

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**GENERACIÓN DE LA HEREDABILIDAD Y VALOR GENÉTICO DE
LOS INDICADORES DE LA CURVA LACTACIONAL, DE UN HATO
HOLSTEIN DE TIERRAS ALTAS EN CHIRIQUÍ.**

PRESENTADO POR:

MARIEL STACY ROBLES BARRÍA

4-781-1094

DAVID, CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2019

**GENERACIÓN DE LA HEREDABILIDAD Y VALOR GENÉTICO DE
LOS INDICADORES DE LA CURVA LACTACIONAL, DE UN HATO
HOLSTEIN DE TIERRAS ALTAS EN CHIRIQUÍ.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS

APROBADO:

PROF. ING. ARTURO FUENTES M. Sc

DIRECTOR

PROF. ING. EDIL ARAÚZ M. SC

COMITE

PROF. ING. JOSEPH GRAJALES M. SC

COMITE

DAVID, CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2019

AGRADECIMIENTO

“Encomienda al Señor tus obras, y tus proyectos tendrán éxito”

Proverbios 16:3

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, gracias por darme la oportunidad de culminar este trabajo de grado, por darme las fuerzas necesarias para no mirar atrás y seguir adelante.

A mis Padres, Mario L. Robles Valdés y Gloriela Barría, por ser un ejemplo a seguir de trabajo, dedicación y superación, por siempre guiarme a ser una persona de bien, con sueños y metas, por darme su apoyo incondicional desde el inicio de mis estudios e incentivarme a ser una profesional.

Aunque en la mayoría de las veces parece que estuviéramos en una batalla, hay momentos en que la guerra cesa y nos unimos para lograr nuestros objetivos, a mi hermanito Mario L. Robles Barría por su apoyo y fuente de inspiración para culminar este trabajo.

A mi Director de tesis Arturo Yovany Fuentes, por ser un excelente profesor y guía, gracias por todos los conocimientos transmitidos, por su paciencia, perseverancia y dedicación en la culminación de este trabajo.

Al Licenciado Adrián Miranda, por su colaboración y disponibilidad en proveer los datos pertinentes para la elaboración de este trabajo.

Al Dr. Luis Alvares, Propietario de la Finca Ojo de Agua por su aceptación en la elaboración de este trabajo en dicha finca.

Gracias a todos los que me han brindado su apoyo en la culminación de este trabajo de grado.

Maríel Stacy Robles Barria

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios, quien supo guiarme y darme fuerzas para seguir adelante, enseñándome a enfrentar las adversidades y no flaquear en el intento, porque gracias a Él es posible la culminación de este trabajo.

A mis padres Mario y Gloriela por su apoyo incondicional, amor y comprensión.

A mis compañeros, para que sea de ayuda y contribución al desarrollo de sus asignaciones y estudios en esta área de la carrera.

A profesores y profesionales de las Ciencias Agropecuarias que se dedican a la investigación.

A todos los lectores de esta tesis para que encuentren la información necesaria para el logro de sus objetivos.

Maríel Stacy Robles Barría

GENERACIÓN DE LA HEREDABILIDAD Y VALOR GENÉTICO DE LOS INDICADORES DE LA CURVA LACTACIONAL, DE UN HATO HOLSTEIN DE TIERRAS ALTAS EN CHIRIQUÍ.

ROBLES, M., 2019,

RESUMEN

El objetivo del estudio fue generar el valor de heredabilidad y valor genético de los indicadores de la curva lactacional, de un hato Holstein. Para realizar los análisis se utilizaron 72 vacas (hijas) y 15 toros, utilizando el modelo no lineal predicho por Wood 1967 para curva de lactancias, determinando la heredabilidad y valor genético de los parámetros de la curva de lactación. La media de producción de leche en la primera lactancia fue de 8639.75, para la segunda de 9239.55 y para la tercera lactancia 9716.99 Kg. En la producción de leche se obtuvo diferencias altamente significativas para lactancia ($p < 0.05$), con un CV de 6.2%, un valor de heredabilidad de 0.30, el toro N° 1 fue el que obtuvo el mayor valor genético con un valor de 1.24 con respecto al grupo contemporáneo. La persistencia presentó diferencias altamente significativas en lactancias, mes y toros ($p < 0.05$), con un CV de 0.96%, un valor de h^2 de 0.17, el toro que obtuvo el valor genético más alto para esta variable fue el N°12 con 0.05. El máximo de producción presentó diferencias significativas en lactancias, año y mes ($p < 0.05$), con un CV de 0.97%, presentó un valor de h^2 de 0.40, el toro que obtuvo el valor genético más alto para esta variable fue el N°1 con 1.24 y tiempo al máximo de producción obtuvo diferencias significativas en lactancias, años, meses y toros, con un CV de 31.9%, un valor de h^2 de 0.33, el toro que obtuvo el valor genético más alto para esta variable fue el N°15 con 5.42. Las variables que resultaron con mayor relación fue producción de leche con máximo de producción (0.71) y persistencia con tiempo al máximo de producción (0.88). Con los análisis de datos de la finca se obtuvo que el 30% es debido a la genética en función a la producción de leche indicando el impacto del manejo y condiciones ambientales sobre la variable productiva.

PALABRAS CLAVES: Análisis de varianza, curva de lactación, producción de leche, Holstein, persistencia, máximo de producción, lactancias, Wood, heredabilidad, valor genético, correlación

GENERATION OF THE HERITABILITY AND GENETIC VALUE OF INDICATORS OF THE LACTATION CURVE, IN A HIGHLAND HOLSTEIN HERD IN CHIRIQUÍ PROVINCE.

ROBLES, M., 2019,

SUMMARY

The objective of the study was to generate the value of heritability and genetic value of the indicators of the lactational curve of a Holstein herd. For the analysis 72 cows (daughters) and 15 bulls were used, using the nonlinear model predicted by Wood 1967 for lactation curve, determining the heritability and genetic value of the parameters of the lactation curve. The average milk production in the first lactation was 8639.75, for the second 9239.55 and for the third lactation 9716.99 (Kg). In milk production highly significant differences were obtained with lactation ($p < 0.05$), with a CV of 6.2%, a value of heritability of 0.30, bull N°1 was the one that obtained the highest genetic value with a value of 1.24 with respect to the contemporary group. Persistence presented highly significant differences in lactation, month and bulls ($p < 0.05$), with a CV of 0.96%, an h^2 value of 0.17, the bull that obtained the highest genetic value for this variable was N°12 with 0.05. The maximum production presented significant differences in lactations, year and month ($p < 0.05$), with a CV of 0.97%, presented a value of h^2 of 0.40, the bull that obtained the highest genetic value for this variable was the N°1 with 1.24 and time to the maximum production was obtained significant differences in lactations, years, months and bulls, with a CV of 31.9%, a value of h^2 of 0.33, the bull that obtained the highest genetic value for this variable was the N°15 with 5.42. The variables with the highest ratio were milk production with maximum production (0.71) and persistence with time at maximum production (0.88). With the analysis of farm data it was obtained that 30% is due to genetics as a function of milk production indicating the impact of management and environmental conditions on the production variable.

Key words: Analysis of variance, lactation curve, milk production, Holstein, persistence, Maximum production, lactation, Wood, heritability, genetic value, correlation.

INDICE

RESUMEN	vi
SUMMARY	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
INDICE DE GRÁFICAS	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Antecedentes	14
1.2. Planteamiento del problema	16
1.3. Justificación	17
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo general	19
1.4.2. Objetivos específicos	19
1.5. Hipótesis	20
II. REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1. Perfil biológico y potencial lechero de la vaca Holstein	21
2.2. Lactancia	23
2.3. Curva de lactación	24
2.3.1. Componentes de la curva de lactancia	26
2.3.2. Ventajas del cálculo de la curva de lactancia	27
2.4. Modelo de Wood 1967	29
2.5. Persistencia	31
2.6. Factores que influyen en la curva de lactación	33
2.6.1. Factores Genéticos	33
2.6.2. Factores no genéticos	35
2.7. Heredabilidad (h^2)	46
2.8. Repetibilidad (r)	49
2.9. Valor Genético (VG)	50

2.10.	Requerimiento para determinar el valor el genético.....	52
III.	METODOLOGÍA	54
3.1.	Sitio experimental	54
3.2.	Unidad de producción	54
3.3.	Metodología experimental	55
3.4.	Muestreo	56
3.5.	Parámetros a evaluar	56
3.6.	Diseño experimental	57
3.6.1.	Modelo matemático básico	57
3.6.2.	Modelo no lineal Wood 1967.....	58
3.6.3.	Persistencia.....	58
3.6.4.	Heredabilidad	59
3.6.5.	Valor genético	60
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.1.	Análisis de varianza de los indicadores lactacionales ajustadas por Wood.....	61
4.1.1.	Producción de leche.....	61
4.1.2.	Persistencia.....	70
4.1.3.	Máximo de producción.....	75
4.1.4.	Tiempo al máximo de producción.....	80
4.2.	Correlación fenotípica	85
V.	CONCLUSIONES	86
VI.	RECOMENDACIONES	87
VII.	BIBLIOGRAFÍAS	88

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I codificación de los Toros utilizados en esta investigación.	60
Cuadro II Análisis de varianza de la variable producción de leche Kg/día. ...	61
Cuadro III Porcentaje de diferencia entre la primera, segunda y tercera lactancia de las variables producción de leche, persistencia, máximo de producción y tiempo al máximo de producción.	62
Cuadro IV. Valores genéticos de los toros con respecto a la producción de leche.	69
Cuadro V. Análisis de varianza de la variable Persistencia.	70
Cuadro VI Valor genético de los toros en la variable Persistencia.	74
Cuadro VII Análisis de varianza de la variable máximo de producción.	75
Cuadro VIII. Valor genético de los toros en el máximo de producción.	79
Cuadro IX Análisis de varianza del variable tiempo al máximo de producción	80
Cuadro X Valor genético de los toros en la variable tiempo al máximo de producción.	84
Cuadro XI Análisis de correlación fenotípica de las variables del estudio. ...	85

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica I. Potencial productivo de lactancia (Kg).	63
Gráfica II. Curvas de primera, segunda y tercera lactancia del hato lechero.	64
Gráfica III. Potencial productivo por año (Kg).	65
Gráfica IV. Potencial productivo por mes (Kg/día)	66
Gráfica V. Potencial productivo de los toros (Kg).	68
Gráfica VI. Persistencia de lactancias (días).	71
Gráfica VII. Persistencia por años (días)	72
Gráfica VIII. Persistencia por mes (días)	72
Gráfica IX. Persistencia respecto a los toros.	73
Gráfica X. Lactancia en el máximo de producción (Kg).	76
Gráfica XI. Máximo de producción por años.	77
Gráfica XII. Máximo de producción por mes.	78
Gráfica XIII. Máximo de producción por toro.	78
Gráfica XIV. Lactancias en tiempo de máximo de producción (Kg).	81
Gráfica XV. Potencial media por año en tiempo al máximo de producción (días).	81
Gráfica XVI. Días al pico de producción por mes.	82
Gráfica XVII. Tiempo al máximo de producción por toros (días).	83

I. INTRODUCCIÓN

La eficiencia de la vaca lechera moderna se mide en función de su capacidad de producción y a partir de su desempeño reproductivo; por cual, el potencial lechero se considera una variable dependiente de la habilidad reproductiva que conjuga la habilidad genética con el componente ambiental y manejo de la hembra bovina tipo leche (Batista, 2011).

En el ganado bovino productor de leche las prácticas zootécnicas están encaminadas al mejoramiento genético y producción de leche. Para establecer criterios y presión de selección por producción de leche dentro de los hatos, se necesita la curva de lactancia; para esto, son necesarios los registros de cada vaca. La determinación de las curvas, permite caracterizar los sistemas de producción y repercute en la aplicación de diferentes prácticas de alimentación, reproducción y mejoramiento genético en los hatos (Cañas *et al.*, 2009).

Actualmente, para las evaluaciones genéticas en bovinos se analiza conjuntamente la información de desempeño y pedigrí con metodologías estadísticas flexibles y precisas como los modelos mixtos (Martínez, Manrique y Elzo, 2012; Montaldo *et al.*, 2012), con el uso particular del modelo animal, que es un modelo lineal de cada uno de los efectos fijos (año, época) y efectos aleatorios genéticos y no genéticos, que contribuyen al fenotipo individual para una o más características. Esta información es combinada con una serie de matrices que definen las covarianzas de los efectos de los individuos en las poblaciones (Hill, 2012).

Los estudios nacionales evidencian que el mejoramiento genético a través de la inseminación artificial tiene al menos 40 años; por lo cual es fundamental contemplar los criterios genéticos raciales para generalizar cualquier evaluación zootécnica que incluya biología reproductiva, lactacional y desempeño fisiológico en general. Los animales que califiquen como purificados e identificados con el patrón racial fenotípico con evidencias del proceso de mejoramiento genético vía inseminación artificial pueden ser utilizados como indicadores del potencial lechero; siempre y cuando se incluyan el perfil nutricional, micro climático y de manejo que haya utilizado (McDowell, 1981; NRC, 2001; 2006).

Esta investigación surgió debido al interés por determinar los valores de heredabilidad de los parámetros de la curva de lactación y el valor genético en ganado lechero Holstein.

1.1. Antecedentes

Los bovinos se distribuyeron por el mundo de acuerdo a la migración de la población, cada región generó una raza particular en Europa, África y Asia; así, aparecen dos grandes troncos genéticos: el de origen Europeo (*Bos taurus taurus*) y el de origen asiático (*Bos taurus indicus*) (Loftus *et al.*, 1994).

La raza Holstein tiene como sus ancestros más remotos los animales negros de los bávaros y los blancos de los frisios, tribus que hace cerca de 2.000 años se ubicaron en el delta del Rin. Por sus características únicas de color, fortaleza y producción, la Holstein empezó a diferenciarse de las demás razas y pronto comenzó a expandirse por otros países, empezando por Alemania y desde hace acerca de 300 años está consolidada en lugar de privilegio en los hatos mundiales por su producción y su adaptación a diferentes climas (Delgado *et al.*, 2006). La actual campeona mundial es un ejemplar de esta raza, con una producción de 27445 Kg en 365 días.

Las razas *Bos Taurus* más utilizadas para la producción de leche en Panamá son la Holstein y Pardo Suizo. La raza Holstein se ha caracterizado por su alta capacidad para producir leche (Guerra, 1994).

Durante siglos, los criadores han manipulado eficazmente los genotipos de los animales con fines productivos, haciendo uso del hecho de que dentro de las especies, razas y poblaciones existen las variaciones naturales (Eggen, 2012).

El fenotipo de un individuo, es el resultado de la interacción entre su genotipo y el ambiente específico recibido durante su vida. Por este motivo, investigadores, a

través de la genética cuantitativa, han tratado de separar del fenotipo los componentes: genético aditivo, no aditivo, ambiental y sus interacciones, y de esta manera predecir el mérito genético de un animal tomando como base los registros fenotípicos de desempeño individual y el pedigrí (Berry *et al.*, 2011; Goddard, 2012).

1.2. Planteamiento del problema

Las lecherías de la zona alta en Chiriquí poseen ganado europeo (*Bos Taurus*) en la que predomina la raza Holstein, por ser la raza con más potencial lácteo del mundo. Hace 40 años se utiliza la inseminación artificial como técnica reproductiva en el hato lechero en Panamá, en donde los toros han aportado genética diferente, por ello surge la inquietud de conocer los valores de heredabilidad de los parámetros de la curva de lactación y valor genético de los toros, de esta manera se desconoce el impacto genético de los toros sobre la curva de lactación, persistencia y producción de leche, además los técnicos no cuenta con una metodología que les permita determinar el valor genético a nivel de finca; por lo que nos planteamos la pregunta de investigación:

Cuáles son los valores de heredabilidad de los parámetros de curva de lactación y el valor genético de los toros utilizados en un hato lechero de la zona de alta de la provincia de Chiriquí.

Es realmente importante conocer que animales del hato lechero son superiores, ya que estos pueden ser los futuros reproductores de la finca, durante 40 años se realiza inseminación artificial como técnica reproductiva, sin embargo no hay estudios que sustenten cual ha sido el impacto genético que han tenido los toros en la finca.

1.3. Justificación

Este trabajo se justifica en la necesidad de conocer el aporte genético de los toros Holstein por medio de los parámetros de la curva de lactación, producción de leche, persistencia, máximo de producción y tiempo al máximo de producción, determinando sus valores de heredabilidad y valor genético.

La aplicación de la genética en la cría de animales permite identificar cuáles son las características beneficiosas para así poder incrementar la generación de leche y poder seleccionar cuáles son esos patrones que deseamos para aumentar la producción (Coronado, 2018).

En el área del mejoramiento genético, las curvas de lactancia permiten predecir el desempeño de todas las madres, información que se puede utilizar en la preselección de animales jóvenes destinados a las pruebas de progenie, desempeño o ambas (Quintero *et al.*, 2007).

Además, con la elaboración de las curvas de lactancia, se puede detectar anticipadamente los animales potencialmente más productivos de un rebaño, facilitándose de este modo la adopción de decisiones sobre el descarte de los animales por su aptitud productiva (León *et al.*, 2007).

La curva de lactancia tiene una amplia variedad de aplicaciones en la producción lechera. Es usada en la extensión de registros incompletos en evaluaciones genéticas, formulación de raciones, evaluación económica de diferentes esquemas de manejo, planeamiento de la producción lechera en un hato, así como en modelos de simulación de sistemas de producción de leche.

Al final de esta investigación obtendremos un método que se utilizará como base para establecer un mecanismo sencillo e integrado, para un programa de selección de vacas en ordeño.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Generar el valor de heredabilidad y valor genético de los indicadores de la curva lactacional, de un hato Holstein.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el pico, persistencia y producción total de las vacas Holstein de acuerdo a su número de partos.
- Determinar la heredabilidad de los parámetros de la curva de lactancia ajustada a los 305 días.
- Medir la correlación entre producción de leche total, máximo de producción y persistencia.
- Determinar los toros de mayor valor genético.

1.5. Hipótesis

Ha: Existen diferencias de pico, persistencia y producción de leche total en la curva de lactación de acuerdo a su número de partos.

Ho: No existen diferencias de pico, persistencia y producción de leche total en la curva de lactación de acuerdo a su número de partos.

Ha: Existe una correlación entre producción de leche total, pico y persistencia.

Ho: No existe una correlación entre producción de leche total, pico y persistencia.

Ha: Los toros utilizados no poseen el mismo valor genético.

Ho: Los toros utilizados poseen el mismo valor genético.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Perfil biológico y potencial lechero de la vaca Holstein

La producción de leche en la vaca lechera ha evolucionado en todas las razas que se consideran especializadas como consecuencia del mejoramiento genético (Wilcox *et al.*, 1978), control de salud del hato y prevención de la mastitis bovina (Philopot y Nickerson, 1992) y manejo estructurado para potenciar la capacidad de producción a través de la nutrición y alimentación balanceada (NRC, 2001), control micro ambiental y bienestar animal (west, 2004; Hansen, 2005), control reproductivo (Stevenson *et. al.*, 1999), empleo de equipo y tecnología para un ordeño eficiente e higiénico (Alfa D-Laval, 2010) y uso de un sistema de bioregistro funcional para un mejor aprovechamiento de los recursos en la empresa lechera (Arauz *et al.*, 2010).

Desde la llegada de la primera vaca lechera al condado de Jamestown en 1611 (Ensminger, 1980) cuando una vaca podía producir 5.3lb/día; han ocurrido cambios drásticos que han modificado la capacidad lactacional de la vaca a través de la genética y del componente ambiental (Batista, 2011).

Las cifras indicadas por Visser y Wilson (2006) se consideran valores referenciales raciales que identifican de potencial lechero estándar en hatos elites con un manejo óptimo para un potencial genético lechero superior. El potencial lechero se encuentra bajo la influencia de varios factores y/o condiciones; sobresaliendo las siguientes: requerimientos nutricionales durante la lactación, elementos

ambientales y su influencia en la producción de leche; manejo nutricional y estrategia de la alimentación en la lactación; influencia de los desórdenes metabólicos y las enfermedades; modelo de manejo integral para la producción lechera; salud e higiene del sistema mamario; manejo reproductivo y estrés lactacional e influencia del estrés calórico propiamente.

La historia atribuye a Winthrop Chenery, un criador de Massachussets, la introducción de la raza a tierras americanas, al haberle comprado en 1852 al capitán de un barco que atracó en Boston, la primera vaca Holandesa, con cuya leche la tripulación del navío se alimentaba durante la travesía desde Europa.

La vaca Holstein es grande, elegante y fuerte, con un peso promedio de 650 Kilos y una alzada aproximada de 1.50 m. Se caracteriza por su pelaje blanco y negro o blanco y rojo; esta última coloración la hace muy apetecible pues representa adaptabilidad a climas cálidos.

La vaca ideal tiene su primer parto antes de cumplir tres años, el primer servicio en novillas se realiza a los 19.1 meses y dan cría a los 28.9 meses y de allí en adelante debe criar un ternero cada año. Puede permanecer en el hato durante más de cinco lactancias (305 días), en cada una de las cuales, su producción es superior a 5.949 Kilos.

2.2. Lactancia

Según Alquina y Guamán (2012) el período de lactancia es el tiempo que el animal permanece en producción entre dos partos consecutivos.

La lactancia es el resultado de dos procesos fisiológicos y biológicos consecutivos e interdependientes, que se pueden estudiar tanto desde un punto cuantitativo (cantidad de leche) como cualitativo (composición de la leche). Dentro de las etapas productivas de la lactancia se dividen en:

Primer tercio: Se extiende desde el momento del parto hasta los 100 días de lactancia y es donde se alcanza el pico de la lactancia y aproximadamente el 45% del total de la producción de leche; a los primeros 20 días post-parto la vaca presenta la primera ovulación sin síntomas de celo, lo que quiere decir que es este período la vaca debería estar preñada.

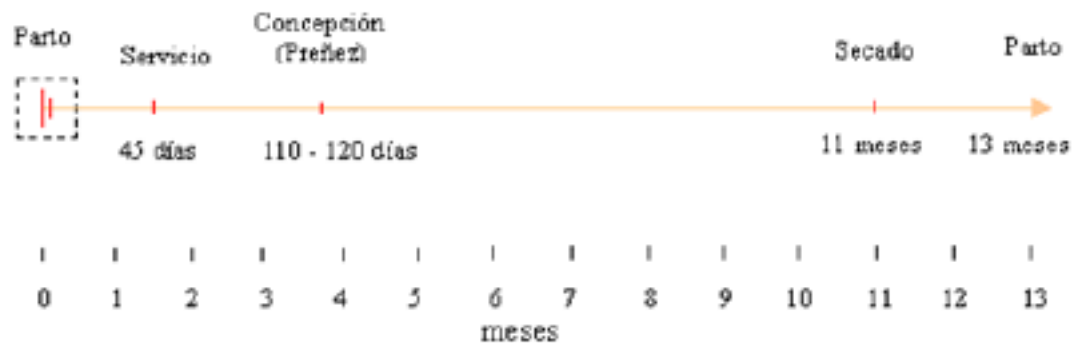
Segundo tercio de lactancia: Se extiende desde los 100 días hasta los 200 días de lactancia, etapa en la cual se obtiene el 32% de producción total de leche aproximadamente. Si el manejo reproductivo ha sido óptimo la vaca se encontrará en el primer tercio de gestación.

Tercer tercio de la lactancia: Se extiende desde los 200 hasta los 300 días de lactancia; en esta etapa la vaca se encuentra en el segundo tercio de gestación. Aquí se obtiene aproximadamente el 23% de producción total de leche; al final de la etapa se debe hacer la terapia de secado.

Período seco: Es el período que va desde el final de la lactancia al parto siguiente, la vaca debe secarse en el séptimo mes de gestación, lo que coincide con 10 meses

de lactancia. Este período tiene como objetivo recuperar la condición corporal, regeneración de tejidos nobles, preparar la glándula mamaria para la lactancia siguiente.

Figura 1. Ciclo de Lactancia



Fuente: Grupo SOL, Servicio de Control Lechero de Argentina (2005)

Elaboración: Servicio de Control Lechero de Argentina

2.3. Curva de lactación

La producción de leche a lo largo de una lactación representa una forma curvo lineal con varias fases. El periodo lactacional o fase de producción lechera es dividida en tres sectores en los rumiantes de acuerdo con la biología de la curva lactacional (Larson, 1974; Mephram, 1983); correspondiendo esto al sector alto (producción de leche en los primeros 100 días); el sector medio (producción entre los 100 y 200 días) y finalmente el sector bajo que incluye el periodo de producción después de los 200 días respectivamente.

La curva de lactancia representa la producción de leche a lo largo del ciclo productivo, el cual dura aproximadamente 305 días. El pico de lactancia es definido como el nivel más alto de producción de leche que una vaca alcanza dentro de los primeros 90 días de lactación o en leche. Existe una relación positiva entre el pico y la subsecuente producción de leche a lo largo de la lactancia. Dicho de otra manera, a medida que los litros de leche al pico incrementan, también incrementan los litros totales producidos por lactancia (Bretschneider *et al.*, 2015).

La curva de lactancia constituye una de las principales herramientas para conocer y evaluar el comportamiento fisiológico de la producción láctea, evaluar el potencial genético y producción de una raza (Hernández y Ponce 2008).

La producción láctea máxima es la que persiste como la más alta y suele producirse entre la tercera y séptima semana postparto. También se le conoce como techo lactacional o pico de producción durante la lactancia (Araúz, 2008)

La curva de lactancia es una representación gráfica de la producción de leche. La misma está compuesta de una fase inicial, que comienza posterior al parto y se extiende hasta una fase pico o techo de producción, siguiendo la fase de declive hasta el final de lactancia (Araúz, 2008).

La forma de la curva de lactancia depende del número y actividad de las células secretoras de la ubre. Desde un punto de vista productivo, la forma o comportamiento de la curva de lactancia es definida por la producción al inicio de la lactancia, la tasa de ascenso y la tasa de descenso de la producción a través de la lactancia (Bretschneider *et al.*, 2015).

El análisis general de la curva de lactación ayuda a identificar problemas de alimentación y de manejo (Gasque, 2008)

La lactación se inicia con unos niveles altos, pero sigue subiendo hasta alcanzar el “pico de lactación”, que se produce entre el 1º y 2º mes tras el parto. Una vez alcanzado este máximo los rendimientos empiezan a decrecer gradualmente hasta el secado. Este descenso debe ser lo más suave posible, mientras menor sea la pendiente de la curva mayor será el rendimiento lechero total. Otra característica importante es la “persistencia de la lactación”, una buena vaca lechera tiene que ser capaz de dar leche al menos durante diez meses, desde el parto hasta el final del 7º mes de gestación (Sánchez, 2008).

2.3.1. Componentes de la curva de lactancia

1. Producción inicial: Estimada por el promedio de producción del cuarto al sexto día post-parto, una vez finalizado el período calostrado.

2. Producción máxima: Es la producción de leche diaria en el pico de la curva. Suele presentarse hacia las 3-6 semanas después del parto.

3. Producción total: Es la suma de las producciones lecheras diarias.

4. Crecimiento en la fase ascendente: Se define mediante la diferencia entre la producción máxima y producción inicial. Aquí se toma en cuenta el denominado pico de producción, el mismo que representa la máxima producción que alcanza la vaca en un momento dado y este variará, dependiendo del nivel productivo de la vaca. Por lo general, las buenas productoras lo alcanzan a los 2 meses y las bajas productoras al mes de lactancia (Alquinga y Guamán, 2012)

5. Coeficiente de persistencia: Se suele calcular como el porcentaje de producción de leche diaria que se mantiene al transcurrir un tiempo determinado; es decir, es el grado de mantenimiento y declinación de la producción láctea de la vaca a través de su lactancia; la persistencia se evalúa después del pico. En el ganado vacuno suele situarse alrededor del 90 al 100% mensual, pero lo óptimo es que no disminuya entre el 8 al 10% mensual (Buxadé, 1995).

Figura 2. Aspectos críticos de la curva de lactancia en la vaca



Fuente: Araúz, E. E. (2008)

2.3.2. Ventajas del cálculo de la curva de lactancia

El estudio de la curva de lactancia es importante porque permite la identificación de posibles errores en el manejo de un determinado rebaño, como puede ser una alimentación deficiente, inadecuadas instalaciones, patologías no detectadas, etc.

Permite también conocer la evolución de la producción lechera de los animales, así como sus variaciones a lo largo de una lactancia mediante el seguimiento de un

animal o un grupo de ellos, estimándose de este modo su producción lechera total o parcial.

Además, con la elaboración de las curvas de lactancia, se puede detectar anticipadamente los animales potencialmente más productivos de un rebaño, facilitándose de este modo la adopción de decisiones sobre el descarte de los animales por su aptitud productiva (León *et al.*, 2007).

La curva de lactancia tiene una amplia variedad de aplicaciones en la producción lechera. Es usada en la extensión de registros incompletos en evaluaciones genéticas, formulación de raciones, evaluación económica de diferentes esquemas de manejo, planeamiento de la producción lechera en un hato, así como en modelos de simulación de sistemas de producción de leche.

Por lo tanto, una descripción y un correcto entendimiento de la curva de producción de leche son necesarios para predecir la producción y proyectar el ingreso de un sistema lechero (León y Quiroz, 1994).

Madsen (1975), citado por Ochoa (1986) considera de interés práctico el estudio del perfil de la curva de lactancia por varias razones (Quintero, *et al.*, 2007):

- Cuando el alimento es suministrado de acuerdo con la producción estimada con anterioridad, una vaca que tiene una curva de lactancia más plana, necesita menos concentrado durante una lactancia en relación con otra de igual producción total pero con una curva más empinada.
- Una alta producción de leche al comienzo de la lactancia requiere de la vaca una alta actividad fisiológica, lo que a menudo conduce a desórdenes

reproductivos o enfermedades metabólicas. Por consiguiente, una moderada producción inicial combinada con una alta persistencia, es preferible a una alta producción inicial y un rápido descenso.

- El conocimiento de la probable configuración de la curva de lactancia permitiría realizar ensayos nutricionales mucho más eficientes, puesto que las diferencias entre tratamientos son más fáciles de detectar cuando los animales son agrupados de acuerdo con la curva esperada.

Es por ese motivo que para describir la producción de leche a través de la lactancia en animales domésticos, se han propuesto diversos modelos matemáticos.

En ganado lechero, la modelación de las curvas de lactancia ha sido objeto de extensa investigación. La ecuación más ampliamente utilizada fue la propuesta por Wood en 1967, derivada de la función Gamma Incompleta.

Gipson y Grossman (1990), aseguran que poder conocer la curva de lactancia en el ganado lechero es una herramienta de importante valor para tomar decisiones de manejo e incluso de selección.

2.4. Modelo de Wood 1967

Se han planteado varios modelos matemáticos que describen el comportamiento de la curva de lactancia, utilizando funciones lineales, no lineales o exponenciales. Sin embargo, no todos los modelos matemáticos se adecúan a una curva de lactancia típica para un hato en específico (Quintero *et al.*, 2007).

Según Cañas *et al.* (2009) el modelo matemático más utilizado para describir los patrones de producción de leche a través de la lactancia es el propuesto por Wood (1967), el cual permite la estimación de diferentes coeficientes que pueden ser interpretados biológicamente. Cada uno de estos coeficientes está fuertemente influenciado por factores genéticos y ambientales que intervienen en la producción de leche, entre los más destacados están: la raza, el número de partos y el año y mes de parto.

Vargas y Ulloa (2008) han realizado estudios que describen el comportamiento de la curva de lactancia en diferentes zonas agroecológicas, y con distintos tipos raciales, utilizando el modelo de Wood (1967), el cual es un modelo similar al de Wilmink, que estima tres coeficientes que describen la curva de lactancia. Sin embargo, es importante estudiar las posibles variaciones en la producción de leche dependiendo del número de lactancia, y la época del año en un mismo sistema productivo en función del establecimiento de adecuadas prácticas de manejo zootécnico.

El modelo matemático utilizado fue propuesto por Wood 1967 es un modelo no lineal tipo gamma incompleta:

$$y_t = at^b e^{-c^t}$$

y_t = Producción de leche a un tiempo determinado

a = producción de leche a inicio de la lactancia

b = ascenso de la curva

c =descenso de la curva

t = día de lactancia

2.5. Persistencia

La producción de leche y la persistencia son dos características económicas importantes en vacas lecheras. La persistencia se puede definir como la habilidad de la vaca de continuar produciendo leche a un alto nivel después de haber alcanzado el pico de lactancia (Jamrozik *et al.*, 1997) o la habilidad de la vaca de mantener un rendimiento lechero relativamente constante durante la lactancia (Strabel *et al.*, 2001). De este modo, los animales persistentes son aquellos que muestran las curvas de lactancia más estables (Togashi y Lin, 2004). Una alta persistencia o curva estable de lactancia tiene muchas ventajas. Esto permite mejor utilización de fibra barata (Solkner y Fuchs, 1987), reducción del estrés durante la producción pico y aumenta la ganancia (Weller *et al.*, 2006) y, por último, una reducción en los costos reproductivos (Muir *et al.*, 2004).

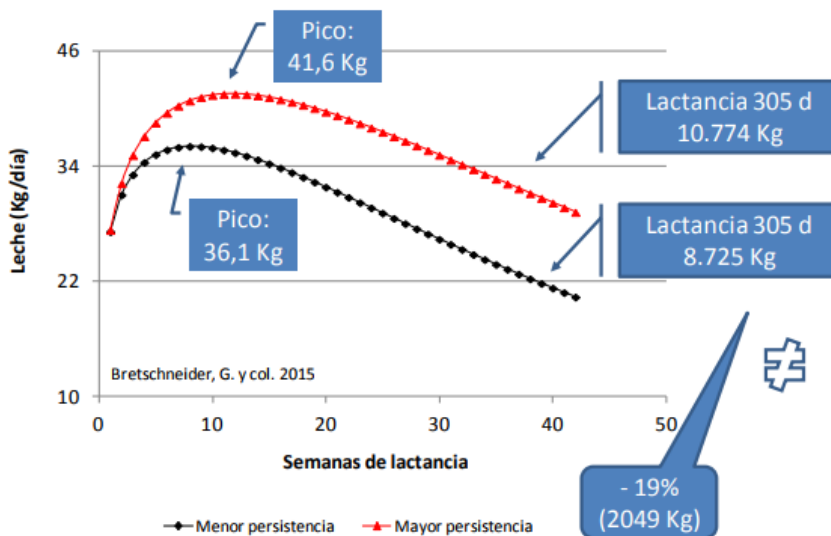
La persistencia de la producción de leche tiene diferentes definiciones. En este trabajo se considera la descrita por Gengler (1996), quien planteó que la persistencia se puede definir como la habilidad de una hembra lechera para mantener, más o menos constante, su producción durante la lactancia. El conocimiento de la persistencia de la producción de leche es de gran importancia, por ser una de las principales características que definen la forma de la curva de lactancia, además de estar correlacionada con la producción inicial (El Faro 1996).

El término persistencia usualmente se refiere a la tasa de descenso en la secreción de leche a partir del pico de producción. Hay una relación inversa entre la tasa de descenso y la persistencia. En otras palabras, a mayor tasa de descenso menor persistencia de lactancia. Visto de otra manera, la persistencia de la curva de

lactancia tiene que ver con la habilidad de la vaca para mantener niveles elevados de producción después de haber alcanzado el pico de lactancia (Bretschneider *et al.* 2015).

La persistencia es el grado de declinación de la producción de leche después del pico, se denomina persistencia. Esta se calcula dividiendo la leche producida el mes anterior y se expresa como porcentaje. En promedio, la persistencia varía entre 94 a 96 por ciento (Gasque, 2008).

Figura 3. Modelación de dos curvas de lactancia con diferentes, pico de producción y persistencia. Modelización basada en Wood, 1967 (Nature, vol. 216, 164-165).



2.6. Factores que influyen en la curva de lactación

2.6.1. Factores Genéticos

El mejoramiento de la producción de leche puede ser considerada por factores ambientales y genético, ambos contribuyen al mejoramiento de la producción de leche.

Existen estudios que destacan las diferencias interraciales para la producción de leche, tanto en primera como en lactaciones posteriores, de tal forma reportan diferencias en el 36 y 57% para razas contrastes en volumen como: Holstein y Jersey (Matsoukka y Jarchild, 1995; Griffin *et al.*, 1992) citado por Serrano (1998). Las características pueden ser heredables y pueden ser cambiados por selección, pero el grado de heredabilidad es solo uno de los tres factores en la cual determina el progreso genético y los otros factores son la intensidad de selección y la variabilidad de las características fenotípicas (Días, 1995). Un buen estimado del progreso genético puede ser hecho a través de la selección, para más de una característica de importancia económica para el ganado lechero. Si la producción de leche es seleccionada como un factor de selección, un incremento es esperado en el mérito genético en la próxima generación, e igualmente se espera un incremento en el rendimiento de la grasa y la proteína y decrecimiento en el porcentaje de grasa y proteína (Wilcox *et al.*, 1992). En el sentido amplio, la mejora genética se refiere a la mejora animal realizada de forma que la serie de genes que interviene en la expresión del carácter de interés, mejora mediante la sustitución de los menos favorables por aquellos alelos mejores (Miller *et al.*, 1989). La varianza

entre vacas para caracteres que se puede estimar o medir se denomina varianza fenotípica; sin embargo, la expresión de la varianza fenotípica en la consecuencia de los efectos de varianza aditivas, dominada, epistática, ambiente permanente y ambiente temporales (Baker, 1985). La varianza genética aditiva surge como consecuencia de las diferencias entre genes que actúan de una forma aditiva, lo que quiere decir que al cambiar un gen por un alelo, el efecto en el mismo; independientemente de la combinación de genes que tenga el animal en el resto de su genotipo (Wattiaux y Howard, 1999). Es importante considerar el efecto de la raza, siendo la raza Holstein la más productiva, logrando mayores incrementos en la producción de leche. La holandesa es la más pesada de las razas lecheras; presenta dos variantes en cuando a color de pelaje: el pinto blanco con negro, y el blanco con rojo. La variante dominante es el pinto blanco-negro, siendo de carácter recesivo la variante rojo.

Johansson (1961) indica que el promedio de vida reproductiva ha descendido durante los últimos 30 años, siendo más corto en los rebaños con altos rendimientos productivos, en la medida que el ganado lechero es más productiva, es seleccionada más intensamente, lo que impide llegar a una mayor edad por ser más susceptibles a enfermedades y estrés. Kennedy y Moxley (1975), citados por Pearson *et al.*, (1981) determinaron una declinación genética anual para grasa y porcentaje de proteína de 0.004 y de 0.008% respectivamente en plantales comerciales con un progreso anual de 46 kg de leche. Powell *et al.*, (1972), reportaron una declinación más rápido en porcentajes de grasa (-0.01) al año para ganado Holstein Friesian en Estados Unidos. Como se puede apreciar, el ganado

lechero se está manejando progresivamente en condiciones de mayor tensión al pretender mayores producciones, lo que ha significado un aumento en costos de producción.

2.6.2. Factores no genéticos

La curva, tiene características que son particulares de cada animal, dependiendo del sistema productivo en que se encuentre, sin embargo, normalmente esta muestra una pendiente creciente hasta un nivel de máxima producción o pico de lactancia, y luego una pendiente decreciente también conocida como persistencia. En hembras rumiantes la curva de producción de leche ha sido objeto de gran cantidad de investigación, y con evidente razón, debido a la importancia biológica y económica del proceso de la lactancia (Vargas y Ulloa, 2008).

La producción de leche en ganado bovino se encuentra afectada por varios factores que contribuyen en grado variable a la expresión fenotípica del animal (Vargas y Ulloa, 2008). Dentro de los factores ambientales, la época de parto es de los que más influyen en la producción de leche (Cañas *et al.*, 2011, Pérez *et al.*, 2007). Adicionalmente, características de la curva como el momento del pico de la lactancia y el nivel absoluto de este pico, son altamente dependientes de factores raciales y genéticos (Vargas y Ulloa, 2008).

La curva de lactancia es una representación gráfica del periodo de producción de las vacas, pero existen grandes variaciones porque está influenciada por la genética, incidencia de enfermedades, fertilidad y estrategias de alimentación.

Además del factor genético, el pico de producción y la persistencia de la lactancia son influenciados por factores asociados al manejo nutricional (ej. Inadecuado balance de la dieta), al estatus sanitario (ej. mastitis) y/o al ambiente de producción del rodeo (ej. Estrés asociado al manejo y a instalaciones inadecuadas). Es de destacar que de los factores anteriormente mencionados, el desbalance nutricional es uno de los más relevantes (Bretschneider *et al.*, 2015).

2.6.2.1. Factor nutricional

La vaca lechera requiere de múltiples nutrientes para mantener su cuerpo funcionando, producir leche, efectuar locomoción, perder calor corporal, crecer y reproducirse; pero es evidente reconocer que el periodo de lactancia es muy comprometedor, ya que además de producir leche, la vaca debe cumplir con sus otras funciones fisiológicas, como son reactivar su sistema reproductor y mantener una nueva preñez (NRC, 1989).

El periodo de una lactancia tiene una presentación grafica de una curva, demostrando su irregularidad, por tal razón los requerimientos nutricionales en los primeros días de lactancia son mayores ya que se presenta el pico de la lactación. Estos cambios son las bases para ajustar los requerimientos (Wattiaux y Howard, 1995).

La alimentación es uno de los principales factores que afectan la producción de leche y se espera que la abundancia de pastura tenga un efecto positivo; sin embargo la respuesta productiva del bovino al pastoreo es bastante compleja (Vélez

1997, Ormazabal y Osoro. 1995). El manejo alimenticio de las vacas lecheras es uno de los factores que tiene mayor incidencia en la producción de leche.

Las vacas deben ser alimentadas de acuerdo a sus requerimientos nutricionales, variando de acuerdo al peso vivo, nivel de producción y momento de la lactancia que se encuentran los animales (Vélez de Villa, 2013).

Las hembras con mejor condición corporal producen mayor cantidad de leche (Bavera, 2005).

2.6.2.2. Factor sanitario

La sanidad es básica, no puede haber una producción de leche aceptable si el animal no está sano. Cualquier patología afecta negativamente el nivel productivo, pero sin lugar a dudas, son las mastitis o mamitis las afecciones más frecuentes y que mayor incidencia tienen en la producción láctea y en la eliminación de animales (Sánchez, 2008).

La intensificación de las producciones ha venido de la mano de una intensa selección genética que ha dado lugar a animales de muy alta producción pero también más sensibles a sufrir problemas patológicos y más exigentes en cuanto a las condiciones de vida, de manejo y de alimentación (Callejo, 2016).

Si a ello se le unen factores ambientales e higiénicos más o menos hostiles dentro de los alojamientos, se estimula y facilita la difusión y transmisión de patologías. Además, les hacen más susceptibles a padecer enfermedades provenientes del

exterior o del interior de la granja, al deprimirse su sistema inmunitario (Callejo, 2016).

Los programas de salud del hato lechero que anteponen la prevención de las enfermedades al tratamiento, desempeñan un papel crucial en cualquier intento hecho para incrementar la eficiencia en la producción. El tratamiento será siempre importante en lo que se refiere a la supervivencia de los animales individuales enfermos; sin embargo, en relación con la supervivencia de la unidad total de producción (beneficios en función de pérdidas), la prevención es el método más conveniente de control de las enfermedades.

2.6.2.3. Factor ambiental

Uno de los factores más estudiados es el efecto de la temperatura, se sabe con certeza que tiene efecto sobre el consumo de alimento, consumo de agua, producción y composición de la leche, tasa de concepción y otros.

El ganado lechero es homeotermo, intenta mantener la temperatura de su cuerpo dentro del campo más cómodo para la óptima actividad biológica (Hafez, 1973).

Cuando la temperatura ambiental es de 24°C o superior, se reduce el consumo de alimento con disminución de la producción láctea. Por otro lado, aproximadamente a - 27°C, aumenta el consumo de alimento y disminuye la producción de leche (García Trujillo y García-López, 1990); la temperatura es el factor climático más importante en nuestras condiciones, por su doble acción sobre el pasto y los animales.

El estrés calórico en los animales, cuantificado como el impacto en la producción de leche, afecta los mecanismos de termorregulación animal afectando su zona de confort o termo neutralidad (5-25°C), lo que a su vez altera el consumo de alimento las concentraciones hormonales y el metabolismo. Entre las condiciones ambientales que se relacionan con la productividad láctea, se citan la temperatura ambiental, la humedad relativa, la radiación solar, la velocidad del viento, el efecto de la duración del día y la precipitación diaria (WingChing-Jones y Pérez, 2008).

El análisis de todas estas reacciones es indispensable para el perfecto conocimiento y la comprensión de las medidas que deben aconsejarse sobre los métodos de explotación del ganado lechero (Fuentes, 2004).

2.6.2.4. Edad de la vaca

La decisión de comenzar la vida productiva de un animal se basa principalmente en el peso, el tamaño corporal y la edad. Los programas de hembras de reemplazo tienen como meta que la edad promedio al primer parto (EPP) sea de 24 meses, ya que esto implica una disminución en los costos de producción (Pirlo *et al.*, 2000, Radostits 2001).

La edad adecuada de un animal a la hora del primer parto, tiene un efecto significativo en el rendimiento productivo de un animal durante su vida, así como también puede disminuir la vida productiva del bovino dentro del hato lechero (Marini *et al.*, 2007, Haworth *et al.*, 2008). Algunos estudios comprueban que vacas que paren a una corta edad tienen una menor producción de leche durante su primera lactancia; sin embargo, su producción total por día y su rendimiento durante su vida

son significativamente mayores que aquellos animales que tuvieron su primer parto a una edad más avanzada (Radostits 2001, Bormann *et al.*, 2002, Marini *et al.*, 2007).

La producción de leche de las vacas que paren de los 22 meses de edad es inferior a la producción de leche de las vacas que paren a los 24 meses (Hoffman *et al.*, 1992).

La máxima producción de leche de las vacas lecheras se alcanza en la quinta lactancia, cuando los animales tienen siete u ocho años (Barnes *et al.*, 1990). En este punto las vacas también alcanzan su máximo desarrollo corporal.

Después de la quinta lactancia la producción de leche permanece estable y al llegar a los 8-9 años la producción empieza a declinar; aunque el ritmo en la reducción de leche por lactancia no es pronunciado (Barnes *et al.*, 1990).

La edad al primer parto constituye un indicador que poca importancia se le ha dado; sin embargo, se ha demostrado que la magnitud de las reservas corporales y el peso en general para las vacas que paren por primera vez determinan gran parte de la capacidad para alcanzar la recuperación glandular y ovárica como parte de la normalización reproductiva en la vaca lechera (Correa, 2000). Al concepto de la edad se anexa el valor del peso al primer parto; el cual no solo es importante para la reproducción; sino también para el desempeño lactacional y la producción de leche con eficiencia.

2.6.2.5. Peso de la vaca

Existe una correlación positiva entre el peso de la vaca y la producción de leche (Bauman *et al.*, 1985). A mayor peso corporal existe una mayor producción de leche. Lo anterior se debe a que las vacas grandes presentan mayores ubres y demás, tienen una mayor capacidad ruminal, lo cual les permite consumir una mayor cantidad de alimento (Davis, 1981). La producción de leche; sin embargo, no varía proporción directa del peso corporal, sino que varía en relación directa del área corporal o del tamaño metabólico de la vaca (Díaz, 1995). Por lo tanto, una vaca de 700 kg no produce el doble de leche que una vaca de 350 kg, sino que producirá 70% más de leche que la vaca pequeña o bien, dos vacas de 400 kg producirán más leche que una sola vaca de 800 kg; aunque los costos de mantenimiento de las dos vacas son mayores (Fuentes, 2003).

2.6.2.6. Periodo seco

El periodo seco de las vacas con un rango de 45 a 60 días, es indispensable como norma de manejo entre lactancias sucesivas para asegurar una producción máxima de leche en la lactancia subsiguiente. A través del tiempo se han hecho varias investigaciones y actualmente la genética de las vacas y el manejo de los hatos han cambiado notoriamente. El aspecto más importante de esta etapa, es permitir el remplazo de células productoras de leche (células epiteliales) dañadas o muertas antes de que inicie la próxima lactancia. Este proceso puede finalizar a los 25 días de iniciado el secado de los animales, por tal motivo un periodo de descanso entre

30 y 60 días, es suficiente para que vacas con prácticas de manejo, alimentación, sanidad y condición corporal promuevan en la siguiente lactancia, cantidades de leche parejas a las obtenidas con vacas que han tenido un periodo seco de 60 días (Guerra y Erazo 2015).

Cabe mencionar que el efecto de la duración del periodo seco sobre la producción de leche no interactúan con el número de partos (Sorensen, 1991).

En caso de que las vacas inicien la lactancia sin haber pasado por un periodo seco, la producción de leche se reduce en 4 kg por día (Remond *et al.*, 1992) aumentándose el contenido de proteína de la leche en vacas que no tuvieron periodo seco.

2.6.2.7. Gestación

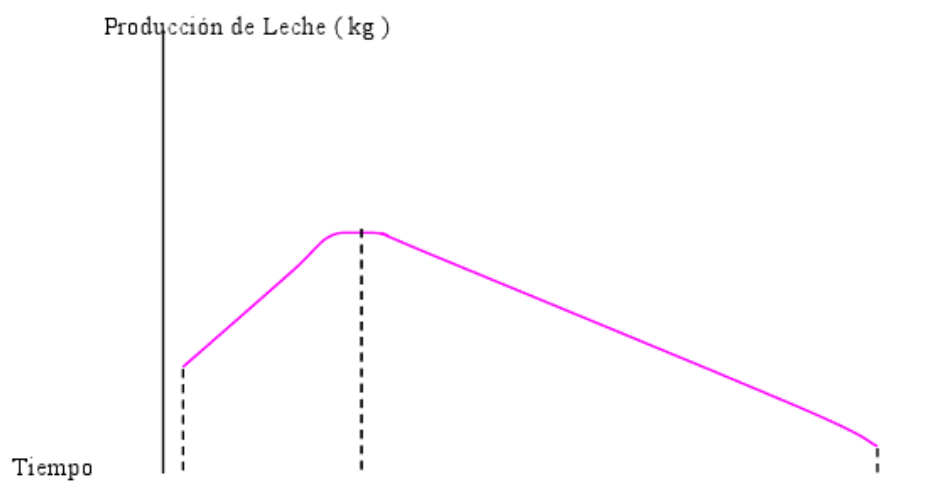
Inicialmente la gestación apenas afecta la velocidad de secreción y hasta el 5to mes los rendimientos lácteos no se alteran. Pasado este período los efectos son cada vez más evidentes y a los 8 meses de gestación declina rápidamente la gestación.

La influencia de la gestación sobre el rendimiento lechero debe considerarse causada directamente por un inhibidor fisiológico de la secreción láctea existente en la circulación más que por la utilización directa por el feto de materiales nutritivos de la sangre. Puesto que la concepción ordinariamente ocurre 2 o 3 meses después del parto, el efecto de la gestación se considera como un cambio en la persistencia y no en el rendimiento diario máximo (Benítez, 2011).

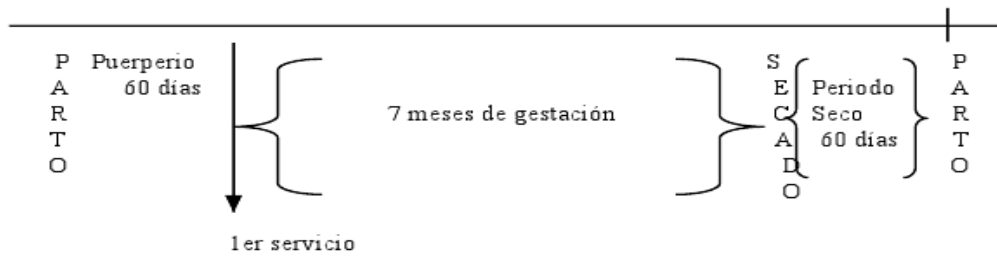
Holmes (1984) menciona que no está perfectamente aclarado si la gestación frena la lactancia; así, únicamente la intención del ganadero de decidir “secar las vacas” antes de que inicie la nueva lactancia es lo que hace secar la lactación; es probable que muchas vacas puedan continuar produciendo hasta el parto pero la existencia del período de seca mejora la producción de la siguiente lactancia.

Datos experimentales disponibles indican que la gestación puede reducir la producción de leche de una lactancia aproximadamente en uno o dos por ciento en vacas con intervalos entre partos de 365 días y lactancias de 310 días; la mayor parte del descenso tiene lugar en el último mes de lactancia (séptimo mes de gestación) en el que la producción diaria puede reducirse en un 20% o más; asimismo menciona que, más o menos, al comienzo del quinto mes la producción total de leche de vacas que están gestando declina con mayor rapidez que las vacas no preñadas.

Figura 4. Relación entre la curva de lactancia y el ciclo reproductivo.



INTERVALO PARTO- PARTO



2.6.2.8. Número de Partos

En la Universidad Autónoma de México (1983) afirmaron que el pico de producción y el comportamiento de la curva de producción de leche dependen de la producción láctea diaria; así tenemos que el número de partos influye en ella; en las vacas de primer parto se obtuvo una producción de $6,22 \pm 0,25$ litros/día; en las de segundo parto $7,28 \pm 0,25$ litros/día; en las de tercer parto se obtuvo $7,10 \pm 0,40$ litros/día y en las de cuarto parto se obtuvo $8,25 \pm 2,54$ litros/día.

Diversos autores como (Johansson, 1961 y Mao *et al.*, 1974), observaron que el número ordinal de la lactancia es importante para poder corregir la producción de leche actual a madurez equivalente y de esa manera poder comparar las producciones con fines de selección.

Van Vleck (1976), observo altos rendimientos en las lactancias posteriores de hijas de toros cuyas primeras lactancias fueron altas, demostrando que la relación entre producción de leche a la primera lactancia y la producción total de leche en su vida productiva fue de $r=0.48$, indicando que la diferencia de los padres se mantenían en la vida productiva de sus hijas. White *et al.*, (1981), establecieron que la correlación

entre producción de leche a la primera lactancia y producción total por su vida del animal fue de 0.85.

Al hacer un resumen de diferentes trabajos, sobre números ordinales de parto (Jacobs y Rosenzuaig, 1963; Bustos, 1996; Freire 1973), en cuanto a las lactancias sucesivas alcanzadas por los animales, se puede determinar que un 78.5% alcanza la segunda lactancia, un 57.9% llega a la tercera, el 35.9% a la cuarta lactancia.

2.6.2.9. Época del año

En América Latina, la ganadería de leche especializada se practica en zonas bajas que generalmente se caracterizan con alta precipitación, humedad relativa y temperatura ambiental. En general el nivel de producción de leche en zonas ecológicas es relativamente bajo debido a la pobre nutrición animal, el efecto del estrés climático y problemas de enfermedades que enfrentan los animales (Bodisco *et al.*, 2006).

Schaar, *et al.*, (1981) menciona que la estación en la cual se registran los partos influye en el rendimiento de producción de leche; no se sabe en qué consista esta influencia, pero los resultados fueron menores en rendimiento lechero comparando las vacas que parieron en la época seca que las vacas que parieron durante la estación de lluvias; la influencia de la estación se manifiesta de manera regular pero adquiere importancia estadística durante la tercera lactancia.

Ivita (1984) anota que la menor producción de leche total se da cuando se presenta la época seca durante los meses de verano debido a la mala condición física de la

vaca después del parto, especialmente en aquellos animales con mayor porcentaje de sangre europea.

Holmes (1984) al respecto manifiesta que la forma de la curva viene marcada por el modo en que los factores climáticos afectan al crecimiento del pasto y por lo tanto su disponibilidad; la pauta del crecimiento del pasto varía notablemente de un año a otro lo cual se refleja en la curva de lactancia. Es corriente observar una depresión en el centro de la curva como resultado de una sequía veraniega, así como el exceso de lluvia o frío puede hacer que el pico de producción se reduzca.

2.7. Heredabilidad (h^2)

La heredabilidad (h^2) es la proporción de la superioridad o inferioridad de un animal sobre el promedio del rebaño, que transmite dicho animal a su descendencia, (Davis, 1979). Además es el parámetro más importante a tener en cuenta cuando se implementa cualquier tipo de programa de Mejora Genética.

Los valores de la heredabilidad en una población expresan la porción de la varianza fenotípica que es debida a la herencia, (Ruiz, 1965), y más correctamente cuando nos referimos a la heredabilidad de un carácter, nos estamos refiriendo a la parte de las diferencias que para ese carácter en una población, es debido a la herencia. Mide la importancia relativa de las influencias genéticas y ambientales en un carácter cuantitativo específico. Más concretamente, mide qué parte de la variabilidad total de la característica es causada por las diferencias genéticas entre los animales en los que las medidas fueron tomadas.

Añade Lush (1965) que la heredabilidad puede ser definida en un sentido amplio estrecho.

La **heredabilidad en sentido amplio (H)** se basa en la varianza genotípica:

$$H = \sigma^2_G / \sigma^2_P$$

Y, por tanto, mide en qué medida la varianza fenotípica está determinada por la varianza genotípica; es decir, incluye los efectos de la varianza por dominancia y de la varianza epistática.

La **heredabilidad en sentido estricto (h²)** mide la proporción de la varianza fenotípica total que está determinada por la varianza genética aditiva:

$$h^2 = \sigma^2_{G_a} / \sigma^2_P$$

El valor numérico de la estimación de la heredabilidad se da como un porcentaje o decimal, y debe, por supuesto, encontrarse entre 0 y 1 (Robledo, 2010).

Una estimación de la heredabilidad es una descripción parcial de un rasgo en un grupo de animales en un momento en particular.

Esta estimación puede variar (para cada característica) entre distintas poblaciones, o puede variar en la misma población en distintos momentos de su historia. Esto es natural ya que las distintas poblaciones difieren en su composición genética y porque hay muchas circunstancias ambientales diferentes para una misma población de año en año (Robledo, 2010).

El valor de heredabilidad puede aumentar o disminuir. El aumento se debe a una reducción en la varianza del ambiente o de un aumento en la variación genética. Por el contrario, se produce un descenso por un aumento en la varianza del medio ambiente o de una reducción en la variación genética.

En general, la estimación de la heredabilidad se basa en el grado de semejanza entre individuos emparentados de alguna población de animales. .

Las técnicas estadísticas utilizadas en el cálculo de la heredabilidad dependen principalmente de los registros disponibles.

Utilidad de la heredabilidad

La importancia radica en que permite:

- Predecir la respuesta a la selección. Cuanto mayor sea su magnitud, mayor será el progreso genético.
- Decidir qué método de evaluación debe ser utilizado para la evaluación genética de los individuos. Cuando la heredabilidad del rasgo es de media a alta (por encima de 0,30), la selección en base al rendimiento propio del individuo permite una tasa relativamente rápida de la mejora. Cuando la característica tiene una heredabilidad baja, se deben usar otros métodos para identificar a los individuos genéticamente superiores.
- Planificar el tipo de apareamiento: el nivel de heterosis es directamente proporcional a la magnitud de la heredabilidad de la característica. Por el contrario, la depresión endogámica esperada es inversamente proporcional.

En la selección de características con heredabilidad de media a baja como la producción por lactación, es necesario recurrir a ayudas de selección que permitan el aprovechamiento de una mayor información para la evaluación genética de los individuos (Montoya, 1996)

2.8. Repetibilidad (r).

La repetibilidad es un concepto estrechamente relacionado con la heredabilidad y es de gran ayuda para los caracteres que se expresan varias veces en el animal, tales como peso al nacer, peso al destete, producción de leche. Como la repetibilidad se refiere a diferentes registros de un mismo animal, no hay por tanto segregación o combinación independiente de los genes, y por ello las diferencias ambientales son las causantes de las diferencias en los registros.

En el caso de los efectos ambientales con respecto a la repetibilidad, estos se pueden dividir en dos componentes: Variación ambiental de efectos permanentes (VMP), que son aquellos que una vez ocurren en el animal afectan de allí en adelante el desempeño del animal y es reflejado en; el ejemplo clásico es la pérdida de un cuarto de una vaca, el cual afectará la producción de la leche en las siguientes lactancias. La variación ambiental de efectos temporarios (VMT) son las variaciones de la producción que se dan dentro de un mismo individuo por las diferentes influencias del ambiente y el manejo; las cuales ocurren de época en época, como por ejemplo, cambios de alimentación, enfermedad etc.

Por tanto es necesario obtener la forma de medir el valor de cada tipo de influencia que actúa en las producciones que se repiten, para poder establecer la correlación

entre ellas con la finalidad de evaluar las futuras producciones de los animales. Esto puede ser hecho a través de la estimativa de la repetibilidad, que es calculada en términos de la varianza fenotípica. Ossa (2003) la define como la correlación de diferentes registros para un carácter en particular o como la expresión del mismo carácter en diferentes épocas de su vida productiva.

La repetibilidad (también conocida como coeficiente de correlación intraclase) es una medida estadística de la consistencia entre medidas repetidas de un mismo carácter en un mismo individuo. Generalmente se la denomina como r_i y su valor se expresa como una proporción. Un valor de repetibilidad de uno indica que la medida es perfectamente consistente y repetible, y que el investigador no comete ningún error en la medición de ese carácter. Un valor de cero indica que las medidas repetidas obtenidas de ese carácter son tan distintas como si se hubieran tomado a partir de individuos distintos tomados al azar (Senar 1999).

2.9. Valor Genético (VG)

La estimación del valor genético es un criterio de selección fundamental, el cual el productor debe tener muy presente al momento de elaborar un programa de selección para el mejoramiento genético del hato. Los efectos de ecosistema y nivel tecnológico influyen en la estimación del valor genético de los animales, así como también los efectos del grupo racial son fundamentales en la estimación del VGE (Abrego, 1997).

La estimación del valor de cría o genotipo aditivo de la característica a seleccionar es uno de los aspectos más cruciales de un programa de mejoramiento genético, más si se tiene en cuenta la gran influencia de la precisión del estimado sobre el éxito de la selección.

El índice es una estimación del valor genético de un animal para un carácter determinado. Es la predicción de los efectos acumulados de los distintos genes que controlan el carácter estudiado.

Al igual que cualquier estimación, cada índice está acompañado por su precisión, medida por el Coeficiente de Determinación (CD). Cuanto más cercano es su valor a 1 (o al 100%), más precisa será la estimación del valor genético.

Para que un índice corresponda al valor genético más probable de un animal, hay que tener en cuenta todos los factores que actúan en una producción (efectos genéticos y no genéticos). En efecto, el potencial genético de un animal se expresará de forma diferente en función de las condiciones ganaderas, por ejemplo.

Las producciones medidas deben por lo tanto "corregirse" de los efectos del medio; ya sea por razones biológicas o del manejo.

2.10. Requerimiento para determinar el valor el genético

El principal requisito para determinar el valor genético es el uso de registro, ya que es importante conocer los datos del padre de la madre y toda la estabulación de las actividades productivas.

En la actualidad contamos con una serie de registros automatizados que facilitan el ordenamiento, estabulación y análisis de la información, donde se puede interconectar la data con Excel y de ahí a programas estadísticos como SAS u otros.

El Sistema SAS (Statistical Analysis System) es un paquete de software que abarca múltiples áreas de trabajo del campo científico, centrándose especialmente en todas las ramas de la Estadística aplicada. Dado que esta disciplina es prácticamente universal en la actualidad, la utilidad de este software puede extenderse a la mayoría de las ciencias experimentales y sociales (Marques, 2013) Actualmente, los diferentes módulos de SAS hacen que este sea un software de los que se llama como “de inicio a fin”. Permite crear gráficos, trabajar como una hoja de cálculo, compilar programas en lenguaje C, entre otros.

El manual SAS es sencillo, se recomienda para aquellas personas con algunos conocimientos de estadísticas que quieran iniciarse en el análisis estadístico de los datos mediante este programa. (Arauz, 2000).

En este caso la finca utiliza el programa Vampp bovino 3.0 que es un programa diseñado para el manejo de hatos bovinos lecheros, doble propósito, cría y engorde. Es una herramienta que apoya la toma de decisiones basado en su potente capacidad de almacenamiento, correcciones y ordenamientos estándares de integridad seguridad lo que garantiza la confiabilidad y calidad de la información.

Este programa ha sido adaptado y validado a las condiciones tropicales de Latinoamérica. El Vampp inicialmente es un programa desarrollado por la Universidad de Utrich, Holanda y ha sido adoptado por los sistemas de producción lechera en el trópico (Arauz, 2000).

Figura 5. Sistema de Registro computarizado Vampp Bovino.



III. METODOLOGÍA

3.1. Sitio experimental

La Investigación se basó en los datos lactacionales obtenidos en una finca especializada Grado A, con vacas de la raza Holstein, ubicada en ojo de agua, distrito de tierras altas, provincia de Chiriquí, con una altitud de 1300 a 1500 msnm con topografía accidentada y pendientes altas, presenta relieves complejos con presencia de montaña, cerros y colina bajas. Tiene una temperatura promedio de 19°C, precipitación 2679 mm anual y una humedad de 88%. Coordenadas geográficas 8°46´N 82°38´O / 8.77, 82.63.

3.2. Unidad de producción

La unidad intensiva de producción de leche, Finca Ojo de agua donde se realizó esta investigación, cuenta con un hato de la raza Holstein, con vacas en producción categorizada en lotes de alta, media, baja producción y novillas. Esta finca se encuentra dividida en mangas con pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) y bebederos. La unidad posee ordeño mecanizado, galeras de suplementación, concentrado y ensilaje de pasto estrella como alternativa de alimentación.

3.3. Metodología experimental

Esta investigación se fundamentó en generar los valores de heredabilidad de los parámetros de la curva de lactación y valor genético de la producción de leche total, máximo y persistencia en vacas hasta la tercera lactancia.

Se tomaron los datos de producción de leche secuencial de vacas Holstein hasta la tercera lactancia, tomando el máximo de producción y los días que permanece el mismo. De acuerdo con la metodología establecida por Wood 1967.

Los datos generales para la realización de los análisis fueron depurados tomando en cuenta la cantidad de hijas por toro y la producción de leche ajustada a los 305 días por Wood 1967, aquellas vacas que no presentaban un pico de lactancia en la curva fueron descartadas, ya que este problema puede ser afectado por factores ambientales. Se trabajó con un total de 15 toros y 72 hijas, que sería el 54.1% de las hijas que se ajustaron al modelo de Wood.

Para obtener el valor genético de animales se calculó la media poblacional, desviación estándar y coeficiente de variación; agrupada por primera, segunda y tercera lactancia. Este promedio corresponderá a las hijas de cada toro.

$$VG = h^2 (P_i - P)$$

Donde:

h^2 = heredabilidad

P_i = Promedio fenotípico del hato

P = valor del individuo seleccionado

3.4. Muestreo

El muestreo para esta investigación se realizó a través de una base de datos o registro de la finca.

Se exportó la base de datos a Excel, se depuró de acuerdo a lactancias no terminadas y agrupación de las lactancias según las vacas y toros. Se determinó la producción de leche con la duración de lactancias, se ajustó a los 305 días, luego se agrupó las lactancias según las vacas de acuerdo a cada toro para estabular y estructurar la base de datos que tengan toros, hijas y producción de leche ajustada a los 305 días.

En caso del valor genético se obtuvo un promedio de hato que se le restara a cada grupo de hijas, luego se multiplicara por la heredabilidad resultante.

3.5. Parámetros a evaluar

- Producción le leche real (kg).

Se analizó la producción de leche diaria, semanal y por lactación expresada en kilogramos; el máximo de producción, tiempo al pico de producción usando el modelo de Wood (1967).

- Producción de leche ajustada a los 305 días (kg).
- Producción de leche semanal acumulada (kg).
- Pico de lactación (kg).
- Persistencia
- Heredabilidad.

- Valor genético.

3.6. Diseño experimental

3.6.1. Modelo matemático básico

Los datos de producción de leche semanal, real y ajustada a los 305 días, se analizó bajo el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_j + B_i + C_k (DL) + T_m + H_n + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Producción de leche semana (kg/semana)

μ = media poblacional

A_j = Efecto de número de lactancias

B_i = Efecto de año de parto.

$C_k (DL)$ = Efecto de mes de parto dentro de cada año (Enero, febrero... Diciembre).

T_m = Efecto de Toro

$H_n (T_m)$ = Efecto hija dentro de Toro

e_{ijkl} = Error experimental.

3.6.2. Modelo no lineal Wood 1967

Las curvas lactacionales se determinaron a través de la expresión tipo gamma incompleta, descrita por Wood (1967):

$$y_t = at^b e^{-c^t}$$

y_t = Producción de leche a un tiempo determinado

a = producción de leche a inicio de la lactancia

b = ascenso de la curva

c =descenso de la curva

t = día de lactancia

3.6.3. Persistencia

$$s = -(b + 1) \text{Ln}(c)$$

Donde:

b = Tasa de incremento al máximo de producción.

Ln = logaritmo natural

C = tasa de declinación después del máximo de producción.

3.6.4. Heredabilidad

Análisis de Varianza no balanceado.

Fuente	g.l.	SC	CM	ECM
Entre (B)	t-1	$\frac{\sum y_i.^2}{n} - \frac{y..^2}{tn}$	$\frac{SC_B}{(t-1)}$	$\sigma_W^2 + n \sigma_B^2$
Dentro (W)	tn - t	$\sum y_{ij}^2 - \frac{\sum y_i.^2}{n}$	$\frac{SC_W}{tn-t}$	σ_W^2
Total	tn - 1	$\sum y_{ij}^2 - \frac{y..^2}{tn}$		

S = número de toros.

D = número total de vacas.

n... = número total de individuos.

➤ Con igual número de vacas/toro y progenies/vaca:

K1 = K2 = número de progenies/vaca.

k3 = número de progenies/toro.

Para calcular la heredabilidad se utilizara la siguiente fórmula:

$$h^2 = 4 \times \sigma^2_S / (\sigma^2_S + \sigma^2_E)$$

Donde:

σ^2_S = variación entre los padres.

σ^2_E = variación dentro de los padres (dentro del cuadrado medio).

σ^2_P = varianza fenotípica.

σ^2_G = varianza genética.

El número de progenie por progenitor fue estimado para balancear las descripciones entre toro, es decir generar la progenie estándar que califique en la base de datos para la heredabilidad.

3.6.5. Valor genético

El valor genético se determinó con la siguiente fórmula:

$$VG = h^2 (P_i - P)$$

Donde:

h^2 = heredabilidad

P_i = Promedio fenotípico del hato

P = valor del individuo seleccionado

Para esta investigación se utilizaron 29 toros que se mostraran en el siguiente cuadro:

Cuadro I. codificación de los Toros utilizados en esta investigación.

N° de toro	Código del Toro
1	toro29H011153
2	toro29H11153
4	toro29H11355
5	toro7H7428
6	toro7H9061
7	toro7H8946
9	toro501H10292
12	toro76H0634
13	toro203H979
15	toro7H9587
16	toro7H9625
18	toro7H9133
23	toro7H9722
27	toro29H13316
29	toro29H13754

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de varianza de los indicadores lactacionales ajustadas por Wood.

4.1.1. Producción de leche

Cuadro II. Análisis de varianza de la variable producción de leche Kg/día.

Fuente	GI	SC	CM	F-valor	Pr > F
Lac	2	17250653.45	8625326.72	26.72	0.0003
Año	4	2488152.01	622038	1.93	0.1993
mes (año)	34	23036676.21	677549.3	2.1	0.1358
toro	14	12741703.73	910121.69	2.82	0.0722
hija(toro)	49	35129886.94	716936.47	2.22	0.1155
Error	8	2582299.08	322787.39		

Coefficiente de Variación: **6.2%**

R² cuadrado= **0.97%**

GI= Grados de libertad

SC= suma de cuadrados

CM= cuadrado medio

En el análisis de varianza presentado en el cuadro II, indicó que la lactancia afectó significativamente ($p < 0.05$) la producción de leche, donde se contemplaron vacas de primera, segunda y tercera lactancia con diferentes medias presentadas en la gráfica I. No así los años, meses, toros e hijas dentro de toro.

Valor de heredabilidad

Según los datos de análisis de varianza se determinó que la heredabilidad obtenida para la variable producción de leche es de **0.30** que se encuentra dentro del rango de una heredabilidad media, coinciden con otros autores que estimaron heredabilidades en las tres primeras lactancias de vacas Holstein (0,23 a 0,40) mediante el uso del modelo animal (Albuquerque *et. al.*, 1996; Swalve y Van Vleck, 1987; Visscher y Thompson, 1992; Carlén *et al.*, 2004).

Es una variable que se puede mejorar por medio de selección o a través de cualquier método de mejoramiento; este resultado indica que el 30% de las mejoras en la finca Ojo de Agua es debido a la genética y un 70% factores ambientales.

Cuadro III. Porcentaje de diferencia entre la primera, segunda y tercera lactancia de las variables producción de leche, persistencia, máximo de producción y tiempo al máximo de producción.

	I1 y I2	I2 y I3	I1 y I3
PI	6.49%	4.90%	11.08%
pers	2.14%	1.59%	3.76%
peak	10.95%	4.91%	15.33%
Tpico	14.38%	12.74%	22.45%

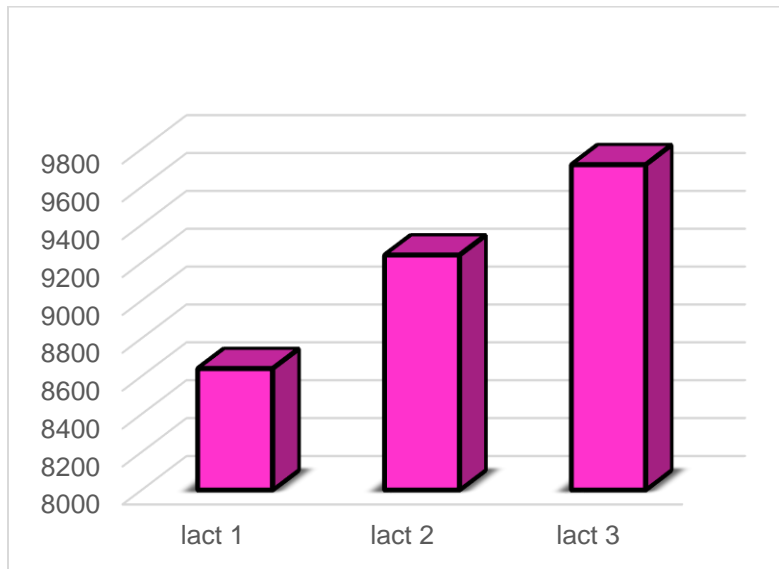
PI= producción de leche

Pers= persistencia

Peak= máximo de producción

Tpico= tiempo al máximo de producción

Gráfica I. Potencial productivo de lactancia (Kg).

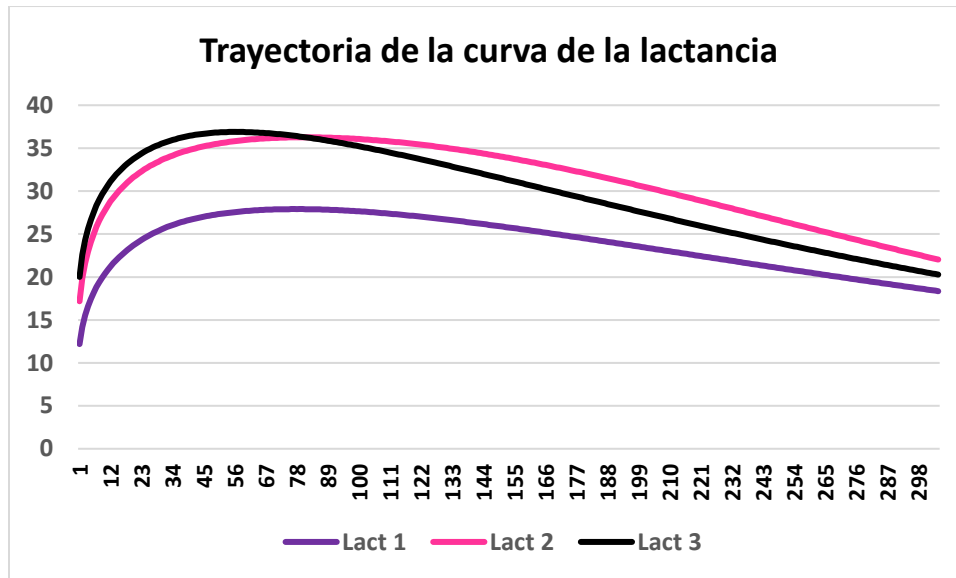


La producción de leche fue aumentando con los números de parto debido que la vaca ha llegado a una madurez lactacional fisiológica. Cañas *et al.*, (2012) señala que la cantidad de leche que produce una vaca aumenta con el número de partos, lo que se debe principalmente al aumento en peso, que se traduce en un sistema digestivo y una glándula mamaria más grande. Indicando en esta gráfica una producción en la primera lactancia de 8639.75kg, segunda lactancia 9239.55kg y en la tercera lactancia de 9716.99kg que quiere decir un 11.08% de aumento (cuadro II); que coinciden con Vargas (1990), citado por Palaquibay, (2003) estima que la vaca en su primera lactancia produce alrededor del 70 al 75%, en la segunda 90% y en la tercera 95%, a partir de este parto alcanza el 100% de su rendimiento.

Los resultados obtenidos muestran que a medida que aumentan los partos, aumenta la producción inicial de leche y la producción al pico, Vaccaro 1998, citado por Botero y Vertel (2006) señala que vacas de primer parto tienen un 12% menos en producción de leche, comparada con la producción de hembras multíparas. El

número de partos ha sido reportado, por varios autores, como uno de los factores no genéticos más influyentes en la forma de la curva de lactancia.

Gráfica II. Curvas de primera, segunda y tercera lactancia del hato lechero.

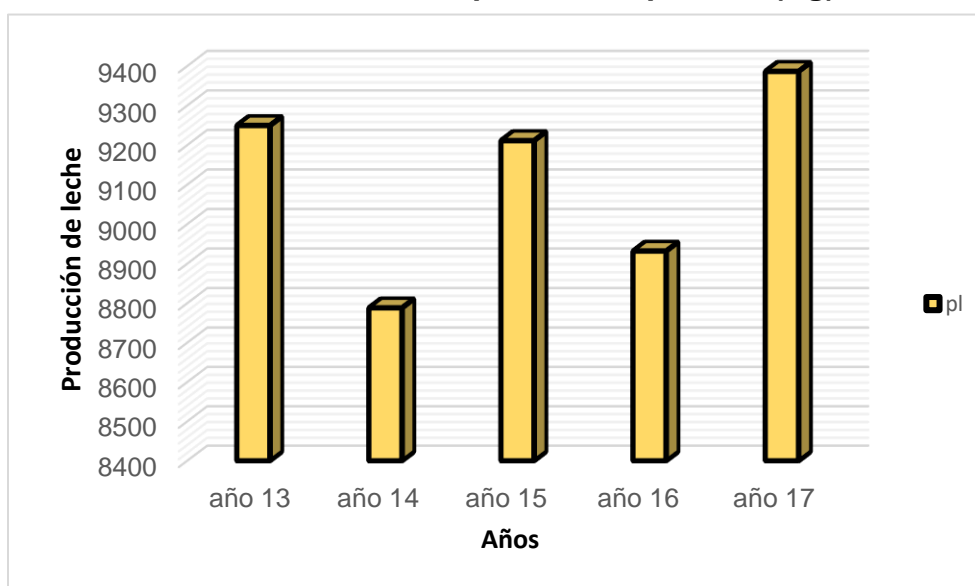


En la primera lactancia se obtuvo un promedio de producción láctea de 8,639.75 kg y una persistencia de 7.16, alcanzando el máximo de producción a los 33.07 kg, en la segunda lactancia en promedio se obtuvo una producción de leche de 9239.55 kg, con una persistencia de 7.01 y alcanzó el máximo de producción a los 37.14 kg y en la de tercera lactancia indican una producción de leche promedio de 9,716.99 kg con una persistencia de 6.19 y un máximo de producción de 37.09 kg (grafica II). El pico de producción marca la pauta de la lactación completa. Las vacas primerizas tienden a dar curvas más chatas, ya que el pico de lactación es 25% menor que el de las vacas adultas. (Gasque 2008).

En esta grafica hay una interacción cruzada en la curva de tercera lactancia afectada por un factor no genético probablemente nutricional o de manejo, ya que no mantuvo la persistencia. Según Bretschneider *et al.*, (2015), la suplementación

se basa en los requerimientos promedio del hato y, consecuentemente, todas las vacas reciben diariamente la misma dosis de balanceado lo que equivale a una menor persistencia, por otro lado, la suplementación se basa en los requerimientos individuales y, por lo tanto, cada vaca recibe diariamente una dosis definida de balanceado según sus necesidades nutricionales lo que indica una mayor persistencia.

Gráfica III. Potencial productivo por año (Kg).

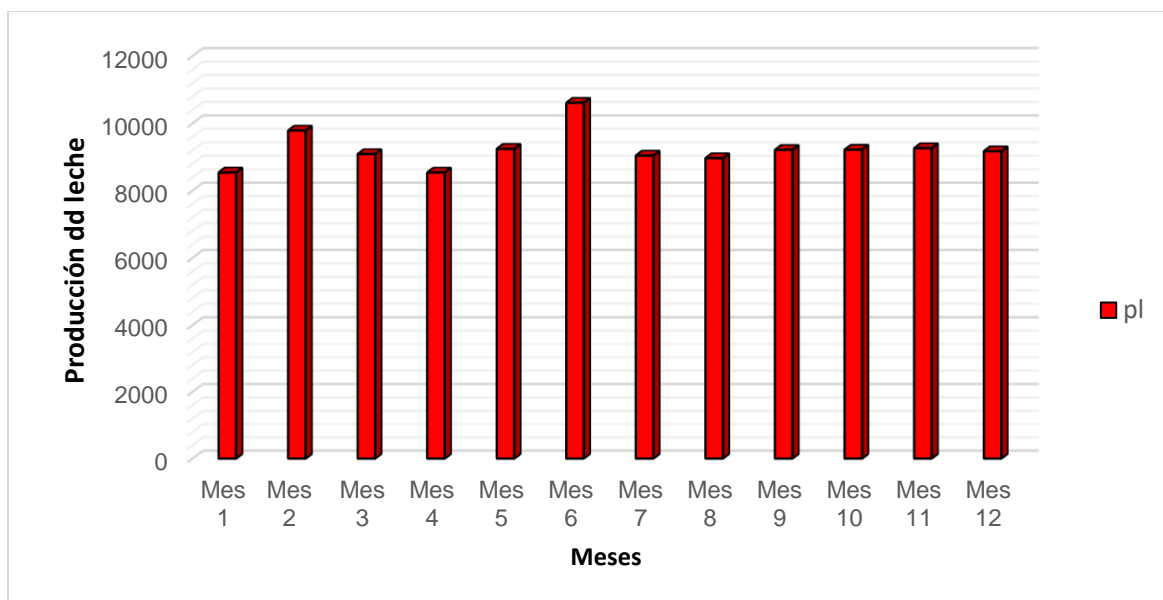


Como se puede observar en el grafico III, la máxima producción se dio en el año 2017 y la menor en el año 2014 con una diferencia de 598.10kg de leche, sin embargo no hubo diferencias significativas entre los años $P>0.05$ (cuadro II) lo que quiere decir que el comportamiento y manejo productivo de los toros fue similar al pasar de los años.

La vaca que tiene genéticamente una alta producción de leche, producirá con deficiencia si se alimenta en forma inadecuada para mantener sus necesidades. Por su parte, Hernández *et al.*, (2002) plantean que la producción de leche, por vaca por año en el trópico, es aproximadamente una cuarta parte de la lograda en zonas templadas debido a factores ambientales que tienen mayor efecto en el comportamiento de la raza Holstein. Se mencionan además la disponibilidad y calidad de los alimentos, el manejo, trastornos fisiológicos, patologías y el clima.

Los efectos de año de parto según Baglina *et al.*, (1970), señala que las vacas que paren a principio de invierno son las que producen más leche en toda la lactancia, de 10 al 20%.

Gráfica IV. Potencial productivo por mes de todos los años (Kg/día)



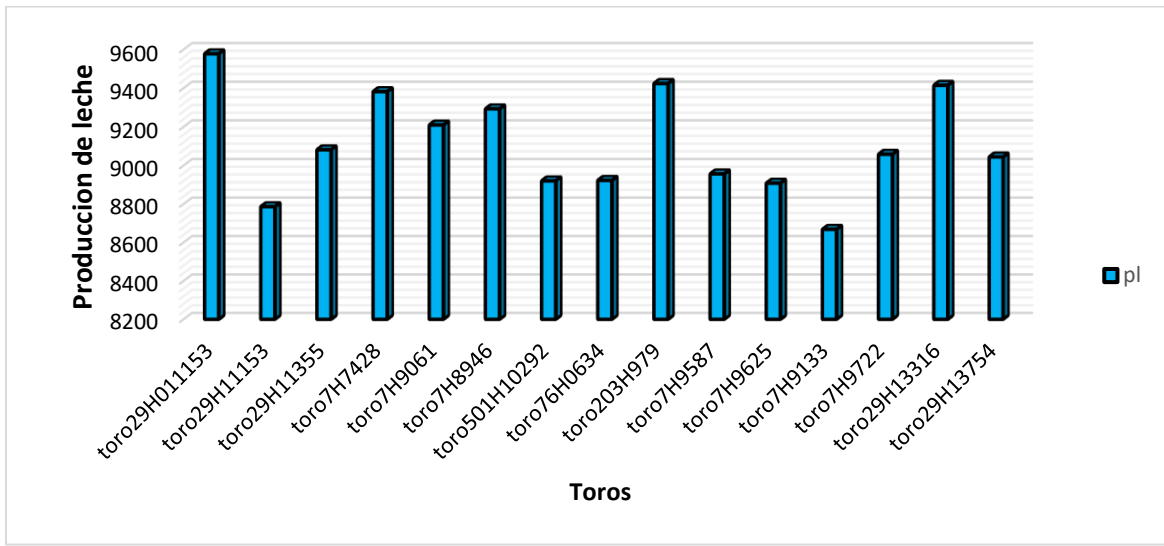
En este análisis de la media de producción de leche de vacas Holstein se observaron que los meses donde aumentó la producción fueron febrero y junio (grafica IV), el

aumento de producción en el mes de febrero es muy probable que sea debido a la influencia de factores no genéticos ya que este mes pertenece a la época seca y difiere con lo que señala, Ivita (1984) en que la menor producción de leche total se da cuando se presenta la época seca durante los meses de verano debido a la mala condición física de la vaca después del parto, especialmente en aquellos animales con mayor porcentaje de sangre europea.

En otras condiciones la duración de las lactancias iniciadas en invierno son más largas que las iniciadas en verano. Loyola *et al.*, (1996), establecieron una correlación de 0.526 entre duración de lactancia y producción total de leche por lactancia.

Herrera (1998), afirmó que los meses lluviosos se superan la línea de crecimiento el pasto. Sin embargo, en el poco lluvioso la escasez de precipitaciones inciden directamente de forma negativa sobre el comportamiento del ganado al verse afectada la disponibilidad de pastos y forrajes, esta variable constituye un limitante en época poco lluviosa para lograr sostenibilidad en el agro ecosistema.

Gráfica V. Potencial productivo de los toros (Kg).



El comportamiento de los toros con las variables evaluadas mostro diferencias significativas $P < 10$ tal como se puede mostrar en el cuadro II.

Las hijas del toro 29HO11153 fueron las que tuvieron mayor potencial productivo en el hato, seguido por el toro 203H979 y en un tercer lugar el toro 29H13316. Lo que indica que los próximos reemplazos serian hijas de estos toros. La diferencia del toro con mayor potencial lechero con respecto al de menor potencial es de 153,66 kg de leche. (Grafica V).

Cuadro IV. Valores genéticos de los toros con respecto a la producción de leche.

toro	H2	toro (\bar{x}) kg/305	\bar{x} pl	VG
1	0.3	9577.76	9154.419	127.00
2	0.3	8786.38	9154.419	-110.41
4	0.3	9081.16	9154.419	-21.98
5	0.3	9381.92	9154.419	68.25
6	0.3	9209.55	9154.419	16.54
7	0.3	9292.99	9154.419	41.57
9	0.3	8920.48	9154.419	-70.18
12	0.3	8923.04	9154.419	-69.41
13	0.3	9424.1	9154.419	80.90
15	0.3	8956.56	9154.419	-59.36
16	0.3	8908.56	9154.419	-73.76
18	0.3	8668.29	9154.419	-145.84
23	0.3	9058.07	9154.419	-28.90
27	0.3	9414.66	9154.419	78.07
29	0.3	9044.1	9154.419	-33.10

Como se observa en el cuadro IV el toro con el valor genético más alto en la variable producción de leche es el toro N°1, seguido el toro N°13 y luego el toro N°27. El 40% de los toros presentaron un valor genético superior al de la media productiva del hato.

4.1.2.Persistencia

Cuadro V. Análisis de varianza de la variable Persistencia

Fuente	gl	SC	CM	F-valor	Pr > F
Lac	2	1.06378408	0.53189204	5.16	0.0363
Año	4	1.01383577	0.25345894	2.46	0.1296
mes (año)	34	9.74782286	0.28670067	2.78	0.0654
toro	14	2.26810608	0.16200758	1.57	0.2639
hija (toro)	49	6.92715526	0.14137052	1.37	0.3345
Error	8	0.82420496	0.10302562		

Coeficiente de Variación: **4.5%** R-cuadrado: **0.96%**

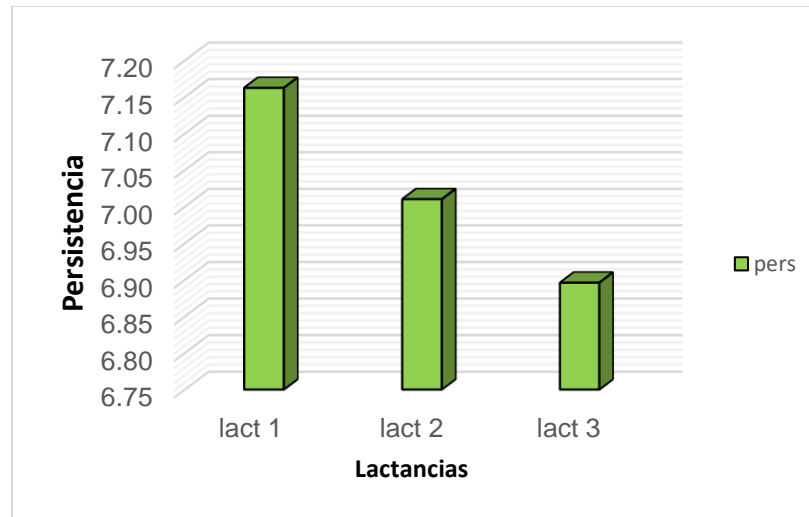
En este análisis de varianza hubo diferencias altamente significativas en lactancias y mes dentro de año ($P < 0.05$), no así con los años, toros e hijas dentro de toro $P > 0.05$. (Cuadro V).

Valor de heredabilidad

En general, los estimados de heredabilidad para la persistencia varían significativamente entre las medidas de persistencia. Shanks *et al.*, (1981) informaron heredabilidad por persistencia de 0.02, con la utilización de una función gamma incompleta, pero Batra *et al.*, (1987) encontró heredabilidad de 0.21 para este rasgo en Holstein canadiense, a través de la función gamma. En un estudio de Atashi *et al.*, (2006) de heredabilidades basadas en modelos univariados, estos valores se encontraron entre 0.046 y 0.081 mientras que Pereira *et al.*, (2012) constataron que la heredabilidad varió de 0.10 a 0.25 en ganado Gyr brasileño; Este último autor hace referencia a los datos encontrados en este estudio, la

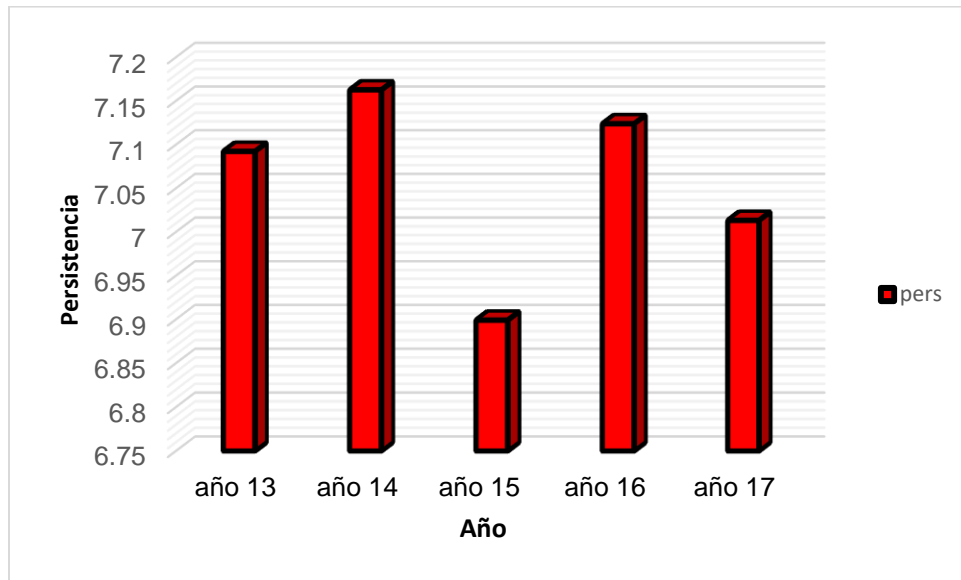
heredabilidad para persistencia de **0.17** se encuentra dentro del rango, tomando en cuenta los datos del análisis de varianza (cuadro V).

Gráfica VI. Persistencia de lactancias.



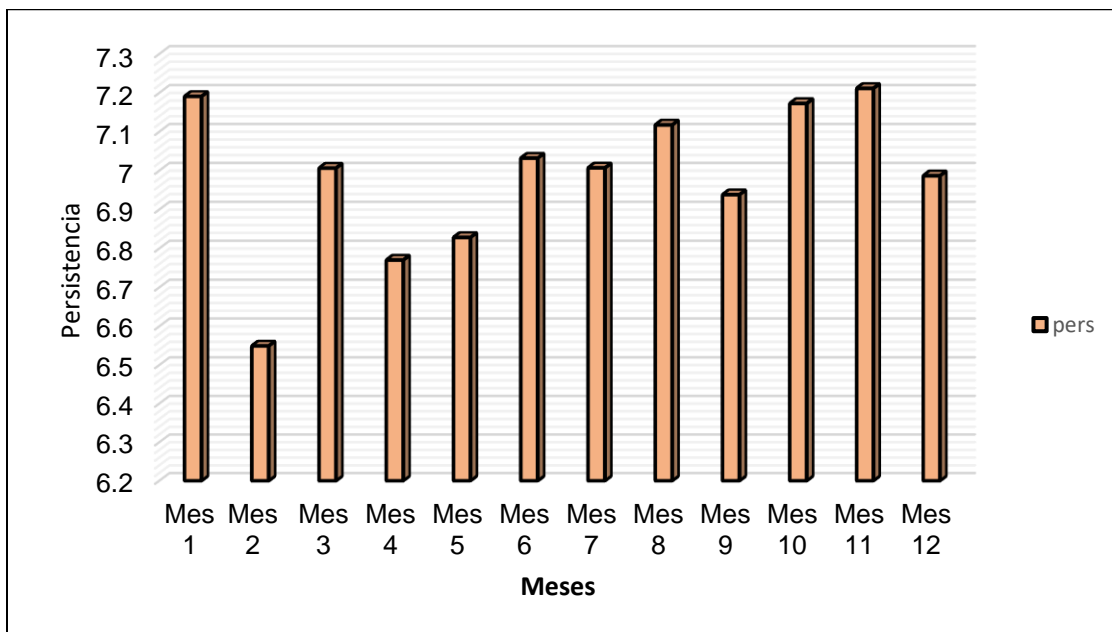
La persistencia en este caso fue disminuyendo con el número de lactancias, lo que indica que vacas más productoras es decir las de tercera lactancia (gráfica I) tienen ligeramente una menor persistencia y las de primera lactancia tienen mayor persistencia. La diferencia de persistencia fue de 3.63%. La persistencia varía en cada vaca, pero normalmente en la primera lactancia la vaca es más persistente que en la segunda o la tercera (Márquez, 2014).

Gráfica VII. Persistencia por años.



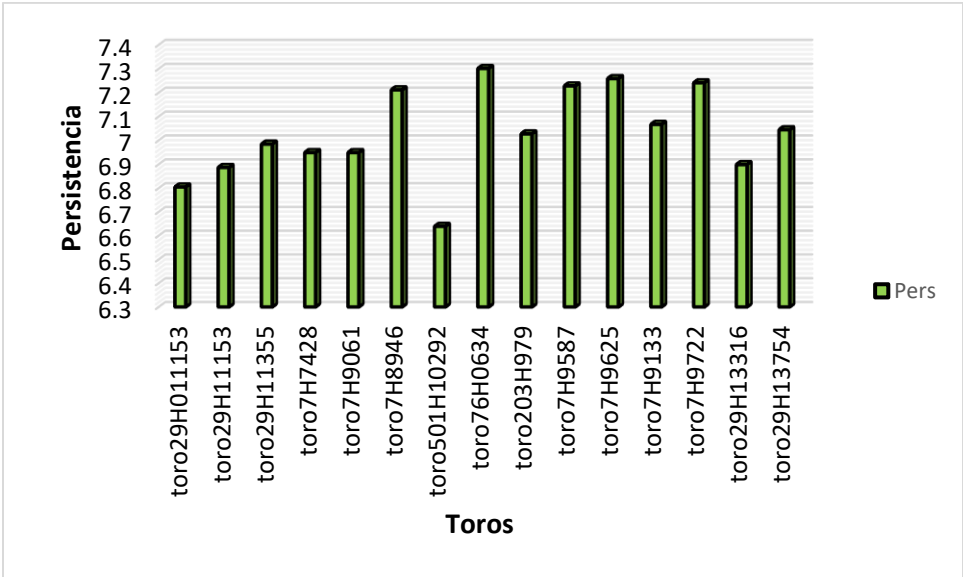
Como se observa en la gráfica VII, el año con mayor persistencia en la producción de leche fue el 2014 con 7.16 y el menor el año 2015 con 6.89 lo que indica una diferencia del 3.63%.

Gráfica VIII. Persistencia por mes.



Los meses con mayor persistencia según este estudio son enero, noviembre y octubre. Indica diferencias altamente significativas como se presenta en el cuadro V. La persistencia es una variable que se ve afectada por diversos factores ambientales, en este análisis la persistencia fue muy variables ya que en algunos meses aumentaba y otros disminuía como es el caso de febrero, abril y mayo.

Gráfica IX. Persistencia respecto a los toros.



Como se observa en la gráfica IX el toro con las hijas con mayor persistencia es el toro 76HO634 y el de menor persistencia el toro 501H10292 con una diferencia de 9.04%.

Cuadro VI Valor genético de los toros en la variable Persistencia.

toro	H2	̄x de toro (Día)	̄x pers	VG
1	0.17	6.80	7.03	-0.04
2	0.17	6.89	7.03	-0.02
4	0.17	6.98	7.03	-0.01
5	0.17	6.95	7.03	-0.01
6	0.17	6.95	7.03	-0.01
7	0.17	7.21	7.03	0.03
9	0.17	6.64	7.03	-0.07
12	0.17	7.30	7.03	0.05
13	0.17	7.03	7.03	0.00
15	0.17	7.23	7.03	0.03
16	0.17	7.26	7.03	0.04
18	0.17	7.07	7.03	0.01
23	0.17	7.24	7.03	0.04
27	0.17	6.90	7.03	-0.02
29	0.17	7.04	7.03	0.00

El valor genético de los toros en la variable persistencia, el toro N°12 obtuvo un resultado de 0.05 siendo el mejor en este caso. (Cuadro VI). El 46.6% de los toros presentaron un valor genético superior a la media del hato.

4.1.3. Máximo de producción.

Cuadro VII Análisis de varianza de la variable máximo de producción.

Fuente	GI	SC	CM	F-valor	Pr > F
Lac	2	585.6224392	292.81122	49.86	<.0001
Año	4	190.6494586	47.6623647	8.12	0.0064
mes (año)	34	561.2557607	16.5075224	2.81	0.0636
Toro	14	211.2654557	15.0903897	2.57	0.0912
hija (toro)	49	539.1900126	11.0038778	1.87	0.1746
Error	8	46.977101	5.872138		

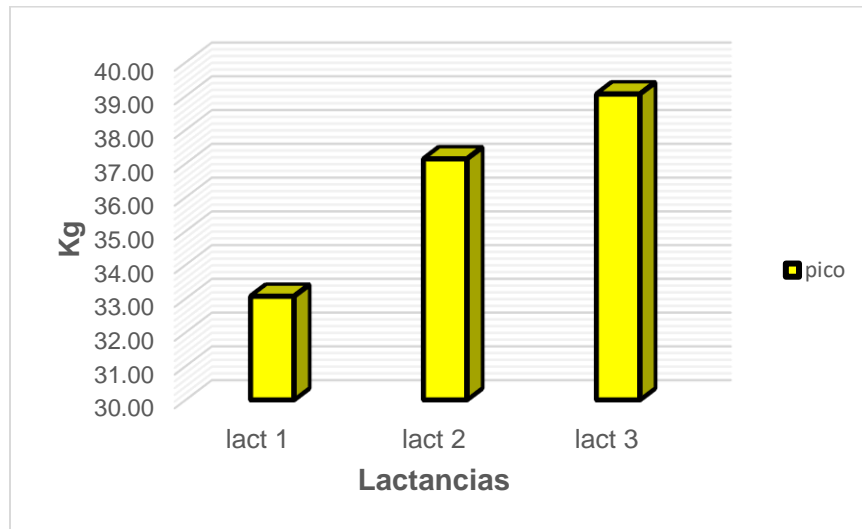
Coeficiente de variación: **6.67%** R-cuadrado: **0.97%**

En este análisis de varianza se determinó que en las lactancias hay diferencias altamente significativas $P < .0001$ al igual que año, que es similar con lo descrito por Fuentes (2004), sin embargo los meses dentro de año, toros e hijas dentro de toro no hubo variabilidad $P > 0.05$ (Cuadro VII).

Valor de heredabilidad

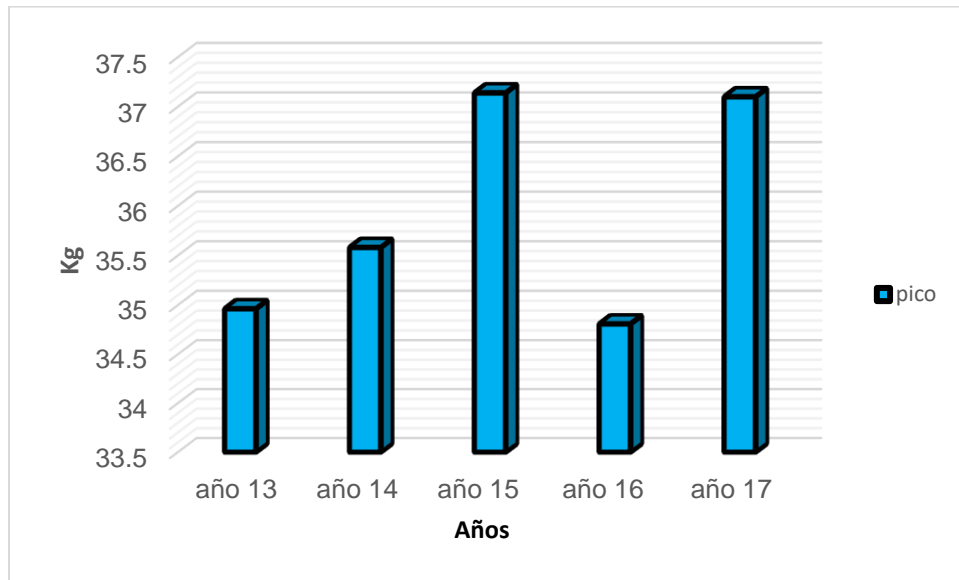
Según los datos obtenidos en el análisis de varianza (cuadro VI) de máximo de producción de leche la heredabilidad para esta variable es de **0.40**. El estudio realizado por López *et al.*, (2009) la heredabilidad para esta variable fue 0.16, valor ligeramente inferior al estimado por Rekaya *et al.*, (2000) de 0.26. Sin embargo, este valor es menor al obtenido en el mismo estudio (0.41 a 0.45) para la tercera lactancia, este último valor es muy cercano al obtenido en nuestro estudio.

Gráfica X. Lactancia en el máximo de producción (Kg).



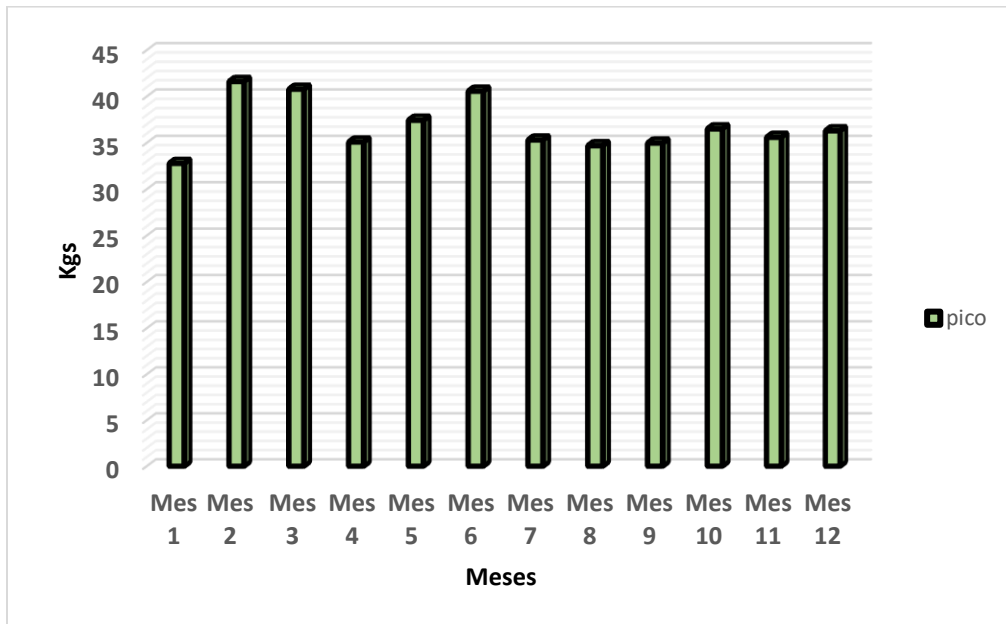
Como se observa en la gráfica X las vacas primíparas llegaron a máximo de producción más rápido con 33.07 kg que las vacas multíparas a los 39.06 kg, También indica que a mayor número de partos, mayor fue la producción al pico de producción (grafica I), datos similares fueron encontrados por Valdés (1992). Donde a medida que se incrementa las lactancias, mayor era la producción al pico en ganado Holstein al igual que Schutz *et al.*, (1990), que observó que el pico de producción aumenta a medida que se incrementa el número de partos en las razas Holstein, Jersey y Guernsey.

Gráfica XI. Máximo de producción por años.



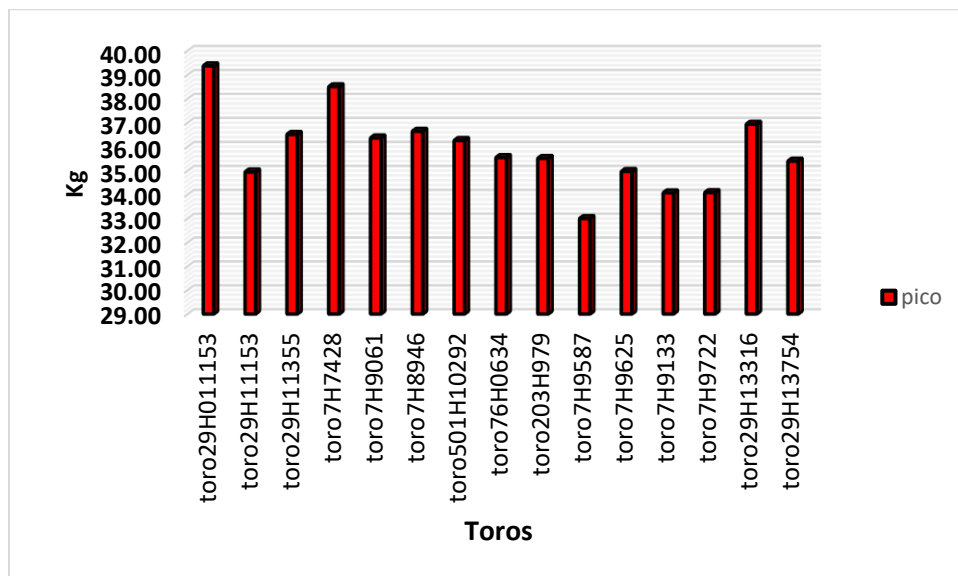
El máximo de producción describe que en el año 2016 las vacas alcanzaron el máximo de producción a los 34.81 kg a diferencia del año 2015 con 37.14 kg, obteniendo una diferencia de 2.33 kg entre años.

Gráfica XII. Máximo de producción por mes.



En el máximo de producción según los meses, el que alcanzó el máximo de producción más rápido fue abril con 35.07kg y febrero el mes que tardo más alcanzar el pico de producción con 41.60 kg, con una diferencia de 6.53 kg.

Gráfica XIII. Máximo de producción por toro.



Como se observa en la gráfica XIII el toro con las hijas que alcanzaron el máximo de producción más rápido es el toro 7H9587 con 33 días y el toro que demoro más días para alcanzar el pico de producción fue el 29H011153 con 39.37 días, lo que indica 6.37 días de diferencia.

Cuadro VIII. Valor genético de los toros en el máximo de producción.

toro	H2	\bar{x} toro (días)	\bar{x} pico	VG
1	0.4	39.37	36.28	1.24
2	0.4	34.95	36.28	-0.53
4	0.4	36.51	36.28	0.09
5	0.4	38.50	36.28	0.89
6	0.4	36.36	36.28	0.04
7	0.4	36.64	36.28	0.15
9	0.4	36.26	36.28	-0.01
12	0.4	35.55	36.28	-0.29
13	0.4	35.51	36.28	-0.31
15	0.4	33.00	36.28	-1.31
16	0.4	34.97	36.28	-0.52
18	0.4	34.07	36.28	-0.88
23	0.4	34.09	36.28	-0.88
27	0.4	36.94	36.28	0.26
29	0.4	35.40	36.28	-0.35

El toro que mostró un mejor comportamiento con respecto a la variable máximo de producción es el toro N°1 con un valor genético de 1.24 (cuadro VIII).

4.1.4. Tiempo al máximo de producción

Cuadro IX Análisis de varianza del variable tiempo al máximo de producción

Fuente	gl	SC	CM	F-valor	Pr > F
Lac	2	4000.52169	2000.26085	4.63	0.0463
Año	4	3013.70226	753.42557	1.74	0.2335
mes (año)	34	25050.62772	736.78317	1.7	0.2185
Toro	14	7095.79443	506.84246	1.17	0.4255
hija (toro)	49	19130.18982	390.41204	0.9	0.6255
Error	8	3459.71684	432.46460		

Coefficiente de Variación: **31.9%** R- cuadrado: **0.94%**

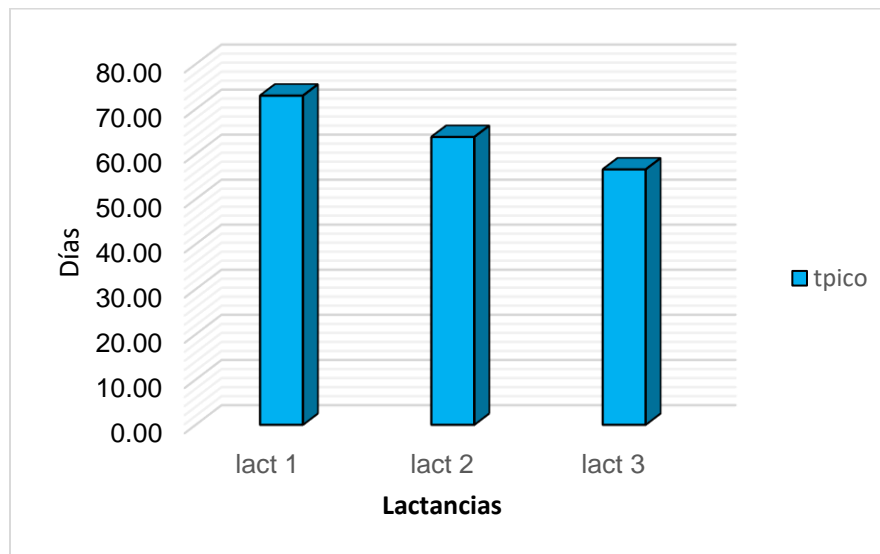
El tiempo al máximo de producción mostró que las lactancias, años, mes dentro de año y toros una alta variabilidad con respecto al tiempo al máximo de producción $p < 0.05$. (Cuadro IX).

Valor de heredabilidad

Según los datos obtenidos en el cuadro VII de análisis de varianza la heredabilidad para tiempo al máximo de producción es **0.33**.

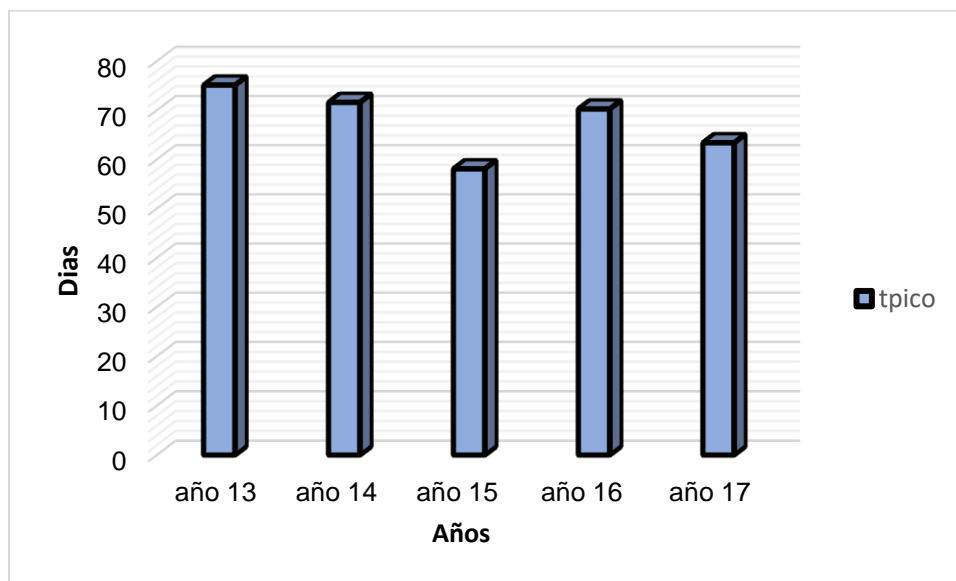
En el estudio realizado por López *et. al.*, (2009), la heredabilidad para días al máximo de producción fue de 0.14 lo que muestra un valor muy por debajo al de este estudio. Este mismo autor indica una heredabilidad de 0.25 para tercera lactancia en días al máximo de producción, lo que demuestra que el ambiente pudo haber afectado esta variable, al contrario de nuestro estudio que se ajustó por lactancias, debido a esto se obtiene una heredabilidad más alta.

Gráfica XIV. Lactancias en tiempo de máximo de producción (Kg).



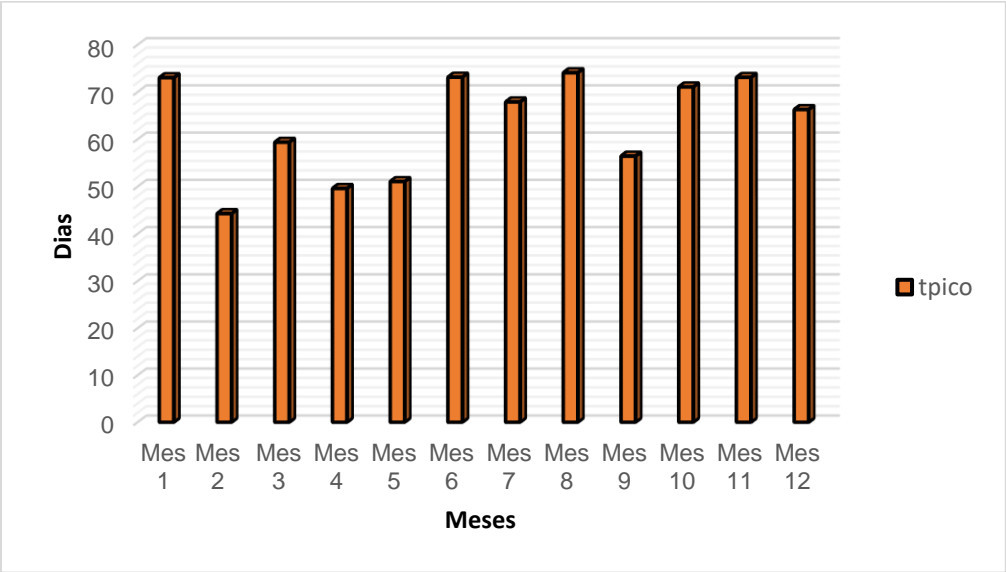
El tiempo al máximo de producción en las lactancias fue disminuyendo con los números de partos, en la primera lactancia 72.98 días, en la segunda 63.80 días y en la tercera lactancia 56.59 días; lo que quiere decir que vacas primíparas demoran más al llegar al pico de producción.

Gráfica XV. Potencial media por año en tiempo al máximo de producción (días).



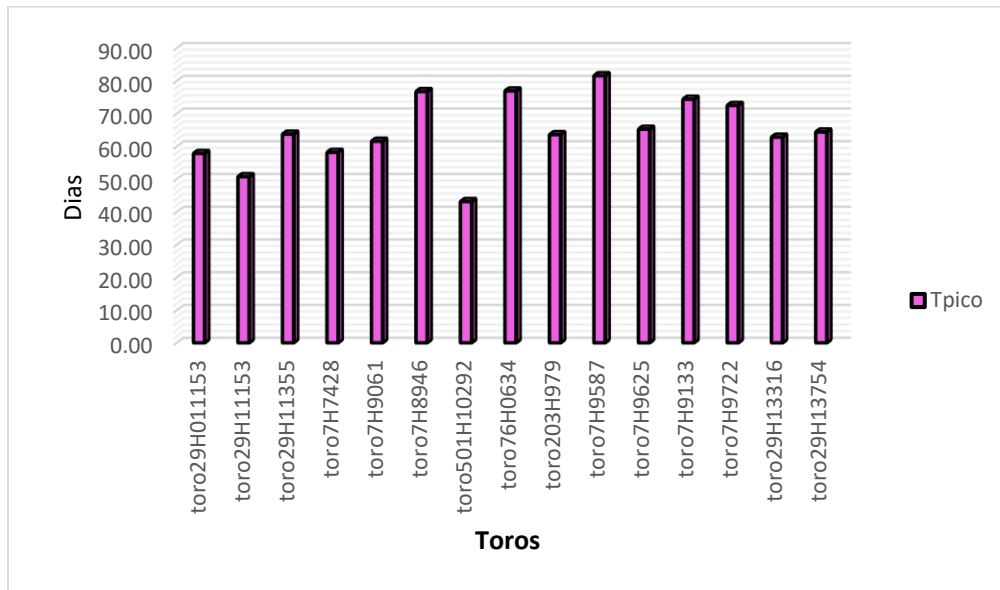
En tiempo al máximo de producción el año 2013 fue el año que las vacas demoraron más días al llegar al pico de producción y el año 2015 fue el que llegó al pico más rápido es decir en menor cantidad de días, con una diferencia de 17 días.

Gráfica XVI. Días al pico de producción por mes.



Los meses en que el tiempo de máximo de producción tuvo más días fueron enero, junio, agosto, octubre y noviembre fue de 73.01, 73.11, 74.06, 71.05, 73,07 días. Y los meses que tuvieron menos días al pico de producción fueron febrero marzo, abril, mayo y octubre fue de 44.25, 59.34, 49.57, 51.03 y 56.41 días. La diferencia fue es 29.81 días o el 40.25%.

Gráfica XVII. Tiempo al máximo de producción por toros (días).



Los toros que presentaron un mejor comportamiento en esta variable fue el toro 501H10292 ya que sus hijas alcanzaron el pico de producción a los 43.13 días, seguido el toro 29H11153 que alcanzo el pico a los 50.73 días y el toro 7H9587 fue aquel que sus hijas demoraron más días (81.55) para alcanzar el pico de producción con una diferencia de 38.42 días, entre los toros.

Cuadro X Valor genético de los toros en la variable tiempo al máximo de producción.

toro	H2	\bar{x} toro (días)	\bar{x} tpico	VG
1	0.33	57.80	65.12	-2.42
2	0.33	50.73	65.12	-4.75
4	0.33	63.71	65.12	-0.47
5	0.33	58.15	65.12	-2.30
6	0.33	61.53	65.12	-1.18
7	0.33	76.71	65.12	3.83
9	0.33	43.13	65.12	-7.26
12	0.33	76.91	65.12	3.89
13	0.33	63.56	65.12	-0.51
15	0.33	81.55	65.12	5.42
16	0.33	65.20	65.12	0.03
18	0.33	74.39	65.12	3.06
23	0.33	72.46	65.12	2.42
27	0.33	62.78	65.12	-0.77
29	0.33	64.36	65.12	-0.25

El toro con el mejor comportamiento para esta variable es el toro N°15 con un valor genético de 5.42 (cuadro X). Este toro sería aquel que se utilizaría para mejorar esta variable en el hato.

4.2. Correlación fenotípica

Cuadro XI Análisis de correlación fenotípica de las variables del estudio.

	PI	pers	pico	tpico
pl	1	-0.05487	0.71119	-0.08436
		0.5655	<.0001	0.3765
pers	-0.05487	1	-0.38145	0.88963
	0.5655		<.0001	<.0001
peak	0.71119	-0.38145	1	-0.39572
	<.0001	<.0001		<.0001
Tpico	-0.08436	0.88963	-0.39572	1
	0.3765	<.0001	<.0001	

PI= producción de leche

Pers= persistencia

Peak= máximo de producción de leche

Tpico= tiempo al máximo de producción

Entre la producción de leche y persistencia la correlación en este estudio fue de 0.56 (cuadro XI), que difiere con Cobuci et al. (2004) donde reportaron que la correlación genética entre la persistencia y el rendimiento lechero a los 305 días variaron de 0.86 a 0.99, respectivamente. Entre las variables persistencia y tiempo al máximo de producción la relación fue de 0.88 siendo esta la más alta. La correlación entre producción de leche y máximo de producción es de 0.71 que coincide con Cañas *et al.*, (2012), donde en su estudio obtuvo una correlación de 0.85 para estas variables, este mismo autor reporto una correlación de 0.70 para producción de leche y tiempo al máximo de producción sin embargo en nuestro estudio fue de -0.08 siendo una correlación negativa.

V. CONCLUSIONES

- Las vacas de tercera lactancia fue la que presentaron la mayor producción y el máximo de producción de leche sin embargo dichas vacas no tuvieron persistencia.
- La data se ajustó al modelo de Wood en un 54.1%, sin embargo los valores encontrados de heredabilidad fueron los reportados por la literatura, evidenciando la influencia genética-ambiente sobre el valor fenotípico.
- A medida que la producción de leche aumentaba igualmente las vacas aumentaba el máximo de producción, no así la persistencia.
- El toro de mayor valor genético presento un potencial de más de 423.35 kg por lactancia sobre la media general de 9154.41 kg, sin embargo los toros de mayor producción no tuvieron los valores de persistencia más alto.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar el pedigrí de los toros utilizados en la finca para evitar la consanguinidad.
- Es importante realizar un buen manejo nutricional, para mantener la persistencia, La persistencia se puede utilizar como indicador para seleccionar vacas siempre y cuando tenga un correcto manejo nutricional.
- Se recomienda utilizar los toros con más alto valor genético, dependiendo de la variable que se quiera mejorar.
- Determinar el potencial nutricional de acuerdo al modelo de producción para definir el potencial genético.

VII. BIBLIOGRAFÍAS

Abrego, J.1997. Factores no genéticos y genéticos que afectan la estimación del valor genético de vacas doble propósito. Tesis. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

Domínguez, A. Morales, Y. Sánchez. J. 2018. Influencia del índice temperatura – humedad sobre la producción de leche. (En línea). Consultado el 17 de enero de 2019. Disponible en: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/influencia-indice-temperatura-humedad-t41934.htm>.

Ángel J. 2014. Curso de Mejoramiento Animal, Parámetros Genéticos. (En línea). Consultado el 8 de abril de 2018. Disponible en: <https://sites.google.com/site/mejoramientoanimal20118/parametros-gen>

Albuquerque, L. Keow, J. Van Vleck, L.1996. Genetic parameters of milk, fat and protein yields in the first three lactations, using an animal model and restricted maximum likeli-hood. Rev. Bras. Genet., 19: 79-86.

Alquina B, Guaman N.2012. 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. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Universidad central del Ecuador.

Araúz, E. E. 2000. Sistema de Bioregistros computarizados y su aplicación para el manejo técnico y eficiente de hatos lecheros en el trópico. Seminario taller, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

Araúz, E. E. 2008. Evaluación funcional y selección de las vacas y progenies según los registros de la finca lechera para incrementar la productividad. Conferencia dictada en el XIII Congreso Internacional de Producción Lechera, Aprogalpa, Hotel Bambito, Volcán, Chiriquí, Panamá.

Araúz, E. E. 2010. Principales registros biológicos para evaluar la capacidad funcional de la vaca lechera y su importancia para mejorar el manejo y la eficiencia en la producción lechera. www.engormix.com › Lechería › Artículos técnicos › Manejo.

Atashi, H., Moradi Shahrabak, M. Abdolmohammadi, A. 2006. Study of some suggested measures of milk yield persistency and their relationships. Inter. J. Agri Bio. 3, 378-390.

Baglina, L.A; Bidegain, B. J y Lira, L. M. 1970. Curso de Manejo de Lechería. Sociedad Nacional de Agricultura. Curso de Especialización Agrícola. Mimeo.136 p

Batista, J. 2011. Caracterización lactacional y reproductiva de las razas Holstein y Pardo Suizo en hatos lecheros Grado A. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

Batra, T. Lin, C. Mcallister, A. Lee, A. Roy, G. L. Vesseley, J. Wautly, J. Winter, A. 1987. Multitrait estimation of genetic parameters of lactation curves Holstein heifers. J. Dairy Sci. 70, 2105–2111.

Bavera, G. 2005. Manejo Sanitario del Rodeo del Cría. VET-UY. (En línea). Consultado el 13 de abril de 2019. Disponible en: http://www.vet-uy.com/articulos/artic_bov_100/0057/bov057.htm.

Becker, W.1985. Manual of Quantitative Genetics. Published by academic Enterprises. Pullman, Washington.

Benítez, O.2011. Análisis de Lactancia. (En línea). Consultado el 6 de nov de 2018. Disponible en: <https://www.engormix.com/equinos/articulos/lactancia-en-animales-t28753.htm>

Berry, D. P.; Meade, K. G.; Mullen, M. P.; Butler, S.; Diskin, M. G.; Morris, D.; Creevey, C. J. 2011. The integration of ‘omic’ disciplines and systems biology in cattle breeding. *Animal*. 5: 493–505.

Botero, L. Vertel, M.2006. Modelo matemático aplicado a la curva de lactancia en ganado vacuno doble propósito. En: *Revista MVZ Córdoba*. Vol. 11, N°1, p. 759-765.

Bormann, J; Druet, T; Gengler, N; Wiggans, GR. 2002. Estimating effects of permanent environment, lactation stage, age and pregnancy on test-day yield. *J. Dairy Sci.* 85:263-284

Buxadé C. 1995. *Zootecnia Bases de Producción Animal*. Tomo VII Producción Vacuna de Leche y Carne; Mundi Prensa; España; pp. 91-93, 97.

Bretschneider G, Salado E, Cuatrin A y Arias D.2015. Lactancia: Pico y Persistencia. (En línea) Consultado el 28 de sep. De 2017. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_lactancia_pico_y_persistencia_febrero_2015.pdf

Campos R, Vélez M, Hernández E, García K, Molina R, Sánchez H, Duran C, Castillo G, Salazar M, Murillo J, Romero J.2013. Efecto de la edad al primer parto sobre parámetros productivos en vacas jersey de costa rica. (En línea). Consultado el 4 de abril de 2018. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v24n01_177.pdf

Castillo M, Alpizar, A, Padilla J, Keim J.2017. Efecto de la edad a primer servicio, número y época de parto sobre el comportamiento de la curva de lactancia en vacas jersey. (En línea). Consultado el 4 de abril de 2018. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/31306>

Carlén, E., Strandberg, E. Roth, A. 2004. Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, and production in the first three lactations of Swedish Holstein cows. J. Dairy Sci., 87: 3062-3070.

Cañas J, Cerón M, Corrales J.2012. Modelación y parámetros genéticos de curvas de lactancia en bovinos Holstein en Colombia. Revista MZV Córdoba. Consultado el 11 de marzo de 2019.

Cañas J, Restrepo L, Ochoa J, Echeverri A, Cerón M.2009. Estimación de las curvas de lactancia en ganado Holstein y BON x Holstein en trópico alto colombiano. Revista lasallista de investigación.

Cobuci, J. A., Euclides, R. F. Costa, C. N. 2004. Análises da persistencia na lactação de vacas da raça holandesa, usando produção no dia do controle e modelo de regressão aleatória. Revi. Brasil. Zootec. 33, 546-555.

Coronado L.2018. Beneficios que otorga la genética en la producción ganadera. (En línea). Consultado el 10 de abril de 2018. Disponible en: <http://www.actualidadganadera.com/articulos/beneficios-que-otorga-la-genetica-en-la-produccion-ganadera.html>

CRIPAS. 2008. El programa Vampp bovino para el registro computarizado en las fincas lecheras. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Heredia, Costa Rica.

Delgado F, Franco C.2006. Análisis de productividad de ganado lechero Holstein y jersey en dos fincas de la sabana de Bogotá. (En línea). Consultado el 6 de marzo de 2018. Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/5181/T12.06%20D378a.pdf?sequence=1>

Días, T.1995. Implicaciones del mejoramiento genético sobre el metabolismo animal y el manejo nutricional de bovinos. Corporación para el desarrollo integral del sector agropecuario, Medellín Colombia.

Eggen, A. 2012. The development and application of genomic selection as a new breeding Paradigm. Anim Front, 2, 10 – 15.

El Faro, L. 1996. Estudo da curva lactação de um rebaño da raça Caracu. Tese da Doctorado. Jaboticabal. UNESP Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Jaboticabal.

Esminger, M. E.1980. Cow breeding, Heath and lifetime Records. In: Dairy Cattle science the Interesant Printers and Publishers Inc. Danville, Illinois, USA. 335:359.

Fuentes, A.2004. Desempeño fisiológico, lactacional y reproductivo en vacas Holstein en condiciones de producción intensiva en la zona baja de Panamá. Tesis. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

Fuentes, A.2011. Caracterización lactacional y reproductiva de las razas Holstein y pardo suizos en hatos lecheros grado A. Tesis. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

France genetique elevage.2011. El valor genético de un animal. (En línea). Consultado el 15 de marzo de 2018. Disponible en: http://es.france-genetique-elevage.org/El-valor-genetico-de-un-animal.html#outil_sommaire_0

Gasque, R. 2008. Enciclopedia Bovina. Universidad Nacional Autónoma de México. Primera edición. México D.F.

García-Trujillo, García-López. 1990. Mecanismos que desencadenan la producción de leche. En: Bases para la producción de leche. I. Lactancia y Reproducción. Editorial EDICA. La Habana, Cuba. p. 21.

Gengler, N. 1996. Persistency of lactation yields: A review. Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in cattle. Interbull Bulletin. N° 12: 97

Girarlo L. 2015. El mejoramiento genético y la producción de leche. La esencia de una realidad de producción animal. (En línea). Consultado el 5 de abril de 2018 disponible en:

https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/50263/55111

Gipson, T.A. y Grossman, M. 1990. Lactation curves in dairy goats: a review. Small Ruminant Research, 3:383.

Goddard, M. E. 2012. Uses of genomics in livestock agriculture. Animal Production Science. 52: 73 – 77.

Guerra C, Erazo L.2015. Efecto de la duración del periodo seco sobre el comportamiento reproductivo pos parto en vacas lecheras. (En línea). Consultado el 4 de abril de 2018. Disponible en:

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4579/1/CPA-2015-032.pdf>

Guerra, P.1994. Comparación productiva y reproductiva de animales encastado Holstein y Pardo Suizo en sistemas de doble propósito V Jornada Agropecuaria IDIAP.

Haworth, G; Tranter, W; Chuck, J; Cheng, Z; Wathes, V. 2008. Relationships between age at first calving and first lactation milk yield, and lifetime productivity and longevity in dairy cows. Vet. Rec. 162:643-647.

Hafez, E. 1973. Adaptación de los animales domésticos. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. pp. 14-316.

Hernández, M. Heredia, J. Correa, S. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. [En línea] diciembre 2002. Disponible en: <http://www.uady.mx/~biomedic/revbiomed/pdf/rb021314.pdf>

Herrera, R. 1998. Los pastos de Cuba. Tomo II. La Habana, Cuba: EDICA. Imanol, M. 2007. El estrés calórico efecto en las vacas lecheras: área de asistencia técnica en ganado de leche-. Missouri USA: ITGG.

Hill, W. G. 2012. Quantitative Genetics in the Genomics Era. *Current Genomics*.

Hoffman, C y Funk, D.1992. Applied dynamic of dairy replacement growth and management J. Dairy Sci. 75: 2504-2516.

Holmes, C. 1984. Producción de Leche en Praderas Ed. Acribia. Zaragoza, España. 446 p.

Instituto veterinario de investigaciones tropicales y de altura (IVITA). 1984. Sistemas de producción Amazónico Primer Informe (1980-1983). Pucallpa, Perú. 79p.

Jamrozik, J., Schaeffer, L. R. Dekkers, J. C. M. 1997. Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 52, Number 2, 2018.

Johansson, I.1961. Genetic Aspect of Dairy Cattle Breeding. University of Illinois Press.259 p.

León, C. Quiroz, R.1994. Análisis de Sistemas Agropecuarios: Uso de modelos Bio-matemáticos. Ed. CIRNMA; 1994; Puno-Perú; págs. 91-93

León, J., Quiroz, J., Pleguezuelos, J., Martínez, E. Delgado, J., 2007. Curva de lactación para el número de lactación en cabras murciano-granadinas; Consultado el 23 de octubre de 2018. Disponible en: http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/01_08_51_46CurvaLeon.pdf

Loyola, R; Meyer L. y Tapia J. 1966. Correlaciones y Regresiones para producción de leche, producción de grasa y duración lactacional de la Raza Holstein Friesian. Boletín de producción animal 4: 183-211.

Loftus, R. T.; Machugh, D. E.; Bradley, D. G.; Sharp, P. M.; Cunningham, P. 1994. Evidence for two independent domestications of cattle. Proc Nat Acad Sci USA. 91: 2757 – 2761.

Lush J.L. 1965. Bases para la Selección Animal.

Marini, PR; Charmandarian, A; Di Masso, RJ. 2007. Desempeño productivo y reproductivo de vacas de diferentes edades al primer parto en sistemas a pastoreo. Sitio argentino de Producción Animal (en línea). Consultado 14 de abril 2019. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar>.

M. Elahi Torshizi M. Hosseinpour Mashhadi.2018. Estudio de la persistencia del rendimiento de la leche utilizando las metodologías de predicción y regresión aleatoria en vacas lecheras Holstein iraníes. Departamento de ciencia animal. Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Irán.

Márquez, J.G.2014. Generalidades de la ganadería bovina. (En línea). Consultado el 17 de marzo de 2019. Disponible en: <https://www.tambero.com/posts/981-entender-la-produccion-de-leche>

Marques M.2013. Sistema de Análisis Estadístico SAS. Lenguaje de programación. (En línea). Consultado el 30 de octubre de 2018. Disponible en: <https://www.amazon.es/Sistema-Analisis-Estadistico-LENGUAJE-PROGRAMACION/dp/1482642808>

Martínez, C. A.; Manrique, C.; Elzo, M. A. 2012. La evaluación genética de vacunos: una percepción histórica. Rev Colombia Ciencias Pecuarias. 25: 293 – 311.

Montoya C.1996. Estimación del valor genético para producción de leche a través de un modelo lineal mixto con repetibilidad (modelo animal). (En línea). Consultado el 15 de marzo de 2018. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/30103/1/28859-103933-1-PB.pdf>

Miller, J. W.1989. Nutrición y Alimentación del Ganado lechero. Editorial Acribia. Zaragoza España.

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.

NRC. 1989. Nutrient requirement of Dairy Cattle. National Academy of science National Research council. Washington D.C. USA.

NRC.2001. Nutrient requirement of dairy Cattle. National academy of science National Research council. Washington D.C. USA.

Ormazabal, J.; K. Osoro. 1995. Efecto del pasto disponible en la producción y calidad de la leche y en la ganancia de terneros. VI Jornadas sobre Producción Animal. ITEA. Nº 16, Tomo I. España. P 195-197.

Ossa 2003. Repetibilidad. (En línea). Consultado el 16 de abril de 2019. Disponible en: <https://sites.google.com/site/mejoramientoanimal20118/parametros-gen>

Pearson, R. y Miller, R.1981. Economic definition of total performance, Breeding Values for Cattle. J. Dairy sci. 64:857-869.

Pereira, R. J., Verneque, R. S., Lopes. P. S., Santana, J. L. S., Lagrotta, M. R., Torres, A. E., Vercesifilho, A. E. Machado, M. A. 2012. Milk yield persistency in Brazilian Gyr cattle based on random regression model. Gene. Mole. Res. 11, (2), 1599-1609.

Powell, R. L.; Spike, P.W. y Meadows, C.E. 1972. Characteristic of First Lactations. J. Dairy Sci. 56: 812-816.

Quintero C, Serna J, Hurtado N, Rosero R, Cerón M.2007. Modelos matemáticos para curvas de lactancia en ganado lechero. En línea. Consultado el 5 de abril de 2018. Disponible en: <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/view/324132/20781315>

Radostits, O. 2001. Herd health: food animal production medicine. 3 ed. W.B. Saunders Company. Pennsylvania, USA. 884 p.

Ramírez, JA. De la Hoya, MP. Reveles, FO. Pinzón, CE. Saucedo, JS.2016.

Caracterización de la curva de lactancia en vacas Holstein en el noreste de México.

(En línea). Consultado el 10 de oct de 2017. Disponible en:

<https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/caracterizacion-curva-lactancia-vacas-t40038.htm>

Rekaya R, Carabano M.J, Toro M.A. 2000. Bayesian analysis of lactation curves of Holstein-Friesian cattle using a nonlinear model. J Dairy Sci 2000; 83:2691- 2701.

Robledo Gabriel.2010. Heredabilidad. (En línea). Consultado el 12 de marzo de 2018. Disponible en: <https://geneticapoblaciones.wordpress.com/parametros-poblacionales/heredabilidad/>

Sánchez M. 2008. - La curva de lactación.- Factores de variación que influyen en la curva de lactación. (En línea). Consultado el 6 de mar de 2018. Disponible en: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/16_12_34_tema_8.pdf

Senar J.C.1999. La Medición de la Repetibilidad y el Error de Medida. (En línea). Consultado el 2 de abril de 2018. Disponible en: http://www.bcn.cat/museuciencies_fitxers/imatges/FitxerContingut1201.pdf

Schaar, J; Brannang, E; Meskel, L. 1981. Producción de Leche de Ganado Cebú y Mestizo, Revista Mundial de Zootecnia N°. 37:31 -36.

Serrano, G.1998. Evaluación de factores genéticos y no genéticos que inciden sobre el comportamiento productivo de animales Bos Taurus de Lecherías Especializadas de Chiriquí, Panamá. Tesis. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

Shanks, R. D., Berger, P. J., Freeman, A. E. Dickensen, F. N., 1981. Genetic aspects of lactation curves. J. Dairy Sci. 641, 1852–1860.

Solkner, J. Fuchs, W. A. 1987. Comparison of different measures of persistency with special respect to variation of test day milk yields. Lives Sci. 16, 305-319.

Strabel, T., Kopacki, W. Szwaczkowski, T. 2001. Genetic evaluation of persistency in random regression test day models. Interbull Bulletin 27, 189-192.

Swalve, H. Van Vleck, L.D. 1987. Estimation of genetic (co) variances for milk yield in first three lactations using an animal model and restricted maximum likelihood. J. Dairy Sci., 70: 842-849.

Vaccaro, R. G. Sabaté C. 1999. Curvas de lactancia de vacas Carora y cruzadas Holstein Friesian x Brahmán. En: Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias 1999. Vol. 40, no. 1, p. 37-44.

Valdés, A.1992. Estimación de la producción de leche potencial en vacas Holando americanas. Pontifica Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Departamento de Zootecnia.

Vargas B y Ulloa J.2008. Relación entre curvas de crecimiento y parámetros reproductivos en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. Volumen 20, Artículo N°103.

Vélez, E. 2013. Factores de origen ambiental que afectan la producción de leche en vacunos bajo pastoreo semi-intensivo. (En línea). Consultado el 6 de mar de 2018.

Disponible en: <http://www.produccion->

animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/225-

[Articulo_velez.pdf](#)

Vélez, M. 1997. Producción de ganado lechero en el trópico. Ed. Línea Gráfica. Escuela Agrícola Panamericana, Zaruarau. Honduras. 183 p.

Visscher, P.M and Thompson, R. 1992. Univariate and multivariate parameter estimates for milk production traits using an animal model. I. Description and results of REML analyses. Genet. Sel. vol., 24: 415-429.

Visser R. y R. Wilson. 2006. Potencial de la producción lechera según los grupos raciales tipo leche. Horizons, CRI.

Togashi, K. Lin, C. Y. 2004. Efficiency of different selection criteria for persistency and lactation milk yield. J. Dairy Sci. 87, 1528–1535.

Wattiaux, M.; Howard A. 1999. Nutrición, Reproducción y Lactancia del ganado lechero. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional para la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin, Madison. USA.

Weller, J. I., Ezra, E. Leitner, G. 2006. Genetic analysis of persistency in Israel Holstein population by the multitrait animal model. J. Dairy Sci. 89, 2738-2746.

Wilcox, C.J.1978.Dairy Herd Records. In: Large Dairy Herd Management. University Presses of Florida. USA.

WingChing-Jones R, Pérez R. 2008. Condiciones ambientales y producción de leche un hato de ganado jersey en el trópico húmedo: el caso del módulo lechero. Agronomía Costarricense 32: p. 87-94.

Wood, P.D.1967.Algebraic Model of the Lactation curve in Cattle. Nature 218:894.