

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“PRODUCTIVIDAD LECHERA DE VACAS BROWN SWISS EN UN  
ESTABLO DE LA COSTA”**

Presentada por:

**DANILLO JAVIER BETETA PACHECO**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Lima – Perú

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**“PRODUCTIVIDAD LECHERA DE VACAS BROWN SWISS EN UN  
ESTABLO DE LA COSTA”**

Presentada por:

**DANILLO JAVIER BETETA PACHECO**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

---

Ing. Jorge Calderón Velásquez  
Presidente

---

Dr. Carlos Gómez Bravo  
Miembro

---

Ing. Jorge Vargas Morán  
Miembro

---

Ing. José Almeyda Matías  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Ricardo y

Flor de María. A mis hermanos

Ricardo, Ivanna y Enrico.

A mi tío José y mi mamá Celia.

A mi amada esposa y a mi primogénita.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi profesor, asesor y amigo Ing. Mg. Sc. José Almeyda Matías, por todos los conocimientos compartidos.

A los miembros de Jurado, PhD. Carlos Gómez Bravo, Ing. Mg. Sc. Jorge Vargas Morán y en especial al PhD. Jorge Pedro Calderón Velásquez por todos los consejos y recomendaciones.

Al PhD. Gustavo Gutiérrez Reynoso, jefe del PIPS en Mejoramiento Animal.

Al Ing. Napoleón Bazo Costa, Gerente general del Establo Bali, por la posibilidad de realizar la presente investigación.

A mi esposa, Ing. Yeraldine Cabezas Acevedo, por la constante motivación y apoyo incondicional.

A mis compañeros del PIPS en Mejoramiento Animal.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Generalidades del vacuno Brown Swiss.....	3
2.2. Producción lechera de vacas Brown Swiss.....	5
2.3. Producción de leche de vacas Brown Swiss en el Perú.....	8
2.4. Características de productividad lechera. ....	11
2.4.1. Producción real de leche.....	11
2.4.2. Producción de leche en 305 días.....	14
2.4.3. Duración de la lactación. ....	16
2.4.4. Curvas de lactación en ganado bovino lechero.....	18
2.4.4.1. Pico y persistencia de la curva de lactación. ....	19
2.4.4.2. Modelos matemáticos para graficar la curva de lactación.....	20
III. METODOLOGÍA .....	23
3.1. Lugar de ejecución.....	23
3.2. Generalidades del establo Bali S.A.C.....	24
3.3. Obtención de los datos.....	29
3.4. Procesamiento y depuración de datos.....	29
3.5. Equipos informáticos.....	30
3.6. Variables analizadas. ....	30
3.7. Análisis estadístico. ....	32
3.7.1. Modelo Estadístico. ....	32

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1.    Características productivas.....	33
4.1.1.  Generales.....	33
4.1.2.  Característica de productividad lechera por número de parto.....	35
4.1.2.1.  Producción real de leche por campaña.....	35
4.1.2.2.  Duración de la campaña por número de parto.....	37
4.1.2.3.  Producción de leche en 305 días por número de parto.....	38
4.1.3.  Características de productividad lechera por año de parto.....	39
4.1.3.1.  Producción real de leche por campaña.....	39
4.1.3.2.  Duración de la campaña por año de parto.....	40
4.1.3.3.  Producción de leche en 305 días por año de parto.....	41
4.2.    Modelación de la curva de lactación mediante el método no lineal de Wood (1967).....	42
4.2.1.  Características y modelación de la curva de lactación según el método de Wood (1967).....	42
V. CONCLUSIONES.....	51
VI. RECOMENDACIONES.....	52
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	53
VIII.    ANEXOS.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población de ganado vacuno por razas según región natural (Miles de vacunos) ..	8
Tabla 2: Producción promedio de leche por vaca/campaña en Brown Swiss .....	14
Tabla 3: Campaña real y en 305 días en establos de la cuenca lechera de Lima 2005 – 2016 en vacas Holstein .....	15
Tabla 4: Duración promedio de la campaña en la cuenca lechera de Lima .....	16
Tabla 5: Duración promedio de la campaña por número de parto en la cuenca lechera de Lima. ....	17
Tabla 6: Características productivas 2013 - 2018 .....	33
Tabla 7: Producción de leche por campaña y días en lactación por número de parto.....	36
Tabla 8: Producción de leche en 305 días por número de parto.....	38
Tabla 9: Producción de leche y duración de la campaña por año de parto.....	40
Tabla 10: Producción de leche en 305 días por año de parto .....	41
Tabla 11: Parámetros estimados mediante el modelo no lineal de Wood (1967) por número de parto .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vaca Brown Swiss .....	5
Figura 2: Vista aérea del área de producción .....	23
Figura 3: Vacas Brown Swiss antes de ingresar al ordeño.....	24
Figura 4: Sala de ordeño.....	25
Figura 5: Comederos de vacas en producción.....	25
Figura 6: Grupo de vacas Brown Swiss en el corral .....	26
Figura 7: Vacas Brown Swiss en el comedero .....	26
Figura 8: Grupo de terneros Brown Swiss en corral .....	27
Figura 9: Mixer para alimentación .....	27
Figura 10: Campo de cultivo de forraje.....	28
Figura 11: Campeona mayor y reservada Gran Campeona de la raza Brown Swiss, establo Bali. Feria Nacional 2019.....	28
Figura 12: Curva de lactación de vacas de primer parto .....	44
Figura 13: Curva de lactación de vacas de segundo parto.....	45
Figura 14: : Curva de lactación de vacas de tercer parto.....	46
Figura 15: Curva de lactación de vacas de cuarto parto .....	47
Figura 16: Curva de lactación de vacas de quinto parto.....	48
Figura 17: Curva de lactación de vacas de sexto parto a más .....	49
Figura 18: Curvas de lactación de vacas de primer a sexto parto a más .....	50



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Producciones diarias estimadas para vacas de primer parto según el modelo no lineal de Wood (1967) .....	62
Anexo 2: Producciones diarias estimadas para vacas de segundo parto según el modelo no lineal de Wood (1967) .....	64
Anexo 3: Producciones diarias estimadas para vacas de tercer parto según el modelo no lineal de Wood (1967) .....	66
Anexo 4: Producciones diarias estimadas para vacas de cuarto parto según el modelo no lineal de Wood (1967) .....	68
Anexo 5: Producciones diarias estimadas para vacas de quinto parto según el modelo no lineal de Wood (1967) .....	70
Anexo 6: Producciones diarias estimadas para vacas de sexto parto a más según el modelo no lineal de Wood (1967) .....	72

## RESUMEN

El presente trabajo constó de dos partes, una de gabinete que se realizó en el Programa de Investigación y Proyección Social en Mejoramiento Animal, con datos oficiales de productividad lechera del establo Bali S.A.C. existentes en el Servicio Oficial de Productividad Lechera y otra de campo en el establo. Los objetivos fueron evaluar la producción total de leche por campaña, producción de leche en 305 días y duración de la lactación de vacas de raza Brown Swiss por número y año de parto, así como modelar la curva de lactación para cada parto. Se consideraron campañas de vacas Brown Swiss paridas entre el 2013 y 2018, haciendo un total de 224 lactaciones correspondientes a 84 vacas. Para el modelamiento de la curva de lactación se utilizó el modelo no lineal de Wood (1967), analizando un total de 2 356 registros de producción mensual de leche (kg). El promedio de producción real de leche por campaña fue de 8 656,21 kg con una duración promedio de 344,17 días, el promedio de producción real en 305 días fue de 8 225,86 kg. Tanto en producción real de leche por campaña y en 305 días, las vacas de cuarto parto tuvieron la mayor producción de leche con valores de 9 222,77 y 8 933,43 kg respectivamente. Así mismo, al desarrollar las ecuaciones para el modelamiento de la curva de lactación se obtuvieron los siguientes resultados para producción de leche en el pico de 26,08; 29,93; 33,41; 33,78; 32,44 y 29,22 kg; días en llegar al pico de producción de 69,81; 44,75; 54,57; 58,51; 47,84 y 55,02; y niveles de persistencia de 7,16; 6,78; 6,75; 6,84; 6,64 y 6,76 para vacas de primer, segundo, tercer, cuarto, quinto y sexto parto a más respectivamente.

Palabras clave: Productividad lechera, duración de la lactación, curva de lactación.

## **ABSTRACT**

This work consisted of two parts, one of the cabinet that was carried out in the Research and Social Projection Program in Animal Improvement, with official data on dairy productivity from the Bali S.A.C. existing in the Official Dairy Productivity Service and another in the field in the barn. The objectives were to evaluate the total milk production per campaign, milk production in 305 days and duration of lactation of Brown Swiss cows by number and year of calving, as well as modeling the lactation curve for each calving. Campaigns of Brown Swiss cows calved between 2013 and 2018 were considered, making a total of 224 lactations corresponding to 84 cows. For the modeling of the lactation curve, the non-linear model of Wood (1967) was used, analyzing a total of 2 356 records of monthly milk production (kg). The average real milk production per campaign was 8 656.21 kg with an average duration of 344.17 days, the average real production in 305 days was 8 225.86 kg. Both in real milk production per campaign and in 305 days, the fourth calving cows had the highest milk production with values of 9,222.77 and 8,933.43 kg, respectively. Likewise, when developing the equations for the modeling of the lactation curve, the following results were obtained for milk production at the peak of 26.08; 29.93; 33.41; 33.78; 32.44 and 29.22 kg; days to peak production of 69.81; 44.75; 54.57; 58.51; 47.84 and 55.02; and persistence levels of 7.16; 6.78; 6.75; 6.84; 6.64 and 6.76 for cows of first, second, third, fourth, fifth and sixth calving or more respectively.

Keywords: Dairy productivity, lactation duration, lactation curve.

## I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la producción láctea observada en el Perú en los últimos años y de manera especial en los departamentos de Cajamarca, Lima, Arequipa y La Libertad, es el resultado del incremento del número de vacas y al aumento de los niveles de productividad en dichas cuencas lecheras. Esta mejora se viene observando en los centros de crianza intensiva de la costa, donde prevalece mayormente la raza Holstein. Sobre esta raza se han realizado innumerables estudios respecto a sus características productivas y reproductivas; sin embargo, poco o nada se ha evaluado en la raza Brown Swiss bajo condiciones de crianza intensiva.

Considerando que la raza Brown Swiss representa el 17,6 por ciento del total de vacunos a nivel nacional (CENAGRO 2012) y que la producción de leche representa al rededor del 90 por ciento de los ingresos en la explotación lechera, conocer las características de la producción de leche y modelar la curva de lactación de vacas Brown Swiss en sistemas intensivos es de vital importancia, ya que dicha información es de gran utilidad para establecer planes de mejoramiento genético, así como estrategias de manejo y alimentación del ganado bovino lechero, además sería una referencia en los establos o ganaderías que manejen o planeen utilizar esta raza en condiciones de Costa. En tal sentido, es necesario aplicar metodologías que permitan evaluar y explicar correctamente el modelamiento y las características de la curva de lactación de las vacas Brown Swiss bajo crianza intensiva, ya que la misma, es muy variable e impredecible.

En concordancia a estas afirmaciones, los productores siempre están interesados en incrementar la productividad lechera y en mejorar el nivel genético de su población ganadera, para lo cual hacen uso de la medición y análisis de información imprescindible para evaluar al comportamiento de la producción. Es así como la evaluación y análisis periódico de los registros de producción, permite obtener valiosa información sobre el desempeño de los animales, y así estar en condiciones de tomar decisiones precisas sobre los animales, como seleccionar aquellos que se conservarán en el establo como madres o padres de las próximas generaciones y las que se seleccionarán para reemplazo.

El Servicio Oficial de Productividad Lechera, el cual es conducido por el Programa de Investigación y Proyección Social (P.I.P.S.) en Mejoramiento Animal de la UNALM, dispone de datos correspondientes a la productividad lechera de establos con sistemas de crianza intensivo en costa que manejan vacas de la raza Brown Swiss. El objetivo del estudio fue evaluar las características de productividad lechera de vacas de raza Brown Swiss de un establo de la costa central bajo crianza intensiva en la provincia de Chincha, departamento de Ica, entre los años 2013 y 2018.

Siendo el objetivo general:

- Determinar la producción real de leche por campaña y en 305 días, así como la duración de la lactación de vacas de raza Brown Swiss de acuerdo con el número y año de parto.

Objetivos específicos:

- Estimar los días después del parto en que las vacas alcanzan el pico de producción según el número de parto.
- Estimar la producción de leche (kg) en el pico de producción según número de parto
- Estimar el nivel de persistencia según el número de parto.
- Modelamiento de la curva de lactación según el número de parto.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Generalidades del vacuno Brown Swiss.**

La raza Brown Swiss, conocida también como Pardo Suizo es originaria de Suiza. Vilca (2018) refiere que el vacuno Brown Swiss es la raza más antigua en lo que a producción de leche se refiere, se han reportado restos en territorios suizos que se remontan a unos 400 años antes de Cristo, los mismos que son muy parecidos al esqueleto de la vaca Brown Swiss de la actualidad. El ganado Brown Swiss con el transcurso de los años ha experimentado una notoria evolución, ha pasado de ser una vaca algo ordinaria con una ubre mala, a una más atractiva con marcado carácter lechero que combina el refinamiento con el tamaño y proporciones para dar lugar a una estupenda productora de elevadas cantidades de leche en forma sostenida durante un lapso de vida útil prolongado (Gasque, 2008).

La raza Brown Swiss es muy conocida en todo el mundo, ocupa el segundo lugar por rendimiento lechero, sin desplazar a la Holstein en ningún país. En Suiza compite solo con la Simmental en el suministro de leche y carne para el pequeño mercado suizo (Gasque, 2008). Los ejemplares de esta raza provenientes de Europa son principalmente de doble propósito al contrario de las provenientes de Norteamérica donde han venido seleccionándose sobre la base exclusivamente de su producción lechera (Swisslatin Portal Suizo, 2005).

El color de su pelaje pasa por las distintas tonalidades del marrón, es corto, fino y suave, la piel es pigmentada; muestra negro en la parte del hocico. Gasqué y Posada (2001) describen ciertas características fenotípicas del Brown Swiss como son los cuernos blancos con puntas negras, medianos o pequeños, dirigidos hacia afuera y arriba, encorvándose en las puntas,

cabeza ancha y moderadamente larga, espalda amplia y línea dorsal recta, pecho profundo con costillas bien arqueadas, y cuartos traseros bien carnosos.

Son animales poco propensos a enfermedades, longevos, de fácil manejo y gran rusticidad, fácil aclimatación y buena capacidad para producir leche a partir del aprovechamiento de pasturas y forrajes (Swisslatin Portal Suizo, 2005). Gasque (2018) resalta que los animales adultos son fuertes y de buen peso, las vacas pueden llegar a pesar entre 600 y 700 kg con una producción promedio de leche por campaña de 5 103 kg (Suiza) y los toros pesan entre 950 a 1 000 kg, además de poseer las siguientes características:

- Mansedumbre: En la antigüedad, gracias a esta característica se le utilizó para el triple propósito: leche, carne y tiro.
- Longevidad: Se han reportado casos de vacas en producción con más de 15 años.
- Dentadura muy resistente.
- Resistencia a climas adversos.
- Facilidad al parto.
- Excelente porcentaje de preñez.
- Pezuñas resistentes.
- Resistentes a temperaturas extremas.
- Debido a que tienen el cuerpo grueso, son resistentes a las picaduras de mosquitos, garrapatas, etc.
- Animales muy rústicos.
- Apta para explotaciones lecheras en zonas marginales.
- No son propensas a mastitis.
- Leche de buena calidad con alto contenido en sólidos.

Almeyda (2014) hace una descripción fenotípica de la vaca Brown Swiss, como un animal de buen armazón; la grupa es larga y ancha con isquiones ligeramente inferiores respecto a las puntas de anca, la articulación de cadera es centrada, con una inserción de cola suave y ligeramente alta; el barril largo, profundo y ancho con buen arqueamiento de costillas; el pecho es amplio y fuerte debido a que las patas delanteras son rectas y bien separadas; hocico ancho, ollares amplios y abiertos; pezuñas de ángulo empinado y talón profundo,

cortas y bien redondeadas; menudillo corto y fuerte, con patas rectas y bien separadas vistas de atrás, vistas de lado con una ligera curvatura a nivel de corvejón, el cual, a su vez, es libre de tosquedad y bien moldeado. Posee una ubre de adecuada capacidad y profundidad moderada en relación con el corvejón, pezones bien centrados en cada cuarto, adecuadamente deparados vistos desde atrás y de costado, la ubre posterior es alta y uniformemente ancha desde arriba hasta abajo, la ubre anterior es fuertemente unida con mediana longitud, pero amplia capacidad; vista desde atrás, el ligamento suspensorio medio es fuerte y divide claramente los cuartos posteriores y anteriores. El carácter lechero lo define un cuello largo, fino y descarnado, costillas arqueadas y bien separadas tiradas hacia atrás, cruz afilada y muslos achatados y separados vistos desde atrás.



**Figura 1: Vaca Brown Swiss**

FUENTE: Brown Swiss Association U.S.A. (2019)

## **2.2. Producción lechera de vacas Brown Swiss.**

Las vacas de la raza Brown Swiss son altas productoras de leche con elevadas proporciones de sólidos totales como proteína y grasa, lo que la convierte en una raza ideal para la producción de derivados lácteos, llegando a producir hasta 5 por ciento más de queso en comparación a la raza Holstein a pesar de producir 9 por ciento menos kilos de leche por día (De Marchi *et al.*, 2008). En Estados Unidos, donde la gran parte de explotaciones lecheras son de carácter intensivo, predominan los establos con vacas de la raza Holstein con un marcado 85 por ciento del total de rebaños lecheros, mientras que los establos que trabajan



con la raza Brown Swiss solo representan menos del uno por ciento (Gibson y Dechow, 2018). Bajo estas condiciones, se ha estimado la producción estandarizado a 305 días y edad adulta, resultando en 23 090 libras de leche, equivalente a 10 473,45 kg por campaña (Brown Swiss Association U.S.A., 2020). Mientras que, en Suiza, se han reportado rendimientos de 4 927 kg de leche en 270 días de lactación bajo un sistema de crianza extensivo, con partos programados y pasturas rotacionales (Piccand et al., 2013).

Entonces, la producción de leche es muy variable entre razas, zonas y sistemas de crianza; para el Brown Swiss se han reportado producciones en zonas tropicales de 3 000 kg de leche por campaña, mientras que en los Estados Unidos bajo sistemas intensivos existen promedios de 10 000 kg y vacas con campañas de hasta 16 000 kg de leche (Vilca, 2018). Sin embargo, un promedio razonable de producción de leche en vacas de raza Brown Swiss sería de 6 000 kg por campaña (Quispe, 2007, como se citó en Vilca, 2018).

En Venezuela, Bodisco et al. (1985) encontraron rendimientos de leche en vacas Brown Swiss de 3 949,6 kg por campaña real entre los años 1985 a 1990 (citado en Olaguível, 2006). En la misma ciudad, Bodisco, Rodríguez y Alfaro (2007) reportaron rendimientos de leche en vacas de la raza Brown Swiss de 2 815 kg por campaña con 9,0 kg/vaca/día para la primera lactación de tres generaciones Brown Swiss (citado en Bueno, 2018). Quintero y Gil (2005) al analizar los factores que afectan el comportamiento productivo de vacas Brown Swiss criadas intensivamente en el trópico de Venezuela, llegaron a obtener un promedio ajustado de producción de leche a 305 días de  $3\,953 \pm 32,9$  kg.

En un estudio realizado en Brasil por Araújo et al. (2003) se trabajó con 4 959 lactaciones y se estimó la producción de leche estandarizada a 305 días, dos ordeños, edad adulta de 2 414 vacas, obteniéndose un promedio de  $6\,085,79 \pm 1\,627,73$  kg. Valores inferiores a los reportados por Rennó et al. (2003) quienes obtuvieron un promedio de 7 214,65 kg a 305 días, dos ordeños, edad adulta (305D-2X-EA). Dos años después, Sirol et al. (2005) al evaluar el efecto de la interacción reproductor por rebaño sobre la producción de leche y carne en vacas Brown Swiss, reportaron una producción promedio de  $6\,085,79 \pm 1\,629,73$

kg de leche por campaña a 305D-2X-EA. En el mismo país, Pimentel et al. (2007), al estudiar el efecto de la inclusión de castañas de cajú (*Anacardium occidentale*) en la dieta sobre la producción diaria de leche de vacas Brown Swiss entre segundo y quinto parto por un periodo de 63 días, encontraron un rendimiento diario promedio entre 14,8 y 15,3 kg de leche.

Mancuso y Marini (2012) al evaluar vacas Brown Swiss de primer parto en un sistema a pastoreo destacaron que la producción de leche por campaña terminada fue buena al estar por encima de los 6 000 kg. Dos años más tarde, Vallone, Camiletti, Exner, Mancuso y Marini (2014) obtuvieron rendimientos de leche por campaña corregida a 305 días de  $6\ 168 \pm 1\ 046$  kg para vacas primíparas y de  $7\ 141 \pm 1\ 294$  kg para vacas multíparas en Argentina en un sistema extensivo.

En condiciones marcadas de trópico es común encontrar sistemas de producción de leche y carne con animales cruzados *Bos taurus* x *Bos indicus* buscando la heterosis y así obtener una considerable adaptabilidad a las condiciones de trópico; en ese sentido, el Brown Swiss es una de las razas europeas más utilizadas en este tipo de cruces debido a su calidad y producción de leche y carne. Zárate et al. (2010), al realizar una evaluación económica financiera de una ganadería en trópico, compararon las producciones de vacas 100 por ciento Brown Swiss con vacas 60 – 70 por ciento Brown Swiss y 40 – 30 por ciento Cebú, obteniendo valores para producción total de leche de 3 934,25 y 1 358.50 kg y producciones diarias de 9,33 y 7,25 kg respectivamente. Ríos et al. (2015), analizaron las producciones de leche para los cruces Cebú x Simmental y Cebú x Brown Swiss en condiciones de trópico húmedo en México resultando superiores los valores para producción de leche por campaña y por día en el segundo grupo racial siendo estos  $1\ 963 \pm 41,7$  y  $6,42 \pm 0,17$  kg respectivamente.

### 2.3. Producción de leche de vacas Brown Swiss en el Perú.

Según reportes, la raza Brown Swiss llega al Perú a principios del siglo XX con la importación de ganado vacuno de Suiza, supervisado por el presidente de ese entonces José Pardo (1904). Con el transcurso de los años, se sigue incrementando la población de ganado gracias a la introducción de vacunos lecheros mayormente Holstein de países como Estados Unidos, Chile, Argentina. De la misma manera, el Ministerio de Agricultura realizó importaciones de animales generalmente de la raza Brown Swiss para ser distribuidos en sus diferentes estaciones experimentales principalmente en la Sierra del Perú.

En el Perú, la mayor población de ganado vacuno se concentra en la Sierra con 3 774,3 (miles de cabezas), seguido de la Selva con 768,8 (miles de cabezas) y finalmente la Costa con 612,9 (miles de cabezas) haciendo un total de 5 156,0 (miles de cabezas). Del total de población, el Brown Swiss representa el 17,6 por ciento con un total de 904,0 (miles de cabezas) con una distribución en la Costa, Sierra y Selva de 33,5; 712,7 y 157,9 (miles de cabezas) respectivamente (INEI-IV CENAGRO, 2012). En la tabla 1, se detalla la población de vacunos por razas y por región según el Censo Nacional Agropecuario del año 2012.

**Tabla 1: Población de ganado vacuno por razas según región natural (Miles de vacunos)**

Región	Total	Holstein	Brown Swiss	Gyr/Cebú	Criollos	Otras razas	Bueyes
Total	5 156,0	527,5	904,0	171,8	3 276,8	245,6	30,3
Costa	612,9	248,8	33,5	37,6	271,2	20,2	1,6
Sierra	3 774,3	208,3	712,7	18,8	2 683,3	124,7	26,5
Selva	768,8	70,5	157,9	115,3	322,3	100,6	2,2

FUENTE: INEI-IV Censo Nacional Agropecuario 2012

En el Perú, los trabajos de investigación, en general y sobre en productividad lechera de la raza Brown Swiss se centran en la Sierra principalmente ya que se cuenta con la mayor información y población animal de la raza en mención, además, en donde los sistemas de producción lechera son semi intensivos y extensivos en su mayoría. A nivel de Costa, bajo sistemas intensivos, los estudios son incipientes, y en Selva aún más.

Olaguivel (2006) en su experiencia en el C.I.P. Chuquibambilla – Puno evaluó parámetros productivos y reproductivos en vacas Brown Swiss entre los años 1990 y 2002, encontrando un promedio general a dos ordeños de 3 149,51 kg de leche por campaña y 9,01 litros por día bajo un sistema semi intensivo con alimentación basada en pastos naturales y suplementación de ensilado de avena. La duración promedio de campaña fue de 349,57 días. Las producciones de leche por campaña por número de parto fueron de 3 617,16; 4 030,70; 4 062,68 y 4 399,51 kilos para vacas de primer, segundo, tercer y cuarto parto respectivamente. En cuanto a la producción promedio en los primeros 305 días, lo reportado por el autor fue de 2 713,04 kilos de leche, con promedios por parto de 2 674,56; 3 119,47; 3 250,93 y 3 418,85 kilos de leche, encontrando que las mayores y menores producciones las tienen las vacas de cuarto y primer parto respectivamente tanto en campaña real como en 305 días. En la misma estación experimental, Vilca (2018) obtuvo valores de producción de  $10,86 \pm 2,57$  y  $9,84 \pm 2,9$  kg de leche por vaca por día para las épocas de lluvia y seca respectivamente entre los años 2008 y 2014.

Quispe et al. (2016), analizaron el efecto del año de parto, época de parto y número de lactancia sobre el desempeño productivo de vacas Brown Swiss en el altiplano entre los años 2003 y 2010, obteniendo resultados para producción de leche real de 3 315,40; 3 324,78; 3 406,62 kg y a 305 días de 3 272,46; 3 260,90 y 3 385,31 kg para las épocas de lluvia, seca y transición respectivamente; así mismo, las producciones de leche por campaña real según el número de parto fueron de 2 837,36; 3 213,77; 3 489,37; 3 784,14; 3 648,33; 3 531,71 y 3 634,86 kg de leche y a 305 días de 2 838,33; 3 226,52; 3 437,67; 3 722,47; 3 474,87; 3 576,81 y 3 618,50 kg para vacas de primer, segundo, tercer, cuarto, quinto, sexto y séptimo parto respectivamente en un sistema semi intensivo, con alimentación en base a pastos naturales, forrajes transformados y suplemento de concentrado en el ordeño.

Deza (2007) en la provincia San Román, región Puno, al evaluar parámetros productivos y reproductivos de vacas Brown Swiss bajo un sistema de crianza extensivo con alimentación basada en pastos cultivados en secano y ensilado de avena, obtuvo 2 655,25 litros de leche en promedio por campaña de 305 días y 8.89 litros por día. Así mismo, la producción de leche corregida a edad adulta fue de 9,53 litros por día y 2 848,42 litros por campaña.

En el departamento de Junín, Dávila (2012) luego de caracterizar el sistema productivo de una unidad producción en Jauja, encontró valores de producción real de leche de 1 616,89 litros y de 2 075,75 litros (305D-2X-EA) con producciones diarias de 5,85 litros en promedio para un sistema semi intensivo. Valores inferiores a los obtenidos por Cáceres (2015), quien obtuvo un promedio de 7,6 litros por vaca/día para un sistema semi intensivo con pastos cultivados y suministro de concentrado. Cruz (2016) reportó un promedio de  $3\,788,41 \pm 93,04$  kg de leche por campaña real de leche para vacas de primera a cuarta lactación y  $3\,925,3 \pm 42,72$  kg de producción de leche estandarizada en un sistema semi intensivo entre los años 2009 y 2015.

En Huancavelica, Cáceres (2015) reportó un promedio de producción de 20,6 litros de leche por vaca/día para un sistema de crianza semi intensivo, con pastos cultivados, suministro de concentrado en el ordeño y vacas de buena calidad genética.

Bueno (2018), en Cajamarca, al realizar un estudio comparativo entre las razas Holstein, Brown Swiss y Jersey, determinó diferencias significativas para producción real de leche y producción corregida a 305D-2X-EA, tanto para producción por campaña y producción de leche por día, así se tiene,  $4\,000,23 \pm 345,65$ ;  $3\,557,07 \pm 211,47$  y  $2\,997,76 \pm 111,33$  kg de leche por campaña real para Holstein, Brown Swiss y Jersey respectivamente y rendimientos diarios de  $14,26$  (H)  $\pm 1,06$ ;  $12,29$  (BS)  $\pm 0,44$  y  $10,33 \pm 0,35$  (J) kg de leche. En cuanto a producción corregida los valores fueron  $4\,332,60 \pm 328,86$ ;  $3\,747,03 \pm 134,07$  y  $3\,150,73 \pm 107,20$  kg de leche, y producciones diarias de  $14,26 \pm 1,06$ ;  $12,29 \pm 0,44$  y  $10,33 \pm 0,35$  para Holstein, Brown Swiss y Jersey respectivamente entre los años 2000 y 2013 bajo un sistema semi intensivo con alimentación en base a pastos mejorados y suplementación de sales minerales y silaje de avena (estacional).

En condiciones climáticas de Costa y bajo un sistema netamente extensivo, Tuesta (2014) evaluó el efecto de la suplementación con sales minerales en vacas Brown Swiss criadas al pastoreo por un periodo de 8 semanas, obteniendo valores de producción promedio de leche de 8,57 y 7,60 kilos/animal con y sin suplementación respectivamente para vacas de alta

producción. Mientras que para vacas de media producción los valores fueron de 5,22 y 5,023 kg/animal con y sin suplementación respectivamente.

En un experimento en Lima, García (2018) evaluó el efecto de tres dietas con diferente nivel nutricional sobre la producción y composición de leche y perfil metabólico en vacas criollas y Brown Swiss provenientes de la sierra, reportando valores de producción de leche por día de 3,86; 6,59 y 8,23 kilos para dietas de baja, media y superior calidad respectivamente en vacas de  $82 \pm 15$  días en lactación,  $7,7 \pm 1,8$  años y  $3,2 \pm 0,8$  partos en promedio

## **2.4. Características de productividad lechera.**

### **2.4.1. Producción real de leche.**

La producción real de leche o total por campaña es la cantidad de leche producida desde el parto hasta la fecha de secado. Considerando que, del total de ingresos económicos en un establo, el 90 por ciento corresponde a la venta de leche (Rodríguez, 2018), los registros de producción de leche sería el principal registro para toda explotación ganadera dedicada a la producción lechera, estos deben estar acompañados de los registros de producción de grasa, duración de la lactancia (días) indicando el inicio y fin de esta para cada número de parto (Pallette, 2005).

Se sabe que la producción de leche puede variar de año a año por diversas causas como: variaciones genéticas, alimentación, manejo y modificaciones de la constitución genética del establo (Huamán, 2015). Entonces, los registros de producción lechera se convierten en una herramienta muy valiosa para evaluar varios aspectos de la explotación en un determinado tiempo, como cambios nutricionales, manejo de las vacas, lotes de producción, crianza de reemplazos, etc. Cualquier anomalía, sea mala o buena en el sistema de producción, se verá reflejado en la producción de leche y en los registros que se tomen, ya que es un indicador muy sensible a estas variaciones o cambios que se pudieran dar durante el proceso productivo, por ende, se considera este parámetro como el indicador más valioso a tomar en cuenta en los rebaños lecheros (Castle, 2018).

Son tres los aspectos importantes que hacen que la producción de leche sea el criterio más adecuado a tomar en cuenta al momento de establecer un programa de mejoramiento genético, primero que es económicamente importante, segundo que se tiene la certeza de medir con seguridad los datos de producción y seleccionar en base a la producción de las hijas a los sementales, y tercero que es lo suficientemente heredable (25 por ciento) para permitir un progreso genético mediante la selección (Torrent, 1991)

Se sabe que las vacas aumentan su producción conforme avanzan en sus partos. Es así como las vacas de segundo parto producen más que las de primer parto, y las vacas de tercer parto producen más que las vacas de segundo parto, y las adultas algo más que las de tercer parto. Los porcentajes de incremento en la producción pueden variar de un establo a otro, de una cuenca lechera a otra, de un nivel de producción a otro, de una calidad genética a otra, pero lo que es un hecho cierto e incuestionable, es que la producción aumenta conforme aumentan los partos, de ocurrir lo contrario, o no exista diferencia, se puede inferir que hay problemas en el establo (Olivera, 2010, p.1,2).

Conforme van incrementando los partos en una vaca, la producción total de leche lo hace de la misma manera hasta que llega a un punto en la que empieza a declinar. Torrent (1991) señala que se debe tener presente que al primer parto se alcanza a producir el 70 por ciento del potencial de producción, al segundo parto un 85 por ciento, en el tercero un 95 por ciento y en el cuarto se alcanza el 100 por ciento de la capacidad productora de leche del animal. Las razones por las que una vaca adulta produce más que una de primer parto o segundo, es por la diferencia de tamaño (más consumo y transformación de alimentos) y además porque la glándula mamaria se ha venido desarrollando a lo largo de las primeras lactaciones, llegando a estar totalmente desarrollada al cuarto parto.

Martínez (2000), como se citó en Vásquez (2017), señala que son varios los factores que influyen en la producción de leche: la raza, individuo, número de parto, estado de lactancia, época de parto, número de crías nacidas, alimentación, tipo de ordeño, manejo y estado sanitario. Zimin et al. (2009) añade que la producción de leche está influenciada además por

factores genéticos y ambientales en un 25 y 75 por ciento respectivamente; los primeros están determinados por la información genética con que nacen los animales, pudiendo considerarse del mismo animal. Según Cañas et al. (2011) dentro de los factores ambientales que influyen principalmente en la producción de leche, grasa y proteína, y que consecuentemente alteran la forma de la curva de lactancia, son el número, época y año de parto. Sessarego (2017) divide los factores que afectan la producción de leche en:

- a. Fisiológicos: genética, número de parto, edad, etapa reproductiva, condición corporal, estado sanitario.
- b. Ambientales y manejo: periodo seco, intervalo entre partos, número de ordeños, intervalo entre ordeños y sistema de alimentación.

En la tabla 2, se muestran algunos resultados de estudios sobre la producción real de leche en promedio por campaña para la raza Brown Swiss bajo distintas zonas y sistemas de crianza.



**Tabla 2: Producción promedio de leche por vaca/campaña en vacas Brown Swiss**

<b>Autor</b>	<b>Producción real de leche promedio (kg)</b>
Bodisco et al. (1971)	
Venezuela	3 949,6
Leon et al. (1998)	
Puno (alto)	946,3 ± 210,0
Puno (medio)	854,6 ± 71,4
Puno (bajo)	255 ± 74,0
Bulot (2004)	
Francia	6 445,0
Zemp (2004)	
Suiza	3 500,0 – 6 500,0
Künzi (2004)	
Bolivia	2 785,0
Arizona	10 146,0
India	1 500,0 – 2 000,0
Codrea (2004)	
Rumanía	3 813,0
Maramures	4 411,0
Olaguivel (2006)	
Puno	3 149,5

FUENTE: Deza (2007)

#### **2.4.2. Producción de leche en 305 días.**

Este parámetro productivo mide la cantidad de leche producida en un periodo de 305 días a partir de la fecha de parto y es considerado como un periodo estándar de producción. En vacas lecheras la lactancia o días en leche ideal es de 305 días ya que se busca que el animal dé una cría por año, tomando en cuenta 60 días de periodo seco, sin embargo, no siempre se alcanza esa meta (Olaguivel, 2006).

Torrent (1991) detalla que existen dos formas de entender si la producción de leche es superior o inferior a los 305 días, si sucede lo primero se puede inferir que la vaca no quedó preñada después del periodo de espera voluntario, y si sucede lo segundo se deduce que la vaca abortó o que se secó antes de lo normal, ocasionando una producción irregular, no sostenida ni lo suficientemente prolongada. Sin embargo, Olaguivel, (2006) señala que para poder comparar las producciones de leche entre vacas se suelen aplicar factores de corrección y uniformizar las campañas de lactación a periodos de 305 días, con dos ordeños y a edad adulta. Por ende, si se desea conjugar una reproducción eficiente por año con la producción de leche, este parámetro sería el ideal. Además, es el mejor indicador usado para realizar las evaluaciones genéticas en ganado bovino lechero utilizando registros de producción quincenal o mensual (Palacios, et al., 2008). En la tabla 3, se muestra como ha ido evolucionando la producción de leche en la cuenca de Lima bajo sistemas intensivos entre los años 2005 y 2015 tomando como referencia a la raza Holstein, pues información acerca de la raza Brown Swiss en sistemas intensivos en el Perú, es insuficiente.

**Tabla 3: Campaña real y en 305 días en establos de la cuenca lechera de Lima 2005 – 2015 en vacas Holstein**

<b>Año</b>	<b>N° establos</b>	<b>N° vacas</b>	<b>Promedio diario general (leche kg)</b>	<b>Promedio vacas en ordeño (leche kg)</b>	<b>Campaña real (leche kg)</b>	<b>En 305 días (leche kg)</b>
2005	30	6 547	21,4	24,4	7 811	7 442
2006	30	6 614	22,5	25,4	8 213	7 747
2007	27	6 971	22,0	25,3	8 030	7 717
2008	23	7 554	22,2	26,1	8 103	7 961
2009	24	8 175	22,1	25,7	8 067	7 839
2010	23	7 579	22,9	26,5	8 359	8 083
2011	21	7 121	26,6	27,9	9 709	8 510
2012	19	7 292	24,6	27,2	8 979	8 296
2013	20	6 846	24,8	27,6	9 052	8 418
2014	19	6 769	25,7	28,6	9 381	8 723
2015	21	7 150	25,7	28,6	9 381	8 723

FUENTE: Servicio Oficial de Productividad Lechera.

### 2.4.3. Duración de la lactación.

Si se desea producir leche económicamente rentable, las vacas deben parir una vez al año, considerando lactaciones de diez meses con un descanso de la ubre de 60 días, lo que resulta en una campaña de 305 días tomando en cuenta las consideraciones fisiológicas y económicas antes mencionadas (Torrent, 1991). Sin embargo, para Gasque (2008) es común encontrar que las vacas prolonguen su lactación hasta años sin interrupción. Whittemore (1984), afirma que las lactaciones largas son mejores si se quiere evaluar el rendimiento individual por vaca, caso contrario, las lactaciones cortas son mejores para la evaluación productiva anual del hato lechero. Varios autores han tomado en cuenta este parámetro productivo en sus investigaciones, Rodríguez (2018), elabora un resumen de los distintos resultados en cuanto a duración de campaña se refiere, de manera general y por número de parto en la cuenca lechera de Lima con ganado Holstein principalmente, los cuales se muestran a continuación en las tablas 4 y 5.

**Tabla 4: Duración promedio de la campaña en la cuenca lechera de Lima**

<b>Autor</b>	<b>Años de estudio</b>	<b>N° de campañas</b>	<b>Días en lactación</b>
García (1992)	1976 - 1986	48 467	328,0
Valera (1996)	1976 - 1986	40 421	339,0
Ruiz (2000)	1976 – 1990	4 739	330,8
Adrianzén (2011)	1998 - 2007	2 473	351,0
Rosales (2012)	1995 - 2002	1 608	370,0
Palga (2018)	2000 - 2010	5 966	384,0

FUENTE: Rodríguez (2018)

**Tabla 5: Duración promedio de la campaña por número de parto en la cuenca lechera de Lima**

N° de parto	Autor							
	Atencio (1970) 1958-1968	Rosemberg (1976) 1956-1972	Vaccaro et al. (1979) 1953-1986	Pallete (1989) 1980-1984	Valera (1996) 1976-1986	Adrianzén (2011) 1998-2007	Rosales (2012) 1995-2002	Palga (2018) 2000-2010
1	338,1	301,0	291,2	329,7	345,0	393,0	376,0	404,0
2	332,5	299,0	286,2	317,0	337,0	367,0	369,0	383,0
3	340,6	301,3	289,2	316,3	336,0	345,0	353,0	375,0
4	339,5	300,5	285,6	309,9	336,0	357,0	359,0	377,0
5	333,5	301,8	288,5	306,2	336,0	312,0	388,0	374,0
6	330,7	297,3	290,6	304,3	340,0	303,0	382,0	379,0
7	336,3	296,3	280,7	292,4	338,0	275,0	383,0	336,0
8	323,7	300,9	287,0	290,1	337,0		408,0	
9	344,4			256,4	333,0		304,0	
10	365,6			261,0	337,0			
11				259,0	325,0			
12				214,5	326,0			
13				273,3	318,0			
14				311,0	311,0			
15				302,3	345,0			
Promedio				313,9	314,4	351,0	370,0	384,0

FUENTE: Rodríguez (2018)

#### **2.4.4. Curvas de lactación en ganado bovino lechero.**

La evolución de la producción lechera desde el parto hasta el secado poder ser representada gráficamente por una curva de lactancia, la cual a su vez puede ser descritas por medio de una función matemática de un proceso biológico extremadamente complejo y sujeto a influencias, tanto genéticas como ambientales (Quintero et al., 2007). Esta curva, tiene características que son particulares para cada animal, raza, medio ambiente, sistema productivo en que se encuentre, etc. Sin embargo, normalmente ésta muestra una pendiente creciente hasta un nivel de máxima producción o pico de lactancia, y luego una pendiente decreciente también conocida como persistencia (Castillo et al., 2007).

Al utilizar la curva de lactación para predecir la producción de leche, se puede identificar por anticipado aquellas vacas del hato lechero con mayor potencial productivo y genético, información de utilidad en la toma de decisiones sobre el descarte de animales y selección para mejoramiento genético. Adicionalmente, existe la posibilidad de proyectar la producción total de las lactancias para permitir utilizar la información fenotípica de vacas e hijas en la evaluación genética de los toros como futuros reproductores (Duráes, como se citó en Huamán, 2015).

Quintero et al., (2007) consideran de interés práctico el estudio del perfil de la curva de lactancia por tres razones, primero que el alimento es suministrado de acuerdo con la producción estimada con anterioridad, es decir, una vaca que tiene una curva más plana necesita menos concentrado durante una lactancia en relación a otra de igual producción total, pero con una curva más empinada; segundo que una alta producción de leche al comienzo de la lactancia requiere de la vaca una alta actividad fisiológica, por consiguiente, una moderada producción inicial combinada con una alta persistencia, es preferible a una alta producción inicial y un rápido descenso; y por último, el conocimiento de la probable configuración de la curva de lactancia permitirá realizar ensayos nutricionales mucho más eficientes y confiables, puesto que las diferencias entre tratamientos son más fáciles de detectar cuando los animales son agrupados de acuerdo a la curva esperada. Esto último concuerda con los descrito por Almeyda y Parreño (2011), quienes señalan que la mayor o menor demanda de nutrientes está influenciada por el nivel de producción en el que se

encuentre la vaca, así una vaca recién parida o que se encuentre el primer tercio de lactación necesitará mayores requerimientos que una vaca que se encuentre en la etapa final de su campaña productiva.

#### **2.4.4.1. Pico y persistencia de la curva de lactación.**

En sistemas de producción con razas lecheras, la curva de lactancia está caracterizada por una fase de ascenso, un periodo de máxima producción, seguido por una fase de descenso continuo en la producción de leche (Quintero et al. 2007). Lo cual concuerda con Góngora (2006), quien sostiene que la curva de lactancia normal de una vaca comienza antes con la producción de calostro, luego continúa con un proceso de ascenso progresivo hasta alcanzar el pico alrededor de los 45 y 65 días de lactancia, para luego declinar y estandarizarse hasta que una preñez avanzada cause una disminución drástica.

Después del parto la producción de leche aumenta de forma progresiva hasta alcanzar un pico de producción, el cual sucede entre 28 y 90 días posteriores al parto; cualquier variación de este intervalo de tiempo se puede deber a factores genéticos, edad del animal, época del año, número de parto, salud, manejo nutricional, etapa reproductiva, ordeño y de manejo en general (Ávila y Gutiérrez, como se citó en Rodríguez, 2018). En este periodo, desde el parto hasta el pico, se produce cerca de 45 por ciento del total de la producción en la campaña, haciendo que sea el periodo en el que la vaca produce la mayor cantidad de leche por día, lo que conlleva a tener altos requerimientos de energía; sin embargo, sucede que el consumo voluntario de materia seca disminuye, haciendo que los animales entren en un balance energético negativo en el que consumen sus reservas de grasas disminuyendo así su condición corporal (Cartier y Cartier, 2004).

A partir de la sexta semana se observa una disminución en la producción de leche, debido básicamente a una disminución en la cantidad de tejido secretor; a la tasa con que disminuye la producción después de llegar al máximo se le llama “Persistencia”, cuanto menor sea esta tasa, mayor será la persistencia de la lactación (Vélez, como se citó en Olaguivel, 2006). Entonces, de manera práctica, se entiende por persistencia a la capacidad que tiene una vaca

en mantener su producción mes a mes a medida que avanza la lactancia (De alba, como se citó en Huamán, 2015). Para Olivera (2001) esa caída mensual que presentan las vacas luego del pico de producción se ve afectada por el número de parto, para vacas de primer, segundo y tercer parto a más se presentan caídas mensuales de 5,6; 8,5 y 9,8 por ciento respectivamente para la raza Holstein. Schmidt y Van Vleck (1975) señalan que las vacas deben poseer buenas persistencias, así como altas producciones, para que la campaña productiva tenga elevados rendimientos de leche durante toda la lactación.

#### **2.4.4.2. Modelos matemáticos para graficar la curva de lactación.**

El uso de modelos matemáticos, tanto mecanísticos como empíricos, ha permitido conocer las curvas de lactancia de animales domésticos en diferentes sistemas de producción lechera. Sin embargo, no todos los modelos matemáticos se adecúan a una curva de lactancia típica, con sus respectivas fases secuenciales de producción ascendente, máxima y descendente. Por consiguiente, un modelo adecuado sería aquel que permita predecir la producción máxima y el lapso requerido para que ello ocurra, así como la tasa de descenso en la producción lechera. Además, los parámetros de un modelo adecuado de la curva de lactación deben reflejar las influencias de factores genéticos, fisiológicos, reproductivos, ambientales y sus interacciones (Quintero et al. 2007).

Existen diversas funciones matemáticas que pueden ser utilizadas para describir la producción de leche de una vaca y la forma de su lactación (Aspilcueta et al. 2008). Así, Vásquez (2017), divide los modelos matemáticos en:

- Modelos lineales: entre los que se encuentran, el modelo cuadrático, cuadráticos – logarítmicos, polinomiales inversos, polinomios segmentados, lineal hiperbólico y regresión múltiple.
- Modelos no lineales: entre los que están la función gamma incompleta o curva de Wood, la parabólica exponencial y el modelo de Wilmink, Brody, Cobby, entre otros.

Entre los modelos matemáticos (lineales y no lineales) utilizados para la estimación de curvas de lactación, destaca el propuesto por Wood (1967), el cual permite la estimación de

diferentes coeficientes, cada uno de ellos fuertemente influenciados por factores genéticos y ambientales (Wood, como se citó en Huamán, 2015). Este modelo ha sido ampliamente utilizado para modelar la curva de lactancia de vacas lecheras debido a que se ajusta bien a los datos de producción de leche, además, predice mejor los datos reales durante la lactancia temprana y tardía (Rowland et al. 1982, como se citó en Vásquez, 2017).

Ramírez et al. (2004) compararon cuatro ecuaciones para estimar la curva de lactancia con diferentes estrategias de muestreo en bovinos Angus, suizo y sus cruces, destacando los resultados obtenidos al usar el modelo exponencial y gama incompleta bajo cualquier frecuencia de muestreo de producción de leche y genotipo estudiado. Sin embargo, a diferencia del modelo exponencial, el modelo de Wood mostró los cambios en incrementos o disminución de la producción de leche de manera más rápida, generando una curva de lactación más “típica”, a comparación de los cambios graduales del modelo exponencial.

Un caso es especial lo reportan García et al. (2008) quienes, al evaluar dieciséis ecuaciones de ajuste para modelar la curva de lactación, concluyen que la reparametrización del modelo de Wood (1967) es la mejor opción para graficar la curva de lactación en ganado bovino Brown Swiss Americano, *Bos indicus* y distintas proporciones del cruce entre ambos genotipos en el trópico mexicano. Esta reparametrización considera la primera fecha del control como el tiempo cero. Sin embargo, la ecuación propiamente dicha propuesta por Wood (1967) y la ecuación de la función exponencial, muestran resultados aceptables para estos genotipos.

Apaza et al. (2016), determinaron el comportamiento de la curva de lactancia y producción lechera en el Altiplano de la Paz-Bolivia, para ganado mestizo utilizando el método de Wood (1967) debido a que explica mejor la determinación de los parámetros que modelan la curva de lactación.

Huamán (2015) en condiciones de trópico peruano, comparó tres modelos matemáticos para modelar la curva de lactancia en vacas de primer parto F-1 (Gyr x Holstein) y Gyr lechero,



encontrando que el método de regresión no lineal de Wood fue el de mayor confianza para explicar el modelamiento y las características de la curva de lactación de vacas cruzadas F-1 (Gyr x Holstein) y Gyr lechero puras de primera lactación con coeficientes de determinación de 93.12 y 91.08 por ciento respectivamente frente a los modelos, cuadrático y lineal simple.

Vásquez (2017) en un establo de Lima, al evaluar modelos no lineales y no lineales mixtos, concluyó que el modelo lineal de Wood (1967) tiene mejor ajuste para modelar la curva de lactación en vacas Holstein de primer parto, además recomendó el uso de modelos mixtos no lineales en especial el de Wood y Wilmink ya que brinda mejores resultados en la realidad para el pico y días al pico de producción, persistencia lechera y estimación de producción a 305 días.

Rodríguez, Ara, Huamán y Echevarría (2005) al evaluar tres modelos para estimar la curva de lactación de vacas en crianza intensiva en la cuenca de Lima (exponencial negativo, gamma incompleto y polinomial de quinto orden) refieren que el modelo gamma incompleto es la opción más recomendable para utilizar en la cuenca lechera de Lima ya que es capaz de explicar el 72 por ciento de la variación en producción dentro de una lactación y de tener solo 3.3 kg de error estándar para pronósticos de producción de leche en el día 305.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Lugar de ejecución.**

La fase de gabinete del presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Programa de Investigación y Proyección Social en Mejoramiento Animal de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina con los datos oficiales de producción de leche del establo Bali S.A.C procesados por el Servicio Oficial de Productividad Lechera. El establo está ubicado a la altura del kilómetro 206 de la Panamericana Sur, en el centro poblado Pachacútec perteneciente al distrito de chincha Baja, provincia de Chincha, departamento de Ica.



**Figura 2: Vista aérea del área de producción**

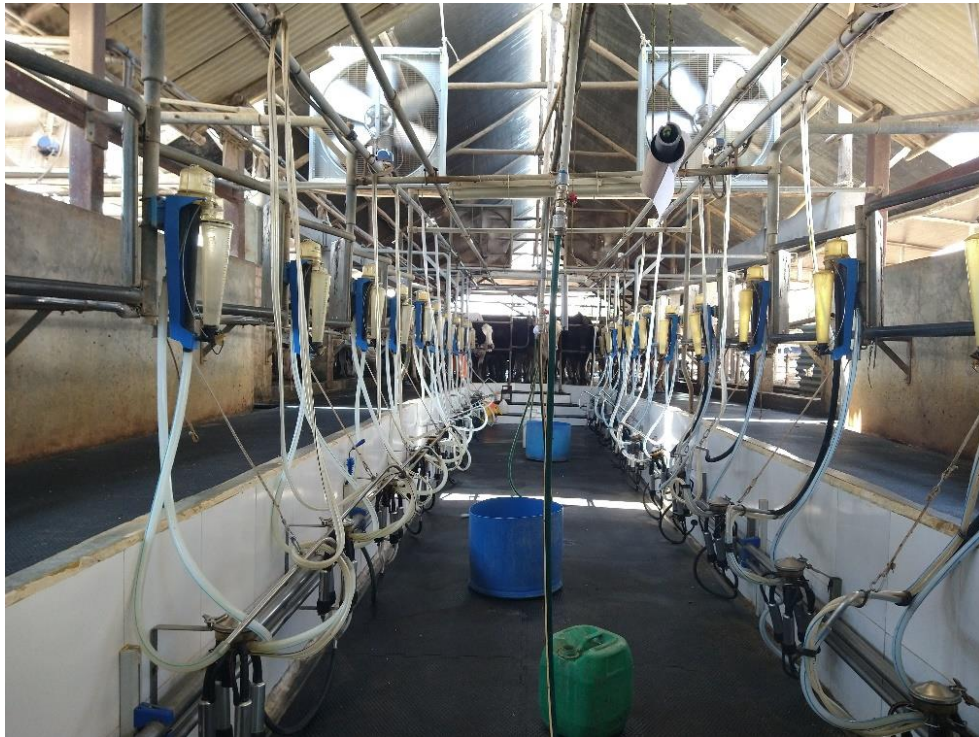
FUENTE: Google Maps (2020)

### 3.2. Generalidades del establo Bali S.A.C.

Las condiciones climáticas en las que se desarrolla la crianza son con temperaturas promedio de máxima 33°C y mínima de 18°C correspondientes a los meses de marzo y julio respectivamente, por lo general el mes en que llueve con mayor intensidad es en febrero con 2.98 mm/mes en promedio (Senamhi, 2020). En la sede de Ica del establo Bali se crían las razas Holstein y Brown Swiss, con un total aproximado de 590 animales. El sistema de producción es intensivo con alimentación a base de concentrados y forrajes repartido en una ración única mezclada, además de contar con silos tipo bunker para ensilar forraje para épocas de escasez. El ordeño es mecánico con sala tipo espina de pescado el cual se realiza dos veces al día. Se utiliza semen importado y nacional para la inseminación artificial. Por lo general, toda la recría se encuentra en la sede de Pampas Tayacaja en Huancavelica, bajo un sistema extensivo. Cuando las vaquillonas están entre el sétimo y octavo mes de gestación, son enviadas a Chincha para completar la gestación. Los terneros son criados en cunas individuales, luego pasan al corral con el resto de los animales de la misma categoría. En algunas ocasiones se envían lotes de terneros a la sede de Pampas Tayacaja en Huancavelica para completar el crecimiento y desarrollo, esto debido a que el costo económico de criarlos de manera extensiva es menor en comparación a la sede de Chincha en donde se usa alimento concentrado. En cuanto a las instalaciones, Bali posee alrededor de dieciséis corrales, ocho destinados a vacas en producción y ocho corrales de recría. Toda la producción de Lima está destinada para venta a la industria lechera.



**Figura 3: Vacas Brown Swiss antes de ingresar al ordeño**



**Figura 4: Sala de ordeño**



**Figura 5: Comederos de vacas en producción.**



**Figura 6: Grupo de vacas Brown Swiss en el corral**



**Figura 7: Vacas Brown Swiss en el comedero**



**Figura 8: Grupo de terneros Brown Swiss en corral**



**Figura 9: Mixer para alimentación**



**Figura 10: Campo de cultivo de forraje**



**Figura 11: Campeona mayor y reservada Gran Campeona de la raza Brown Swiss, estable Bali. Feria Nacional 2019**

FUENTE: Asociación Holstein del Perú.

### **3.3. Obtención de los datos.**

El estudio fue retrospectivo, se utilizó los registros oficiales de producción lechera del establo Bali S.A.C desde el año 2013 al 2018, los cuales son procesados por el Servicio Oficial de Productividad Lechera. Se registró la siguiente información:

- Código de la vaca
- Fecha de parto
- Estación de parto
- Número de parto
- Fecha de seca
- Duración de la lactación
- Registro de producción en el control mensual
- Fecha de control
- Producción real de leche
- Producción en 305 días

### **3.4. Procesamiento y depuración de datos.**

Se trabajó con una base de datos general la cual fue llevada a una hoja de Microsoft Excel 2016 para las depuraciones correspondientes. Se excluyeron lactaciones con menos de 150 días en producción y vacas que parieron antes de enero del 2013. Se consideraron registros de producción de vacas paridas entre enero del 2013 y diciembre del 2018 (para vacas paridas en el 2018 se cerró compañía en diciembre del mismo año). Además de la información proporcionada por el Servicio Oficial de Productividad Lechera, se realizaron visitas al establo donde se corroboró información faltante o incongruente. En consecuencia, para el análisis de las características de productividad lechera (producción real, en 305 días y duración de la lactación), por número de parto y año de parto, se contó con un total de 224 lactaciones proveniente de 83 vacas. Para el modelamiento de la curva de lactación mediante el modelo no lineal de Wood (1967), se eliminaron campañas que no se ajustaban al modelo. Resultando un total de 2 356 registros de producción mensual correspondiente a 188 lactaciones. Las lactaciones finalmente obtenidas fueron agrupadas de tal manera que se consideren los efectos no genéticos dentro de los parámetros evaluados y modelación de la curva de lactación. Se agruparon las lactaciones por número de lactación, con las categorías



de 1, 2, 3, 4, 5 y 6+ para las lactaciones correspondientes a vacas de primer parto, segundo parto, tercer parto, cuarto parto, quinto parto y sexto a más partos; época de parto, con categorías de verano e invierno, correspondientes a vacas que parieron entre los meses de diciembre a mayo y de junio a noviembre respectivamente, y por año de parto con categorías de 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018.

### **3.5. Equipos informáticos.**

Se usó una computadora proporcionada por el Programa de Investigación y Proyección Social en Mejoramiento Animal y los programas: Microsoft Excel 2016 y el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) V9.4.

### **3.6. Variables analizadas.**

#### **a. Parámetros productivos:**

- Producción real de leche por año y número de parto: Se trabajó con campañas de lactación reales a 2 ordeños expresado en kilogramos.
- Producción de leche en 305 días por año y número de parto: Se trabajó con producciones acumuladas hasta los 305 días en 2 ordeños, expresado en kilogramos y sin ningún ajuste. Se tomaron en cuenta solo las lactaciones que llegaron a los 305 días o más.
- Duración de la lactación: Se tomó en cuenta el tiempo desde la fecha del parto a la fecha de seca, expresado en días.

#### **b. Modelación de la curva de lactación y estimación del pico de producción, tiempo en días en alcanzar el pico y cálculo del nivel de persistencia según el número de parto:**

- Para describir la curva de lactancia se utilizó el modelo de regresión no lineal de Wood (1967). El cual se muestra a continuación:

$$y(t) = a t^b e^{(-c * t)}$$

Donde:

$y(t)$  = producción de leche en el día  $t$

$t$  = representa día, semana o mes de lactancia

$a, b, c$  = parámetros a estimar

$e$  = base del logaritmo natural

Donde la función potencia “ $t^b$ ” permite integrar la fase ascendente de la lactación (inicio de la producción de leche hasta alcanzar el pico de producción) y el término exponencial “ $-ct$ ” la fase decreciente después del pico de producción. Wood (1967) interpreta los parámetros “ $b$ ” y “ $c$ ” como los índices de intensidad de crecimiento y decrecimiento de la producción de leche respectivamente y como factor de forma de la curva a la función “ $t^b e^{-ct}$ ”, el parámetro “ $a$ ” queda asociado al nivel de producción promedio al inicio de la lactación. Para la determinación de los coeficientes de la función descrita por Wood (1967) se debe desarrollar los vectores “ $y$ ”, “ $t$ ”, considerando el número de observaciones  $n$ , donde:

$y$ : cantidad de leche.  
 $t$ : el día de muestreo.  
 $n \geq 3$

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}; t = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ \vdots \\ t_n \end{bmatrix}$$

Los vectores forman la matriz “ $x$ ” y el vector “ $\ln y$ ”.

$$x = \begin{bmatrix} 1 & \ln t_1 & t_1 \\ 1 & \ln t_2 & t_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \ln t_n & t_n \end{bmatrix}; \ln y = \begin{bmatrix} \ln y \\ \ln y \\ \ln y \end{bmatrix}$$

Para resolver el modelo se debe calcular:

$$(x'x)^{-1} x' \ln y$$

El resultado es un vector  $Z$  el cual contiene los coeficientes del modelo de Gamma incompleto.

$$Z = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$$

Para su resolución, se utilizó el procedimiento de regresión no lineal (NLIN del Programa Statistical Analysis System, SAS V9.4) con el objetivo de calcular los parámetros “a”, “b” y “c”, para definir las siguientes variables:

- i. Producción de leche en el pico de la curva de lactación =  $a (b/c)^b \cdot e^{-b}$
- ii. Tiempo para alcanzar el pico de producción de leche de la campaña =  $b/c$
- iii. Persistencia de la curva de lactación después del pico de producción =  $-(b+1) \ln c$

### 3.7. Análisis estadístico.

#### 3.7.1. Modelo Estadístico.

El modelo estadístico que se utilizó para producción de leche y duración de la campaña fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_1(X - \bar{X}) + N_i + AE_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor de la observación correspondiente al i-ésimo número de parto, del j-ésimo año, y la k-ésima estación.

$\mu$  = Media general.

$\beta_1$  = Coeficiente de regresión lineal de  $Y_{ijk}$  sobre edad.

$X_{ijk}$  = Edad al parto (meses).

$\bar{X}$  = Media de la edad al parto (meses).

$N_i$  = Efecto de i-ésimo número de parto (i= 1; 2; 3; 4; 5; 6 a más).

$AE_{jk}$  = Efecto del j-ésimo año de parto (j=2013; 2014; 2015; 2016; 2017 y 2018) y la k-ésima estación de parto: verano (diciembre a mayo), invierno (junio a noviembre).

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

Los procedimientos estadísticos de los datos serán realizados utilizando el paquete Statistical Analysis System (SAS 9.4).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características productivas.

#### 4.1.1. Generales.

Los resultados promedios para producción de leche por campaña, duración de la lactación y producción de leche en 305 días durante los seis años de estudio se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6: Características productivas 2013 - 2018**

<b>Características</b>	<b>Unidad</b>	<b>N</b>	<b>Promedio</b>	<b>D.S.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Por campaña</b>	kg	224	8 656,21	1 351,80	15,62
<b>Duración de campaña</b>	días	224	344,17	80,86	23,50
<b>En 305 días</b>	kg	162	8 225,86	1 180,10	14,35

FUENTE: Elaboración propia

Con respecto a la producción de leche por campaña, se obtuvo un promedio de 8 656,21 kg. Siendo este valor, ampliamente superior a lo reportado por Bodisco et al., (1985) 3 949,6 kg Quintero y Gil (2005) 2 815 kg, ambos estudios en Venezuela, este último en vacas criadas intensivamente en el trópico venezolano; a lo reportado por Zárate et. al (2010) 3 934,25 kg en trópico húmedo mexicano; también a lo obtenido por Piccand, et al., (2013) 4 927 kg y Gasque (2018) 5 104 kg en Suiza, y a lo recomendado por Quispe (2007) quien sostiene que un promedio razonable para la raza Brown Swiss sería de 6 000 kg por campaña. Sin embargo, bajo las mismas condiciones de crianza, Vilca (2018) señala que en Estados Unidos las campañas de las vacas Brown Swiss están entre los 10 000 y 16 000 kg de leche, Künzi (2004) en Arizona, obtuvo un promedio de 10 146 kg por campaña también bajo un sistema de crianza intensivo (como se citó en Deza, 2007); esta amplia superioridad bajo los similares sistemas de crianza con respecto a lo obtenido en el presente estudio, se debe probablemente a una mejor calidad genética y alimenticia, sumado a un mejor manejo del

ganado. Comparado con estudios realizados en el Perú, lo obtenido en el presente estudio, fue superior también a lo reportado por Olaguivel (2006) 3 149,51 kg, Dávila (2012) 1 616,89 litros; Quispe et al. (2016) 3 315,40; 3 324,78 y 3 406,62 kg para tres épocas del año, Cruz (2016) 3 788,41 kg y Bueno (2018) 3 557,07 kg; todos estos en vacas Brown Swiss con sistemas semi intensivos. El principal motivo por el cual estos resultados son claramente inferiores a los obtenidos en la presente investigación es el sistema de crianza empleado en el Establo Bali, siendo este de carácter intensivo, con alimentación en base a concentrados con elevados niveles nutricionales y forrajes de buena calidad, suplementación mineral, buen manejo de ganado, buenas instalaciones, además de contar con alto porcentaje de genética americana en el rebaño.

En cuanto a la duración de la campaña, los estudios realizados en el Perú con la raza Brown Swiss bajo sistemas intensivos son pocos comparados con otras razas especializadas como la Holstein y la Jersey. El resultado obtenido en el presente estudio fue de 344,17 días en promedio por campaña, siendo inferior a lo reportado por Olaguivel (2006) 349,57 y superior a lo descrito por Quispe et al., (2016) 315,16 y Bueno (2018) 269,13 días en vacas Brown Swiss. Si se compara con la raza Holstein, fue superior a los reportado por Mora (1985) 335; Pallette (1989) 313,9; García (1992) 328; Valera (1996) 339; Ruíz (2000) 330.8 días; y menor a lo obtenido por Rosales (2012) 370; como se cita en Rodríguez (2018), este último reportó 364 días en un establo Holstein de la Costa. Cabe resaltar que los resultados anteriores son para establos pertenecientes a la cuenca de Lima y con vacas de raza Holstein en sistemas intensivos. El periodo largo de lactancia se debe a que las vacas no llegan a quedar preñadas dentro del periodo de espera voluntaria post parto, reflejando algún problema en el programa, nutricional, reproductivo o sanitario del establo. Sin embargo, otra razón podría ser a que las vacas del Establo Bali llegan a tener una alta persistencia haciendo extensa la producción de leche, lo que lleva a deducir del fuerte carácter lechero que presentan los animales.

La producción de leche promedio en 305 días fue superior a lo reportado por Quintero y Gil (2005) 3 953 kg, Araújo et al., (2003) 6 085,79, Rennó et al., (2003) 7 214,75 kg, Sirol et al. (2005) 6 085,79 kg, Olaguivel (2006) 2 713,04 kg; Deza (2007) 2 655,25 kg y Quispe et al., (2016) 3 413,60 kg, superior también a lo encontrado por Bueno (2018) 3 747,03 kg de leche

en Cajamarca para vacas Brown Swiss en sistema semi intensivo. Esta diferencia indicaría un mejor manejo del ganado, alimentación y reproducción del Establo Bali. Sin embargo, fue menor a lo estimado por la Brown Swiss Association U.S.A (2020) 10 473,45 kg de leche para vacas de raza Brown Swiss en sistemas intensivos del país en mención.

#### **4.1.2. Característica de productividad lechera por número de parto.**

En la tabla 7 se describen las producciones reales de leche según el número de parto correspondiente de vacas de primer, segundo, tercer, cuarto, quinto y sexto parto a más, así como la duración de la lactación expresados en días, para los seis años de estudio: 2013 – 2018.

##### **4.1.2.1. Producción real de leche por campaña.**

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos para producción real de leche en kilos, correspondiente a vacas de primer parto hasta seis a más partos, donde se observa que el mayor y menor rendimiento de leche corresponden a vacas de cuarto parto con 9 226,88 kg y de primer parto con 8 243,86 kg respectivamente. Además, se puede observar que las producciones se incrementan conforme avanza el número de parto desde el primer al cuarto parto, para disminuir en quinto y sexto a más.

**Tabla 7: Producción de leche por campaña y días en lactación por número de parto**

N° de parto	N	Kg de leche	
		Promedio ± E.E.	Días en lactación Promedio ± E.E.
1	28	7 689,12 ± 455,66	385,25 ± 27,11
2	55	8 955,33 ± 305,24	356,01 ± 18,24
3	44	8 878,84 ± 237,28	324,30 ± 14,13
4	34	9 222,77 ± 253,96	363,36 ± 15,13
5	28	8 854,56 ± 351,63	349,38 ± 21,03
6 a más	35	8 288,62 ± 570,15	273,37 ± 33,75

FUENTE: Elaboración propia

En vacas de primer parto, el promedio fue de 7 689,12 kg de leche por campaña, dicho promedio representa el 83.4 por ciento de la máxima producción lograda en el cuarto parto; valor superior a lo reportado por Olaguivel (2006) 3 617,16 kg, Quispe et al., (2016) 2 837,36 kg, Cruz (2016) 3 762,59 kg, Bueno (2018) 2 779,10 kg, Bodisco et al., (como se menciona en Bueno, 2018) 2 815 kg en Venezuela, Mancuno y Marini (2012) 6 000 kg en Argentina. En vacas de segundo parto, el promedio fue de 8 955,31 kg, representando el 97.1 por ciento de la máxima producción, 13.7 por ciento más con respecto a la primera lactancia; valor superior a lo reportado por Olaguivel (2006) 4 030,70 kg, Quispe et al., (2016) 3 213,77 kg, Cruz (2016) 3 728,26 kg, Bueno (2018) 3 564,79 kg. En vacas de tercer parto, el promedio fue de 8 878,84 kg, representando el 96,3 por ciento de la máxima producción; valor superior a lo reportado por Olaguivel (2006) 4 062 kg, Quispe et al., (2016) 3 489,37 kg, Cruz (2016) 3 795,98 kg, Bueno (2018) 3 777,47 kg. En la cuarta lactación se alcanza la máxima producción, con un promedio de 9 222,77 kg de leche por campaña, lo que concuerda con lo expuesto por Torrent (1991), quien sostiene que las vacas alcanzan el 100 por ciento de su potencial para producción de leche en el cuarto parto. Olaguivel (2006), Cruz (2016) y Quispe et al. (2016), también reportaron la máxima producción en la cuarta lactancia con 4 399,51 kg; 4 348,98 kg y 3 784, 14 kg respectivamente; sin embargo, Bueno (2018) alcanza un valor de 3 865,18 kg y una máxima producción en el sexto parto (3 983,49 kg). En vacas de quinto parto, el promedio de producción real de leche fue de 8 854,56 kg, representando el 96 por ciento de la máxima producción; valor superior a lo reportado por Quispe et al. (2016) 3 648,33 kg, y Bueno (2018) 3 942,12 kg. En la categoría de seis partos a más, el promedio fue de 8 288,62 kg, lo que representa el 89,9 por ciento de la máxima producción.

Esta tendencia ascendente de producción de leche desde el primer hasta el cuarto parto se da por el hecho de que las vacas de primer, segundo y tercer parto aún están en desarrollo y la glándula mamaria todavía se encuentra en formación, además, se sabe que conforme van incrementando los partos, van disminuyendo cada vez más sus requerimientos para crecimiento, de modo que cuando alcanzan la adultez entre el cuarto y quinto parto, destinan casi toda la energía consumida en el alimento para la producción de leche, expresando todo el potencial genético lechero. Sin embargo, estos incrementos pueden variar entre establos, entre cuencas lecheras, razas, calidad genética, sistemas de crianza, etc. Pero lo que es un hecho, es que las vacas incrementan sus producciones conforme incrementa el número de parto (Olivera, 2001).

#### **4.1.2.2. Duración de la campaña por número de parto.**

Como se observa en la tabla 7, la duración de la campaña por número de parto tuvo un máximo de 385,25 días en el primer parto y un mínimo de 273,37 días en el grupo de seis partos a más, existiendo una tendencia a disminuir los días en lactación conforme se incrementa el número de parto. Los valores obtenidos comparados con estudios recientes demuestran que los días en lactación disminuyen a lo largo de las lactaciones independientemente de la raza en estudio. Así se tiene, Rodríguez (2018) en un establo de la cuenca de Lima con vacas Holstein, reportó en vacas de primer a octavo parto valores de 375, 377, 354, 357, 327, 302, 311 y 252 días de lactación respectivamente; Pallete, Adrianzén y García (2018), igualmente con vacas Holstein bajo un sistema intensivo en la cuenca de Lima, reportaron 385, 341, 333, 330, 312, 299 y 284 días en vacas de primer a séptimo parto; en la misma cuenca lechera, Palga (2018) reporta la misma tendencia siendo estos de 404, 383, 375, 377, 374, 379 y 336 días de lactación en vacas de primer a séptimo parto de raza Holstein. En la raza Brown Swiss, en sistema semi intensivo, Quispe et al., (2016) obtuvo una tendencia creciente desde la primera hasta la quinta lactación, para después disminuir en la sexta y séptima (309,51; 310,09; 320,53; 321,40; 337,06; 304,13 y 309,00); Cruz (2016) coincidió también con una tendencia descendente desde el primer hasta el tercer parto, para luego incrementarse en el cuarto parto y decaer en el quinto (389,82; 388,30; 362,33; 422,43 y 380,40). Se puede inferir que el manejo reproductivo en el establo no es el adecuado, pues las vacas de primer a quinto parto superan los 305 días de producción considerados como “ideal”, posiblemente no se esté detectando bien los celos durante el



periodo de espera voluntaria o que las vacas tienden a presentar problemas sanitarios post parto, lo que conlleva a tener días de tratamiento sanitario hasta que las vacas se recuperen y poder servir las, a su vez, puede estar asociado también a un deficiente plan alimenticio en vacas pre y post parto, lo que ocasiona problemas metabólicos en las primeras semanas de producción, pudiendo afectar otros parámetros como el intervalo entre partos. Para el caso de las vacas de sexto parto a más, como se mencionó líneas arriba, se consideró lactaciones solo hasta diciembre del 2018, pudiendo seguir sus campañas respectivas durante el 2019, las cuales no entran en el estudio.

#### 4.1.2.3. Producción de leche en 305 días por número de parto.

En la tabla 8 se muestra la producción de leche en 305 días para los seis años de estudio en vacas de primer parto, segundo, tercer, cuarto, quinto y sexto parto a más. En este parámetro se elimina la influencia de los días en lactación. La mínima y máxima producción se da en vacas de seis a más partos y en vacas de cuarto parto con 7 366,28 y 8 933,43 kg de leche respectivamente. Similar a la producción real por campaña, las vacas alcanzan su máxima producción al cuarto parto con 8 933,43 kg de leche en 305 días. La producción en 305 días en vacas de primer parto fue superior a lo reportado por Bodisco et al. (1985) (como se citó en Bueno, 2018) 2 815 kg, Vallone et al. (2014) 6 168 kg, Olaguivel (2006) 2 674,56 kg, Quispe et al. (2016) 2 838,33 kg, Cruz (2016) 3 790,56 kg, Bueno (2018) 3 369,55 kg; todos estos estudios realizados en sistemas semi intensivos.

**Tabla 8: Producción de leche en 305 días por número de parto**

N° de parto	N	En 305 días (leche kg)
		Promedio ± E.E.
1	24	7 527,13 ± 473,52
2	43	8 673,64 ± 302,67
3	32	8 133,10 ± 229,97
4	27	8 933,43 ± 281,58
5	21	8 549,55 ± 421,73
6 a más	15	7 366,28 ± 753,53

FUENTE: Elaboración propia

### **4.1.3. Características de productividad lechera por año de parto.**

Se presentan las características de productividad lechera por años para los seis años de estudio (2013 – 2018) divididos en dos épocas de parto 1 y 2 para vacas que parieron de diciembre a mayo y de junio a noviembre respectivamente.

#### **4.1.3.1. Producción real de leche por campaña.**

En la tabla 9 se muestran las lactaciones por campaña real de acuerdo con el año de parto para los seis años de estudio, para época de parto y año del 2013 al 2018. Teniendo una producción promedio inicial de 7 645,63 kg para el 2013 con una tendencia ascendente a lo largo de los años, es así, que para el 2018 el promedio fue de 9 555,45 kg. Esto es un indicador claro de la mejora en las condiciones de crianza a través de los años en el establo Bali, posiblemente por disponer de mejor alimento, establecer planes de mejoramiento genético, mejora de instalaciones y manejo de los animales a través de los años. Además, como se aprecia en la tabla 9, el número de lactaciones disminuye conforme avanzan los años, esto puede indicar que la proporción de ganado Brown Swiss en el establo Bali con respecto a la Holstein en Chíncha, es cada vez menor, pues se quiere aprovechar la capacidad productora de leche la Holstein debido a que el establo vende volúmenes de leche a la industria lechera.

**Tabla 9: Producción de leche y duración de la campaña por año de parto**

Año	N	Época de parto	Por campaña	
			Kg de leche	Días en lactación
			Promedio ± E.E.	Promedio ± E.E.
2013	51	1	7 645,63 ± 447,99	340,15 ± 26,78
		2	7 526,42 ± 238,02	338,88 ± 14,23
2014	48	1	8 022,15 ± 299,32	377,45 ± 17,75
		2	9 236,11 ± 293,15	366,04 ± 17,47
2015	44	1	8 724,08 ± 272,00	331,13 ± 16,24
		2	9 730,64 ± 330,32	352,55 ± 19,75
2016	38	1	8 783,89 ± 310,79	330,04 ± 18,56
		2	8 663,88 ± 342,98	348,33 ± 20,51
2017	32	1	8 858,98 ± 353,34	361,20 ± 21,10
		2	9 116,37 ± 370,45	371,74 ± 22,08
2018	11	1	9 555,45 ± 450,03	243,90 ± 26,00

<sup>1</sup> vacas paridas en el periodo de diciembre a mayo.

<sup>2</sup> vacas paridas en el periodo de junio a noviembre.

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.1.3.2. Duración de la campaña por año de parto.

Entre los seis años de estudio, los días en lactación tuvo un periodo de mínimo y máximo de 243,90 y 377,45 días correspondientes a los años 2018 y 2014 (1) respectivamente. A diferencia del año 2018, en todos los años anteriores las lactaciones se prolongan por más de 305 días, pudiendo ser reflejo de un deficiente manejo reproductivo en el establo, logrando preñeces pasados los 60 días de espera voluntaria, además, el manejo sanitario de las vacas post parto puede repercutir en la duración de las lactaciones, debido a la presencia de problemas como metritis, mastitis, retención de placenta, piometras, etc. Es posible también una falla en el manejo nutricional de las vacas pre y post parto, lo que conlleva a problemas metabólicos en las primeras semanas de producción afectando el intervalo parto concepción e intervalo entre partos.

#### 4.1.3.3. Producción de leche en 305 días por año de parto.

En la tabla 10 se detallan las producciones en 305 días por año de parto para los seis años de estudio. Entre los años 2014 y 2017. Como se puede observar, las vacas paridas en el 2018 no llegaron a los 305 días de lactancia debido a que solo se consideró producciones hasta diciembre del 2018 para las vacas paridas en ese año, por ende, el promedio para la producción de leche en 305 días para el año 2018, no se detalla en la tabla 10. Las producciones en 305 días inician con 7 146,67 kg en el primero periodo del 2013 y llega a un máximo de 9 508,89 kg correspondientes al segundo periodo del 2015. Por lo general, hay una tendencia ascendente a incrementar la producción de leche en 305 días a través de los años, lo que demuestra que el establo Bali ha venido desarrollándose de una forma correcta, tanto técnica como administrativamente, permitiendo así lograr mayores ingresos económicos.

**Tabla 10: Producción de leche en 305 días por año de parto**

Año	N	Época de parto	En 305 días (leche kg)
			Promedio $\pm$ E.E.
2013	37	1	7 146,67 $\pm$ 467,05
		2	6 959,45 $\pm$ 258,31
2014	38	1	7 788,98 $\pm$ 285,78
		2	9 099,17 $\pm$ 305,99
2015	32	1	8 408,89 $\pm$ 278,54
		2	9 508,89 $\pm$ 375,40
2016	29	1	8 202,41 $\pm$ 335,85
		2	7 871,07 $\pm$ 354,68
2017	26	1	8 417,22 $\pm$ 361,69
		2	8 569,12 $\pm$ 395,49

<sup>1</sup> vacas paridas en el periodo de diciembre a mayo

<sup>2</sup> vacas paridas en el periodo de junio a noviembre

FUENTE: Elaboración propia.

#### 4.2. Modelación de la curva de lactación mediante el método no lineal de Wood (1967).

Mediante el método de regresión no lineal de Wood (1967) se analizaron 188 lactaciones individuales de vacas correspondientes a vacas de primer parto, segundo parto, tercer parto, cuarto parto, quinto parto y sexto a más. Utilizándose un total de 2 356 controles de producción mensual para los seis años de estudio.

##### 4.2.1. Características y modelación de la curva de lactación según el método de Wood (1967).

Siguiendo la metodología del método de regresión no lineal de Wood (1967) se estimó los parámetros asociados a la curva de lactación y las características que las definen (tabla 11). Además, para realizar las respectivas gráficas de las curvas de lactación, se estimó las producciones desde el día cero hasta el día 305, pudiendo estimar la producción acumulada hasta los 305 días.

**Tabla 11: Parámetros estimados mediante el modelo no lineal de Wood (1967) por número de parto**

Modelo gamma incompleto							
Variable	N° de	a	b	c	Tm	Ym	Pers
Lactación	datos				(días)	(kilos)	
1	343	18,1512	0,1117	0,00160	69,81	26,08	7,16
2	575	23,355	0,0886	0,00198	44,75	29,93	6,78
3	485	20,0798	0,1697	0,00311	54,57	33,41	6,75
4	346	20,6167	0,1609	0,00275	58,51	33,78	6,84
5	290	21,4675	0,1440	0,00301	47,84	32,44	6,64
6 a más	317	17,1801	0,1766	0,00321	55,02	29,22	6,76

a, b, c parámetros de la función; Tm = tiempo en días en alcanzar el pico de producción; Ym = producción de leche en el pico de producción; Pers = persistencia.

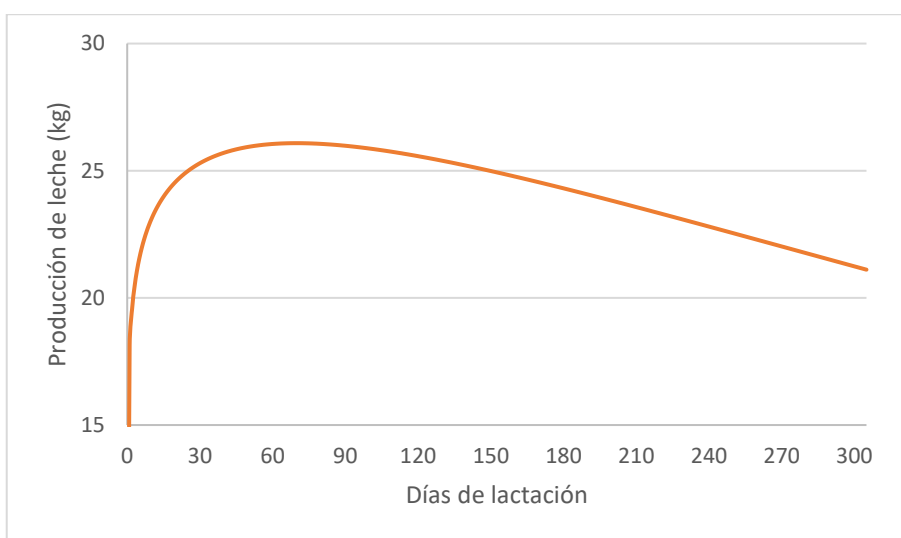
FUENTE: Elaboración propia

Así se obtuvo que, para vacas de primer parto, el factor asociado al nivel inicial de producción fue de 18,1512; con un índice de incremento de la producción de leche de 0,1117 y un índice de descenso después de alcanzar el pico de 0,0016. Al desarrollar las ecuaciones correspondientes se determinó que a los 69,81 días después del parto se alcanza el nivel máximo de producción con 26,08 kg y un nivel de persistencia después del parto de 7,16. Los días en alcanzar el pico de producción fue claramente superior respecto a las vacas de segundo parto a sexto parto a más, esto debido a que las vacas primíparas al estar todavía en crecimiento destinan la mayor parte de la energía en cubrir sus requerimientos de mantenimiento y crecimiento, destinando lo restante para la producción de leche. Así mismo, el tejido secretor de las vacas de primer parto tarda más en alcanzar su nivel máximo de producción que las vacas multíparas ya que como se mencionó, aún están en desarrollo. Otro punto importante es que las vacas de primer parto, en comparación a las multíparas, tienden a tener mayor incidencia de problemas reproductivos como metritis, retención de placenta, etc. Alargando así su tiempo en alcanzar el pico de producción. Se observa también que la producción de leche en el pico es menor que en las demás categorías, la razón principal es que la ubre todavía está en desarrollo y la vaca no expresa todo su potencial genético, esto debido a que las vacas conforme van avanzando en sus lactaciones presentan una mayor tasa de proliferación de células secretorias antes y después del parto. El mayor nivel de persistencia encontrado se puede explicar en que las vacas jóvenes tienen una menor tasa de disminución de rendimiento de leche debido a que el proceso de maduración de la ubre aún está en proceso. Las razones expuestas conllevan a tener una curva más plana, con un pico de producción menos pronunciado, pero más persistente luego del mismo. Huamán (2015) reportó 81 días al pico, 17,22 kg en el pico de producción y 8,4 de persistencia en vacas de primer parto Gyr x Holstein y 55 días, 4,28 kg y 8,5 para Gyr puras en trópico. Es evidente que las vacas criadas en trópico y al pastoreo logran menos rendimientos que las razas especializadas para producción de leche como la Brown Swiss criadas intensivamente, debido principalmente al aspecto genético y de medio ambiente en el que se desarrollan, en el cual están asociados la calidad y disponibilidad de alimento, condiciones climáticas, incidencia de enfermedades, manejo, etc. Vásquez (2017) determinó 82 días al pico con 31,13 kg de leche para vacas Holstein de primer parto en un establo de Lima. Rodríguez, Ara, Huamán y Echevarría (2005) reportaron 60,5 días, 26,89 kg y una persistencia después del pico de 6.92 para vacas de primera lactancia en la cuenca de Lima. En ambos casos se sigue tendencia de que las vacas con forme avanzan en sus partos reducen el tiempo en llegar

al pico, incrementan la producción de leche en el pico de lactancia y reducen el nivel de persistencia.

La producción de leche estimada mediante el modelo de Wood a los 305 días fue de 7 370,18 kg. La gráfica de la curva de lactación se obtuvo mediante la fórmula:

$$\text{Producción de leche} = 18.1512 * \text{día de lactación}^{0.1117} * e^{-0.0016 * \text{día de lactación}}$$

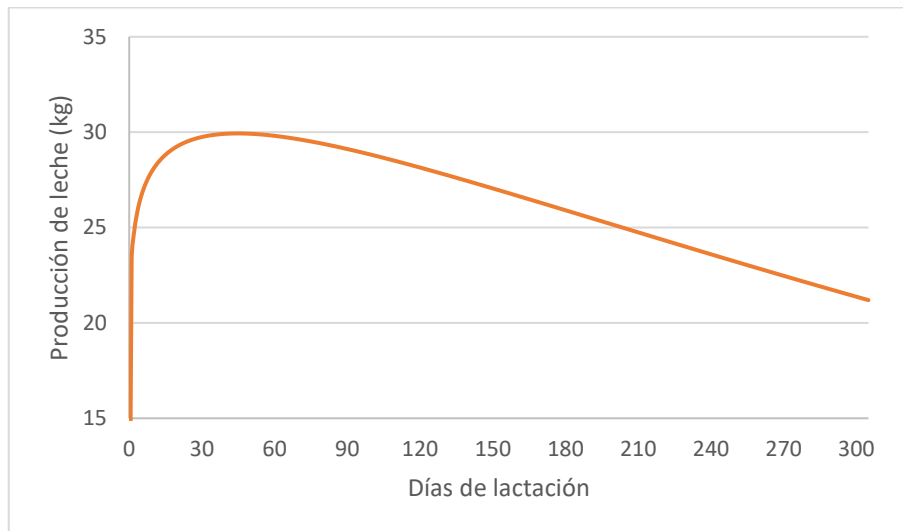


**Figura 12: Curva de lactación de vacas de primer parto**

Para vacas de segundo parto, el factor asociado al nivel inicial de producción fue 23,355; un índice de incremento de la producción de leche de 0,0886 y un índice de descenso después de alcanzar el pico de 0,00198. Al desarrollar las ecuaciones correspondientes se determinó que a los 44,75 días después del parto se alcanza el nivel máximo de producción con 29,93 kg y un nivel de persistencia después del parto de 6,78. Vásquez (2017) determinó 64 días al pico con 41,29 kg de leche en vacas Holstein de segundo parto en un establo de la cuenca de Lima. Rodríguez et. al (2005) reportaron 41,2 días con 31,89 kg de leche en el pico de producción y una persistencia de 6,47 después del pico en cinco establos de la cuenca de Lima con vacas Holstein. En ambos casos, los resultados encontrados por los autores mencionados son superiores en cuanto a producción de leche en el pico de lactación a los obtenidos en el presente estudio debido a que la raza Holstein, en Costa, expresa todo el potencial genético que brinda la raza para la zona de estudio, y como se sabe, la raza Holstein es por excelencia, una gran productora de volúmenes de leche.

La producción de leche estimada mediante el modelo de Wood a los 305 días fue de 8 047,56 kg. La gráfica de la curva de lactación se obtuvo mediante la fórmula:

$$\text{Producción de leche} = 23.355 * \text{día de lactación}^{0.0886} * e^{-0.00198 * \text{día de lactación}}$$



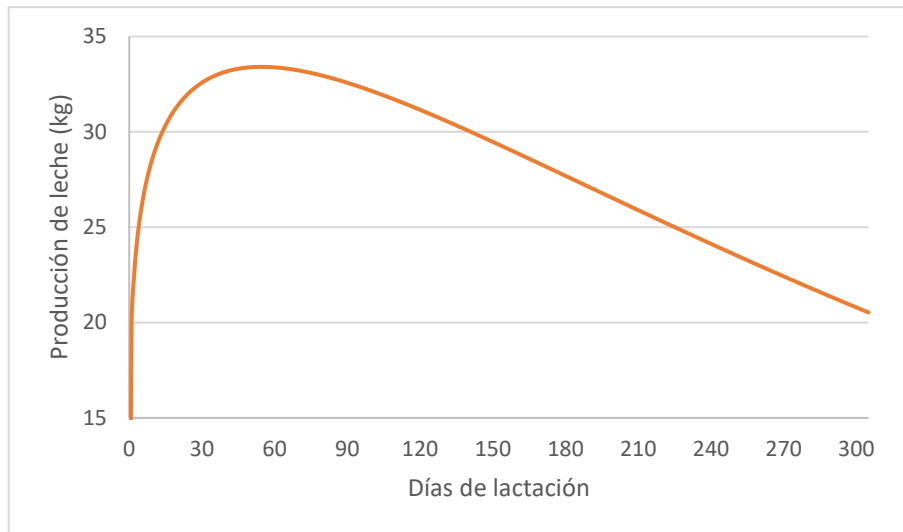
**Figura 13: Curva de lactación de vacas de segundo parto**

Para vacas de tercer parto, el factor asociado al nivel inicial de producción fue 20,0798, un índice de incremento de la producción de leche de 0,1697 y un índice de descenso después de alcanzar el pico de 0,00311. Al desarrollar las ecuaciones correspondientes se determinó que a los 54,57 días después del parto se alcanza el nivel máximo de producción con 33,41 kg y un nivel de persistencia después del parto de 6,75. Vásquez (2017) agrupó vacas Holstein de tres partos a más y determinó que a los 66 días alcanzan el pico de producción con un nivel de 43,91 kg de leche en un establo de la cuenca de Lima. Rodríguez et. al (2005) reportaron 42,4 días al pico con 33,87 kg de leche y una persistencia después de alcanzar el pico de 6,50 para cinco establos de la cuenca de Lima.

La producción de leche estimada mediante el modelo de Wood a los 305 días fue de 8 590,58 kg. La gráfica de la curva de lactación se obtuvo mediante la fórmula:

$$\text{Producción de leche} = 20.0798 * \text{día de lactación}^{0.1697} * e^{-0.00311 * \text{día de lactación}}$$



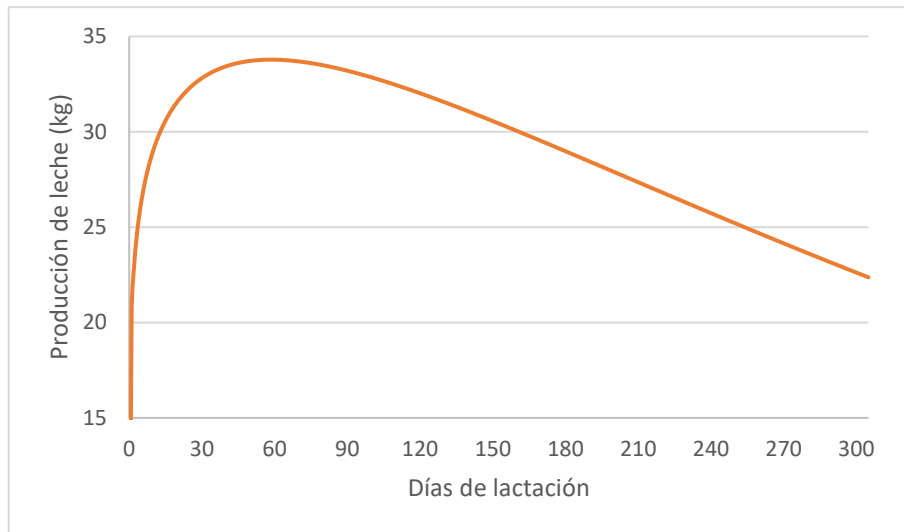


**Figura 14: Curva de lactación de vacas de tercer parto**

Para vacas de cuarto parto, el factor asociado al nivel de producción fue 20,6167; un índice de incremento de la producción de leche de 0,1609 y un índice de descenso después de alcanzar el pico de 0,00275. Al desarrollar las ecuaciones correspondientes se determinó que a los 58,51 días después del parto se alcanza el nivel máximo de producción con 33,78 kg y un nivel de persistencia después del parto de 6,84. Esta categoría logró la mayor producción real de leche y en 305 días, por ende, logró la mayor producción en el pico de lactancia. Además, el porcentaje de persistencia fue mayor que en las vacas de segundo, tercer, quinto y sexto parto a más, sin embargo, menor que las de primer parto. Rodríguez et. al (2005) agruparon las vacas de cuarto parto a más y obtuvieron 39,6 días para alcanzar el pico con 33,63 kg de leche en este punto de la curva, además, la persistencia encontrada fue de 33,63 en vacas Holstein de cinco establos de la cuenca de Lima.

La producción de leche estimada mediante el modelo de Wood a los 305 días fue de 8 912,39 kg. La gráfica de la curva de lactación se obtuvo mediante la fórmula:

$$\text{Producción de leche} = 20.6167 * \text{día de lactación}^{0.1609} * e^{-0.00301 * \text{día de lactación}}$$

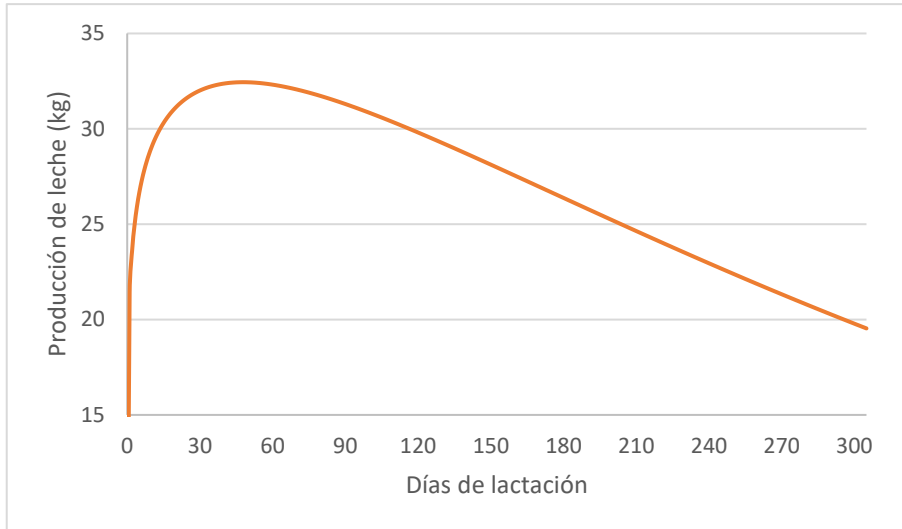


**Figura 15: Curva de lactación de vacas de cuarto parto**

Para vacas de quinto parto, el factor asociado al nivel de producción fue 21,4675; un índice de incremento de la producción de leche de 0,144 y un índice de descenso después de alcanzar el pico de 0,00301. Al desarrollar las ecuaciones correspondientes se determinó que a los 47,84 días después del parto se alcanza el nivel máximo de producción con 32,44 kg y un nivel de persistencia después del parto de 6,64.

La producción de leche estimada mediante el modelo de Wood a los 305 días fue de 8 265,47 kg. La gráfica de la curva de lactación se obtuvo mediante la fórmula:

$$\text{Producción de leche} = 21.4675 * \text{día de lactación}^{0.144} * e^{-0.00301 * \text{día de lactación}}$$

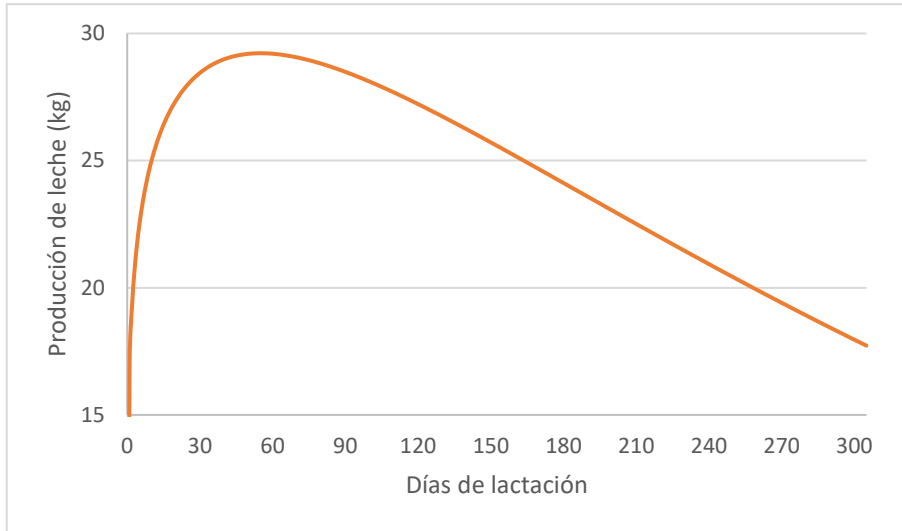


**Figura 16: Curva de lactación de vacas de quinto parto**

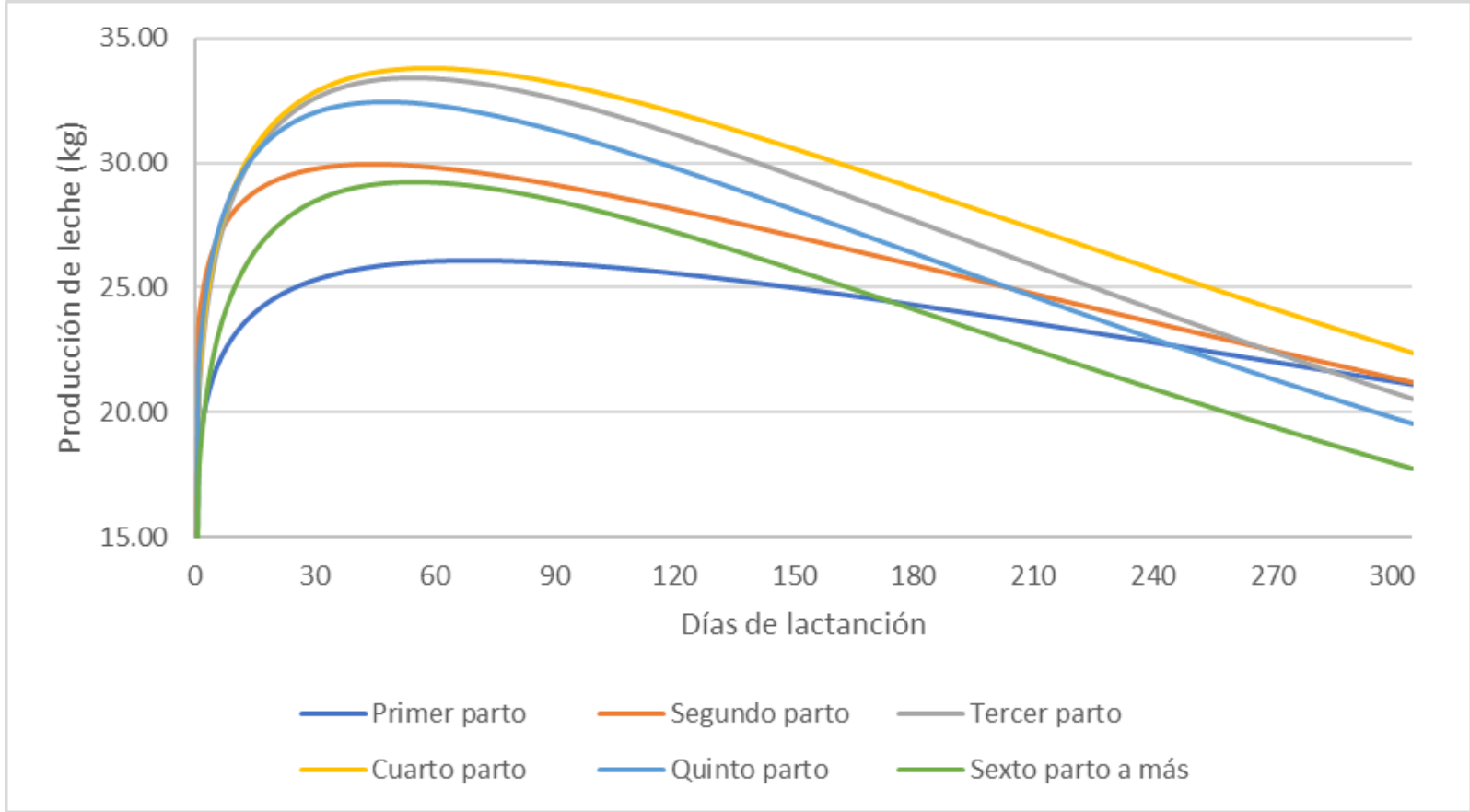
Finalmente, para vacas de sexto parto a más, el factor asociado al nivel de producción fue 17,1801; un índice de incremento de la producción de leche de 0,1766 y un índice de descenso después de alcanzar el pico de 0,00321. Al desarrollar las ecuaciones correspondientes se determinó que a los 55,02 días después del parto se alcanza el nivel máximo de producción con 29,22 kg y un nivel de persistencia después del parto de 6,76.

La producción de leche estimada mediante el modelo de Wood a los 305 días fue de 7 483,23 kg. La gráfica de la curva de lactación se obtuvo mediante la fórmula:

$$\text{Producción de leche} = 17.1801 * \text{día de lactación}^{0.1766} * e^{-0.00321 * \text{día de lactación}}$$



**Figura 17: Curva de lactación de vacas de sexto parto a más**



**Figura 18: Curvas de lactación de vacas de primer a sexto parto a más**

## V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio se desprenden las siguientes conclusiones:

1. En la evaluación de la producción de leche por campaña por número de parto, se encontró la mayor producción en las vacas de cuarto parto con  $9\,222,77 \pm 253,96$  kg.
2. En la evaluación de la producción de leche en 305 días por número de parto, se encontró la mayor producción en las vacas de cuarto parto con  $8\,933,43 \pm 281,56$  kg.
3. La producción real de leche en el establo Bali S.A.C. se incrementó con el transcurso de los años, de  $7\,645,63 \pm 447,99$  kg en el 2013 a  $9\,555,45 \pm 450,03$  kg en el 2018.
4. Se ha observado que conforme avanzan los partos, las vacas disminuyen los días en llegar al pico de producción, la producción de leche en el pico se incrementa y las vacas tienden a ser menos persistentes.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Continuar evaluando los parámetros productivos y reproductivos del establo Bali S.A.C. en los siguientes años.
2. Realizar estudios de comparación de modelos matemáticos para caracterizar las curvas de lactación y establecer la de mejor ajuste para vacas de raza Brown Swiss en sistemas intensivos.
3. Difundir los resultados de la investigación para referenciar la productividad lechera de vacas Brown Swiss en condiciones de Costa bajo crianza intensiva

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Almeyda, J. (2014). Copias de la cátedra de Producción de vacunos de leche, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Zootecnia, Lima, Perú.

Almeyda, J. & Parreño, J. (2011). Manejo integrado de ganado vacuno. Oficina Académica de Extensión y Proyección Social, UNALM – Agrobanco. Recuperado de [http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/ganadolechero/manejo\\_integrado\\_de\\_ganado\\_vacuno.pdf](http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/ganadolechero/manejo_integrado_de_ganado_vacuno.pdf)

Apaza, Y.; Loza, M.; Rojas, A. & Achu, C. (2016). Determinación del comportamiento de la curva de lactancia y producción lechera del ganado Mestizo del Altiplano de la Provincia Omasuyos Departamento de La Paz. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 3(2), 77-86. Recuperado de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2311-25812016000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812016000200002&lng=es&tlng=es)

Araújo, C.; Torres, R.; Rennó, F.; Pereira, J.; Pereira, C.; Araújo, S.; Torres R.; Silva, H.; Rennó, L. & Kaiser, F. (2003). Tendência genética para características produtivas em bovinos da raça Pardo-Suíça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6, Suppl. 2), 1872-1877. Recuperada de <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000800010>

Aspilcueta, R.; Muñoz, M.; Tonhati, H; Sesana, R. & Hurtado, N. (2008). Modelación para ajuste de la curva de lactación usando función lineal, no lineal y polinomios segmentados en ganados con alto grado de sangre Brown Swiss. *Livestock Research for Rural Development*, v. 20, n. 8. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11449/70511>



Bueno, W. (2018). Índices productivos y reproductivos en vacunos Brown Swiss, Jersey y Holstein en altura – Cooperativa Atahualpa Jerusalén, Cajamarca 1999 – 2013 (Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3526>

Cáceres, R. (2015). Manejo de la producción lechera en dos sistemas de utilización de pasturas en la Sierra Central (Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2128>

Cañas J.; Cerón, M. & Corrales, J. (2011). Modelación de curvas de lactancia para producción de leche, grasa y proteína en bovinos Holstein en Antioquia, Colombia. Revista MVZ Córdoba, 16(2), 2514-2520. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-02682011000200009&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682011000200009&lng=en&tlng=es)

Cartier, E. & Cartier, J. (2004). Tambos—Análisis de sus procesos de producción con fines de costeo. In XXVII Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos. Tandil. Págs (Vol. 22). Recuperado de <https://docplayer.es/5025897-Xxvii-congreso-argentino-de-profesores-universitarios-de-costos-tambos-analisis-de-sus-procesos-de-produccion-con-fines-de-costeo.html>

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. Nutrición Animal Tropical 11(2): 1-22. Recuperado de: <https://doi.org/10.15517/nat.v11i2.31306>

Castle, M. (2018). Producción de leche moderna; principios y aplicaciones para estudiantes y ganaderos. Editorial Acribia. España.

IV Censo Nacional Agropecuario. (2012). Resultados definitivos. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Ministerio de Agricultura y Riego.

Dávila, k. (2012). Caracterización de la unidad de producción de vacunos de leche de la comunidad campesina de Lloclloppampa – Jauja (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperada de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1797>

De Marchi, M.; Bittante, G.; Dal Zotto, R.; Dalvit, C. & Cassandro, M. (2008). Effect of Holstein Friesian and Brown Swiss Breeds on Quality of Milk and Cheese. *J. Dairy Sci.* 91:4092-4102. doi: 10.3168/jds.2007-0788

Deza, H. (2007). Evaluación de parámetros reproductivos y productivos en vacas Brown Swiss criadas en sistema extensivo (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

García, M. (2008). Efecto la dieta con diferente nivel nutricional sobre la producción y composición de leche y perfil metabólico en vacas criollas y Brown Swiss (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

García, J.; Martínez, E.; Núñez, R.; Ramírez, R.; López, R.; & Ruiz, A. (2008). Comparación de ecuaciones para ajustar curvas de lactancia en bovinos. *Revista Científica*, 18(2), 160-169. Recupero de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592008000200007&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592008000200007&lng=es&tlng=es)

Gasque, R. (2008). Enciclopedia bovina [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <https://booksmedicos.org/enciclopedia-bovina-gasque-gomez/>

Gasque, R. & Posada, E. (2001). Características físicas de la Pardo Suizo Moderna. Departamento de Producción Animal. Universidad Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México.

Gibson, K. & Dechow, C. (2018). Genetic parameters for yield, fitness, and type traits in US Brown Swiss dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 101:1251-1257.

Gongora, J. (2006). Evaluación del comportamiento productivo, reproductivo y composición de la leche en vacas normando puros y en diferentes porcentajes de sangre, en la finca Chuguaca, Municipio de San Francisco (Tesis de pregrado, Universidad de La Salle). Recuperada de <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/143>

Huamán, P. (2015). Modelación de la curva de lactación de vacas Gir y cruces por Holstein (F-1) en el trópico peruano (Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1861>

Mancuso, W. & Marini, P. (2012). Comportamiento de vacas lecheras primíparas y sus cruces en un sistema a pastoreo de Entre Ríos (Argentina). *Revista Veterinaria*. 23. 138-143. 10.30972/vet.2321794. doi: 10.30972/vet.2321794

Olaguivel, C. (2006). Evaluación de parámetros productivos y reproductivos de vacas Brown Swiss en el Centro Experimental Chunquibambilla – Puno (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Olivera, S. (2001). Índices de producción y su repercusión económica para un establo lechero. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 12(2), 49-54. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172001000200009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172001000200009&lng=es&tlng=es).

Palacios, A.; Espinoza, José L.; González, D.; Guerra, D.; Mellado, M. & Rodríguez, F. (2008). Parámetros genéticos para la producción de leche del día del control en vacas mambí. *Agrociencia*, 42(2), 157-163. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952008000200003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000200003&lng=es&tlng=es)

Pallete, A. (2005). Mejoramiento del ganado vacuno de leche. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA 1era. Edición. Recuperado de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/1042>

Palga, A. (2018). Producciones de un establo de la cuenca lechera de Lima (Trabajo monográfico Ing. Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3422>

Piccand, V.; Cutullic, E.; Meier, S.; Schori, F.; Kunz, P. L.; Roche, J. R.; & Thomet, P. (2013). Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system. *J. Dairy Sci.* 96:5352-5363.

Pimentel, P.; Moura, A.; Neiva, J.; Araújo, A.; & Tair, R. (2007). Consumo, produção de leite e estresse térmico em vacas da raça Pardo-Suíça alimentadas com castanha de caju. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59(6), 1523-1530. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352007000600027>

Portal Suizo de Información y Servicios. (2020). Una raza de vacas resistente a la altura del Perú. Recuperado de <https://www.swisslatin.ch/ciencias-062.htm>

Quintero, A. & Gil, G. (2005). Factores genéticos y ambientales que afectan el comportamiento productivo un rebaño Pardo Suizo en el trópico. 1. Producción de leche. Revista científica, 15(2), 141-147. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95915207>

Quintero, J.; Serna, J.; Hurtado, N.; Rosero, R. & Cerón, M. (2007). Modelos matemáticos para curvas de lactancia en ganado lechero. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 20(2), 149-156. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-06902007000200007&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902007000200007&lng=en&tlng=es).

Quispe Coaquira, Jesús, Belizario Quispe, Celso, Apaza Zúñiga, Edgar, Maquera Marón, Zenón, & Quisocala Carita, Valentín. (2016). Desempeño productivo de vacunos Brown Swiss en el altiplano peruano. Revista de Investigaciones Altoandinas, 18(4), 411-422. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.216>

Ramírez, R.; García, J.; Núñez, R.; Ruiz, A. & Meraz, M. (2004). Comparación de ecuaciones para estimar curvas de lactancia con diferentes estrategias de muestreo en bovinos Angus, suizo y sus cruza. Veterinaria México, 35(3),187-201. ISSN: 0301-5092. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423/42335303>

Rennó, F.; Araújo, C.; Pereira, J.; Freitas, M.; Torres, R.; Rennó, L.; Azevêdo, J. & Kaiser, F. (2003). Correlações genéticas e fenotípicas entre características de conformação e produção de leite em bovinos da raça Pardo-Suíça no Brasil. Revista Brasileira de Zootecnia, 32(6), 1419-1430. Recuperada de <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000600017>

Ríos, A.; Hernández, V.; Villagómez, E. & Zárate, J. (2015). Producción láctea de vacas Simmental x Cebú y Suizo Pardo x Cebú en clima tropical. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 17-25. Recuperado de [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212015000100002&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212015000100002&lng=en&tlng=es)

Rodríguez, Z. (2018). Características de productividad lechera de un establo de Cañete, cuenca lechera de Lima (Tesis Ing. Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3713>

Rodríguez, L.; Ara, M.; Huamán, H. & Echevarría, L. (2005). Modelos de ajuste para curvas de lactación de vacas en crianza intensiva en la cuenca de Lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 16(1), 01-12. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172005000100001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172005000100001&lng=es&tlng=es).

Schmidt G. & Van Vleck, L. (1975). *Bases científicas de la producción lechera*. Editorial Acribia. Zaragoza – España.

Sessarego, M. (2017). Edad al primer parto y productividad lechera de la raza Holstein en la costa central de Perú (Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2921>

Sirol, M.; Euclides, R.; Torres, R.; Lopes, P.; Pereira, C.; Araújo, C.; & Rennó, F. (2005). Efeito da interação reprodutor x rebanho sobre as produções de leite e de gordura na raça Pardo-Suíça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(5), 1573-1580. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982005000500018>

Torrent, M. (1991). La vaca de leche y el ternero de carne. Editorial Aedos, Barcelona, España.

Tuesta, J. (2014). Efecto del uso de un suplemento vitamínico-mineral balanceado sobre la producción lechera, en vacas Brown Swiss y Holstein al pastoreo, en la provincia de Candarave – Tacna 2013 (Tesis de pregrado, Universidad Católica Santa María). Recuperada de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/4391>

Vallone, R., Camiletti, E., Exner, M., Mancuso, W., & Marini, P. (2016). Análisis productivo y reproductivo de vacas lecheras Holstein, Pardo Suizo y sus cruizas en un sistema a pastoreo. *Revista veterinaria*, 25(1), 40-44. doi: <http://dx.doi.org/10.30972/vet.251547>

Vásquez, A. (2017). Curva de lactación en ganado lechero con modelos no lineales en un establo del valle de Huaura (Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2817>

Vilca, E. (2018). Eficiencia de la producción láctea de vacas Brown Swiss PPC, bajo el sistema de crianza semi-intensiva en CIP. Chuquibambilla – Puno (Tesis pregrado, Universidad Nacional del Altiplano). Recuperada de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8357>

Whittemore, C. 1984. Lactación de la vaca lechera. Editorial Continental S.A. 1ra Edición, México.

Wood, P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216: 164-168. doi: <https://doi.org/10.1038/216164a0>

Zárate, J.; Esqueda, V.; Vinay, J. & Jácome, S. (2010). Evaluación económico-productiva de un sistema de producción de leche en el trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2), 255-265. Recuperado de [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212010000200004&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000200004&lng=en&tlng=es)

Zimin, AV; Delcher, AL; Florea, L; Kelley, DR; Schatz, MC; Puiu, D; Hanrahan, F; Pertea, G; Van T; Curtis P; Sonstegard, TS; Marçais, G; Roberts, M; Subramanian, P; Yorke, JA; Salzberg, SL. (2009). A whole-genome assembly of the domestic cow, *Bos taurus*. *Genome Biol* 10, R42. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/gb-2009-10-4-r42>



## VIII. ANEXOS

**Anexo 1: Producciones diarias estimadas para vacas de primer parto según el modelo no lineal de Wood (1967)**

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
1	18.12	21	24.66	41	25.74	61	26.06	81	26.05	101	25.86	121	25.55	141	25.18
2	19.55	22	24.75	42	25.77	62	26.06	82	26.04	102	25.85	122	25.54	142	25.16
3	20.42	23	24.83	43	25.79	63	26.07	83	26.04	103	25.83	123	25.52	143	25.14
4	21.06	24	24.91	44	25.82	64	26.07	84	26.03	104	25.82	124	25.50	144	25.11
5	21.55	25	24.99	45	25.84	65	26.08	85	26.02	105	25.81	125	25.48	145	25.09
6	21.96	26	25.05	46	25.86	66	26.08	86	26.02	106	25.79	126	25.47	146	25.07
7	22.31	27	25.12	47	25.88	67	26.08	87	26.01	107	25.78	127	25.45	147	25.05
8	22.61	28	25.18	48	25.90	68	26.08	88	26.00	108	25.76	128	25.43	148	25.03
9	22.87	29	25.24	49	25.92	69	26.08	89	25.99	109	25.75	129	25.41	149	25.01
10	23.10	30	25.30	50	25.94	70	26.08	90	25.98	110	25.73	130	25.39	150	24.99
11	23.31	31	25.35	51	25.95	71	26.08	91	25.97	111	25.72	131	25.37	151	24.97
12	23.50	32	25.40	52	25.97	72	26.08	92	25.96	112	25.70	132	25.35	152	24.95
13	23.68	33	25.44	53	25.98	73	26.08	93	25.95	113	25.69	133	25.34	153	24.92
14	23.83	34	25.49	54	26.00	74	26.08	94	25.94	114	25.67	134	25.32	154	24.90
15	23.98	35	25.53	55	26.01	75	26.08	95	25.93	115	25.66	135	25.30	155	24.88
16	24.12	36	25.57	56	26.02	76	26.07	96	25.92	116	25.64	136	25.28	156	24.86
17	24.24	37	25.61	57	26.03	77	26.07	97	25.91	117	25.62	137	25.26	157	24.84
18	24.36	38	25.64	58	26.04	78	26.06	98	25.90	118	25.61	138	25.24	158	24.81
19	24.46	39	25.68	59	26.04	79	26.06	99	25.88	119	25.59	139	25.22	159	24.79
20	24.57	40	25.71	60	26.05	80	26.05	100	25.87	120	25.57	140	25.20	160	24.77

Continuación:

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
161	24.75	181	24.28	201	23.80	221	23.29	241	22.78	261	22.26	281	21.74	301	21.21
162	24.73	182	24.26	202	23.77	222	23.27	242	22.75	262	22.23	282	21.71	302	21.19
163	24.70	183	24.24	203	23.75	223	23.24	243	22.73	263	22.21	283	21.68	303	21.16
164	24.68	184	24.21	204	23.72	224	23.22	244	22.70	264	22.18	284	21.66	304	21.13
165	24.66	185	24.19	205	23.70	225	23.19	245	22.67	265	22.15	285	21.63	305	21.11
166	24.63	186	24.16	206	23.67	226	23.16	246	22.65	266	22.13	286	21.60		
167	24.61	187	24.14	207	23.65	227	23.14	247	22.62	267	22.10	287	21.58		
168	24.59	188	24.12	208	23.62	228	23.11	248	22.60	268	22.08	288	21.55		
169	24.57	189	24.09	209	23.60	229	23.09	249	22.57	269	22.05	289	21.53		
170	24.54	190	24.07	210	23.57	230	23.06	250	22.54	270	22.02	290	21.50		
171	24.52	191	24.04	211	23.55	231	23.04	251	22.52	271	22.00	291	21.47		
172	24.50	192	24.02	212	23.52	232	23.01	252	22.49	272	21.97	292	21.45		
173	24.47	193	23.99	213	23.50	233	22.98	253	22.47	273	21.94	293	21.42		
174	24.45	194	23.97	214	23.47	234	22.96	254	22.44	274	21.92	294	21.40		
175	24.43	195	23.94	215	23.44	235	22.93	255	22.41	275	21.89	295	21.37		
176	24.40	196	23.92	216	23.42	236	22.91	256	22.39	276	21.87	296	21.34		
177	24.38	197	23.90	217	23.39	237	22.88	257	22.36	277	21.84	297	21.32		
178	24.36	198	23.87	218	23.37	238	22.86	258	22.34	278	21.81	298	21.29		
179	24.33	199	23.85	219	23.34	239	22.83	259	22.31	279	21.79	299	21.27		
180	24.31	200	23.82	220	23.32	240	22.80	260	22.28	280	21.76	300	21.24		

**Anexo 2: Producciones diarias estimadas para vacas de segundo parto según el modelo no lineal de Wood (1967)**

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
1	23.31	21	29.34	41	29.92	61	29.79	81	29.36	101	28.78	121	28.11	141	27.39
2	24.74	22	29.40	42	29.93	62	29.78	82	29.34	102	28.75	122	28.08	142	27.35
3	25.59	23	29.46	43	29.93	63	29.76	83	29.31	103	28.72	123	28.04	143	27.31
4	26.20	24	29.51	44	29.93	64	29.74	84	29.28	104	28.69	124	28.00	144	27.28
5	26.67	25	29.56	45	29.93	65	29.72	85	29.26	105	28.65	125	27.97	145	27.24
6	27.05	26	29.61	46	29.93	66	29.71	86	29.23	106	28.62	126	27.93	146	27.20
7	27.37	27	29.65	47	29.93	67	29.69	87	29.20	107	28.59	127	27.90	147	27.16
8	27.64	28	29.68	48	29.93	68	29.67	88	29.17	108	28.55	128	27.86	148	27.13
9	27.87	29	29.72	49	29.92	69	29.65	89	29.15	109	28.52	129	27.83	149	27.09
10	28.08	30	29.75	50	29.92	70	29.63	90	29.12	110	28.49	130	27.79	150	27.05
11	28.26	31	29.78	51	29.91	71	29.60	91	29.09	111	28.45	131	27.75	151	27.01
12	28.42	32	29.80	52	29.90	72	29.58	92	29.06	112	28.42	132	27.72	152	26.98
13	28.57	33	29.82	53	29.89	73	29.56	93	29.03	113	28.39	133	27.68	153	26.94
14	28.70	34	29.84	54	29.88	74	29.54	94	29.00	114	28.35	134	27.64	154	26.90
15	28.82	35	29.86	55	29.87	75	29.51	95	28.97	115	28.32	135	27.61	155	26.86
16	28.93	36	29.88	56	29.86	76	29.49	96	28.94	116	28.28	136	27.57	156	26.83
17	29.03	37	29.89	57	29.85	77	29.47	97	28.91	117	28.25	137	27.54	157	26.79
18	29.12	38	29.90	58	29.84	78	29.44	98	28.88	118	28.22	138	27.50	158	26.75
19	29.20	39	29.91	59	29.82	79	29.42	99	28.84	119	28.18	139	27.46	159	26.71
20	29.27	40	29.92	60	29.81	80	29.39	100	28.81	120	28.15	140	27.42	160	26.67

Continuación:

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
161	26.64	181	25.87	201	25.10	221	24.33	241	23.56	261	22.81	281	22.06	301	21.34
162	26.60	182	25.83	202	25.06	222	24.29	242	23.52	262	22.77	282	22.03	302	21.30
163	26.56	183	25.79	203	25.02	223	24.25	243	23.48	263	22.73	283	21.99	303	21.27
164	26.52	184	25.75	204	24.98	224	24.21	244	23.45	264	22.69	284	21.95	304	21.23
165	26.48	185	25.71	205	24.94	225	24.17	245	23.41	265	22.66	285	21.92	305	21.19
166	26.44	186	25.68	206	24.90	226	24.13	246	23.37	266	22.62	286	21.88		
167	26.41	187	25.64	207	24.86	227	24.09	247	23.33	267	22.58	287	21.85		
168	26.37	188	25.60	208	24.83	228	24.06	248	23.30	268	22.55	288	21.81		
169	26.33	189	25.56	209	24.79	229	24.02	249	23.26	269	22.51	289	21.77		
170	26.29	190	25.52	210	24.75	230	23.98	250	23.22	270	22.47	290	21.74		
171	26.25	191	25.48	211	24.71	231	23.94	251	23.18	271	22.43	291	21.70		
172	26.21	192	25.44	212	24.67	232	23.90	252	23.14	272	22.40	292	21.66		
173	26.18	193	25.40	213	24.63	233	23.87	253	23.11	273	22.36	293	21.63		
174	26.14	194	25.37	214	24.59	234	23.83	254	23.07	274	22.32	294	21.59		
175	26.10	195	25.33	215	24.56	235	23.79	255	23.03	275	22.29	295	21.55		
176	26.06	196	25.29	216	24.52	236	23.75	256	22.99	276	22.25	296	21.52		
177	26.02	197	25.25	217	24.48	237	23.71	257	22.96	277	22.21	297	21.48		
178	25.98	198	25.21	218	24.44	238	23.67	258	22.92	278	22.18	298	21.45		
179	25.95	199	25.17	219	24.40	239	23.64	259	22.88	279	22.14	299	21.41		
180	25.91	200	25.13	220	24.36	240	23.60	260	22.84	280	22.10	300	21.37		

**Anexo 3: Producciones diarias estimadas para vacas de tercer parto según el modelo no lineal de Wood (1967)**

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
1	20.02	21	31.53	41	33.19	61	33.37	81	32.90	101	32.10	121	31.10	141	29.99
2	22.45	22	31.69	42	33.23	62	33.36	82	32.87	102	32.05	122	31.05	142	29.94
3	23.97	23	31.83	43	33.26	63	33.34	83	32.83	103	32.01	123	30.99	143	29.88
4	25.09	24	31.96	44	33.28	64	33.33	84	32.80	104	31.96	124	30.94	144	29.82
5	25.98	25	32.08	45	33.31	65	33.31	85	32.76	105	31.91	125	30.89	145	29.76
6	26.71	26	32.19	46	33.33	66	33.30	86	32.73	106	31.86	126	30.83	146	29.71
7	27.33	27	32.30	47	33.35	67	33.28	87	32.69	107	31.81	127	30.78	147	29.65
8	27.87	28	32.40	48	33.36	68	33.26	88	32.65	108	31.77	128	30.72	148	29.59
9	28.35	29	32.49	49	33.37	69	33.24	89	32.61	109	31.72	129	30.67	149	29.53
10	28.77	30	32.58	50	33.38	70	33.21	90	32.57	110	31.67	130	30.61	150	29.47
11	29.15	31	32.66	51	33.39	71	33.19	91	32.53	111	31.62	131	30.56	151	29.42
12	29.49	32	32.73	52	33.40	72	33.17	92	32.49	112	31.57	132	30.50	152	29.36
13	29.80	33	32.80	53	33.40	73	33.14	93	32.45	113	31.52	133	30.45	153	29.30
14	30.08	34	32.86	54	33.40	74	33.11	94	32.41	114	31.47	134	30.39	154	29.24
15	30.34	35	32.92	55	33.41	75	33.09	95	32.36	115	31.41	135	30.33	155	29.18
16	30.58	36	32.98	56	33.40	76	33.06	96	32.32	116	31.36	136	30.28	156	29.12
17	30.80	37	33.03	57	33.40	77	33.03	97	32.28	117	31.31	137	30.22	157	29.06
18	31.01	38	33.08	58	33.39	78	33.00	98	32.23	118	31.26	138	30.17	158	29.00
19	31.20	39	33.12	59	33.39	79	32.97	99	32.19	119	31.21	139	30.11	159	28.95
20	31.37	40	33.16	60	33.38	80	32.94	100	32.14	120	31.15	140	30.05	160	28.89

Continuación:

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
161	28.83	181	27.63	201	26.43	221	25.24	241	24.07	261	22.93	281	21.82	301	20.74
162	28.77	182	27.57	202	26.37	222	25.18	242	24.01	262	22.87	282	21.76	302	20.69
163	28.71	183	27.51	203	26.31	223	25.12	243	23.95	263	22.81	283	21.71	303	20.64
164	28.65	184	27.45	204	26.25	224	25.06	244	23.90	264	22.76	284	21.65	304	20.58
165	28.59	185	27.39	205	26.19	225	25.01	245	23.84	265	22.70	285	21.60	305	20.53
166	28.53	186	27.33	206	26.13	226	24.95	246	23.78	266	22.65	286	21.54		
167	28.47	187	27.27	207	26.07	227	24.89	247	23.72	267	22.59	287	21.49		
168	28.41	188	27.21	208	26.01	228	24.83	248	23.67	268	22.53	288	21.44		
169	28.35	189	27.15	209	25.95	229	24.77	249	23.61	269	22.48	289	21.38		
170	28.29	190	27.09	210	25.89	230	24.71	250	23.55	270	22.42	290	21.33		
171	28.23	191	27.03	211	25.83	231	24.65	251	23.49	271	22.37	291	21.27		
172	28.17	192	26.97	212	25.78	232	24.59	252	23.44	272	22.31	292	21.22		
173	28.11	193	26.91	213	25.72	233	24.54	253	23.38	273	22.26	293	21.17		
174	28.05	194	26.85	214	25.66	234	24.48	254	23.32	274	22.20	294	21.11		
175	27.99	195	26.79	215	25.60	235	24.42	255	23.27	275	22.15	295	21.06		
176	27.93	196	26.73	216	25.54	236	24.36	256	23.21	276	22.09	296	21.01		
177	27.87	197	26.67	217	25.48	237	24.30	257	23.15	277	22.04	297	20.95		
178	27.81	198	26.61	218	25.42	238	24.24	258	23.10	278	21.98	298	20.90		
179	27.75	199	26.55	219	25.36	239	24.19	259	23.04	279	21.93	299	20.85		
180	27.69	200	26.49	220	25.30	240	24.13	260	22.98	280	21.87	300	20.79		

**Anexo 4: Producciones diarias estimadas para vacas de cuarto parto según el modelo no lineal de Wood (1967)**

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
1	20.56	21	31.76	41	33.48	61	33.78	81	33.46	101	32.82	121	31.98	141	31.02
2	22.92	22	31.91	42	33.51	62	33.77	82	33.44	102	32.78	122	31.93	142	30.97
3	24.40	23	32.05	43	33.55	63	33.77	83	33.41	103	32.74	123	31.88	143	30.92
4	25.49	24	32.18	44	33.58	64	33.76	84	33.38	104	32.70	124	31.84	144	30.87
5	26.35	25	32.31	45	33.61	65	33.75	85	33.35	105	32.66	125	31.79	145	30.82
6	27.06	26	32.42	46	33.64	66	33.74	86	33.32	106	32.62	126	31.75	146	30.77
7	27.66	27	32.53	47	33.66	67	33.73	87	33.30	107	32.58	127	31.70	147	30.72
8	28.18	28	32.63	48	33.68	68	33.72	88	33.26	108	32.54	128	31.65	148	30.67
9	28.64	29	32.73	49	33.70	69	33.70	89	33.23	109	32.50	129	31.60	149	30.61
10	29.05	30	32.81	50	33.72	70	33.69	90	33.20	110	32.46	130	31.56	150	30.56
11	29.42	31	32.90	51	33.73	71	33.67	91	33.17	111	32.41	131	31.51	151	30.51
12	29.75	32	32.97	52	33.75	72	33.66	92	33.14	112	32.37	132	31.46	152	30.46
13	30.06	33	33.05	53	33.76	73	33.64	93	33.10	113	32.33	133	31.41	153	30.41
14	30.33	34	33.12	54	33.77	74	33.62	94	33.07	114	32.29	134	31.36	154	30.36
15	30.59	35	33.18	55	33.77	75	33.60	95	33.04	115	32.24	135	31.32	155	30.31
16	30.82	36	33.24	56	33.78	76	33.58	96	33.00	116	32.20	136	31.27	156	30.25
17	31.04	37	33.29	57	33.78	77	33.56	97	32.96	117	32.16	137	31.22	157	30.20
18	31.24	38	33.34	58	33.78	78	33.54	98	32.93	118	32.11	138	31.17	158	30.15
19	31.43	39	33.39	59	33.78	79	33.51	99	32.89	119	32.07	139	31.12	159	30.10
20	31.60	40	33.44	60	33.78	80	33.49	100	32.85	120	32.02	140	31.07	160	30.05

Continuación:

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
161	29.99	181	28.93	201	27.84	221	26.76	241	25.68	261	24.62	281	23.58	301	22.57
162	29.94	182	28.87	202	27.79	222	26.71	242	25.63	262	24.57	282	23.53	302	22.52
163	29.89	183	28.82	203	27.74	223	26.65	243	25.58	263	24.52	283	23.48	303	22.47
164	29.83	184	28.77	204	27.68	224	26.60	244	25.52	264	24.47	284	23.43	304	22.42
165	29.78	185	28.71	205	27.63	225	26.54	245	25.47	265	24.41	285	23.38	305	22.37
166	29.73	186	28.66	206	27.57	226	26.49	246	25.42	266	24.36	286	23.33		
167	29.68	187	28.60	207	27.52	227	26.44	247	25.36	267	24.31	287	23.28		
168	29.62	188	28.55	208	27.46	228	26.38	248	25.31	268	24.26	288	23.23		
169	29.57	189	28.50	209	27.41	229	26.33	249	25.26	269	24.20	289	23.18		
170	29.52	190	28.44	210	27.36	230	26.27	250	25.20	270	24.15	290	23.12		
171	29.46	191	28.39	211	27.30	231	26.22	251	25.15	271	24.10	291	23.07		
172	29.41	192	28.33	212	27.25	232	26.17	252	25.10	272	24.05	292	23.02		
173	29.36	193	28.28	213	27.19	233	26.11	253	25.04	273	24.00	293	22.97		
174	29.30	194	28.22	214	27.14	234	26.06	254	24.99	274	23.94	294	22.92		
175	29.25	195	28.17	215	27.09	235	26.01	255	24.94	275	23.89	295	22.87		
176	29.20	196	28.12	216	27.03	236	25.95	256	24.89	276	23.84	296	22.82		
177	29.14	197	28.06	217	26.98	237	25.90	257	24.83	277	23.79	297	22.77		
178	29.09	198	28.01	218	26.92	238	25.84	258	24.78	278	23.74	298	22.72		
179	29.03	199	27.95	219	26.87	239	25.79	259	24.73	279	23.69	299	22.67		
180	28.98	200	27.90	220	26.81	240	25.74	260	24.68	280	23.64	300	22.62		



**Anexo 5: Producciones diarias estimadas para vacas de quinto parto según el modelo no lineal de Wood (1967)**

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
1	21.40	21	31.24	41	32.39	61	32.29	81	31.68	101	30.79	121	29.75	141	28.64
2	23.58	22	31.36	42	32.41	62	32.27	82	31.64	102	30.74	122	29.70	142	28.58
3	24.92	23	31.46	43	32.42	63	32.25	83	31.60	103	30.69	123	29.64	143	28.52
4	25.90	24	31.56	44	32.43	64	32.23	84	31.56	104	30.64	124	29.59	144	28.47
5	26.66	25	31.65	45	32.44	65	32.20	85	31.51	105	30.59	125	29.53	145	28.41
6	27.29	26	31.74	46	32.44	66	32.18	86	31.47	106	30.54	126	29.48	146	28.35
7	27.82	27	31.81	47	32.44	67	32.15	87	31.43	107	30.49	127	29.42	147	28.30
8	28.27	28	31.88	48	32.44	68	32.12	88	31.39	108	30.44	128	29.37	148	28.24
9	28.67	29	31.95	49	32.44	69	32.09	89	31.34	109	30.39	129	29.31	149	28.18
10	29.02	30	32.01	50	32.44	70	32.06	90	31.30	110	30.34	130	29.26	150	28.12
11	29.33	31	32.06	51	32.43	71	32.03	91	31.26	111	30.28	131	29.20	151	28.06
12	29.61	32	32.11	52	32.43	72	32.00	92	31.21	112	30.23	132	29.15	152	28.01
13	29.87	33	32.16	53	32.42	73	31.96	93	31.17	113	30.18	133	29.09	153	27.95
14	30.10	34	32.20	54	32.41	74	31.93	94	31.12	114	30.13	134	29.03	154	27.89
15	30.31	35	32.24	55	32.40	75	31.90	95	31.07	115	30.07	135	28.98	155	27.83
16	30.50	36	32.27	56	32.38	76	31.86	96	31.03	116	30.02	136	28.92	156	27.78
17	30.67	37	32.30	57	32.37	77	31.83	97	30.98	117	29.97	137	28.87	157	27.72
18	30.83	38	32.33	58	32.35	78	31.79	98	30.93	118	29.91	138	28.81	158	27.66
19	30.98	39	32.35	59	32.33	79	31.75	99	30.88	119	29.86	139	28.75	159	27.60
20	31.12	40	32.37	60	32.31	80	31.71	100	30.84	120	29.81	140	28.70	160	27.54

Continuación:

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
161	27.49	181	26.32	201	25.16	221	24.01	241	22.90	261	21.81	281	20.75	301	19.73
162	27.43	182	26.26	202	25.10	222	23.96	242	22.84	262	21.75	282	20.70	302	19.68
163	27.37	183	26.20	203	25.04	223	23.90	243	22.79	263	21.70	283	20.65	303	19.63
164	27.31	184	26.14	204	24.99	224	23.85	244	22.73	264	21.65	284	20.60	304	19.58
165	27.25	185	26.09	205	24.93	225	23.79	245	22.68	265	21.59	285	20.55	305	19.54
166	27.19	186	26.03	206	24.87	226	23.73	246	22.62	266	21.54	286	20.49		
167	27.14	187	25.97	207	24.81	227	23.68	247	22.57	267	21.49	287	20.44		
168	27.08	188	25.91	208	24.76	228	23.62	248	22.51	268	21.43	288	20.39		
169	27.02	189	25.85	209	24.70	229	23.56	249	22.46	269	21.38	289	20.34		
170	26.96	190	25.80	210	24.64	230	23.51	250	22.40	270	21.33	290	20.29		
171	26.90	191	25.74	211	24.58	231	23.45	251	22.35	271	21.28	291	20.24		
172	26.84	192	25.68	212	24.53	232	23.40	252	22.29	272	21.22	292	20.19		
173	26.79	193	25.62	213	24.47	233	23.34	253	22.24	273	21.17	293	20.14		
174	26.73	194	25.56	214	24.41	234	23.28	254	22.18	274	21.12	294	20.09		
175	26.67	195	25.51	215	24.36	235	23.23	255	22.13	275	21.06	295	20.04		
176	26.61	196	25.45	216	24.30	236	23.17	256	22.08	276	21.01	296	19.99		
177	26.55	197	25.39	217	24.24	237	23.12	257	22.02	277	20.96	297	19.93		
178	26.49	198	25.33	218	24.18	238	23.06	258	21.97	278	20.91	298	19.88		
179	26.44	199	25.27	219	24.13	239	23.01	259	21.91	279	20.86	299	19.83		
180	26.38	200	25.22	220	24.07	240	22.95	260	21.86	280	20.80	300	19.78		

**Anexo 6: Producciones diarias estimadas para vacas de sexto parto a más según el modelo no lineal de Wood (1967)**

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
1	17.13	21	27.50	41	29.02	61	29.19	81	28.78	101	28.07	121	27.17	141	26.18
2	19.29	22	27.63	42	29.05	62	29.18	82	28.75	102	28.03	122	27.13	142	26.13
3	20.66	23	27.76	43	29.08	63	29.17	83	28.72	103	27.98	123	27.08	143	26.08
4	21.67	24	27.88	44	29.10	64	29.16	84	28.69	104	27.94	124	27.03	144	26.03
5	22.46	25	27.99	45	29.12	65	29.15	85	28.66	105	27.90	125	26.98	145	25.98
6	23.13	26	28.10	46	29.14	66	29.13	86	28.63	106	27.86	126	26.93	146	25.92
7	23.69	27	28.19	47	29.16	67	29.11	87	28.59	107	27.81	127	26.88	147	25.87
8	24.17	28	28.29	48	29.18	68	29.10	88	28.56	108	27.77	128	26.84	148	25.82
9	24.60	29	28.37	49	29.19	69	29.08	89	28.52	109	27.73	129	26.79	149	25.77
10	24.99	30	28.45	50	29.20	70	29.06	90	28.49	110	27.68	130	26.74	150	25.72
11	25.33	31	28.52	51	29.21	71	29.04	91	28.45	111	27.64	131	26.69	151	25.66
12	25.64	32	28.59	52	29.21	72	29.02	92	28.42	112	27.59	132	26.64	152	25.61
13	25.92	33	28.65	53	29.22	73	28.99	93	28.38	113	27.55	133	26.59	153	25.56
14	26.18	34	28.71	54	29.22	74	28.97	94	28.34	114	27.50	134	26.54	154	25.51
15	26.41	35	28.77	55	29.22	75	28.95	95	28.30	115	27.46	135	26.49	155	25.45
16	26.63	36	28.82	56	29.22	76	28.92	96	28.27	116	27.41	136	26.44	156	25.40
17	26.83	37	28.87	57	29.22	77	28.90	97	28.23	117	27.36	137	26.39	157	25.35
18	27.02	38	28.91	58	29.21	78	28.87	98	28.19	118	27.32	138	26.34	158	25.30
19	27.19	39	28.95	59	29.21	79	28.84	99	28.15	119	27.27	139	26.28	159	25.24
20	27.35	40	28.99	60	29.20	80	28.81	100	28.11	120	27.22	140	26.23	160	25.19

Continuación:

Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)	Día	Leche (kg)
161	25.14	181	24.07	201	22.99	221	21.93	241	20.88	261	19.86	281	18.87	301	17.91
162	25.08	182	24.01	202	22.94	222	21.87	242	20.83	262	19.81	282	18.82	302	17.86
163	25.03	183	23.96	203	22.88	223	21.82	243	20.78	263	19.76	283	18.77	303	17.82
164	24.98	184	23.90	204	22.83	224	21.77	244	20.72	264	19.71	284	18.72	304	17.77
165	24.92	185	23.85	205	22.78	225	21.71	245	20.67	265	19.66	285	18.67	305	17.72
166	24.87	186	23.80	206	22.72	226	21.66	246	20.62	266	19.61	286	18.63		
167	24.82	187	23.74	207	22.67	227	21.61	247	20.57	267	19.56	287	18.58		
168	24.76	188	23.69	208	22.62	228	21.56	248	20.52	268	19.51	288	18.53		
169	24.71	189	23.64	209	22.56	229	21.50	249	20.47	269	19.46	289	18.48		
170	24.66	190	23.58	210	22.51	230	21.45	250	20.42	270	19.41	290	18.43		
171	24.60	191	23.53	211	22.46	231	21.40	251	20.37	271	19.36	291	18.39		
172	24.55	192	23.47	212	22.40	232	21.35	252	20.31	272	19.31	292	18.34		
173	24.50	193	23.42	213	22.35	233	21.30	253	20.26	273	19.26	293	18.29		
174	24.44	194	23.37	214	22.30	234	21.24	254	20.21	274	19.21	294	18.24		
175	24.39	195	23.31	215	22.24	235	21.19	255	20.16	275	19.16	295	18.19		
176	24.33	196	23.26	216	22.19	236	21.14	256	20.11	276	19.11	296	18.15		
177	24.28	197	23.21	217	22.14	237	21.09	257	20.06	277	19.06	297	18.10		
178	24.23	198	23.15	218	22.08	238	21.03	258	20.01	278	19.01	298	18.05		
179	24.17	199	23.10	219	22.03	239	20.98	259	19.96	279	18.97	299	18.01		
180	24.12	200	23.04	220	21.98	240	20.93	260	19.91	280	18.92	300	17.96		