



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i6.2376>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Persistencia de la lactancia en vacas Holstein mestizas en la sierra ecuatoriana

Persistence of lactation in Holstein mestizas cows in the ecuadorian sierra

Persistência da lactação em vacas mestiças Holstein nas terras altas do Equador

Luis Alfonso Condo-Plaza ^I
luis.condo@ikiam.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9625-9620>

Fabian Danilo Reyes-Silva ^{II}
fdreyes@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4370-5305>

Juan Francisco Chávez-Cossío ^{III}
jchavez@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-7127-9465>

Pablo Roberto-Marini ^{III}
pmarini@unr.edu.ar
<https://orcid.org/0000-0003-2056-8181>

Correspondencia: luis.condo@ikiam.edu.ec

***Recibido:** 30 de agosto de 2021 ***Aceptado:** 22 de septiembre de 2021 * **Publicado:** 12 de Octubre de 2021

- I. PhD. en Ciencia Animal. Ingeniero Zootecnista, Docente, Facultad de Ciencias Socioambientales de la Universidad Regional Amazónica IKIAM.
- II. Magister en Formulación, Evaluación y Gestión de Proyectos Sociales y Productivos. Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Matriz Riobamba, Ecuador. Investigador del Centro Latinoamericano de Estudios de Problemáticas Lecheras (CLEPL)
- III. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Zootecnia, Docente del Departamento de Producción Animal. Lima, Perú.
- IV. PhD. CIC-Universidad Nacional de Rosario (UNR), Argentina. Facultad de Ciencias Veterinarias, Docente de la cátedra de Bovinos de Leche. Investigador del Centro Latinoamericano de Estudios de Problemáticas Lecheras (CLEPL).

Resumen

La producción lechera de vacas Holstein mestizas se midió en dos establos de Riobamba, Ecuador; se seleccionaron 88 hembras bovinas de primer parto, 70 del establo de Guayllabamba y 18 del establo de Balcashi. Se consideró variables explicativas al semestre de nacimiento de la cría (enero – junio y julio - diciembre) y el número de parto de la madre (1, 2 y > 3) y su interacción; se utilizó un modelo lineal aditivo para comprobar la hipótesis, pruebas de Tukey, y la regresión polinómica para la persistencia de la lactancia. El peso, peso relativo, producción por lactancia, producción ajustada a 305 días y la producción diaria no registró diferencias relevantes, mientras que las vacas nacidas en el primer semestre (enero – junio) de vacas primíparas registraron $294,00 \pm 6,12$ días de lactancia, superior al resto de vacas nacidas en el primer semestre y de vacas del segundo y tercer parto y las que nacieron en el segundo semestre (julio – diciembre) registraron periodos de lactancia de $291,31 \pm 8,94$, $278,44 \pm 11,58$, $280,27 \pm 3,20$, $275,17 \pm 4,86$ y $286,47 \pm 5,87$ días. Concluyéndose que la curva de lactancia se modeló utilizando una regresión polinómica de quinto orden, en donde la producción de leche ajustada a 305 días fue (3224,30 litros/lactancia) con un coeficiente de determinación de 98,21%.

Palabras clave: Producción de leche; primer parto; curva de lactancia; sistema a pastoreo.

Abstract

Milk production of crossbred Holstein cows was measured in two stables in Riobamba, Ecuador; For this, 88 female bovines of first calving were selected, 70 from the stable of Guayllabamba and 18 from the stable of Balcashi. It was considered explanatory variables to the semester of birth of the offspring (January - June and July - December) and the number of parturitions of the mother (1, 2 and > 3) and their interaction, an additive linear model was used to test the hypothesis, Tukey's tests, and polynomial regression for lactation persistence. The weight, relative weight, production per lactation, production adjusted to 305 days and the daily production did not register relevant differences, while the cows born in the first semester (January - June) of primiparous cows registered $294,00 \pm 6,12$ days of lactation, higher The rest of the cows born in the first semester and cows of the second and third calving and those born in the second semester (July - December) registered lactation periods of $291,31 \pm 8,94$, $278,44 \pm 11,58$, $280,27 \pm 3,20$, $275,17 \pm 4,86$ and $286,47 \pm 5,87$ days. Concluding that the lactation curve was modeled using a fifth order polynomial regression, where the

milk production adjusted to 305 days was (3224,30 liters / lactation) with a determination coefficient of 98,21 percent.

Key words: Milk production; first calving; crossbred cows; grazing system

Resumo

A produção de leite de vacas mestiças Holstein foi medida em dois estábulos em Riobamba, Equador; Foram selecionadas 88 fêmeas bovinas de primeiro parto, 70 do celeiro Guayllabamba e 18 do celeiro Balcashi. As variáveis explicativas foram consideradas para o semestre de nascimento do bezerro (janeiro - junho e julho - dezembro) e número de partos da mãe (1, 2 e > 3) e sua interação; Um modelo linear aditivo foi utilizado para testar a hipótese, os testes de Tukey e a regressão polinomial para a persistência da lactação. O peso, peso relativo, produção por lactação, produção ajustada para 305 dias e produção diária não registraram diferenças relevantes, enquanto vacas nascidas no primeiro semestre (janeiro - junho) de vacas primíparas registraram $294,00 \pm 6,12$ dias de lactação, superior ao o restante das vacas nascidas no primeiro semestre e das vacas do segundo e terceiro parto e as nascidas no segundo semestre (julho - dezembro) registraram períodos de lactação de $291,31 \pm 8,94$, $278,44 \pm 11,58$, $280,27 \pm 3,20$, $275,17 \pm 4,86$ e $286,47 \pm 5,87$ dias. Concluindo que a curva de lactação foi modelada por meio de uma regressão polinomial de quinta ordem, onde a produção de leite ajustada para 305 dias foi (3224,30 litros / lactação) com coeficiente de determinação de 98,21%.

Palavras-chave: Produção de leite; primeira entrega; curva de lactação; sistema de pastejo.

Introducción

Luego del parto la vaca comienza a producir leche, la glándula mamaria va creciendo al igual que la cantidad de células secretoras (alveolos mamarios) y con ello se observa mayor capacidad de producción, hasta llegar a su máximo potencial genético, esto ocurre durante las primeras 6 a 10 semanas, alcanzando su pico de producción (Palma, 2001). Este incremento, es propiciado por la hormona de crecimiento (STH) (Proaño, 1998), la prolactina y bajo nivel de insulina, presentando un balance energético negativo (Haubi, 2009). Cuando este balance se invierte, la vaca comienza a fijar grasa y masa muscular; propiciando la reducción de la producción de leche (Miller, 1979). Este mecanismo se le llama persistencia de la lactancia (Handresen, 2018).

La persistencia de la lactancia está determinada por el factor genético y ambiental (Vásquez, 2017), inicia con el parto, por encima de la media de la producción diaria (Hafez 2011). En la vaca múltipara, es menor que en la primípara, es decir, mientras la producción de leche de una vaca adulta baja a razón de 6 a 8 por ciento mensualmente, en la vaca primípara la persistencia es más lenta y decrece entre el 2 a 5 por ciento mensual. Esto se debe a que la vaca primípara, está en crecimiento y tiene niveles altos de STH (Haubi, 2009).

La curva de lactancia está directamente relacionada con la economía y la rentabilidad del hato, permite la reducción de los costos de producción al disminuir alimentación; su relación con la salud y la reproducción de las vacas varía completamente (Tekerli et al. 2000). Por lo tanto, el rendimiento máximo y la persistencia son las únicas variables de las curvas de lactancia, que están influenciados por muchos factores, en forma general, la curva de lactancia permanece sin cambios (Miller, 1979). En los países desarrollados la información sobre las curvas de lactancia está disponibles (Quinn et al. 2003, Schnier et al. 2003), y poco se sabe de este rasgo en los países en desarrollo.

La gráfica de lactancia es posible, al aplicar modelos lineales y no lineales; como: los cuadráticos, cuadráticos-logarítmicos, polinomiales inversos, polinomiales segmentados, lineales hiperbólicos y regresión múltiple (Brody et al. 1924; Wood, 1967; Ossa et al. 1997, Davidian y Giltinan, 1995; Lindstrom y Bates, 1990 y Pinheiro y Bates, 2000). Se utiliza para identificar problemas de manejo, alimentación, salud, y reproducción (Gasque, 2008 y Ossa et al. 1997); permite al productor tomar decisiones, para la regeneración del tejido mamario para la siguiente lactancia (Piedra, 2012). En las tres primeras lactancias en vacas Holstein, la curva se ajusta a una función cuadrática: $Y_t = b_0 + b_1t + b_2t^2$ (Vásquez, 2017). En la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) ubicada en Sangolquí (sierra ecuatoriana), responde al modelo propuesto por Wood, 1967 (Zambrano et al, 2017).

La producción de leche en el bovino mestizo es similar a la del Holstein puesto que viene del cruzamiento establecido entre el criollo -de estructura fina y poco productor de leche- con el Holstein -de estructura gruesa y productor de leche por excelencia-, de esta manera se busca obtener un animal intermedio, dócil, resistente a la presencia de enfermedades locales con relación al Holstein puro introducido, y de mayor producción con relación al criollo adaptado (Vizcarra 2015).

El ganado mestizo es el producto del apareamiento del ganado criollo con razas puras introducidas de países desarrollados, que permite mejorar el volumen de producción de leche con relación al criollo; además, incrementa la rusticidad, habilidad materna, capacidad de adaptación a medios extremos; así como el aprovechamiento de la vegetación natural y rastrojos de cultivos, lo que permite

una menor exigencia a la tecnificación (Aguirre et al. 2011 y Rizzo et al. 2018). Como consecuencia del cruzamiento de los dos genotipos se modificó la morfología del bovino criollo y Holstein, estableciéndose índices morfológicos propios del bovino mestizo (Holgado et al. 2016 y Smith 2007). Asimismo, la generación del bovino mestizo limita el crecimiento de la población del bovino criollo, que transmite importantes mejoras en la producción y productividad de esta especie (More 2017). El objetivo del trabajo fue, evaluar la persistencia de la lactancia de la vaca Holstein mestiza en dos establos del cantón Riobamba – Ecuador.

Materiales y métodos

Para el análisis de la persistencia de lactancia se utilizaron 88 vacas Holstein lecheras mestizas de primer parto, de las cuales: 70 que pertenecían al establo de Guayllabamba (Chambo) a 1°40'12'' latitud (S) y 78°34'94'' longitud (E) y 18 al establo del Balcashí (Químiag) a 1°42'32' latitud (E) y 78°35'32'' longitud (E), ubicadas al sureste del cantón Riobamba provincia de Chimborazo, a una altitud de 2900 y 3000 msnm y una temperatura que oscila entre 9 y 14° C.

Las vacas registraban una edad entre 27 y 30 meses, las mismas que se manejaron bajo un sistema semi-intensivo de pastoreo libre, en potreros de pastos mejorados (*Lolium perenne*, *Pennisetum clandestinum*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*), con disponibilidad permanente de sal mineral, agua de bebida y suministro estratégico de balanceado comercial durante el ordeño. La reproducción se realiza mediante inseminación artificial con pajuelas de toros nacionales aprovechando celos naturales. En los dos establos se realizaron programas control sanitario para evitar la presencia de enfermedades infectocontagiosas como la brucelosis y la leptospirosis, así como desparasitaciones, vitaminizaciones, control de enfermedades de la glándula mamaria y trastornos metabólicos.

La caracterización morfológica y productiva de las vacas mestizas productoras de leche se desarrolló durante el período marzo - junio del 2014, luego se realizó el seguimiento de las vaquillas hasta la gestación, registro del parto y la producción diaria de leche, concluyéndose la toma de información en agosto del 2017; también se utilizaron registros individuales y colectivos para determinar la edad, número de parto y los registros de producción diaria de las vacas.

Variables explicativas y modelos utilizados

Las características productivas medidas fueron: peso en kg, peso relativo en %, producción acumulada en litros, producción ajustada a 305 días en litros, periodo de lactancia en días y promedio de producción diaria en litros; se analizaron considerando las variables explicativas a los semestres de nacimiento de la vaca analizada (A), el número de parto de la madre de la vaca en estudio (B) y la Interacción (AB), los datos se procesaron utilizando la hoja electrónica Excel y el programa estadístico Infostat Estudiantil, considerando el siguiente modelo lineal matemático:

$$Y = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ij} ; \text{dónde:}$$

Y : valor estimado de la variable;

μ : media general;

α_i : semestre de nacimiento de las vacas sujeto de análisis (A);

β_j : número parto de la madre de la vaca sujeta de análisis (B);

$\alpha\beta_{ij}$: interacción entre los factores de estudio (AB);

ϵ_{ij} : Error del modelo, y;

Separación de medias según Tukey ($p \leq 0.05$)

La curva de lactancia (pico y persistencia), se construyó con la producción diaria de leche, se aplicó el modelo predictor basado en una regresión polinómica de quinto orden; para ello se utilizó 25.520 valores de producción de leche, tomados de las 88 vacas mestizas en la primera lactancia (periodo de lactancia), buscando que contribuya al coeficiente de determinación (R^2) y la significancia de los coeficientes de regresión.

El modelo de quinto orden fue el siguiente:

$$Y = a + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + b_4x^4 + b_5x^5; \text{dónde:}$$

Y = producción de leche de la primera lactancia;

a : constante;

b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 : coeficientes de regresión;

x, x^2, x^3, x^4, x^5 : días de lactación elevado a las diferentes potencias.

La idoneidad del modelo de regresión polinomio de quinto orden se validó con el coeficiente de determinación ajustado y el grado de asociación mediante el coeficiente de correlación múltiple.

Resultados y discusión

Peso de las vacas

Las vaquillas nacidas de madres de primer, segundo y tercer parto alcanzaron pesos de $418,27 \pm 27,02$, $419,56 \pm 25,17$ y $431,95 \pm 19,66$ kg (Tabla 1) respectivamente; valores entre los cuales no registran diferencias estadísticas, lo que facilita el manejo por su homogeneidad. Mientras tanto en la zona productiva del altiplano de Bolivia, las vaquillas Holstein mestizas de diferente origen alcanzaron pesos de 320,09, 295,83, 281,59, 305,37 y 327,45 kg, y las vaquillas criollas saavedreño registraron en promedio $274,23 \pm 7,51$ kg de peso (Llanos, 2007 y Rojas, 1987), siendo inferiores a los encontrados en el presente trabajo, posiblemente debido a los genotipos y sistemas de manejo que se practica en las ganaderías. Por otro lado, en el estado de México, las vacas Holstein de primer parto, a una edad de 36 meses registraron un peso promedio de $413,6 \pm 1,15$ kg (Dután *et al*, 2017), peso similar al presente estudio, y que al parecer tienen una tendencia al ganado Holstein Americano el mismo que se caracteriza por ser alto y pesado.

Tabla 1: Peso de vaquillas Holstein mestizas según número de parto de la madre.

Variables	Primer parto (n:26)	Segundo parto (n:25)	Tercer parto (n:37)	Prob
	Promedio \pm D.E.	Promedio \pm D.E.	Promedio \pm D.E.	
Peso (kg)	$418,27^a \pm 27,06$	$419,56^a \pm 25,17$	$431,95^a \pm 19,66$	0,057
Peso relativo (%)	$83,65^a \pm 5,41$	$83,91^a \pm 5,03$	$86,39^a \pm 3,93$	0,057

Letras iguales horizontalmente no difieren significativamente utilizando la prueba de Tukey ($P > 0.05$).

D.E. Desviación Estándar.

Peso relativo de los animales

La relación del peso vivo al momento del servicio y el peso después del parto, en las vacas Holstein mestizas nacidas de madres del primer, segundo y tercer parto fue de $83,65 \pm 5,41$, $83,91 \pm 5,03$ y $86,39 \pm 3,93$ % respectivamente; determinándose que no hay diferencias estadísticas, pero si una ligera tendencia entre los pesos de las vacas nacidas de madres del tercer parto al contrastar con las nacidas de madres de segundo y primer parto; esto quizá se deba a que las madres de tercer parto son más desarrolladas, y tienen mayor peso. En las vacas Holstein en el estado de México registraron un

peso relativo de 89 % (Osorio *et al*, 2009), superior al registrado en el presente estudio, esto puede deberse a diferentes condiciones de manejo y genética de las vacas Holstein mestizas.

Producción de leche

En la primera lactancia, la producción de leche de las vacas Holstein mestizas no registraron diferencias significativas, sin embargo las producciones van de $2881,15 \pm 224,68$ a $3028,22 \pm 148,79$ litros (Tabla 3); valores inferiores a los 6000 y 10465 litros durante 305 días registrados en vacas Holstein en Colombia y Estados Unidos (Alviar, 2010 y Holstein Association USA Inc, 2012); y a los 4077 litros ajustados a 305 días encontrados en Tuntatacto, provincia de Chimborazo (Gallardo, 2018); esta diferencia posiblemente se debe a su componente genético y a que las vacas fueron primíparas, y aún no alcanzaban la edad adulta. Por otro lado, en la Paz - Bolivia, el rendimiento, en vacas Holstein mestiza, fue de $2418,93 \pm 746,54$ litros de leche / lactancia (Tambo, 2002) y de 1647,00 litros (Llanos, 2007), valores inferiores a los registrados en el presente estudio, debiéndose a diferentes factores como el grupo genético y sistemas de alimentación.

Duración de lactancia

En la tabla 2 se demuestra que el promedio de duración de la lactancia de las vacas Holstein mestizas nacidas en el primer semestre (enero - junio) presentan diferencias significativas; el valor más alto fue para las hijas de madres primíparas ($294,00 \pm 6,12$ días); sin embargo este parámetro fue mayor que los ($286,47 \pm 5,87$ días) encontrados en las hijas de vacas de tercer parto nacidas en el segundo semestre (Tabla 3); pero a la vez son inferiores a la duración de lactancia óptimo de 305 días (Alviar, 2010). En consecuencia, en este estudio la DL tiene un comportamiento diferente según el semestre de nacimiento de la vaca y el número de parto de la madre. En las vacas primíparas la persistencia de la lactancia es lenta y decrece entre el 2 a 5 % mensual puesto que están todavía en proceso de crecimiento y los niveles de la hormona STH son altos (Haubi, 2009) en relación con las vacas multíparas.

Producción de leche ajustada a 305 días

La producción de leche ajustada a 305 días, en las vacas Holstein mestizas nacidas en el primer semestre (Tabla 2), e hijas de vacas de primero, segundo y tercer parto no presentaron diferencias significativas, sin embargo, el valor más alto ($3235,98 \pm 206,10$ litros) es superior a los $3224,21 \pm$

149,28 litros encontrados en las vacas nacidas en el segundo semestre del año; pero a la vez son inferiores a los 6000 litros en 305 días en vacas Holstein Friesian reportados por la Granja Integral autosuficiente con tecnologías orgánicas en Colombia (Alviar, 2010). Por otro lado, las vacas mestizas de La Paz – Bolivia reportan producciones inferiores a las señaladas (Llanos 2007 y Tambo 2002). La producción de leche se ajusta a 305 días, considerando que las vacas deben proporcionar una cría al año, resultando una lactancia por año (Mellado, 2012).

Tabla 2: Parámetros productivos de las vacas mestizas de primera lactancia, nacidas en el primer semestre del año, según el número de parto de la madre.

Variables	Primer parto (n:26)	Segundo parto (n:13)	Tercer parto (n:18)	Prob
	Promedio ± D.E.	Promedio ± D.E.	Promedio ± D.E.	
PL en litros	2940,70 ^a ± 204,63	2949,93 ^a ± 135,09	2949,76 ^a ± 146,93	0,27
DL en días	294,00 ^a ± 6,12	291,31 ^b ± 8,94	278,44 ^c ± 11,58	0,00
P305 en litros	3051,20 ^a ± 210,12	3093,32 ^a ± 203,37	3235,98 ^a ± 206,10	0,26
LD en litros	9,64 ^a ± 0,67	9,67 ^a ± 0,44	9,67 ^a ± 0,48	0,27

Letras distintas en las filas difieren significativamente utilizando la prueba de Tukey (P < 0.05).

D.E. Desviación Estándar.

PL: Producción (litros totales en la lactancia).

DL: Días de lactancia.

P305: Producción (litros ajustados 305 días).

LD: Producción promedio/día.

Prob: Probabilidad.

Producción diaria de leche

El promedio de producción diaria de leche (LD) de las vacas nacidas en el primero y segundo semestre no demuestran diferencias significativas, sin embargo, el valor más alto ($9,93 \pm 0,49$ litros/día) corresponde a las vacas nacidas en el segundo semestre e hijas de madres de tres partos (Table 3). Los valores reportados son superiores a los hallados por Gallo *et al.* (1994) en vacas Holstein manejadas en el altiplano de Bolivia, alimentadas en praderas naturales (5,24 kg/vaca/día), en vacas criollas (3,70 Kg/día) y en vacas Holstein x criolla (4,88 kg/día), esto puede explicarse debido al sistema de manejo semi-intensivo que se practica en los establos de Guayllabamba y Balcashi, donde predomina la disponibilidad de forraje fresco (50 % de gramíneas, 35 % de leguminosas y 15 % de malezas) el suministro de balanceado en el ordeño, sales minerales y agua a voluntad.

Persistencia de la lactancia en vacas Holstein mestizas en la sierra ecuatoriana

Tabla 3: Parámetros productivos de las vacas mestizas de primera lactancia, nacidas en el segundo semestre del año, según el número de parto de la madre.

Variables	Primer parto de la madre (n:11)	Segundo parto de la madre (n:12)	Tercer parto de la madre (n:19)	Prob
	Promedio \pm D.E.	Promedio \pm D.E.	Promedio \pm D.E.	
PL en litros	2959,12 ^a \pm 179,22	2881,15 ^a \pm 224,68	3028,22 ^a \pm 148,79	0,27
DL en días	280,27 ^b \pm 3,20	275,17 ^c \pm 4,86	286,47 ^b \pm 5,87	0,00
P305 en litros	3220,69 ^a \pm 200,42	3192,17 ^a \pm 227,97	3224,21 ^a \pm 149,28	0,26
LD en litros	9,70 ^a \pm 0,59	9,45 ^a \pm 0,74	9,93 ^a \pm 0,49	0,27

Letras distintas en las filas difieren significativamente utilizando la prueba de Tukey (P < 0.05).

D.E. Desviación Estándar.

PL: Producción (litros totales en la lactancia).

DL: Días de lactancia.

P305: Producción (litros ajustados 305 días).

LD: Producción promedio/día.

Prob: Probabilidad.

Curva de la lactancia

La tabla 4, presenta los coeficientes de la curva de la primera lactación en las vacas mestizas, determinándose una relación significativa (P<0,01), entre la producción diaria (L) y el periodo de lactancia (días); expresada por una regresión polinómica de quinto orden, cuyo coeficiente de determinación ajustado fue de 98.21 %, donde la curva de la producción se explica en la ecuación (PD = 12,324 + 0,4544x + 0,0084x² + 5E -05 x³ + 1E-07 x⁴ + 1E-10 x⁵); identificándose la producción inicial, el incremento hasta alcanzar el pico de producción a los 40 días, donde existe un balance energético negativo, una involución uterina (puerperio) y la producción incrementa por efecto del incremento de la hormona de crecimiento y la baja cantidad de insulina; y su persistencia, en la cual se inicia la acumulación de tejido corporal y grasa, en donde la hormona somatotropina (STH) reduce y las vacas comienzan a producir tejido corporal; y, consecuentemente la producción de leche comienza a reducir paulatinamente, y la vaca se seca (Gasque, 2008).

La persistencia de la lactancia inicia con la presencia del estro aproximadamente a los 60 días (Naveros y Huanca 2014), y es notoria en la fase final de la gestación, donde la demanda de nutrientes es alta (Mellado, 2012), y la vaca es secada para la regeneración del tejido secretor mamario. De la

Persistencia de la lactancia en vacas Holstein mestizas en la sierra ecuatoriana

misma manera se puede manifestar que la curva de lactancia está relacionada con el número de partos y el estrés calórico (Zamorano *et al*, 2018).

Tabla 4: Coeficientes de la curva de lactancia de vacas mestizas de primer parto.

Coeficientes	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	12,31	0,30	41,39	8,33E-126
Periodo de Lactancia	4,6E-01	0,02	23,30	3,56E-69
Lactancia elevada al cuadrado	-8,4E-03	0,00	-21,36	4,12E-62
Lactancia elevada al cubo	5,3E-05	0,00	16,35	2,30E-43
Lactancia elevada a la cuarta potencia	-1,5E-07	0,00	-12,47	5,25E-29
Lactancia elevada a la quinta potencia	1,5E-10	0,00	9,58	3,90E-19
Coeficiente de correlación	0,991			
Coeficiente de determinación	0,982			

Cuando una vaca pare e inicia su lactancia, la ubre crece y con ello la cantidad de células secretoras de leche y la capacidad de producir más leche, hasta llegar al pico de producción, normalmente ocurre durante las primeras 6 a 10 semanas. Este incremento de producción es propiciado por diferentes factores como el genético y alimenticio, a más del balance hormonal alto generado por la hormona de crecimiento (STH) y bajo nivel de insulina. Cuando este balance se invierte, la vaca deja de secretar leche y empieza a fijar grasa y masa muscular, con lo que el volumen de producción de leche va reduciendo paulatinamente. Este mecanismo es conocido como persistencia de la lactancia. En la vaca adulta, con más de dos partos, es menor que en las vaquillas primíparas, esto significa que, en una vaca adulta la producción de leche cae a razón de 6 a 8 % mensualmente, mientras que en la vaca primípara la producción cae más lento. La razón de esto es que la vaquilla todavía está en proceso de crecimiento y produce niveles más altos de STH.

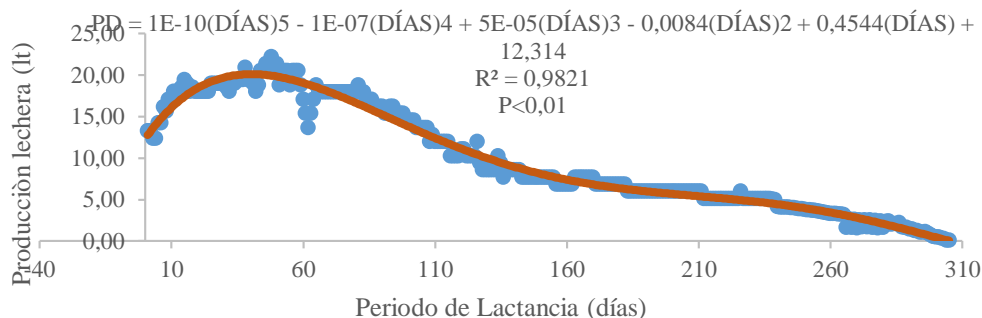


Figura 1: Curva de lactancia de vacas mestizas en el primer parto

Si se conoce el pico de producción, y la persistencia de la leche, es posible calcular y predecir el área bajo la curva a la producción de leche, en un período de 305 días. Esta metodología permite seleccionar las mejores vacas. La persistencia en leche en forma artificial es posible con la aplicación de Somatotropina bovina recombinante (hormona de crecimiento), pero no se puede evitar la pérdida de las células de la glándula mamaria (alveolos mamarios) que propicia el final de la lactancia.

Conclusiones

El peso, peso relativo, producción de leche, producción ajustada a 305 días y producción diaria de leche de las vacas Holstein mestizas no registran diferencias significativas entre los semestres de nacimiento y el número de partos de la madre, determinándose que el grupo de vacas utilizadas en el presente estudio son homogéneas.

Al someter la producción diaria de leche al análisis estadístico en función del tiempo, se ajustó a una regresión polinómica del quinto orden, en donde el coeficiente de determinación ajustado fue del 98.21 % y los coeficientes de regresión significativos.

La persistencia de la lactancia fue notoria a partir del pico de producción, donde la vaca empieza a disminuir la producción de leche por el efecto de la hormona STH, sin embargo, debido a su carácter lechero la producción persiste normalmente hasta los 305 días aproximadamente.

Recomendación

De preferencia seleccionar vaquillas mestizas nacidas de vacas multíparas a partir del segundo parto, ya que permite disponer de crías de buen desarrollo, que además pueden garantizar un buen nivel de producción de leche y rusticidad, proceso que podría realizarse aplicando las ecuaciones de regresión encontradas, y la estimación de la producción de leche utilizando como referencia la curva de lactación.

Referencias

1. Alviar J 2010 Granja Integral autosuficiente. Chacras Integrales. Editorial Interamericana. Colombia. 90 – 120 pp.
2. Brody S, Ragsdale A y Turner C 1924 The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. J. Gen. Physiol. 6(5): 541-545 pp.

3. Davidian M y Giltinan D 1995 Hierarchical Non-linear models. In; Nonlinear models for repeated measurement data. 2nd ed. London: Chapman y hall/CRC. 63-95 pp. artículo recuperado el 12 de octubre del 2015 <https://www4.stat.ncsu.edu/~davidian/nlmmreview.pdf>
4. Dután J, Ayala L, Rodas E, Nieto P, Vázquez J, Pesántez J, Andrade O, Pesántez M, Guevara R, Guevara G, Murillo y Serpa V, Vanegas R, Bustamante J, Calle G, Ortega V, Samaniego J. 2017 Relación del número de partos, edad y la morfoestructura del genotipo Holstein en la Provincia del Azuay. MASKANA, Producción Animal-2017. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca, Ecuador.
5. Gallardo M 2018 Evaluación del rendimiento productivo en bovinos de leche mediante la aplicación del sistema neozelandés en la parroquia san Andrés, cantón Guano. Trabajo de grado previo a la obtención de ingeniero Zootecnista. Riobamba - Ecuador, recuperado el 10 de septiembre del 2019 <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/8157/1/17T1524.pdf>
6. Gallo A, Rojas A y Velásquez E 1994 Vías de Intensificación de la Ganadería Bovina en el Altiplano Boliviano, La Paz – Bolivia. 117p. Recuperado el 10 de diciembre del 2016. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-05/41355.pdf
7. Gasque R 2008 Enciclopedia Bovina. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Primera edición. 415 – 424 pp.
8. Hafez B, Hafez E S E 2011 Reproducción e Inseminación artificial en animales. Séptima edición. Edit. McGrawHill. México
9. Handresen y Hanz 2018 La lactancia – Inducción de la lactancia. Recuperado el 10 de mayo 2020. <http://handresen.perulactea.com/2008/08/05/capitulo-3-la-lactancia/>
10. Haubi C. 2009 Persistencia de la lactancia. Recuperado el 10 de mayo 2020. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/foros/persistencia-lactancia-t9681/>
11. HOLSTEIN ASSOCIATION USA, INC. 2012. Características Descriptivas Lineales. 8 p. Recuperado el 28 de septiembre del 2015. https://www.google.com/url?q=http://holsteinusa.com/pdf/print_material_linear_traits_spanish.pdf&sa=U&ved=0ahUKEwiloNTpidzKAhUFXR4KHfDpCVwQFggUMAA&usq=AFQjCNEPIiSamNHrczUpN-2J_DwDwmNCXA.

12. Lindstrom M y Bates D 1990 Nonlinear mixed effects models for repeated measures data. *Biometrics*. 46 (3): 673-687. Recuperado el 10 de septiembre de 2016 https://scholar.google.com.ec/scholar?q=Lindstrom,+M.%3B+Bates,+D.+1990.+Nonlinear+mixed+effects+models+for+repeated+measures+data&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar
13. Llanos G 2007 Caracterización del ganado lechero mestizo Holstein en el cordón productivo del altiplano. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés - Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz – Bolivia. recuperado el 10 agosto del 2017 < <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5224>
14. Mellado M 2012 Producción de Leche en zonas templadas y tropicales. México.: Trillas 20 – 40 pp.
15. Miller W J 1979 Nutrición y alimentación de Ganado vacuno. Edit. Acribia. Zaragoza – España. 329 – 344 pp.
16. Naveros M y Huanca T 2014 ABC del Inseminador en ganado vacuno de leche. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) y Ministerio de Agricultura y Riego. Lima – Perú. 27 p.
17. Osorio M Segura J 2009 Cambios en el peso corporal durante la lactancia de vacas b. taurus x b. indicus en un sistema de doble propósito en el trópico mexicano. *Rev. cient. Maracaibo México* Vol. 19, No 3. recuperado el 17 de mayo de 2020 http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-2592009000300011
18. Ossa Torregroza y Alvarado 1997 Determinación de la curva de lactancia en vacas mestizas de un hato de doble propósito en la Región Caribe de Colombia, Corpoica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 2, núm. 1, julio, 1997, 54-57 pp. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Cundinamarca, Colombia. Recuperado el 15 de septiembre del 2017 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449953019008>
19. Palma G 2001. Biotecnología de la Reproducción. Ediciones Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria. INTA. Primera Edición. Argentina. 2 – 14 pp.
20. Piedra JT 2012 Determinación del comportamiento de la curva de lactancia y producción lechera en ganado Holsteín y Brown Swis en el valle de Cajamarca - Perú. Lima - Perú: Universidad Nacional San Marcos. 50 pp.

21. Pinheiro J y Bates D 2000 Linear Mixed - effects Models. In: Mixed effects models in S and S-PLUS. 1st ed. Springer - Verlag, Berlin. 3-52 pp.
22. Proaño F 1988 Fisiología de la Reproducción. Primera edición. Riobamba – Ecuador. 35 – 41 pp.
23. Quinn N, Killen L, Buckley F 2003 The factors affecting the lactation curve of Irish dairy cows. Recuperado el 8 de octubre del 2014. <http://agresearchforum.com/publicationsarf/2003/page022.pdf>
24. Requelme, N y Bonifaz, N. 2012. Caracterización De Sistemas De Producción Lechera De Ecuador. Artículo científico / Scientific paper. Centro de Investigación de la Leche CILEC, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Cayambe, Av. Natalia Jarrin y 9 de octubre, Telf. (593 2) 3962885, Ecuador. Revista La Granja.
25. Rojas A 1987 Principales Características Zométricas y de Producción del Bovino Criollo Altiplánico. Universidad Mayor de San Simón. Tesis de Grado. Cochabamba, Bolivia. 89 p.
26. Schnier C, Helms S, Saloniemi H 2003 Comparison of milk production of dairy cows kept in cold and warm loose-housing systems. Preventive Veterinary Medicine. 61(4): 295-307.
27. Tambo H 2002 Comportamiento de la Producción de Leche en Ganado Bovino de la estación experimental Choquenaira. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 98 p.
28. Tekerli M, Akinci Z, Dogan I, Akcan A 2000 Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. J. Dairy Sci. 83(6): 1381-1386. doi: 10.3168/jds. S0022-0302(00)75006-5
29. Wood P 1967 Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature 216: 164-168. doi: 10.1038/216164a0.
30. Zambrano D, Castillo E y Simbaña L 2017 La producción de leche en Ecuador y Chimborazo: nuevas oportunidades e implicaciones ambientales. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Sangolquí – Ecuador. Recuperado el 27 de febrero del 2018 https://www.researchgate.net/publication/322756060_La_produccion_de_leche_en_Ecuador_y_Chimborazo_nuevas_oportunidades_e_implicaciones_ambientalespp.270-289
31. Zamorano A Sánchez C, Leyva C, Luna N 2018 componentes de la curva de lactancia en ganado Holstein con diferente número de partos y escenarios térmicos. Memorias del XLII Congreso Nacional de Buiatría – Chihuahua, Chihuahua – México. Recuperado el 17 mayo

2020.

https://www.researchgate.net/publication/326928734_Componentes_de_la_curva_de_lactancia_en_ganado_Holstein_con_diferente_numero_de_partos_y_escenarios_termicos.

©2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).