p.e., vacas planeadas abiertas o periodos fijos mínimos a primer servicio).

## Conclusiones

- El presente estudio demuestra que el crecimiento es afectado principalmente por el grupo racial, y parcialmente por la zona agroecológica. Las diferencias en peso a edad madura en razas puras se relacionan principalmente con las distintas envergaduras características de razas grandes (p.e Holstein), o pequeñas (p.e Jersey).
- Se observaron efectos significativos de grupo racial y zona sobre la edad al primer parto. Las zonas que presentan Edades al Parto más retrasadas fueron BH-T y BS-T. Se demuestra en este estudio que las hembras de raza Jersey presentan menor edad a primer parto, mientras que Holstein y Guernsey presentan edades más altas. Los demás grupos raciales presentan edades intermedias.
- Este estudio además demuestra que el crecimiento tiene una relación inversa significativa con la edad al primer parto. Dentro de cada raza, las hembras con crecimiento más acelerado tienden a presentar menores edades al parto, independientemente de la raza. Esta relación es consistente en los datos analizados en este estudio.
- Por el contrario no se observó relación significativa entre la tasa de crecimiento y el intervalo parto concepción. Se concluye entonces que tasas de crecimiento dentro de los rangos observados en este estudio no tienen mayor efecto, negativo o positivo, sobre el rendimiento reproductivo posparto.

## Referencias

- Blasco A 1999** La descripción del crecimiento. Informe Técnico Ocasional No. 6. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ciencia Animal. Consultado: 2 de Mayo del 2005. Disponible en: <http://www.dcam.upv.es/dcia/Download/ITO6.PDF>
- Cedeño D A y Vargas B 2004** Efecto de la raza y el manejo sobre la vida productiva del bovino lechero en Costa Rica. Archivos de Zootecnia 53 (202) 129-140 <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/articulos/2004/202/pdf/02Cedeno.pdf>
- Fitzhugh H A 1976** Analysis of growth curves and strategies for altering their shapes. Journal of Animal Science 42:1036 <http://jas.fass.org/cgi/reprint/42/4/1036>
- Heinrichs A J and Hargrove G L 1987** Standards of weight and height for Holstein heifers. Journal of Dairy Science 70:653 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/70/3/653>
- Heinrichs A J and Hargrove G L 1991** Standards of weight and height for Guernsey and Jersey heifers. Journal of Dairy Science 74:1684-1689 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/74/5/1684.pdf>
- Heinrichs A J and Hargrove G L 1994** Standards of weight and height for Ayrshire, Brown Swiss and Milking Shorthorn heifers. Journal of Dairy Science 77:1676-1681 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/77/6/1676.pdf>
- Holdridge L R 1947** Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. Science Volume 105 No. 2727: 367-368
- Holdridge L R 1987** Ecología basada en zonas de vida. Traducido por Humberto Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.
- MacDonald K A, Penno J W, Bryant A M and Roche J R 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. Journal of Dairy Science 88:3363-3375 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/88/9/3363>
- Molina A, Serrano M I, Burgos A, Jiménez J M y Salado F M 1992** Estimación de la curva de crecimiento en vacuno retinto. Archivos de Zootecnia 154, 41 (extra): 543-548 [http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/24\\_13\\_04\\_166-167\\_09\\_2.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/24_13_04_166-167_09_2.pdf)

**Noordhuizen J P T M and Buurman J 1984** Veterinary automated management and production control program for dairy farms (VAMPP). The application of MUMPS for data processing. *Veterinary Quarterly* 6:62-77

**Padrón G M y Vaccaro R 1987** Crecimiento de hembras pardo suizas bajo manejo intensivo. *Zootecnia Tropical* 5(1 y 2):77-93 <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/ZootecniaTropical/zt0512/texto/crecimiento.htm>

**Pérez E, Baayen M T, Capella E and Barkema H 1989** Development of a livestock information system for Costa Rica. In: H Kuil, R W Palin and J E Huhn (Editors). *Livestock Production and Diseases in the Tropics*. Proceedings of the IV International Conference. Institute for Tropical Veterinary Medicine. Utrecht, The Netherlands, pp. 221-224

**SAS Inst. Inc. 1990** SAS User's Guide: Statistics, Version 6.0 Edition. Cary, NC.

**Sejrsen K and Purup S 1997** Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: A Review. *Journal of Animal Science* 75:828-835 <http://jas.fass.org/cgi/reprint/75/3/828.pdf>

**StatSoft Inc 2001** STATISTICA (data analysis software system), version 6. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

**Solano Patiño C y Vargas Leitón B 1997a** El crecimiento de novillas de reemplazo en fincas lecheras de Costa Rica 1. Tipificación del crecimiento de novillas Holstein y Jersey. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5: 21-36

**Solano Patiño C y Vargas Leitón B 1997b** El crecimiento de novillas de reemplazo en fincas lecheras de Costa Rica 2. El efecto de la velocidad de crecimiento y la edad al primer parto sobre la subsecuente producción de leche. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5: 37-50

**Soto Reverol N C 2003** Efecto de la ganancia de peso sobre el comportamiento reproductivo en vacas Holstein y sus mestizas Carora en el trópico. *Gaceta de Ciencias Veterinarias* 8: 61-68.

**Vaccaro R and Rivero S 1985** Growth of Holstein Friesian females in the Venezuelan tropics. *Animal Production* 40:279-285

**Vattiaux M (a) (en línea)**. Crianza de Novillas del destete al parto. Tasa de Crecimiento. Serie Esenciales Lecheras No. 34. Instituto Babcock para la investigación y el desarrollo internacional de la industria lechera. pp 133-136. Retrieved June 1, 2006 from <http://babcock.cals.wisc.edu/index.es.html>

**Vattiaux M (b) (en línea)**. Crianza de Novillas del destete al parto. Midiendo el Crecimiento. Serie Esenciales Lecheras No. 35. Instituto Babcock para la investigación y el desarrollo internacional de la industria lechera. pp 137-140. Retrieved June 1, 2006 from <http://babcock.cals.wisc.edu/index.es.html>

*Received 26 June 2007; Accepted 5 April 2008; Published 3 July 2008*

[Go to top](#)