

Comportamiento de la curva de lactancia en vacas Holstein según el número lactaciones, época de parto y en el periodo del 2017 al 2020, del establo "San José" S.A.C -VIRÚ - La Libertad

Behavior of the lactation curve in Holstein cows according to the number of lactations, calving season and in the period from 2017 to 2020, of the "San José" S.A.C -VIRÚ - La Libertad dairy

José Fernando Coronado León^{1*}, Hugo Américo Zambrano Vargas¹, Fernando Albero Oblitas Guayan¹, Alexa Yaheli Quispe Urteaga, Roberto Elías Ureña Oblitas¹, Elizabeth Consuelo Terán Fernández¹, Rudy Leonard Crisólogo Carranza²

¹Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa 1050, C.P. 06003, Cajamarca, Perú.

²Establo San José S.A.C -VIRÚ - La Libertad.

*Autor de correspondencia: jcoronado@unc.edu.pe

Resumen

En este estudio, se investigó el impacto de factores ambientales, edad y tiempo en la producción lechera de vacas Holstein en el establo "San José" S.A.C -Virú - La Libertad, durante el periodo de 2017 a 2020. Se evaluó el comportamiento de la curva de lactancia utilizando la curva propuesta por Wood modificada, utilizando 274 producciones quincenales. Se determinaron parámetros como el pico de lactancia, producción máxima, persistencia láctea y producción ajustada a 305 días a partir de los coeficientes B0, B1 y B2. Los resultados revelaron que un mayor número de partos se asoció con una producción máxima y una producción total estimada a los 305 días más elevadas. Además, se observó que, con un mayor número de partos y dependiendo de la época de parto, un tiempo más corto hasta el pico de lactancia se relacionó con una mayor producción máxima, mientras que un tiempo más largo se asoció con una mayor persistencia. También se encontró una relación directa entre los años 2017-2020 y las producciones totales ajustadas a 305 días, donde un mayor pico de lactancia se asoció con una mayor persistencia láctea, y una producción máxima elevada en litros se correlacionó con una mayor producción total ajustada a los 305 días.

Palabras clave: curva de lactancia, época de parto, número de lactaciones, vacas Holstein

Abstract

In this study, we investigated the impact of environmental factors, age, and time on the milk production of Holstein cows in the "San José" S.A.C -Virú - La Libertad dairy farm during the period from 2017 to 2020. The behavior of the lactation curve was assessed using the modified Wood curve, based on 274 bi-weekly milk productions.

Parameters such as peak lactation, maximum production, lactation persistence, and production adjusted to 305 days were determined from coefficients B0, B1, and B2. The results revealed that a higher number of calvings was associated with higher peak lactation and total production estimated at 305 days. Furthermore, it was observed that, with an increased number of calvings and depending on the calving season, a shorter time to peak lactation was linked to higher maximum production, while a longer time was associated with increased lactation persistence. A direct relationship was also found between the years 2017-2020 and total productions adjusted to 305 days, where a higher peak lactation was associated with greater lactation persistence, and elevated maximum production in liters correlated with a higher total production adjusted to 305 days.

Keywords: calving season, Holstein cows, Lactation curve, number of lactations

Introducción

En la costa, los sistemas intensivos de producción de leche se ven influenciados por factores ambientales que han sido señalados como limitantes (Meléndez y Bartolomé, 2017), impactando el desempeño productivo de las vacas lecheras (Castillo-Bonilla et al., 2019). La producción individual de leche puede variar según la época del año en que las vacas paren, influenciada por la producción y persistencia de la lactación (Sheen y Riesco, 2002). La curva de lactancia, que representa la producción de leche a lo largo del ciclo productivo de la vaca, se compone de puntos críticos, como el tiempo de producción máxima, la producción del máximo rendimiento y la persistencia láctea (Zamorano et al., 2018). Esta curva se convierte en una herramienta crucial para entender el comportamiento fisiológico de la producción láctea y evaluar el potencial genético y productivo del ganado, permitiendo establecer estrategias de manejo y alimentación adaptadas a las demandas de cada etapa de la curva (Hernández y Ponce, 2008).

Adicionalmente, es fundamental considerar que la curva de lactancia puede variar entre diferentes partos, con una menor aceleración en la producción de leche en vacas de primer parto y un aumento gradual a medida que aumenta el número de partos (Vargas et al., 2016). Sin embargo, en el contexto de la costa peruana y específicamente en el Establo "San José" S.A.C - La Libertad, no se disponen de datos sobre estas variaciones, lo que resalta la necesidad de realizar investigaciones que exploren las diferencias en la evolución de las lactancias entre vacas de distintos partos, así como aquellas que han parido en diferentes épocas del año. Este conocimiento resulta crucial para comprender el comportamiento heterogéneo de la producción láctea, especialmente considerando los efectos negativos del medio ambiente sobre la producción de la vaca lechera.

En términos de modelado, diversos enfoques matemáticos, incluido el Modelo de Wood, se han utilizado para describir la curva de lactancia y estimar la producción de leche esperada (González-Peña et al., 2011). En sistemas intensivos de producción de leche en zonas templadas, el Modelo de Wood destaca por su preferencia estadística, simplicidad y mejor ajuste a los datos (Osorio y Segura, 2005). Sin embargo, es esencial examinar posibles variaciones en la producción de leche según el número de lactancias en un mismo sistema productivo,

considerando prácticas adecuadas de manejo zootécnico (Cañas et al., 2012). La evaluación de las curvas de lactancia en las vacas Holstein del establo "San José" S.A.C - Virú - La Libertad proporcionará un resumen conciso de los patrones de producción de leche, permitiendo reconocer la eficiencia de la producción en el hato lechero. A través del modelo de Wood estimado, se podrá anticipar la producción futura de leche a partir de los registros, con el objetivo de mantener un pie de cría ideal y descartar vacas que no cumplen con los estándares de producción adecuados. La forma de la curva de lactancia identificada también orientará la necesidad de realizar ajustes en la alimentación del ganado.

Materiales y métodos

Se recopilaron los registros de producción de leche correspondientes a todas las lactancias de vacas Holstein en el establo "San José" S.A.C - Virú - La Libertad, abarcando el período comprendido entre 2017 y 2020. La muestra analizada consistió en 274 producciones de leche de lactancias de todas las vacas Holstein de dicho establo durante el mencionado período. Los datos de producción se obtuvieron de registros individuales tomados quincenalmente, excluyendo a las vacas con producciones inferiores a 150 días y superiores a 405 días.

Este estudio se enmarca en un diseño observacional, retrospectivo, longitudinal, analítico, predictivo y explicativo. El sistema de crianza empleado en el establo es intensivo, con animales distribuidos en corrales con capacidad para 20 a 30 individuos, dotados de sombras, comederos y bebederos. La alimentación consiste en forraje (chala de maíz) ad libitum, con un suministro de concentrado de 6 a 12 kilogramos diarios, dependiendo del nivel de producción, y un aporte adicional de espárragos de 20 kilogramos. El ordeño se lleva a cabo mecánicamente tres veces al día.

Se consideraron tres épocas de parto para las vacas en este estudio: el primer período abarcó a las vacas paridas de enero a abril, el segundo período incluyó a las vacas paridas de mayo a agosto, y el tercer período seleccionó a las vacas paridas de septiembre a diciembre. Se incluyeron vacas de primer parto, segundo parto y con tres o más partos en la muestra.

Para el análisis de los datos de producción, se empleó la función de Gamma Incompleta propuesta por Wood para describir la curva de lactancia de cada vaca, expresada como $y_t = \beta_0 \beta_1 t^{\beta_1} e^{-\beta_2 t}$, donde y_t representa la producción de leche a los 15 días, β_0 es la producción de leche al inicio de la lactancia, β_1 explica la pendiente de la curva, y β_2 explica la desaceleración en la curva de lactancia, con t representando las quincenas. El pico de lactancia se estimó mediante la fórmula $t_{\text{pico}} = \beta_1 / \beta_2$. La producción máxima se alcanza en $y_{\text{max}} = \beta_0 (\beta_1 / \beta_2)^{\beta_1} e^{-\beta_1}$, y la persistencia se calcula mediante $s = (\beta_1 + 1) \ln \beta_2^{-t}$. Otros coeficientes, como la producción de leche en el día 200 y la producción total estimada a 305 días, se determinaron a partir de la ecuación de Wood. El porcentaje de persistencia (%P) se calculó mediante la fórmula $\%P = Y_{305} / Y_{\text{max}} * 100$. La producción total de leche a lo largo de toda la lactancia (Y_{total}) se evaluó. Además, se utilizó el modelo de integración gamma incompleta para determinar

la producción de leche a 305 días de lactancia (PL-305) de cada vaca a partir de los coeficientes a, b y c de la curva típica.

Resultados y discusiones

Número de lactaciones

Se evaluaron 274 lactancias de vacas Holstein durante los años 2017 a 2020, abarcando primeras, segundas y más de tres lactancias. En 2017, las vacas con tres o más lactancias mostraron la mayor producción a los tres días (28,98 L, IC al 95% 25 – 33), alcanzando el pico a los 43 días (36,74 L), con la mejor persistencia láctea en la primera lactancia, relacionada directamente ($r: 0,99; P < 0,001$) con el número de partos. En 2018, las vacas de segunda lactancia destacaron con la mayor producción inicial (34,25 L, IC al 95% 28 – 41), llegando al pico en 34 días (45,96 L). Las de tres o más lactancias tuvieron la mayor producción general, con un incremento estadísticamente diferente ($b: 0,174$) respecto al segundo grupo ($\beta_1: 0,116$). En 2019, las vacas con tres o más lactancias iniciaron con la mayor producción (23,57 L, IC al 95% 20 – 27) y alcanzaron el pico a los 68 días (43,46 L), con incrementos similares entre los grupos. La persistencia láctea fue mejor en la primera lactancia. En 2020, las vacas con tres o más lactancias tuvieron mayores producciones iniciales (30,05 L, IC al 95% 26 – 34) y alcanzaron el pico más temprano (73 días, 50,91 L), seguidas por las de segunda lactancia y luego las de primera lactancia. Las correlaciones mostraron patrones consistentes, como la relación directa entre el pico de lactancia y la persistencia láctea. En resumen, se observaron tendencias consistentes en la producción y persistencia láctea, variando según el número de lactancias y años (Tabla 1).

Tabla 3. Parámetros que describen las curvas de lactancia, Pico de lactancia, producción máxima y persistencia láctea según el número de lactaciones Periodo 2017 al 2020 en vacas Holstein del estable “San José” S.A.C -Virú - La Libertad

Año	N° de Lactaciones	N°	Parámetros (IC 95%)			Pico de Lactancia (días)	Producción Máxima (litros)	Persistencia (láctea)	Producción total ajustada a 305 días
			B ₀	B ₁	B ₂				
2017	Primera	8	24,31	0,061	0,0002	303	32,35	9,0	8929
	Segunda	13	24,80	0,101	0,0014	72	34,58	7,2	9877
	Tres a más	29	28,98	0,086	0,0020	43	36,74	6,7	9692
2018	Primera	21	17,03	0,177	0,0012	147	34,44	7,9	10012
	Segunda	9	34,25	0,116	0,0034	34	45,96	6,3	10979
	Tres a más	23	25,77	0,174	0,0032	54	43,32	6,7	11081
2019	Primera	11	17,02	0,167	0,0007	239	35,95	8,5	10344
	Segunda	28	16,61	0,208	0,0019	110	35,87	7,6	10200
	Tres a más	23	23,57	0,190	0,0028	68	43,46	7,0	11603
2020	Primera	36	19,90	0,176	0,0013	135	39,49	7,8	11458
	Segunda	44	26,66	0,164	0,0020	82	46,57	7,2	13043
	Tres a más	29	30,05	0,160	0,00022	73	50,91	7,1	14036

Los resultados obtenidos corroboran las afirmaciones de investigadores previos, como Lemus-Ramírez et al. (2008), Castillo-Umaña et al. (2017), Zamorano et al. (2018), y Crisólogo (2020), quienes coinciden en que las vacas primerizas exhiben un rendimiento de pico de lactancia inferior en comparación con las múltiparas. Este respaldo se fortalece al considerar las observaciones de Castillo-Bonilla et al. (2019), quienes señalan que la curva de lactancia varía tanto dentro como entre diferentes partos. Se observa una menor aceleración en la producción de leche en vacas de primer parto, incrementándose a medida que las vacas avanzan en el número de partos. Además, estudios como el de Osorio y Segura (2005) indican que el número de partos ejerce un impacto significativo en la producción de leche. En este sentido, el coeficiente "a" y el pico de producción aumentan, mientras que la persistencia disminuye de la primera a la cuarta lactancia. Este fenómeno se atribuye al hecho de que las vacas primerizas no han completado su desarrollo corporal, priorizando sus necesidades de mantenimiento y crecimiento antes que la producción, lo que resulta en una menor producción de leche.

A su vez, Alquina y Guamán (2012) afirman que tanto el pico de producción como el comportamiento de la curva de producción de leche están influenciados por el número de partos. Muir et al. (2004) definen la persistencia como la capacidad de mantener el nivel de producción de leche después del pico de lactancia. En este contexto, proponen que una estrategia para aumentar los rendimientos totales sin incrementar la incidencia de enfermedades o problemas reproductivos es seleccionar una mayor persistencia de la lactancia junto con la producción total. Este enfoque podría implementarse reduciendo los rendimientos máximos estresantes y manteniendo un alto nivel de producción después del pico, logrando así aplanar y extender la curva de lactancia.

Época de parto

En el año 2017, se observa que las vacas que parieron en la tercera época de parto iniciaron con una mayor producción (32,47 L, IC 95% 27 – 39) en comparación con las otras dos épocas. Se establece una correlación directa ($r: 0,99$, $P < 0,05$) entre la época de parto, el inicio de la producción y la máxima producción en litros. En el 2018, la relación inversamente proporcional ($r: -0,99$; $P < 0,05$) entre la época de parto y la tendencia de disminución de la producción destaca la superioridad de las vacas de la segunda época de parto, con un pico de lactancia más temprano y mayor producción (45,86 L). La tendencia de incremento es similar en todas las épocas, pero la persistencia láctea presenta una relación inversa ($r: -0,99$; $P < 0,05$) con la tendencia de descenso.

En el 2019, la relación directa entre la época de parto y la persistencia láctea ($r: 0,99$; $P < 0,01$) es evidente. Las producciones iniciales son similares entre grupos, pero el menor decremento en la producción de leche se observa en las vacas de la tercera época de parto. La persistencia se relaciona directamente con la máxima producción y el pico de lactancia, destacando un pico más alto en las vacas de la tercera época (113 días). En el 2020, la relación directa entre la época de parto y la tendencia de descenso ($r: 0,99$; $P < 0,01$), y la relación inversa con la persistencia ($r: -0,99$; $P < 0,01$) son notables. La producción total corregida a los 305 días muestra una relación directa con la máxima producción. Las vacas del primer grupo alcanzan un pico de lactancia a los 121 días, evidenciando una mayor persistencia.

Estos resultados coinciden con estudios previos (Lemus-Ramírez et al., 2008), respaldados por Osorio y Segura (2005), quienes indicaron que el año de parto puede influir en los parámetros de la curva de lactancia debido a factores de manejo y ambientales confundidos en estudios de este tipo.

Tabla 4. Parámetros que describen las curvas de lactancia, pico de lactancia, producción máxima y persistencia láctea con la época de parto en el periodo del 2017 al 2020 en vacas Holstein, del estable “San José” S.A.C - Virú - La Libertad

Año	Época de Parto	N°	Parámetros (IC 95%)			Pico de Lactancia (días)	Producción Máxima (L)	Persistencia Láctea	Producción total ajustada a 305 días
			B ₀	B ₁	B ₂				
2017	1era	15	23,74	0,089	0,0014	64	31,45	7,1	8929
	2da	25	27,31	0,089	0,0019	47	35,17	6,8	9528
	3era	10	32,47	0,068	0,0013	52	39,64	7,1	11197
2018	1era	14	17,58	0,179	0,0016	112	34,22	7,6	9831
	2da	25	28,78	0,156	0,0029	54	45,86	6,8	11897
	3era	14	23,10	0,132	0,0017	78	35,94	7,2	10162
2019	1era	23	19,96	0,173	0,0024	72	35,11	8,5	9583
	2da	24	18,27	0,211	0,0024	88	38,10	7,6	10542
	3era	15	19,77	0,192	0,0017	113	40,43	7,0	11576
2020	1era	41	25,34	0,157	0,0013	121	45,94	7,8	13344
	2da	51	23,73	0,201	0,0024	84	47,25	7,2	13036
	3era	17	24,33	0,211	0,0035	60	46,79	7,1	11931

Diferentes años

En las comparaciones entre las producciones de los años 2017, 2018, 2019 y 2020 (Tabla 3), se observa que las menores producciones iniciales se registraron en 2019 (19,31 L, IC 95% 17 – 22) en comparación con los otros años, pero esta diferencia no muestra una relación directa con los parámetros estudiados. El valor más bajo en el parámetro B₁ se registró en las vacas del año 2017 (0,082, IC 95% 0,05 – 0,11), mientras que los valores más bajos de persistencia (B₂) se observaron en los años 2017 (0,0016, IC 95% 0,0013 – 0,0019) y 2020 (0,0018, IC 95% 0,0015 – 0,0021) en comparación con los años 2018 y 2019. Las vacas del 2017 alcanzaron el pico de lactancia en 51 días con un máximo de 34,82 L, seguidas por 2018 (65 días, 38,96 L), 2020 (93 días, 45,50 L) y finalmente 2019 (95 días, 38,08 L). El pico de lactancia muestra una relación directamente proporcional ($r: 0,99$, $P<0,01$) con la persistencia láctea, y la producción máxima se relaciona directamente con la producción total ajustada a los 305 días ($r: 0,99$, $P<0,01$).

Estos resultados encuentran respaldo en lo manifestado por Uribe (2006), quien destaca el avance productivo en el ganado bovino especializado en lechería en los últimos años, atribuyéndolo al mejoramiento genético y las condiciones ambientales en las que se desarrollan los animales.

Tabla 5. Parámetros que describen las curvas de lactancia de los diferentes años del periodo del 2017 al 2020 en vacas Holstein, del estable "San José" S.A.C -Virú - La Libertad

Año	N°	Parámetros (IC 95%)			Pico de Lactancia (días)	Producción Máxima (L)	Persistencia Láctea	Producción total ajustada a 305 días
		B ₀	B ₁	B ₂				
2017	50	27,42	0,082	0,0016	64	31,45	7,1	9691
2018	53	24,64	0,144	0,0022	112	34,22	7,6	10957
2019	62	19,31	0,191	0,002	72	35,11	8,5	10733
2020	109	25,22	0,167	0,0018	121	45,94	7,8	12908

Conclusiones

En este estudio, se ha establecido una conexión directa entre la cantidad de partos y un incremento en la producción máxima de leche en litros, reflejándose en un aumento en la producción individual estimada a los 305 días. Al explorar la relación entre el número de partos y la época de parto, se evidencia que una presentación temprana del pico de lactancia se asocia con una producción máxima más elevada, mientras que un período más largo hasta el pico de lactancia conlleva a una mayor persistencia láctea. Además, se observa una tendencia donde el aumento en la producción máxima se asocia con una disminución en la persistencia láctea, pero se traduce en un incremento en la producción total ajustada a los 305 días.

En relación con el número de partos y la época de parto, se concluye que una mayor producción al inicio de la lactancia se vincula con una producción máxima más elevada. Además, un incremento pronunciado en la curva de lactancia está asociado con una disminución más gradual. En términos de las producciones totales ajustadas a los 305 días, se destaca una relación directa entre los años 2017 y 2020, indicando que un pico de lactancia más alto se relaciona con una persistencia láctea más marcada y, cuando la producción máxima en litros es significativa, se registra una mayor producción total ajustada a los 305 días.

Referencias

Alquinga, B., Guamán, N. 2008. Análisis de las curvas de lactancia de las vacas del Centro Académico Docente Experimental La Tola, calculadas mediante la utilización de la ecuación de Wood. Tesis. Universidad Central del Ecuador. Ecuador. Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/3c21363a-1ff9-41cf-8e2f-0b6d9b8bb03a>

Cañas, J., Cerón-Muñoz, M., Corrales, J. 2012. Modelación y parámetros genéticos de curvas de lactancia en bovinos Holstein en Colombia. Rev. MVZ Córdoba. 17: 2998-3003.

Castillo-Bonilla, G., Vargas-Leiton, B., Hueckman-Voss, F., Romero-Zuñiga, J.J. 2019. Factores que afectan la producción en primera lactancia de vacas lecheras de Costa Rica. Agron. Mesoam. 30: 209-227.

Castillo-Umaña, M.A., Alpizar-Naranjo, A., Padilla-Fallas, J., Keim-San Martín, J.P. 2017. Efecto de la edad a primer servicio, número y época de parto sobre el comportamiento de la curva de lactancia en vacas Jersey. *Nutrición Animal Tropical*. 11: 1-22.

Crisólogo, R.L. 2020. Determinación de la curva de lactancia en ganado y vacuno holstein en el establo "San José" S.A.C. Virú - La Libertad. Tesis. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4417>

González-Peña, D., Espinoza, J.L., Palacios, A., Guerra, D., Évora, J.C., Portales, A., Ortgea, R., Guillén, A. 2011. Parámetros genéticos para la persistencia de la lactación en vacas Siboney usando modelos de regresión aleatoria. *Rev. Mex. CienC. Pecu.* 2: 151-160.

Hernández, R., Ponce, P. 2008. Caracterización de la Curva de Lactancia y Componentes Lácteos del Genotipo Siboney de Cuba en una Granja Ganadera de la Provincia de la Habana. *Rev. Cient. (Maracaibo)*. 18: 291-295.

Lemus-Ramírez, V., Guevara-Escobar, A., García-Muñiz, J. 2008. Curva de lactancia y cambio en el peso corporal de vacas Holstein–Friesian en pastoreo. *Agrociencia*. 42: 753-765.

Meléndez, P., Bartolomé, J. 2017. Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero: Revisión. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 8: 407-417.

Muir, B.L., Fatehi, J., Schaeffer, L.R. 2004. Genetic relationships between persistency and reproductive performance in first-lactation Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 87: 3029-3037.

Osorio, M., Segura, J. 2005. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. *Téc. Pecu. Méx.* 43: 127-137.

Sheen, S., Riesco, A. 2002. Factores que afectan la producción de leche en vacas de doble propósito en trópico húmedo (Pucallpa). *Rev. Inv. Vet. Perú.* 13: 25-31.

Uribe, H. 2006. Manual de producción de leche para pequeños ganaderos. Editores Navarro, H., Siebald, E., Celis, S. Osorno, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 148.

Vargas, O., Lasso, S., Gaitán, J., Corrales, J. 2016. Modelación de curvas de lactancia para producción de leche por parto en vacas Holstein Boyocá, Colombia. *ANZOO*. 2: 13-20.

Zamorano, A.R., Sánchez, C.M.A., Leyva, C.J.C., Luna, N.P. 2018. Componentes de la curva de lactancia en ganado Holstein con diferente número de partos y escenarios térmicos. XLII Congreso Nacional de Buitría, Chihuahua, nº 15: 478-480.