

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**“EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA DE VACAS BROWN SWISS
PPC, BAJO EL SISTEMA DE CRIANZA SEMI-INTENSIVA EN CIP.
CHUQUIBAMBILLA – PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

EDWIN SANTOS VILCA ZÚÑIGA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

PROMOCIÓN: 2014 – II

PUNO - PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA DE VACAS BROWN SWISS PPC, BAJO EL SISTEMA DE CRIANZA SEMI-INTENSIVA EN CIP. CHUQUIBAMBILLA – PUNO”

TESIS

PRESENTADA POR:
EDWIN SANTOS VILCA ZÚÑIGA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL



FECHA DE SUSTENTACIÓN: 20 DE SETIEMBRE DE 2018

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :
Ing. M. Sc. Luis Amílcar BUENO MACEDO

PRIMER MIEMBRO :
D. Sc. Alí William CANAZA CAYO

SEGUNDO MIEMBRO :
M. Sc. Oscar David OROS BOUTRÓN

DIRECTOR DE TESIS :
D. Sc. Javier MAMANI PAREDES

PUNO - PERÚ
2018

Área: Ciencias agrícolas
Tema: Producción animal

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar y guiarme por el camino de la sabiduría y esperanza para forjarme en la tierra como ser humano a imagen y semejanza, por permitirme iniciar y culminar este proyecto de vida.

Con mucho cariño y dedicatoria especial para ti, Madre mía: Paulina Zúñiga de Vilca, por darme la vida, por enseñarme el valor del amor, la disciplina, el trabajo, el estudio, luchar, persistir en mis objetivos y superarme perseverantemente.

Con cariño y gratitud a mi esposa Diana Sarela Arias Palomino, por ser la persona que más ha tenido que sacrificar y mejor ha sabido entender la magnitud e implicaciones en esta difícil tarea. Su trabajo, apoyo, aliento y ánimo continuo han sido fundamentales para lograr el objetivo.

A mis queridos hijos: Nicol Stefany y Dylan Alessandro, mi eterna preocupación, inspiración y alegría; ellos fueron motor importante en los momentos difíciles y gratos, durante la realización del presente estudio.

A mi familia y a mis grandes amigos.....

Edwin Santos

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y su plana docente, por la oportunidad de mi formación profesional y obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Al Ing. D. Sc. Javier Mamani Paredes, por aceptar la dirección de esta tesis y haberme orientado en la tarea investigadora, mostrando un constante e inestimable apoyo, paciencia y entusiasmo en el proyecto; asimismo, por haberme prestado una generosa ayuda en el desarrollo de este trabajo.

A los distinguidos miembros del Jurado: Ing. M. Sc. Luis Amílcar Bueno Macedo, Ing. D. Sc. Ali William Canaza Cayo y MVZ. M. Sc. Óscar David Oros Butrón, por acceder amablemente a formar parte del mismo, por sus revisiones, valiosas aportaciones y sugerencias para el mejoramiento de esta tesis, sus observaciones me dejaron mucho aprendizaje.

Un reconocimiento especial al director y trabajadores del CIP Chuquibambilla y en especial todos aquellos actores del presente estudio, que por cuestiones de espacio me es difícil nombrar, que me abrieron las puertas brindándome en todo momento su atención y tiempo, por su contribución en los aspectos de recopilación y fuentes de información. Gracias por ser parte importante en la realización de este trabajo.

A todas aquellas personas que, directa o indirectamente, han estado ligadas a esta tesis y estuvieron a mi lado durante todo este tiempo, en el que me han ofrecido su amistad sin pedir nada a cambio, su apoyo dio frutos.

“La vida es lo que hacemos y lo que nos pasa”

José Órtega y Gasset

Edwin Santos

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1 Vacunos Brown Swiss y sus características	14
2.2 Población de vacunos en la región de Puno.....	15
2.3 Características de la ubre.....	16
2.4 La leche	17
2.4.1 Componentes químicos de la leche	17
2.5 Producción de leche.....	19
2.5.1 Datos estadísticos de la producción de leche	20
2.6 Factores que afectan en la producción láctea.....	22
2.6.1 Raza.....	22
2.6.2 Año de parto o año de producción	23
2.6.3 Lactación.....	24
2.6.4 Edad	26
2.6.5 Etapa reproductiva.....	27
2.6.6 Información genética (genotipo).....	27
2.6.7 Alimentación y época del año	27
2.7 Sistemas de producción de vacunos de leche	30
2.7.1 Sistema extensivo	30
2.7.2 Sistema mixto	31
2.7.3 Sistema estabulado.....	31
2.8 Curva de lactación y sus características	31
2.8.1 Factores que afectan la curva de lactancia	35
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1 Localización del lugar de estudio	42

3.2	Características del lugar de estudio	42
3.2.1	Superficie y fisiografía	42
3.2.2	Clima e hidrografía	43
3.3	Características del rebaño de estudio	44
3.3.1	Sistema de manejo animal	44
3.3.2	Alimentación de los vacunos	44
3.4	Metodología de estudio	44
3.4.1	Obtención de los registros de producción	45
3.4.2	Sistematización de los datos	45
3.4.3	Ajuste de datos de la edad animal a 305 días	45
3.4.4	Determinación de la curva de lactación	46
3.5	Factores en estudio	47
3.6	VARIABLES DE RESPUESTA	47
3.7	Diseño estadístico	47
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1	Producción de leche según año de producción o año de parto	48
4.2	Producción de leche según época del año	51
4.3	Producción láctea según número de lactancia	55
4.4	Curva de lactancia por número de lactancia	58
4.4.1	Caracterización de la curva de lactancia	61
	CONCLUSIONES	65
	RECOMENDACIONES	66
	REFERENCIAS	67
	WEBGRAFÍA	70
	ANEXOS	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Curva de Lactación, Modelo ajustada a 305 días	34
Figura 2.	Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según año de producción	50
Figura 3.	Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según época del año	53
Figura 4.	Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según número de lactancia	57
Figura 5.	Curvas de lactación de vacas Brown Swiss, según número de lactancia	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Población de vacunos por provincias en la región de Puno al 2013.....	15
Tabla 2.	Composición química en principales razas lecheras	18
Tabla 3.	Composición de la leche de vaca (todas las razas)	19
Tabla 4.	Producción promedio real por día y campaña (kg) según número y día de lactación	20
Tabla 5.	Producción de leche en el departamento de Puno, 2010.....	21
Tabla 6.	Evolución de la producción de leche en la región de Puno	21
Tabla 7.	Producción de leche en kg de vacas Brown Swiss por categoría.....	26
Tabla 8.	Requerimiento de los principales nutrientes	28
Tabla 9.	Temperatura del aire, precipitaciones pluviales y humedad relativa/año	43
Tabla 10.	Análisis de varianza para producción láctea de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, periodo 2008 - 2014	48
Tabla 11.	Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según año de producción, periodo 2008 - 2014	49
Tabla 12.	Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según época del año, periodo 2008 - 2014	52
Tabla 13.	Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según número de lactancia	56
Tabla 14.	Coeficientes y error estándar de curvas de lactancia de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla	62
Tabla 15.	Estimación de curvas de lactación consecutivas de producción diaria de leche, mediante el modelo de Gama Incompleta de Wood.....	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Análisis de varianza para producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP-Chuquibambilla	72
Anexo 2.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para producción de leche de vacas Brown Swiss, según año de producción.....	72
Anexo 3.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para producción de leche, según época del año	72
Anexo 4.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para producción de leche, según número de lactancia.....	72
Anexo 5.	Función Gama Incompleta de primera lactancia en vacas Brown Swiss	73
Anexo 6.	Función Gama Incompleta de segunda lactancia en vacas Brown Swiss PPC	74
Anexo 7.	Función Gama Incompleta de tercera lactancia en vacas Brown Swiss PPC.	75
Anexo 8.	Función Gama Incompleta de cuarta lactancia en vacas Brown Swiss PPC ..	76
Anexo 9.	Función Gama Incompleta de quinta lactancia en vacas Brown Swiss PPC..	77
Anexo 10.	Función Gama Incompleta de sexta lactancia en vacas Brown Swiss PPC ...	78

RESUMEN

El presente estudio se ejecutó en el CIP Chuquibambilla de la UNA Puno, ubicado en el distrito de Umachiri, provincia de Melgar, región Puno, a una altitud de 3970 msnm, a 14° 47' 35" de latitud Sur y a 70° 43' 50" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con el objetivo de evaluar la eficiencia de la producción láctea de vacas Brown Swiss PPC, bajo el sistema de crianza semi-intensiva. Se utilizó registros de producción de leche diaria y su consolidado por año de producción de vacas Brown Swiss del periodo 2008 a 2014, corregida a 305 días de producción láctea; asimismo, se tomó en cuenta la época del año, número de lactancia y registro de dato agro meteorológico anual de la zona de estudio. Los datos obtenidos, fueron sistematizados en la hoja de cálculo del programa Microsoft Office Excel®, para luego se analizaron bajo un diseño completamente al azar de modelo tipo I de efectos principales de 7 x 2 x 6 (7 años de producción, 2 épocas del año y 6 lactaciones) y como prueba de comparaciones múltiples de medias se utilizó la prueba de Tukey; los datos fueron procesados con el programa estadístico SAS®, versión 9.4 haciendo el uso del PROC GLM. Los resultados muestran que la producción de leche promedio (10.41 kg/día) es influenciado por el año de producción, lo que refleja de manera general un conjunto de influencias complejas a las cuales se encuentran sujetos los animales durante el año; la época del año también influye en el rendimiento de producción de leche por lactancia, evidenciándose que la mayor producción se obtiene en la época de lluvia (10.86 ± 2.57 kg/día) que en la época de seca (9.84 ± 2.9 kg/día); asimismo, el número de lactancia tiene efecto significativo en la producción de leche, determinándose que la producción total de leche tiende a aumentar por efecto de edad de la vaca desde la primera hasta la cuarta lactancia (11.08 ± 3.12 kg/día), a partir del cual disminuye en forma paulatina y con mayor repercusión desde la sexta lactancia; finalmente, las curvas de lactancia, reflejan una relación no lineal entre la producción láctea y el tiempo, evidenciándose una curva típica, con etapas de ascenso hasta la cuarta semana post parto en la que llega a la cúspide, para luego descender la producción en forma paulatina durante la etapa productiva. Se concluye que la producción de leche en el CIP Chuquibambilla, es influenciado por el año de producción, época del año y número de lactancia; en tanto, la representación gráfica de la curva de lactancia evidencia una curva típica de producción con sus tres fases bien definidas.

Palabras clave: Eficiencia, Brown Swiss, producción láctea y sistema semi-intensivo.

ABSTRACT

The present study was carried out in the Chuquibambilla CIP of the UNA Puno, located in the distrito de Umachiri, provincia de Melgar, Puno region, at an altitude of 3970 m above sea level, at $14^{\circ} 47' 35''$ South latitude and $70^{\circ} 43' 50''$ West longitude of Greenwich meridian, in order to evaluate the efficiency of dairy production of Brown Swiss PPC cows, under the semi-intensive breeding system. It used daily milk production records and its consolidated per year production of Brown Swiss cow a from the period 2008 to 2014, corrected to 305 days of milk production; as well, the time of year was considered, lactation number and anual agro-meteorological data record of the study area. The data obtained, were systematized in the Microsoft Office Excel® spreadsheet, and the analyzed under a completely random design of type I model of main effects of $7 \times 2 \times 6$ (7 years of production, 2 seasons of the year and 6 lactations) and as test of multiple comparisons of averages Tukey's test was used; the data were processed with the statistical program SAS®, version 9.4 using the GLM PROC. The results show that the average milk production (10.41 kg/day) is influenced by the year of production, which generally reflects a set of complex influences to which animals are subjected during the year; the time of year also influences the milk yield per lactation, showing that the highest production is obtained in the rainy season (10.86 ± 2.57 kg/day) than in the dry season (9.84 ± 2.9 kg/day); as well, the lactation number has a significant effect on milk production, determining that total milk production tends to increase due to the effect of the cow's age from the first to the fourth lactation (11.08 ± 3.12 kg/day), from which it decreases gradually and with greater repercussion since the sixth lactation; finally, the lactation curves, reflect a non-linear relationship between milk production and time, evidencing a typical curve, with stages of ascent to the fourth week postpartum in which it reaches the cusp, and then gradually lower production during the production stage. It is concluded that milk production in Chuquibambilla CIP, is influenced by the year of production, time of year and number of lactations; in the meantime, the graphical representation of the lactation curve shows a typical production curve with its three well-defined phases.

Key words: Efficiency, Brown Swiss, dairy production and semi-intensive system.

I. INTRODUCCIÓN

En la producción agropecuaria del país, la ganadería de vacunos es un sector importante, ya que de un total de 1'764,660 hogares rurales 486,829 crían ganado vacuno e involucran a una población de 4'500,000 habitantes. En el Perú, la población de vacunos es de 5'156,895 animales que producen 1'115,045 t de leche y 135,854 t de carne; el 80% de la población se encuentra en propiedad de pequeños ganaderos y comunidades campesinas donde predomina el vacuno criollo (63.9%), seguida por la raza Brown Swiss con 17.6%, la Holstein con 10.3%, Gyr/Cebú con 3.4% y otras razas con 4.8% (IV CENAGRO, 2012).

La región de Puno, ubicado sobre los 3800 msnm alberga a 628,460 vacunos (12.4%), de ellos sólo el 13% (71,750 animales) son especializadas en producción de leche con un promedio de 49,330 litros de leche por año a nivel regional, mientras que en la provincia de Melgar se tiene 107,890 vacunos (Compendio Estadístico Perú, 2018), los mismos que aportan económicamente a las familias con una rentabilidad del 3.4%; sin embargo, existen pocas posibilidades de ingresar a un mercado cada vez más competitivo, debido a la atomización de la producción primaria en el campo frente a una demanda concentrada en las grandes ciudades, el carácter perecible del producto que exige infraestructura específica de transporte, conservación y mercadeo, y el alto grado de desorganización de los productores que afecta la comercialización.

Por otro lado, a pesar de que la crianza de vacunos Brown Swiss es una actividad de gran importancia socioeconómica por su adaptación a las condiciones del altiplano, la actividad está enmarcada dentro de la problemática de baja producción y productividad, acompañada de una reducida rentabilidad, debido a que la mayoría de los hatos lecheros no cuentan con registros de producción diaria, lo que dificulta evaluar la producción y así tender a la mejora de la productividad y además la transacción de animales de buena producción con el objetivo de mejorar genéticamente cualquier hato mediante una selección adecuada, ya que el desafío es ser competitivo (Mamani *et al.*, 2007).

La selección no solamente se debe tomar en cuenta las características productivas propias de la ternera, sino también debe empezar por elegir vacas de edad óptima que procrean una progenie con mejores características productivas (peso al nacimiento, al destete, al primer

servicio, entre otros); así también, dar una mayor importancia al padre (semental) que representa el futuro de la ganadería, puesto que con un solo animal de alta calidad genética, se mejora aspectos productivos, físicos y reproductivos para hacer más competitivo el negocio de leche, para lo cual se debe buscar aquellos reproductores machos que contribuyan con el reforzamiento en volumen de producción de leche y en calidad de sólidos, tanto en proteína y grasa; adicionalmente, con el uso de buenos padres se pueden obtener crías más longevas y con mejor comportamiento en finca (Quispe, 2016).

Es necesario enfatizar que cualquier aporte a la mejor selección de reproductores en la mejora genética y manejo del vacuno lechero (medio ambiente), se traducirá en la clave del éxito para un incremento de la productividad de las futuras generaciones del hato y por consiguiente mejora de los ingresos del productor pecuario; es decir, el éxito de cualquier explotación ganadera se basa en el buen manejo del medio ambiente (factores externos al animal) y en la mejora genética del animal, dado en las diferentes etapas productivas (Mamani *et al.*, 2007).

Dado a la gran importancia de la crianza de ganado lechero y del reto que esto representa para los productores agropecuarios de la región Puno, es justificable realizar el presente estudio, mediante la evaluación de la producción diaria, año de producción, época del año y número de lactación, cuya determinación permite conocer su influencia sobre la producción láctea total ajustada a 305 días y el comportamiento de la curva de lactancia de vacas Brown Swiss bajo el sistema de crianza semi-intensivo, los mismos que servirán para plantear los diferentes planes, programas de mejora genética, y una adecuada y razonable toma de decisiones en la producción de vacunos lecheros en la región Puno, siendo los objetivos específicos los siguientes:

1. Determinar la influencia del año de parto en la producción de leche.
2. Determinar la influencia de la época del año en la producción de leche.
3. Establecer el efecto del número de lactancia en la producción de leche.
4. Estimar la curva de lactancia por número de lactancia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Vacunos Brown Swiss y sus características

Brown Swiss, es la raza de vacunos más antigua de producción lechera; descende de las especies salvaje *Bos frontosus* y *Bos longi frons*. En ruinas de Suiza, se han encontrado restos que se remontan a 400 años a. C., que son parecidos al esqueleto de la vaca Brown Swiss moderna. Es la segunda raza lechera más pesada después de la Holstein Frisian; Inician su producción y alcanzan su máximo nivel productivo con más edad que las otras razas lecheras. El consumo de pastos en las laderas de las montañas ha desarrollado en estos animales una capacidad excelente para el aprovechamiento de pastizales.

Es la raza lechera que más se ha adaptado a las condiciones adversas de nuestra sierra peruana: como la altitud, cambios bruscos de temperatura, gran variabilidad en el régimen pluvial, bajo presión barométrica, escasa tensión de oxígeno, gran concentración de anhídrido carbónico y otros gases, intensidad de radiación ultravioleta, pastos de baja calidad nutritiva y falta de buenos métodos de manejo y crianza donde uno de los mayores problemas en la adaptación es el mal de altura (Rivera, 2006).

Schmidt (1974), menciona que las condiciones climatológicas de origen de la raza Brown Swiss, tiene una configuración montañosa o con grandes variaciones climáticas y la influencia de la altura, que contribuyeron a la obtención de una raza rústica y fuerte que vive fácilmente y produce en medios adversos, cálidos o fríos gracias a su rusticidad y fortaleza del animal.

Mamani *et al.* (2007), indican que el vacuno Brown Swiss, es una raza cosmopolita; en los Estados Unidos de América y el Canadá lo han seleccionado hacia la producción de leche y existen dos variedades: Pardo claro o cenizo y el pardo oscuro, aunque se puede observar vacunos Brown Swiss con diferentes tonalidades de color, son animales de piel fina y suave, con un halo claro alrededor del hocico, mucosa oscura, cuya talla varía de 1.35 a 1.45 metros.

Los terneros con un peso al nacer de 40 a 45 kg, las vacas pueden pesar de 500 a 600 kg y los toros de 1000 a 1200 kg de peso vivo, tiene un desarrollo lento; la producción de leche

con una buena grasa que varía entre 3.5 a 4.5%, con una producción láctea de 8 kg de leche por día en promedio, pudiendo alcanzar hasta 18 kg en condición del altiplano puneño durante la época lluviosa. Los animales de esta raza son fuertes y rústicos, por lo que resiste zonas de altura; son indeseables las manchas blancas en la capa; producen 6029 kg de leche por campaña (Rivera, 2006).

2.2 Población de vacunos en la región de Puno

Según la información del Compendio Estadístico Perú (2018), de un total nacional de 5'156,895 animales, la región de Puno concentra una población de 628,460 animales de ganado vacuno (12.4%), incluido entre ellos las razas Brown Swiss, criollas y cruces entre las dos mencionadas, que son adaptadas a la altura y a las condiciones del altiplano puneño, La raza Brown Swiss, es la raza mejorante, que se usa en el altiplano para el mejoramiento genéticos de los animales.

Tabla 1. Población de vacunos por provincias en la región de Puno al 2013

N°	Provincias	Número de animales	Porcentaje
1	Puno	111,050	17.67
2	Melgar	107,890	17.17
3	Azángaro	101,610	16.17
4	Chucuito	65,450	10.41
5	Lampa	55,050	8.76
6	Huancané	51,860	8.25
7	El Collao	37,370	5.95
8	San Román	33,420	5.32
9	Carabaya	19,000	3.02
10	Yunguyo	12,950	2.06
11	Putina	12,380	1.97
12	Moho	11,180	1.78
13	Sandia	9,250	1.47
Total		628,460	100.00

Fuente: Compendio Estadístico Perú, 2018.

La provincia que cuenta con mayor número de animales es Puno con 17,67%, seguida de las provincias de Melgar, Azángaro y Chucuito con 17.17, 16.17 y 10.41%, de manera respectiva; en las provincias de Sandia, Moho y San Antonio de Putina, la población de vacunos es menor, los mismos que representan el 1.47, 1.78 y 1.97%, respectivamente, tal como se muestra en la Tabla 1.

2.3 Características de la ubre

Rivera (2006), sostiene que el peso de la ubre vacía de vacas lecheras en lactación es en general de 14 a 32 kg, la capacidad no está relacionada necesariamente con el peso de la ubre vacía, puesto que la proporción entre parénquima (tejido secretor) y estroma (tejido conectivo) también varían de manera considerable. El peso y la capacidad de la ubre aumentan por lo general hasta que la vaca alcanza la madurez, cerca de los seis años.

El desarrollo de la ubre comienza en las primeras etapas del crecimiento fetal. En el momento del nacimiento, se compone de los pezones, las cisternas de las glándulas y las estructuras que posteriormente se desarrollarán para constituir el sistema de conductos, desde el nacimiento hasta la pubertad ocurren pocos cambios, aunque puede haber algún depósito de grasa en los animales bien alimentados. Además, indica después de la pubertad, el sistema de conductos crece cada vez que se repite el ciclo del celo. Este crecimiento es estimulado por los estrógenos, hormonas secretadas por el folículo ovárico. El tejido glandular se desarrolla bajo la influencia de otra hormona, la progesterona, producida por el cuerpo lúteo (Ensminger, 1980).

Mamani *et al.* (2007), refieren que la ubre de una vaca está compuesta por dos mitades, cada una de las cuales tiene dos pezones y cada pezón una glándula separada llamado cuarto mamario, los cuales están divididas por tejido conectivo y cada uno tiene un sistema colector de leche por separado. Las glándulas mamarias de los vacunos, se localizan en la región inguinal. Normalmente, los vacunos tienen cuatro pezones y glándulas funcionales; cada pezón tiene un conducto galactóforo o canal estriado y drena una glándula separada. Las glándulas y el pezón de los animales domésticos se conocen colectivamente como ubre (Rojas, 2005).

La ubre debe ser de una textura blanda flexible y suave al tacto, debe tener cuatro pezones puestos en forma cuadrangular, los pezones deben ser de tamaño uniforme y de forma cilíndrica. Tendrán caída recta y una textura similar a la de la ubre. Cada una debe poseer un solo esfínter, las venas mamarias deben ser grandes y largas, deben ramificarse por toda la extensión de la ubre, dirigiéndose hacia la parte anterior de la misma, para internarse finalmente en las fuentes de la leche (Rojas, 2007).

En la práctica, dada la presión de selección que ejerce sobre la morfología de vacas (tipo), y en particular sobre la ubre, las vacas de elevada producción de leche y alta puntuación morfológica necesitan elevar la frecuencia de ordeño (3 ordeños/día). Elevadas frecuencias aumentan la producción de leche en un 15%, pero afectan negativamente a la composición de la misma, la fertilidad y la vida productiva de las vacas.

2.4 La leche

Ensminger (1980), afirma que la leche desde el punto de vista químico, su composición varía según las especies y las razas. Además, indica que la composición de leche es influida por factores fisiológicos y ambientales. La leche como alimento es superado por otros alimentos en su contenido de un determinado nutriente; sin embargo, como fuente equilibrada de la mayor parte de las necesidades dietéticas del hombre, casi no tiene comparación con otros alimentos. Además de su valor esencial para la crianza artificial de lactantes la leche demuestra mejor su valor nutritivo como ingrediente de una dieta mixta (Cotacallapa, 1998).

Rojas (2005), mencionan que la leche es el producto del ordeño de uno o varias vacas, la leche es una secreción blanca con un pH entre 6.5 y 6.7, que se puede describir como un sistema poli-diverso. En este sistema, la grasa se encuentra en la leche recién ordeñada, emulsionada en forma de gotitas rodeada de una membrana.

Según la definición de la Norma Técnica Peruana INDECOPI, se denomina a la leche cruda, el producto íntegro no alterado ni adulterado del ordeño higiénico, regular y completo de vacas sanas y bien alimentadas, sin calostro y que no ha sido sometido a procesamiento o tratamiento alguno, con una cantidad de sólidos totales mínimo 11.5% limpia y sin impurezas de color, sabor, olor característico agradable.

2.4.1 Componentes químicos de la leche

La leche es un producto nutritivo complejo que posee más de 100 sustancias que se encuentran ya sea en solución, suspensión o emulsión en agua, por ejemplo: la caseína es la principal proteína de la leche, se encuentra dispersa como un gran número de partículas sólidas tan pequeñas que no sedimentan y permanecen en suspensión. La

grasa y las vitaminas solubles, se encuentran emulsificadas; esto es una suspensión de pequeños glóbulos líquidos que no se mezclan con el agua. La lactosa (azúcar de la leche), algunas proteínas, sales minerales y otras sustancias son solubles, esto significa que se encuentran disueltas en el agua (Sánchez, 1996).

Cotacallapa (1998), indica que la leche químicamente es una mezcla compleja de agua, vitaminas, minerales y varios compuestos orgánicos secundarios. Su característica de color opaco, lechoso es debida a la dispersión de proteínas (caseína) y de las sales de calcio; los que son los componentes principales del producto. La propiedad fundamental de la leche es la de ser una mezcla, tanto físico como químico. Es una sustancia definida: lactosa, glicéridos de ácidos grasos, caseína, albuminas, sales etc. Desde el punto físico, coexisten varios estados; emulsión, suspensión y solución (Mamani, *et al.* 2007).

Rojas (2005), dice que la composición de la leche varía dentro de una misma especie. Estas variaciones están determinadas por razas, edad, estadio de la lactación, alimentación, manejo, así como por el estado sanitario. Por tanto, es difícil dar una composición normal de la leche de una especie.

Tabla 2. Composición química en principales razas lecheras

Razas	Composición (%)			
	Grasa	Proteína	Lactosa	Sólidos totales
Ayrshire	3.9	3.4	4.6	12.5
Brown Swiss	4.0	3.5	4.8	13.0
Holstein Friesian	3.3	3.2	4.6	12.1
Guernsey	4.6	3.6	4.8	13.8
Jersey	4.8	3.8	4.8	14.2
Cebú	4.8	3.2	4.8	13.5

Fuente: Rivera, 2006.

En la Tabla 2, se detalla la composición química según razas de vacas lecheras, en él se evidencia que existe diferencias en cuanto a la composición de la leche; asimismo, Rivera (2006) sostiene que la composición química de la leche varía según el momento de lactación y alimentación. El 85.9% de la leche es agua (Tabla 3), siendo la variación de los sólidos totales (materia seca) de 10 a 14.4% en la que se encuentra los otros componentes en diferentes formas de solución.

Tabla 3. Composición de la leche de vaca (todas las razas)

Componentes	Rango (%)
Agua	85.9
Lactosa	4.5 – 4.8
Grasa	3.0 – 4.9
Proteína	2.6 – 4.0
Minerales	0.6 – 0.7
Vitaminas	Trazas
Sólidos totales	10.0 – 14.4

Fuente: Millares de la Torre, 2003.

2.5 Producción de leche

La leche constituye el alimento más perfecto que la naturaleza pudo concebir; además, este alimento es tan noble, que es posible desarrollar satisfactoriamente animales de otra especie. Los productos lácteos proporcionan por lo menos el 22% de la proteína, 11% de la energía, 12% de grasa, 76% de calcio, 36% de fósforo, 40% de vitamina A y el 90% de las vitaminas del complejo B. Entre los rumiantes la vaca lechera es particularmente eficiente en transformar el nitrógeno y la energía de su dieta en leche, estas cualidades representan una alentadora esperanza en la producción de alimentos en el futuro (Gasque, 1986).

La capacidad productiva de las vacas lecheras se ha incrementado significativamente en los últimos 60 años, debido a una mayor y más balanceada alimentación, a un mejoramiento genético y a modificaciones en el manejo y control de enfermedades. La manera en que la leche es usada varía grandemente de país en país. En aquellos países deficitarios en leche, la utilización de ésta en forma líquida es prioritaria y los productos lácteos manufacturados son importados para satisfacer la demanda, en países con industrialización lechera la producción de leche y su consumo están adecuadamente balanceados (Pérez, 1982).

Gasque (1986), sostiene que todo productor por pequeño que sea requiere llevar un registro de producción para poder controlarlo y manejarlo mejor, en este caso se requieren diversos tipos de registros, ya que por un lado se trabaja con insumos y por otro con ganado, con sus particulares eventos. Las ventajas de los registros son innumerables y entre los principales tenemos los siguientes: 1). Permiten visualizar rápidamente el estado general del negocio, 2). Ayudan a identificar las causas del déficit o de problemas del hato, 3). Ayudan a tomar

decisiones rápidas que se traducen en beneficio económico y 4). Permiten evaluar la solvencia económica del negocio.

Tabla 4. Producción promedio real por día y campaña (kg) según número y día de lactación

N° de lactación	Tiempo de lactación	Producción de leche		Rango
		Día	Campaña	
1	315	8.74	2,763.79	7,809.80 – 4,307.20
2	328	9.81	3,225.10	9,53.80 – 6,095.40
3	325	10.36	3,409.96	1,428.20 – 7,454.00
4	338	10.85	3,734.75	1,243.00 – 5,279.00
5	400	11.15	4,554.90	1,809.20 – 7,855.10
6	340	10.37	3,584.31	1,686.60 – 6,132.80
7	345	10.72	3,402.40	1,409.30 – 6,136.40
8	313	9.25	2,935.27	1,823.80 – 3,684.00
Promedio	388	10.16	3,451.31	

Fuente: Cárdenas *et al.* (2002)

Cárdenas *et al.* (2002), señalan que la producción total promedio de leche por vaca por lactación fue de 3451.31 kg con una duración de 388 días y una producción por vaca por día de 1.16 kg de leche, siendo a primera lactación la de menor producción de leche con 2763.79 en 315 días (8.74 kg/día) y la máxima producción en la quinta lactación con 4554.9 en 400 días (11.15 kg/día), tal como se precisa en la Tabla 4.

2.5.1 Datos estadísticos de la producción de leche

El promedio nacional de los mejores establos con 175 vacas por establo; 83% de vacas en producción se obtiene rendimientos de 16.47 kg/día alcanzando una producción anual de 6,012 kg/vaca en 376 días por campaña. En el departamento de Puno en 1993 registro una producción de 10,348 kg/día y la producción de vacas Brown Swiss es de 3,039.6 kg/vaca/año en 266 días de lactancia, con rendimientos de 8.20 kg/día; 79.30% de vacas en producción (Cotacallapa, 1998). En el Perú existen tres cuencas lecheras bien definidas como son cuenca lechera del Norte, integrada por los departamentos de Cajamarca con una producción de 50,000 kg/día, La Libertad con una producción de 20,000 kg/día, entre otros (Compendio Estadístico Perú, 2018).

La cuenca lechera del Centro, conformada por los departamentos de Lima con una producción de 197,000 kg/día, Huancayo e Ica principalmente. La cuenca del sur está formada por los departamentos de Arequipa, Tacna y Moquegua con una producción

de 450,600, 33,400 y 5,400 kg/día respectivamente. En base a estas cuencas se toman algunas políticas para la producción de leche en el país (Rojas, 2005).

Tabla 5. Producción de leche en el departamento de Puno, 2010

Provincia	Producción de leche	
	N° de animales ordeño	T.M.
Melgar	24,420	30,567
Azángaro	16,890	14,172
Puno	14,340	9,334
Chucuito	10,850	2,514
Huancané	10,570	8,949
Lampa	6,770	2,960
Collao	6,500	1,963
San Román	4,850	4,080
Carabaya	2,350	436
Yunguyo	2,230	507
Sandia	2,010	246
Moho	1,990	434
San Antonio de Putina	1,870	795
TOTAL	105,640	76,957

Fuente: Compendio Estadístico Perú, 2018.

Según reporte del Compendio Estadístico Perú (2018), observamos en la Tabla 5, las tres primeras provincias con mayor número de vacas en ordeño, es Melgar, Azángaro y Puno con 24,420; 16,890 y 14,340, las provincias que les sigue en cuanto a la producción de leche, pero con menor cantidad de vacas en ordeño es Sandia, Moho y San Antonio de Putina con 2,010; 1,990 y 1,870 respectivamente.

Tabla 6. Evolución de la producción de leche en la región de Puno

Provincia	Evolución de la producción de leche (kg/día)						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Azángaro	28,400	31,808	35,625	35,058	34,858	38,940	38,827
Melgar	29,690	33,253	37,244	59,984	68,627	77,397	83,608
Huancané	11,047	12,704	14,609	19,263	19,515	20,570	24,518
San Román	4,773	5,345	5,987	9,266	9,671	10,907	11,178
Lampa	3,159	3,443	3,753	4,822	5,964	7,395	8,110
Puno	10,989	12,308	13,785	18,893	19,630	23,721	25,573
Chucuito	4,490	4,850	5,238	5,082	5,403	6,162	6,888
El Collao	2,044	2,207	2,384	3,515	3,556	4,592	5,378
Moho	674	728	786	852	885	1,014	1,189
Carabaya	871	941	1,016	1,099	1,140	1,166	1,195
Sandia	595	642	693	581	616	633	674
Yunguyo	710	766	828	1,312	1,323	1,367	1,389
S. A. de Putina	1,274	1,376	1,486	1,879	1,956	2,145	2,178
Total	98,716	110,371	123,434	161,606	173,144	196,009	210,705

Fuente: Compendio estadístico Perú, 2018.

Según la Tabla 6, muestra la producción láctea promedio por día de los 7 años (2004 a 2010), en las 13 provincias de nuestra Región Puno. Resaltando la tres primera provincia del año 2010, Melgar, Azángaro y Puno 83,608, 38,827 y 25,573 kg por día, según la tabla mencionada hay una tendencia en crecimiento por cada año, se debe a dedicación de los criadores de vacunos para producción lechera, por una facilidad en la venta diaria, algunos casos transformadas en derivados lácteos, esto les da un ingreso económico para la familia que se dedica a este rubro.

La evolución de la producción de leche litros por día, aumenta notoriamente por año en nuestra región de Puno, según la proyección de la Dirección Regional Agraria y Mesa de lácteos, se estima que hay producción a más de 200,000 litros por día en el año del 2010. Indica que el incremento se debe a la producción de vacunos Brown Swiss (PPC y PDP), criollos.

2.6 Factores que afectan en la producción láctea

Barrionuevo (2013), al realizar el estudio titulado “Evaluación de la producción láctea de vacas Brown Swiss PDP en crianza semi-intensiva en INIA Illpa Puno”, concluye que el año de parto es el único factor que influye sobre la producción láctea total y la curva de lactación de vacas Brown Swiss PDP en crianza semi-intensiva en INIA Illpa Puno, no muestra el pico máximo de producción de leche como habitualmente ocurre en otras unidades de producción lechera.

2.6.1 Raza

El promedio de producción por razas es sumamente variable, así para el Pardo Suizo, las productoras en zonas tropicales de doble propósito apenas llegan a producir 3,000 kg mientras que en Estados Unidos hay datos con promedios de 10,000 kg y vacas con producciones de hasta 16,000 kg por campaña. En esta raza el promedio de producción razonable sería de 6,000 kg/campaña (Quispe, 2007). Del mismo modo Rojas (2005), sostiene que la leche que produce el ganado de la raza Pardo Suizo tiene su contenido un 4.5% de grasa y 13% de sólidos totales. La producción media de las vacas adultas alcanza a 5,427 kg de leche 219 kg de grasa con dos ordeños.

La variación en la capacidad de las vacas para producir leche es una característica hereditaria. Hay diferencias entre las razas, por lo común, la producción total de leche disminuye y el contenido de grasa aumenta según las razas, en el orden siguiente: Holstein, Ayrshire, Brown Swiss, Guernesey y Jersey (Ensminger, 1980). La raza es un factor muy importante en cuanto a producción y composición de la leche. El rendimiento anual de una raza con respecto a otra puede ser doble o triple. Todas las vacas de una misma raza no proporcionan el mismo rendimiento lechero y la leche no tiene la misma composición, aun siendo sometidos a un mismo sistema y condición de crianza (Quispe, 2016).

Gasque (1986), sostiene que la raza de vacuno lechero según su productividad son Holstein, Brown Swiss y Jersey, también menciona que la raza Brown Swiss es la segunda raza por su rendimiento lechero, promedio a los 6 años de edad es de 6.500 kg de leche, con 4% de grasa, reconocido por sus buenas patas y pezuñas con una buena longevidad.

2.6.2 Año de parto o año de producción

Muchos granjeros sostienen que las vacas que paren en otoño dan más leche que las vacas que paren en primavera o verano. Sanders encontró una diferencia del 11.7% a favor del parto en octubre comparándola con el parto de junio. Esta diferencia podría reducirse notablemente con un mejor manejo de las vacas durante el periodo de pastos y utilizando alimentos de cultivos propios de mejor calidad durante la alimentación de invierno (Quispe, 2007).

Las vacas que paren a sus terneros en los meses de otoño muestran una producción más pareja que las que tienen a sus crías en otra época del año. Las que paren en primavera producen una cantidad de leche hasta 10 a 15% menor (Ensminger, 1980). De gran valor es la selección de vacas sobre la base de sus propios rendimientos según la primera lactancia, el rendimiento tiene estrecha relación con lactaciones siguientes, de forma que la selección puede realizarse con suficiente seguridad; para que, el rendimiento lechero sea de forma más adecuada debe ambientarse a las vacas productoras en forma permanente a una temperatura de 20°C la que es indicada para

una mejor producción de leche, que cuando actúa una temperatura de 5°C; sobre todo cuando se acompaña de una alta humedad relativa del aire (Quispe, 2016).

En la Universidad Autónoma de México (1982), se reportaron que el pico de producción y su comportamiento de la curva de producción de leche depende de la producción láctea diaria así se tiene que el número de partos influye en ella, en las vacas de primer parto se obtuvo una producción de 6.22 ± 0.25 lts/día; en las de segundo parto 7.28 ± 0.25 lts/día; en las de tercer parto se obtuvo 7.10 ± 0.40 lts/día; en las de cuarto parto se obtuvo 8.25 ± 2.54 lts/día.

Cotacallapa (1998), menciona que los departamentos de Puno, Moquegua y Tacna, cuyo ámbito geográfico y climático está caracterizado por la Costa que se inicia desde el nivel del mar (Océano Pacífico), hasta una altura de 1.200 m.s.n.m. aproximadamente corresponde a una parte de los departamento (sin precipitación Pluvial), la explotación es semi-estabulada, cuya característica fundamental es que se pastorea en praderas cultivadas, además de suministrarles alimentos balanceados, al efectuar un análisis de producción, reporta los intervalos de parto en el ganado vacuno raza Brown Swiss, para Puno 449.5 días (14.5 meses), y en la raza Holstein en los departamentos de Tacna 449.5 días (14.5 meses) y Moquegua 589 días (19 meses).

2.6.3 Lactación

En un estudio realizado en el Centro Experimental Chuquibambilla, el periodo de lactación fue de 285 ± 47.95 días, con un promedio de producción de 2914.60 ± 801.03 kg de leche de 386 lactaciones y estos al ser corregidos a 305 días de lactación a dos ordeños, el promedio de producción fue de 3029.69 ± 623.26 kg de leche. Siendo la primera lactación de menor producción con 2502.93 ± 591.53 y la sexta lactación de máxima producción con 3460.24 ± 821.58 kg de leche, disminuirán siguientes lactaciones (Barriga, 1992).

El promedio de producción del Centro Experimental Chuquibambilla desde la 2da a la 9na, lactación de 44 lactaciones fue de 2820 ± 590 kg de leche y al ser corregido a 305 días y 2 ordeños el promedio fue de 2968 ± 480 kg de leche, siendo la 4ta lactación de máxima producción con 3210 ± 330 kg de leche en promedio (Hinojosa, 1992).

Los resultados encontrados en el Fundo San Antonio en vacas Brown Swiss, el promedio de producción fue de 3,393 kg de leche por campaña y estos datos al ser corregidos a 305 días de lactación y dos ordeños, donde se aprecia que el promedio de producción en la primera lactación es de 3112 ± 692 kg de leche (Condori, 1999).

Romagosa (1982), expresa que la temperatura actúa directamente sobre la productividad, actualmente se admite que la medida térmica mejor para altas producciones lácteas es la de 16°C . Con temperaturas bajas, el animal al contrarrestar el bajo ambiente destina a este fin combustiones intraorgánicas que merman la producción láctea. La humedad ambiental, tiene un grado higrométrico bajo, la sequedad del aire produce evaporación cutánea, aumentando con ello las combustiones internas y si tenemos un grado higrométrico elevado alrededor del 80 al 90% se mantiene la temperatura del aire casi estacionario, no permitiendo la evaporación cutánea, ni hace un mayor funcionamiento del aparato respiratorio, todo lo cual se traduce por un ahorro de combustiones orgánicas que pasaran integras a la producción.

Las razas lecheras alpinas, como la suiza, produce mayor cantidad de leche cuando es explotada en las zonas bajas, en zonas altas disminuyen las producciones, como consecuencia de la altura y de la atmósfera seca, el mismo fenómeno, en cuanto a la influencia de la humedad, es conocida que las razas lecheras disminuyen su rendimiento cuando se lleva a regiones de ambiente seco (Barriga, 1992).

En un estudio realizado con registros de producción semanales de 366 lactaciones en vacas pardos Suizo en el Centro Experimental Las Margaritas a 500 msnm con una temperatura media de 21°C con un promedio de 30°C durante el verano (época no crítica: abril a octubre) y 8°C durante el invierno (época crítica: noviembre a marzo), con una humedad relativa del 90% y una precipitación fluvial de 3000 mm anuales (clima sub tropical), obteniéndose el pico de producción promedio a las 5.5 semanales con una persistencia promedio del 71.5%. Los efectos en la producción láctea son influenciados por el número de lactancia, época del parto y efectos del año, independientemente de la raza utilizada (Galaviz, 1998); es decir, el efecto de la lluvia sobre el ganado es indirecto, como resultado de su influencia sobre la producción de alimentos, así mismo ejerce efecto directo importante sobre el ganado, pudiendo ayudar a la disipación del calor mediante evaporación, aunque al mismo tiempo dificulta el consumo de alimentos.

2.6.4 Edad

Ensminger (1980), expresa que la edad tiene un efecto preciso sobre la producción, la mayor parte de vacas llegan a la madurez y a la producción máxima alrededor de los 6 años, después del cual ésta declina. Los registros indican que la vaca produce 25% más leche en la madurez que cuando tiene dos años de edad. Un adecuado manejo alimenticio permite llevar una ternera a la pubertad entre los 279 – 310 días de edad (9-10 meses), adelantando su entrada a servicio y reduciendo los números de servicios por concepción, además de garantizar la disminución de intervalos parto-primer celo, parto-concepción y parto-parto.

Tabla 7. Producción de leche en kg de vacas Brown Swiss por categoría

Categoría	Edad	n	Producción Promedio (kg)	S	C. V. %
0	2a - 2a 11m	40	2,797.6	727.29	26.00
1	3a - 3a 11m	321	2,812.9	803.15	28.55
2	4a - 4a 11m	297	2,977.9	1,093.90	36.74
3	5a - 5a 11m	355	3,178.3	1,147.70	36.11
4	6a - 6a 11m	286	3,264.8	1,206.50	36.96
5	7a - 7a 11m	271	3,333.1	1,201.90	36.06
6	8a - 8a 11m	244	3,352.2	1,211.10	36.13
7	9a - 9a 11m	194	3,379.8	1,205.50	35.58
8	10a - 10a 11m	132	3,404.3	1,299.70	38.19
9	11a - 11a 11m	127	3,391.1	1,174.30	34.64
10	12a - 12a 11m	86	3,346.6	1,156.60	30.55
11	13a - 13a 11m	70	3,326.9	911.21	27.39

Fuente: Vasallo, 1980. S = Desviación estándar. C. V. = Coeficiente de variabilidad.

En la Tabla 7, se muestran los resultados que obtuvo en vacas Brown Swiss efectuado en Huancayo a 3500 m. s. n. m., en donde, determina que la máxima producción de leche se alcanza a la edad de 10 años (A: años y M: meses), con una producción láctea promedio de 3403.30 ± 1299.73 (Vasallo, 1980).

Delgado (1996), señala para servir por primera vez a una vaquilla debe considerarse principalmente el peso de esta, así para la raza Brown Swiss 340 – 360 kg, 465 – 558 días (15 – 18 meses), Holstein 300 – 350 kg, 465 – 558 días (15 – 18 meses), Jersey 270 kg mínimo y Criollo o Cebú 270 kg y si una vaquilla pasa los 558 días (18 meses) sin alcanzar el peso habrá que servirla con el peso que tenga.

Desde el primer periodo de producción, cuando el animal ha tenido su primer ternero, hasta los 7 u 8 años, la vaca lechera va aumentando su producción año tras año; luego este decrece hasta que llegue el momento en que la explotación no resulta conveniente (Inchausti y Tagle, 1980).

2.6.5 Etapa reproductiva

Quispe (2007), sostienen que la eficiencia reproductiva se define como una medida del logro biológico neto de todas las actividades reproductiva, que representa el efecto integrado de todos los factores involucrados: estro, ovulación, fertilización, gestación y parto. El objetivo primordial de los procedimientos de manejo reproductivo debe ser optimizar la eficiencia del hato y este objetivo sólo puede lograrse a través de un examen ginecológico postparto y tratamiento de posibles alteraciones, eficiente detección de calores, servicio temprano y sincronización de estros.

2.6.6 Información genética (genotipo)

Pérez (1982), indica que es importante considerar que en el trópico la gran mayoría de vacas en ordeño no son razas especializadas, si no diferentes cruzamientos entre razas especializadas con razas cebuinas o criollas y que desafortunadamente no existe información correcta generada bajo condiciones tropicales en relación a los requerimientos nutritivos del ganado productor de leche, por lo que se toma las recomendaciones de los consejos de investigación de los EE.UU. y de Europa. En la Universidad Autónoma de México (1982), reportaron que en estudios realizados en el trópico muestran enorme potencial existente para incrementar la producción de leche, combinando el potencial genético de los animales, con una alimentación y manejo adecuado, para esto no se requiere de inversiones costosas ni tecnología sofisticada; sino, el sistema se basa en la maximización de los recursos locales.

2.6.7 Alimentación y época del año

Durante el primer tercio de la lactación, las demandas nutricionales de la vaca lechera, son mayores que la capacidad física de cubrir dichas demandas y ocurre un proceso de

balance energético negativo (Quispe, 2007). La alimentación es el principal factor que afecta la producción de leche. Una subalimentación reduce la producción de leche. Si esta subalimentación continúa, la producción de leche desciende más rápidamente de lo normal y el período de lactancia se acorta (Hernández, 2004).

Una adecuada alimentación puede significar un aumento en la producción entre un 10 – 30% en comparación con aquellas vacas que no se secaron o alimentaron bien en los últimos 90 a 60 días de gestación, los objetivos que tendrá la alimentación en esta etapa es recuperar y acumular energía así como depositar suficiente cantidad de Ca y P en las matrices óseas, propiciar la regeneración y desarrollo del sistema alveolar de la glándula mamaria, permitir el desarrollo adecuado del feto que en esta etapa tiene un crecimiento del 80% del total, un indicador de la adecuada alimentación será la ganancia de peso diaria entre 500 – 900 g como promedio de la vaca (Sosa, 2001).

Una alimentación acertada es la responsable de una buena parte del rendimiento en leche, como de un desarrollo eficiente de los animales, así tenemos, los nutrientes principales de la dieta y los requerimientos diarios, como observamos en la Tabla 8. El agua es la sustancia nutritiva, los animales no pueden vivir sin consumirla y lo hacen muy dificultosamente cuando poseen cantidades insuficientes de ellas, tiene una importancia enorme en la asimilación de todos los nutrientes en el organismo y la función de mantener constante la temperatura del cuerpo, el agua de beber y la alimentación deben estar en primer plano de prioridad.

Tabla 8. **Requerimiento de los principales nutrientes**

Nutrientes	Requerimiento diario
Energía	Varía según peso corporal, producción láctea y grasa.
Fibra	Mínimo 15% de la materia seca de la ración.
Proteína	11 a 15% de MS de ración, según la edad y nivel de producción
Sal común	4 a 6 gr por 100 kg de peso vivo.
Calcio	10 a 15 gr por día más 2 gr por kg de leche.
Fosforo	10 a 15 gr por día más 1.5 gr por kg de leche.
Magnesio	Trazas: aprox. 1 gr por kg de peso vivo.
Yodo	Trazas: de azufre en forma de sal yodado.
Potasio	Trazas: 0.5% de la ración seca.
Vitamina A	12 a 15 mg por 100 kg de peso vivo.
Vitamina D	600 a 800 U. I. Por kg de peso vivo por día.

Fuente: Gasque, 1986.

La alimentación es el principal factor que afecta la producción de leche. Una subalimentación reduce la producción de leche. Si esta subalimentación continúa, la producción de leche desciende más rápidamente de lo normal y el período de lactancia se acorta (Hernández, 2004).

Quispe (2007), dice que el agua es la sustancia nutritiva, los animales no pueden vivir sin consumirla y lo hacen muy dificultosamente cuando poseen cantidades insuficientes de ellas, tiene una importancia enorme en la asimilación de todos los nutrientes en el organismo y la función de mantener constante la temperatura del cuerpo, el agua de beber y la alimentación deben estar en primer plano de prioridad. Una alimentación acertada es la responsable de una buena parte del rendimiento en leche, como de un desarrollo eficiente de los animales, así tenemos, los nutrientes principales de la dieta y los requerimientos diarios.

Novoa (1985), precisa que si ocurre una subnutrición al comienzo de la lactancia el potencial lechero del animal se verá permanentemente afectado, es decir aun cuando se mejore la alimentación en los estadios posteriores de la lactancia ésta no logrará que las vacas produzcan igual cantidad de leche que los animales que se alimentan bien desde el principio de la lactancia. Dado a que la producción de leche se basa en el uso de pastos, la pobreza de nutrientes del pasto y sus variaciones en la disponibilidad de forraje del año, llegan a ser en gran medida, factores determinantes de la producción de leche.

Schaar *et al.* (1981), hacen mención que la estación del año en el cual se registran los partos influye en el rendimiento de producción de leche, no se sabe en qué consista esta influencia, pero los resultados fueron menores en rendimiento lechero comparando las vacas que parieron en la época seca que las vacas que parieron durante la estación de lluvias, la influencia de la estación se manifiesta de manera regular, pero adquiere importancia estadística durante la tercera lactancia. Buxade (1995), reporta que la menor producción de leche total, es cuando se presenta la época seca durante los meses de verano debido a la mala condición física de la vaca, después del parto especialmente en aquellos animales con mayor porcentaje de sangre europea.

En cuanto al efecto de la alimentación durante la lactancia, el factor más notable es probablemente la cantidad de energía recibida con los alimentos, el grado de la reducción de la producción depende de la intensidad de la deficiencia en la alimentación y el tiempo que ésta dure. Si las vacas obtienen una alimentación completa y mantienen su consumo de energía lo más cercano posible a sus necesidades energéticas podrán alcanzar su potencial hereditario de producción y mantenerlos durante períodos más largos, tal como sostiene Davis (1991).

Cabe señalar que las temperaturas altas o bajas disminuyen la cantidad de leche y alteran su composición. La temperatura óptima es de 10 °C (entre 4.5 y 24 °C hay poco efecto). El contenido en grasa disminuye en sentido inversa a la temperatura, entre 5 y 27 °C, y aumenta por encima de los 27 °C y por debajo de los 5 °C. Al mismo tiempo que desciende la producción. La humedad afecta la producción de leche comprobándose que en los climas secos disminuye el rendimiento lechero. La altitud parece influir en la producción lechera, tendiendo a disminuir la cantidad de leche y aumentar el contenido en grasa en las zonas de montaña (Buxadé, 1995).

2.7 Sistemas de producción de vacunos de leche

Mamani *et al.* (2007), sostienen que a nivel nacional se identifican tres sistemas de producción, el sistema extensivo que predomina en la Sierra y Selva, el sistema intensivo que predomina a nivel de la costa y el sistema semi-intensivo que predomina a nivel de los valles interandinos, cuya constitución es extensivo 15% estabulada 47% y mixta 38%.

2.7.1 Sistema extensivo

Se refiere que, las vacas son pastoreadas en pasturas, pueden ser libres o controlados, no se maneja en instalaciones, son de raza criolla en mayoría y otras cruzadas con razas especializadas, los niveles de producción son bajos, existe confinamiento por las noches para el descanso, existe una inversión mínima o casi nula, la producción es directamente relacionado con la presencia de la lluvia y disponibilidad de pastos, climas desfavorables, en altitudes mayores a 2500 metros, muchas veces no hay control reproductivo, productivo, y poco uso de mano de obra (Rojas, 2005; Rojas y Gómez, 2005).

2.7.2 Sistema mixto

Ocasionalmente se utiliza infraestructura e instalaciones, la alimentación es al pastoreo en pastos cultivados bajo riego o al secano, con suministro de forrajes conservados (ensilado o heno) y concentrado comercial en pequeñas cantidades, las vacas son de doble propósito en consecuencia los niveles de producción son menores al sistema fijo, los gastos de inversión son menores, climas variados, poco control productivo y reproductivo, calidad genética menor que en el sistema fijo, ordeño manual o puede ser mecánico, altitudes variados entre 2500 a 3500 metros sobre el nivel del mar (Mamani *et al.*, 2007)

2.7.3 Sistema estabulado

Las vacas permanecen en confinamiento absoluto, las instalaciones e infraestructuras son adecuadas para una determinada actividad dentro del proceso productivo, se trata de razas especializadas que van en aumento por la alta competitividad y disminución de la población de las razas de doble propósito, la alimentación es en cantidad suficiente y de un alto valor nutritivo (calidad), existe control reproductivo, los niveles de producción son elevados, igualmente los costos por la utilización de maquinaria, medicinas, mano de obra y otros; pueden establecer en altitudes menores a 2000 metros sobre el nivel del mar con climas favorables (Rojas, 2005).

2.8 Curva de lactación y sus características

Se entiende por lactancia a la etapa que comprende entre la fecha de parto, que es cuando una vaca comienza a producir leche, y la fecha de secado o término de la lactancia. Si, se registran las producciones de leche regularmente a medida que avanza la lactancia de la vaca y se las colocan en un plano de coordenadas, se puede observar que se va formando una curva denominada “Curva de lactancia” (Wachtel, 1995).

El potencial de producción lechera de una animal queda definida, poco después del parto por la cantidad de tejido secretor existente y su actividad. Sin embargo, la producción real de la leche durante la lactación está determinada por la magnitud y el tiempo que pueda mantener

dicho potencial productivo. Ambos parámetros se ven influidos a su vez, por un gran número de factores que puede ser alimentación, ambiental (Buxadé, 1995).

Duraes *et al.* (1991), expresa que la representación gráfica de la producción diaria de leche de una vaca en función del tiempo, se denomina curva de lactancia, cuando se usa una función algebraica para describir una curva de lactancia, es posible prever la producción de leche en cualquier periodo; en consecuencia, se puede estimar la cantidad de alimento requerido y las necesidades de suplementación. Las vacas que paren a sus terneros en los meses de otoño muestran una producción más pareja que las que tienen a sus crías en otra época del año. Las que paren en primavera producen una cantidad de leche hasta 10 a 15% menor (Ensminger, 1980). Después de un cuidado y alimentación adecuada de los animales en gestación, el rendimiento de leche se incrementa rápidamente hasta que se alcanza el máximo durante la sexta y séptima semana después del parto. Tales animales a menudo muestran una pequeña disminución hasta que han transcurrido cuatro o cinco meses de lactación (Harvey y Hill, 1969).

Holmes (1984), manifiesta que la curva de lactación de las novillas, es distinta a las correspondientes vacas de mayor edad, el punto máximo de producción es bajo y la curva es más plana. La diferencia en la producción y en la curva de lactación puede deberse a que las vacas de mayor edad tienen más tejido secretor que las novillas, como consecuencia de los efectos a largo plazo del tejido secretor glandular de la mama. Las novillas que paren a los dos años de edad todavía están creciendo y parte de los alimentos se usa para ello, en vacas de mayor edad se utilizan más nutrientes para la producción de leche, posiblemente porque el consumo supera las necesidades de mantenimiento en mayor proporción que las vacas más jóvenes y de menor peso.

Schmidt (1974), sostiene que la producción de leche se ve afectada por muchos factores fisiológicos y ambientales. Los factores fisiológicos dependen en gran parte del caudal genético del animal, así como de factores no hereditarios tales como la edad, número de lactaciones previas y gestación. En general el ganadero puede ejercer poco control sobre los factores fisiológicos, aunque si los tiene sobre los factores ambientales.

Aguilar y Quispe (2009), menciona que el concepto de potencial productivo, se refiere a la capacidad que un animal de manifestar su habilidad de producir el máximo de leche al ser alimentado con cantidades suficientes de alimentos, cuya posición satisfaga los

requerimientos nutricionales del animal. La producción de leche en el vacuno presenta diferentes niveles de producción y composición desde el parto hasta el secado, que se ha estudiado prolijamente y se ha estandarizado de diferentes formas, una de las más utilizadas es la de Wood (1967).

Sánchez (1996), indica que la lactación se inicia con unos niveles altos, pero sigue subiendo hasta alcanzar el pico de lactación, que se produce entre el 1° y 2° mes tras el parto. Una vez alcanzado este máximo los rendimientos empiezan a decrecer gradualmente hasta el secado. Este descenso debe ser lo más suave posible, mientras menor sea la pendiente de la curva mayor será el rendimiento lechero total. Se entiende por curva de lactación, la evolución a lo largo del tiempo de la producción diaria de leche de un animal, se considera la lactación tipo o estándar del ganado vacuno aquella que presenta un periodo productivo de 305 días que corresponde a 43 semanas (campana de producción), con un tiempo de 60 días de secado.

La evolución de la producción lechera desde el parto hasta el secado puede ser representada gráficamente por una curva de lactancia, la cual a su vez puede ser descrita por medio de una función matemática de un proceso biológico extremadamente biológico complejo y sujeto a influencias, tanto genéticas y ambientales entonces la curva de lactancia es un resumen conciso de los patrones de producción de leche, determinados por la eficiencia biológica de una vaca (Mejía y Ortiz, 1990).

Se entiende por curva de lactación la evolución a través del tiempo, de la producción diaria de leche de un animal, así como las variaciones en su comportamiento (Rivera, 2006). Una curva de la lactación dibuja el rendimiento de la leche de una vaca después del calostro hasta el secado (aproximadamente 300 días). Muestra el pico de producción, persistencia, y los efectos de eventos específicos en la producción de leche. Porque la forma de la curva de la lactación es bastante constante, el rendimiento lechero se predecirá tempranamente, con la porción inicial de la curva, para estimar la producción total de la lactación.

Durante la lactación de una vaca y en ausencia de todo factor limitante, la producción de leche total (PLT) se encuentra en función del tiempo “t” y puede ser representada en forma general como en la Figura 1. Se observa como la producción lechera aumenta durante las primeras semanas del parto (fase ascendente), alcanzando un máximo de producción, para

después decrecer progresivamente (fase descendente), hasta el secado. La curva de lactación se puede caracterizar por una serie de parámetros.

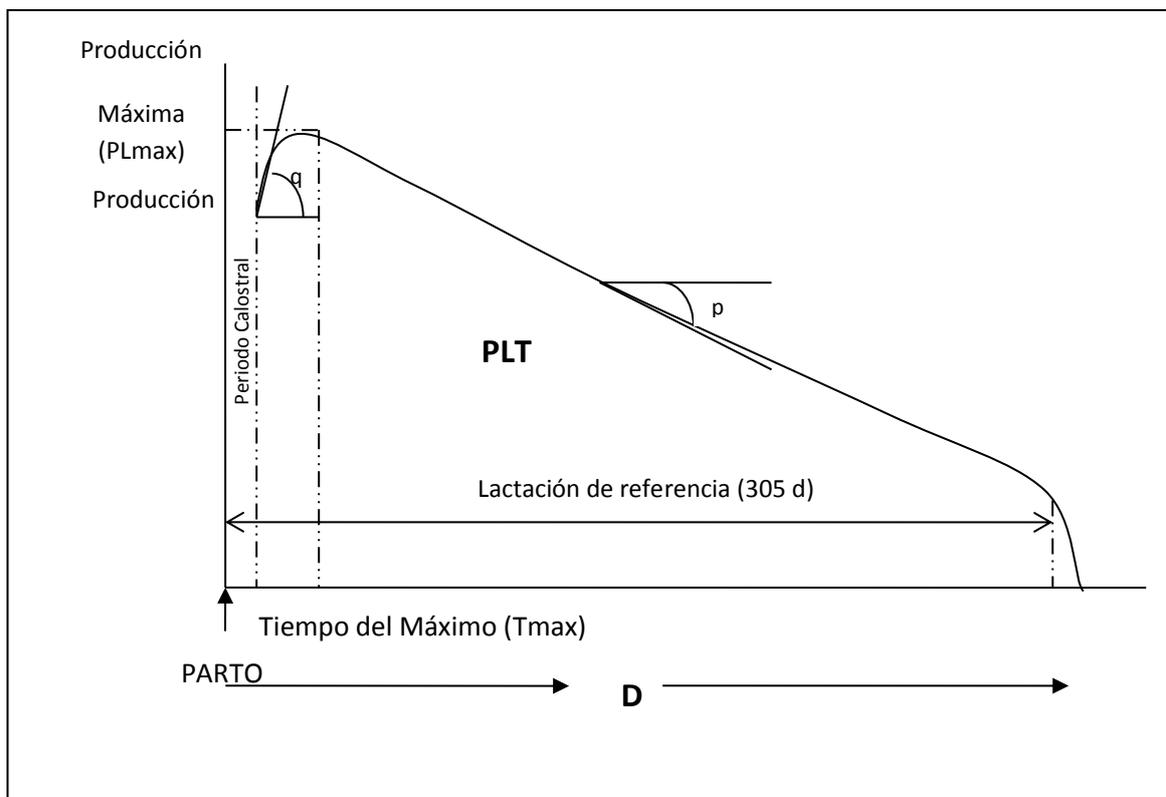


Figura 1. Curva de Lactación, Modelo ajustada a 305 días

- Duración de la lactación (D):** definida por el intervalo parto-secado
- Producción inicial (PL):** estimada por la media de producción de los días 4^{to} a 6^{to} post-parto, una vez finalizado el periodo calostrual
- Producción máxima (PLmax):** es la producción de leche diaria en el momento del máximo de la curva. Suele presentarse hacia las 3-10 semanas post parto

Son los elementos que se utilizan en un modelo matemático de ajuste de la curva de lactación, los valores de PLmax y Tmax son considerados respectivamente como ordenada y abscisa, donde la cantidad de PLmax es obtenida ya sea como un valor promedio de los tres días de producción más elevados o como el valor más elevado de las medias semanales.

- Producción total:** obtenida acumulando las producciones lecheras diarias. Corresponde a la integral de la curva de lactación (superficie).

- e) **Crecimiento en la fase ascendente:** corresponde a la pendiente de la fase ascendente. A veces se define mediante la diferencia entre la producción máxima y producción inicial.
- f) **Coefficiente de persistencia:** de la fase descendente. Se define como una medida del descenso de producción de leche diaria que se mantiene tras transcurrir un tiempo determinado. En ganado vacuno suele situarse alrededor del 10% mensual.

2.8.1 Factores que afectan la curva de lactancia

En general se considera que el potencial de producción lechera de un animal, queda definido poco después del parto, por la cantidad de tejido secretor existente y su actividad. Sin embargo, la producción real de leche durante la lactación está determinada por la magnitud y el tiempo que pueda mantenerse dicho potencial productivo. Ambos parámetros se ven influidos, a su vez, por un gran número de factores que se dividen clásicamente en dos grupos fundamentales: *intrínsecos* que dependen del animal y no pueden ser modificados fácilmente; *extrínsecos*, o del medio ambiente y sobre los que se puede actuar con facilidad mediante prácticas de manejo (Rivera, 2006).

2.8.1.1 Factores de variación intrínsecos

La producción de la leche de vaca puede verse influida por un amplio número de factores, que ejercen su acción, de una forma más o menos marcada, a lo largo de toda la lactancia (desde el calostro hasta el secado).

a. Genotipo

El mejoramiento de la cría de ganado lechero asume que las diferencias genéticas son en parte responsables por las diferencias en la producción de leche entre animales. Sin embargo, la mayor parte de los caracteres de importancia económica, como la producción de leche son afectados por el clima, manejo, salud y nutrición. La importancia relativa de los efectos genéticos y medioambientales determina que tan heredable es un carácter. (Wachtel, 1995).

Se ha constatado, en el estudio de los coeficientes de heredabilidad y de correlación para los distintos caracteres productivos, que los factores genéticos tienen más influencia sobre la calidad y composición de la leche que sobre la cantidad. Así, mientras el coeficiente de heredabilidad para los contenidos de grasa y proteína es alto (0.40), para la cantidad de leche dicho coeficiente es mucho más bajo (0.20). Por lo tanto, la producción de leche depende más de factores ligados al medio, y su composición de los caracteres genéticos. Estas diferencias en composición y producción debidas a los factores genéticos se presentan no solo entre animales de distintas razas de una forma muy significativa, sino también entre animales de una misma raza (Rivera, 2006).

b. Número de lactación

La producción de leche aumenta con el número de lactación, alcanzando un máximo hacia el 3° - 5° parto. El incremento productivo hasta la madurez es del orden de un 20 – 40 por 100, y donde existe un mayor aumento de producción es entre la primera y segunda lactación (20 a 30%). A partir de los 8 a 9 años (6° a 7° gestación), las vacas experimentan una ligera reducción en el nivel de producción lechera, que prosigue hasta que mueren.

La producción de leche se inicia a un nivel relativamente alto, aumenta hasta la quinta y octava semana, en la cual alcanza su máximo, para luego declinar más rápidamente, las vacas adultas producen de 30 y 35% más leche que las vacas que paren por primera vez a los 24 meses, este incremento se debe al aumento del tejido secretor en la ubre y al aumento del tamaño del animal.

Se ha demostrado que la influencia de la edad de la vaca y orden de parición, hasta alcanzar un valor máximo, descendiendo después en edades más avanzadas. Las variaciones que ocurren, resultan de alteraciones anátomo – fisiológicas; coincidiendo el mayor desempeño con la plena madurez (Rojas, 2005). Los rendimientos de leche presentan un índice creciente hasta cerca del octavo año de edad, dependiendo de la raza, luego disminuye; no obstante, la

disminución después del octavo año es mucho menor que el incremento antes de esa edad.

El orden de parto presentó efecto significativo ($P < 0.01$) sobre la producción de leche, y no significativo sobre el periodo de lactación. La máxima producción fue en el sexto parto, observándose un ligero descenso a partir del octavo parto; al respecto otros investigadores indican que la mayor productividad se presenta en el cuarto parto debido a la madurez reproductiva de la vaca (Rojas, 2007). Comportamiento similar se observa también en el ganado Criollo CCC, donde los niveles alcanzados en la primera lactación, disminuyeron en la segunda y en la tercera y apenas aumentaban en las dos posteriores. En la sexta y séptima lactación el aumento fue notable (Aguilar y Quispe, 2009).

c. Gestación

Hacia el final de la gestación se produce una caída notable de la producción lechera. La mayor parte del descenso tiene lugar durante el 7º mes de gestación, que suele ser el último de la lactación, con una reducción en la producción diaria de un 20% o más. El incremento de las necesidades fetales, y, más probablemente, un mecanismo hormonal (elevación de progesterona y estrógenos), está en el origen de este descenso (Rivera, 2006).

d. Estado de desarrollo y reservas corporales

Existe una relación general positiva entre el peso corporal de las vacas y el nivel de producción lechera, ya que las vacas de mayor tamaño poseen más tejido secretor en las ubres y aparatos digestivos más amplios. Así mismo las vacas deben hallarse en un buen estado de carnes (*condición corporal*), en el momento del parto, para que la grasa corporal se pueda movilizar al inicio de la lactación -momento de posible déficit energético- (Rivera, 2006).

Las vacas de hatos con buenos sistemas de alimentación maduran generalmente con mayor rapidez, estas vacas alcanzan su máxima producción a edad más temprana que aquellas que han estado en sistemas con pobre alimentación (Aguilar y Quispe, 2009).

e. Estado sanitario

La reacción más frecuente del animal enfermo es disminuir la secreción láctea, en cantidad y calidad. Entre las patologías relacionadas con la producción lechera cabe destacar la mamitis, en sus dos vertientes: *clínica* y *subclínica*. La mamitis produce una disminución de la producción lechera, dependiendo del grado de infección entre un 5 y 40%, y modifica la composición de la leche. Esta modificación en la composición, así como la disminución del rendimiento, no vuelve a sus valores normales cuando el animal es sano, no alcanzándose la normalidad hasta por lo menos la siguiente lactación (Rivera, 2006).

2.8.1.2 Factores de variación extrínsecos

f. Efectos ambientales

La época de parición representada por el mes o estación del año influye en la producción de leche, por lactación, principalmente en aquellos animales cuyas razas europeas exigen una faja de confort específica. Aunque el manejo de las vacas en producción se lo realiza con homogeneidad en lo referente a las pasturas y la suplementación alimenticia, esto no refleja el carácter productivo de cada animal, sino tal como se observa está supeditado al carácter estacional de la época. El periodo de parto, involucra en sí cambios en disponibilidad de la cantidad y calidad de las pasturas, que se presentan de año en año; a consecuencia de los cambios climáticos que se registran, al mismo tiempo el manejo aplicado al hato, los efectos de la propia selección, la introducción de nuevos reproductores, cambios de personal, y otros (Rojas, 2007).

El principal método para la conservación de la temperatura corporal en el ganado bovino es el aumento de la frecuencia respiratoria, la cual se incrementaría 5 veces si la temperatura ambiente varía de 10 a 45 °C. Esto es más serio si se considera que una vaca en producción presentará prácticamente el doble de producción de calor comparada con una vaca seca.

Cabe destacar la influencia sobre los rendimientos lecheros, de factores como la estación del año y el clima (temperatura fundamentalmente). Los partos de

otoño o principios de invierno suponen mejores lactaciones que los de primavera y verano, con una diferencia de producción que puede alcanzar los 400 - 500 litros. En lo referente al clima, cabe destacar que las temperaturas altas o bajas disminuyen la cantidad de leche y alteran su composición. La temperatura óptima es de 10 °C (entre 4.5 y 24 °C hay poco efecto). La humedad afecta la producción de leche comprobándose que en los climas secos disminuye el rendimiento lechero. La altitud parece influir en la producción lechera, tendiendo a disminuir la cantidad de leche y aumentar el contenido de grasa en las zonas altas de montaña (Rivera, 2006).

La producción de leche en el trópico húmedo además del estrés climático sobre el animal, muestra variaciones en calidad y cantidad de forraje durante el año, estas pueden tener influencia sobre fisiológica de la lactancia, modificando la forma típica de producción diaria (Apodaca, 2000). Al estudiar el efecto de la estación de parto sobre el periodo de lactación y producción de leche en vacas Criollas de la EEAS, para los años 1982 – 2002, indica que existe un efecto ($P>0.01$), los investigadores observaron que las vacas paridas en invierno (julio – septiembre), producen mayores rendimientos ($1,220.61 \pm 17.3$ kg) en relación con otras estaciones; así mismo, los días de lactancia son mayores (266 días) cuando las vacas dan parto en invierno (Rojas, 2005); es decir, las vacas que iniciaban su producción en estaciones climáticas favorables, producen más que las paridas en las estaciones adversas, los peores rendimientos fueron observados en las vacas paridas en fuertes lluvias.

g. Ordeño

La cantidad de leche producida por una vaca se afecta por el intervalo entre ordeños de manera que tal que cuando se realiza con un intervalo de 12 horas, obtendremos la máxima producción, en tanto que si en intervalo es entre 10 y 14 horas habrá una ligera pérdida que será del 2 a 4 %. Si el ordeño se realiza una sola vez al día en vacas de primera lactación, la producción obtenida se reducirá en un 50 % y en vacas de segunda lactación en un 40 %. El ordeñar tres veces al día, incrementa la producción en un 25 a 20 % y si se realizara un

cuarto ordeño el incremento sería de 5 a 10 % mayor que el obtenido con tres ordeños diarios.

En vacas de alta producción el aumento de cuatro ordeños en vez de dos diarios, produce una disminución en la presión intramamaria estimula la secreción. Esta teoría se basa en el hecho que la secreción de grasa y leche es menor durante el periodo comprendido entre los ordeños de la tarde y la mañana en comparación con la secreción que se efectúa entre los ordeños de la mañana y la tarde. También este incremento en producción se atribuye a un aumento en la hormona lactogénica. El efecto del intervalo entre ordeños en relación a la producción está influido por las características individuales de la vaca, tales como la capacidad de la glándula, periodo de lactación y cantidad de leche producida (Aguilar y Quispe, 2009).

h. Alimentación

La alimentación es uno de los factores extrínsecos más importantes de los que afectan la forma de la curva de lactación. Se puede decir que la ingestión de alimentos se incrementa durante las 8 – 12 primeras semanas de lactación, y es gracias a la movilización de reservas corporales del animal, que la producción de leche no se ve afectada negativamente, a pesar del desfase entre el aumento de ésta y el de la ingestión. A medida que avanza la lactación, la ingestión de nutrientes suele ser suficiente para cubrir las necesidades del animal, pudiéndose producir un superávit que se utiliza para reponer sus reservas corporales (Rivera, 2006).

i. Periodo seco

La duración del periodo seco guarda una elevada relación con el estado de reservas corporales del animal en el momento del parto. Las vacas delgadas en la final de la lactación necesitan un periodo improductivo que les permita reponer sus reservas corporales y afrontar la siguiente lactación. Además, la ubre de la vaca precisa un periodo seco, para la regeneración del tejido secretor. Se suele aconsejar periodos secos de 60 días, ya que se ha observado que con

periodos menores (40 – 50 días) o mayores (70 – 80 días) presentan en la siguiente lactación producciones inferiores hasta 900 kg (Campos, 1989)

j. Efecto del año de parto sobre la producción de leche

El efecto del año de parto sobre la producción de leche, es una importante medida que refleja de manera general un complejo de influencias pueden ser de orden climático, de manejo, alimentación, también debido a variaciones en composición genética de los rebaños o por la introducción de nuevos animales o reproductores con características genéticas diferentes (Arango, 2000). La influencia del año de parto sobre la producción lechera de vacas Criollas nacidas en la EEAS fue analizada en Santa Cruz – Bolivia, los investigadores indican que tuvo un efecto significativo ($P < 0.01$) sobre la producción de leche a través de los años de estudio (Rojas, 1986). Se observó, que el año de parición influye ($P < 0.01$) sobre la producción de leche (Romero, 1998).

A fin de determinar la influencia de ciertos factores fisiológicos y ambientales sobre la eficiencia productiva de los Criollos Limoneros en su región de origen, Abreu *et al.* (1977), estudiaron 302 registros de producción de leche acumuladas en la Estación Experimental de Carrasquero durante el periodo de 1968 a 1971, se encontraron efectos significativos entre los años ($P < 0.01$) tal como lo cita Rojas (1986).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del lugar de estudio

En el presente estudio se utilizó los registros de producción de leche del Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, ubicado en el distrito de Umachiri, provincia de Melgar y región de Puno, a una altitud de 3970 msnm, a una latitud Sur de 14° 47' 35" y 70° 43' 50" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

3.2 Características del lugar de estudio

3.2.1 Superficie y fisiografía

El CIP Chuquibambilla es uno de los centros de investigación y producción más importante de la UNA Puno, conocido a nivel regional nacional e internacional, con mucha trayectoria y remarcado prestigio por la labor que realiza en investigaciones actividades académicas y de proyección social hacia la comunidad; se encuentra a 156 km de la ciudad de Puno y cuenta con una extensión total de 5,095.87 hectáreas, cuyas praderas están constituidas por pastos naturales, base para la alimentación de los animales de acuerdo a la zona que tiene el centro una plana o pampa y otra ladera o zona alta.

La zona de pampa se diferencia por presentar una cobertura de pastos naturales divididos en potreros por cercos de alambre con abrevaderos en tiempos de secas y cuya población de pastos es como sigue: leguminosas, gramíneas, ciperáceas, juncáceas, teniendo como especies dominantes anuales y perennes a la *Festuca dolichophylla* (Chilligua), *Alchemilla pinnata* (Sillo sillo), *Calamagrostis vicunarum* (Crespillo), *Calamagrostis sp.* (Sora), *Muhlenbergia fastigiata* (Gramma o chiji) y en menor porcentaje *Trifolium amabili* (Layo), *Stipa ichu* (Ichu), *Margaricarpus pinnatus* (Kanlla) y *Festuca ortophilla* (Iru ichu). En la zona alta; no cuenta con cercos de alambre y tiene menor disponibilidad de abrevaderos en tiempo de lluvias, y ausentes en épocas de secas, las especies de pastos, que se encuentran en esta parte alta son la: *Festuca dolichopylla*, *Margaricapus pinnatus*, *Festuca ortophilla*, *Stipa Ichu* que son los más comunes (Belizario, 2000).

Fisiográficamente las praderas naturales están constituidas de pampas y una mínima extensión de laderas. El CIP Chuquibambilla, según el mapa ecológico del Perú pertenece a la zona agroecológica de puna húmeda, caracterizada por dos estaciones definidas: lluviosa (diciembre a marzo) y seca (mayo a noviembre); cuenta con riachuelos que fluyen sus aguas al río Umachiri (Rojas, 2005).

3.2.2 Clima e hidrografía

El clima de la zona de estudio, varía entre frío y templado; está definido por tres períodos que son época de escasez de lluvias (junio a setiembre), época de lluvias (diciembre a marzo) y meses de transición (octubre, noviembre, abril y mayo). Desde los 3812 hasta los 4000 msnm, es frígido y a mayores altitudes es muy frígido y glacial (IGN, 2018). Los datos climáticos de temperatura y precipitación pluvial en la zona de Chuquibambilla y durante el periodo en estudio, así como del comportamiento climatológico de los últimos 30 años, fueron obtenidos del portal de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Puno (SENAMHI, 2018; Tabla 9).

Tabla 9. Temperatura del aire, precipitaciones pluviales y humedad relativa/año

Año	Temperatura (°C)			Precipitación pluvial (mm/año)	Humedad relativa (%)
	Mínima	Máxima	Promedio		
2008	-0.4	19.8	10.70	661.70	63
2009	1.4	18.9	9.40	748.10	56
2010	0.8	17.5	10.90	581.90	55
2011	3.3	17.0	11.50	760.50	56
2012	-0.4	18.7	10.80	879.40	63
2013	0.1	19.7	10.60	799.80	56
2014	1.4	18.4	9.50	748.10	55
Promedio	0.89	18.57	10.49	739.93	57.71

Fuente: SENAMHI, 2018

Los resultados de la Tabla anterior indican que durante el periodo de estudio la temperatura promedio mínima promedio fue de 0.89 °C, superior en 0.22 respecto a la normal de 30 años, una temperatura máxima promedio 18.57 °C, también superior a la temperatura promedio normal en 2.77 °C. Respecto a la precipitación pluvial, los resultados meteorológicos demuestran que osciló de 581.9 a 879.4 mm/año, cuyo promedio fue de 739.93 mm/año, el mismo que es superior en 126.53 mm/año de precipitación pluvial, respecto al promedio normal de los últimos 30 años, que se consideran como anomalías, con 57.71% de humedad relativa promedio.

3.3 Características del rebaño de estudio

3.3.1 Sistema de manejo animal

El CIP Chuquibambilla, la producción pecuaria que es una actividad de importancia económica y de investigación académica y de producción, por lo que es uno de los centros pioneros en la producción y crianza de ganado vacuno, ovino, porcino, cuy y alpaca de diversas razas, además de la obtención de derivados de la leche como queso y mantequilla.

En vacunos, la parición en el CIP Chuquibambilla – Puno, es a campo abierto; ésta se realiza durante todo el año; sin embargo, el mayor número de nacimientos se registra en la época de lluvias. Se proporciona atención sanitaria necesaria a la madre y a los terneros. Los cuidados de los terneros durante la parición son: desinfección de ombligo, toma de calostro, tratamiento en caso de enfermedades (enterotoxemia), se evita la insolación y que los terneros tomen aguas estancadas.

Se registran los datos de los terneros, siendo estas las siguientes: aretado de la cría, el peso vivo al nacimiento, sexo y arete del padre y de la madre al que corresponden. El destete se realiza aproximadamente a los seis meses de edad, iniciándose la actividad desde tempranas horas de la mañana donde se realiza tareas como identificación de las terneras, pesado de las mismas, obteniéndose así los pesos al destete (Rojas, 2007).

3.3.2 Alimentación de los vacunos

El sistema de alimentación del vacuno Brown Swiss en el CIP Chuquibambilla, es bajo el sistema semi-intensivo durante los dos periodos del año (seco y lluvioso); es decir, las vacas son ofrecidos con alimentación balanceada en horas de la mañana y en la tarde durante el ordeño mecanizado, en el día (7 a.m. a 5 p.m.) se pastorean en praderas naturales conformado básicamente por una vegetación natural de gramíneas, ciperáceas y leguminosas (Rojas y Gómez, 2005).

3.4 Metodología de estudio

3.4.1 Obtención de los registros de producción

En el presente estudio se utilizaron los registros de producción de leche diaria y su consolidado mensual de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla Puno, criadas bajo el sistema de crianza semi-intensivo de los años 2008 a 2014 (debido a la falta de estudio en este periodo y a la disponibilidad de datos), corregidas a 305 días de producción láctea; asimismo, se utilizó datos de la edad productiva, número de partos y registro de datos agro meteorológicos anual de la zona de estudio.

3.4.2 Sistematización de los datos

Los datos de producción de leche fueron obtenidos de los registros de producción (parición, producción de leche) y de reproducción (monta natural e inseminación artificial) del CIP Chuquibambilla. Estos datos luego fueron ingresados y sistematizados en la hoja de cálculo del programa Microsoft Office Excel®, para ello se creó los campos necesarios, tal como se muestra a continuación:

AREVAC	= Arete de la vaca.
AÑOPAR	= Año de parto.
MESPROD	= Mes de producción.
EPOCA	= Época del año.
EDADV	= Edad de la vaca (años)
NÚMLAC	= Número de lactación.
PRODLAC	= Producción láctea en kg
PRODLAC305	= Producción de leche corregida a 305 días.
PRODLAC2	= Producción láctea ajustada a 2 ordeños.
PRODLACEA	= Producción láctea ajustada a edad adulta.
AREPAD	= Arete del padre.
AREMAD	= Arete de la madre.

3.4.3 Ajuste de datos de la edad animal a 305 días

La producción de leche es susceptible de mejorar genéticamente; por tanto, responde a la selección, es necesario tener los promedios de rendimiento de leche por mes y por lactaciones, por edad de madre. Para que estén en el mismo nivel, en caso de comparaciones o establecer superioridades, esta estandarización requiere cumplir con la siguiente fórmula:

$$\text{Producción} = 2X - 305 - EA$$

Donde:

2X = Dos ordeños diarios.

305 = 305 días de lactación o campaña.

EA = Edad adulta.

El número de días de lactación se corregirá a 305 días, individualmente a todas las vacas que estarán sujetas a selección, cuando es mayor o menor a 305 días de lactación se corrigió con:

3.4.3.1 Factor de corrección (FC), cuando es mayor a 305 días

$$FC = (1/2 \times \text{Promedio De Producción}) \times (305 - \text{Días de lactación real}).$$

El factor de corrección se restará de la producción total.

3.4.3.2 Cuando es menor a 305 días de lactación.

$$FC = (2/3 \times \text{Promedio producción}) \times (305 - \text{Días de lactación real}).$$

El factor de corrección se sumó a la producción total.

3.4.3.3 Edad adulta (EA)

La edad adulta es considerada a equivalente de madurez, según el factor de conversión para vacunos Brown swiss, propuesto por Warwick y Legates (1980).

3.4.4 Determinación de la curva de lactación

La curva de lactancia, se determinó para cada número de lactancia mediante el modelo de Wood, cuya fórmula es:

$$\hat{Y} = \beta_0 t^{\beta_1} e^{-\beta_2 t}$$

Donde:

\hat{Y} = es la producción estimada del carácter medido en kg

t = es el tiempo, en días

β_0, β_1 y β_2 = son los parámetros de la curva de lactación.

Los parámetros de la curva de lactación fueron estimados por el método iterativo de *Gauss-Newton*, usando el procedimiento NLIN del SAS.

3.5 Factores en estudio

- a. Año de producción : Niveles del factor 7 (2008 – 2014).
- b. Época del año : Niveles del factor 2 (lluvia y seca).
- c. Número de lactancia : Niveles del factor 6 (primera – sexta).

3.6 Variables de respuesta

En el presente estudio de investigación se consideró las siguientes variables de respuesta:

- a. Producción promedio de leche/campaña/vaca, en kg.
- b. Producción promedio de leche/vaca/época, en kg.
- c. Curva de lactancia.

3.7 Diseño estadístico

Los datos serán analizados en un diseño completamente al azar de modelo tipo I de efectos principales de $7 \times 2 \times 6$ (7 años de producción, 2 épocas del año y 6 lactaciones). Cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$y_{ijklm} = u + A_i + E_j + N_k + e_{ijklm}$$

Donde:

- y_{ijklm} = Es la variable respuesta (producción de leche promedio/campaña).
- u = Es el promedio general o constante común.
- A_i = Es el efecto de año de parto (2008, 2009,..... 2014).
- E_j = Es el efecto época del año (Lluvia y Seca).
- N_l = Es el efecto número de lactación (Primera – sexta a más).
- e_{ijklm} = Es el error experimental o efecto no controlable.

Como prueba de comparaciones múltiples de medias se utilizó la prueba de Tukey; los datos fueron procesados con el programa estadístico SAS® (sistema de análisis estadístico), versión 9.2 haciendo el uso del procedimiento de Modelo Lineal General (PROC GLM).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza de registros de producción láctea correspondientes a 1418 lactancias y para la producción de leche total estandarizados a dos ordeños, 305 días de producción láctea y a edad adulta en vacas Brown Swiss Puros por Cruce (PPC), bajo el sistema de crianza semi-intensivo del Centro de Investigación y Producción (CIP) Chuquibambilla - Puno, se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Análisis de varianza para producción láctea de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, periodo 2008 - 2014

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F	Sig.
Modelo	62	1893.6371600	30.5425300	4.63	<.0001	**
Año de producción	6	278.0101889	46.3350315	7.02	<.0001	**
Época de producción	1	351.9607930	351.9607930	53.34	<.0001	**
Número de lactancia	6	419.0142404	69.8357067	10.58	<.0001	**
Año*época de producción	6	275.1809511	45.8634918	6.95	0.6245	n s
Año*N° de lactancia	19	454.3803330	23.9147544	3.62	0.7234	n s
Época*N° lactancia	6	14.7759051	2.4626509	0.37	0.8963	n s
Año*época*N° lactancia	18	100.3147443	5.5730413	0.84	0.6477	n s
Error	1355	8940.5320300	6.5981800			
Total, corregido	1417	10834.1691900				

ns = no significativo ($p \geq 0.05$) ** = altamente significativo ($p < 0.01$) CV= 24.65%

Se precisa que el año de producción, la época del año y el número de lactancia, tienen una influencia altamente significativa sobre la producción de leche ($p < 0.01$); en cambio, no se encontró diferencias entre las interacciones entre el año de producción y la época del año, el año de producción y el número de lactancia, así como el año de producción por época del año y por número de lactancia sobre la producción de leche de vacas Brown Swiss, respectivamente ($p \geq 0.05$), con un coeficiente de variabilidad de 24.65%, magnitud mediana que indica la homogeneidad de datos en la producción de leche con un 95% de confiabilidad.

4.1 Producción de leche según año de producción o año de parto

En la Tabla 11, se observa que las medias aritméticas de producción oscilan entre los 9.86 y 10.95 kg/vaca/día, con un promedio global de 10.41 kg/día durante el periodo de estudio. El rendimiento promedio obtenido para el periodo 2008 – 2014, coincide con lo sostenido por Vasallo (1980) quien obtuvo una producción promedio 10.54 kg/día y es similar al promedio regional (10.5 kg/día) reportado por Cotacallapa (1998). Sin embargo, es superior a los rendimientos productivos de 6.58, 9.56 y 9.25, 8.89 y 8.71 kg/día reportados por Barriga (1992), Hinojosa (1992), Condori (1999), Olaguivel (2006) y Deza (2007) respectivamente;

y es inferior a los promedios de 11.32 (Cárdenas *et al.*, 2002; Piedra *et al.*, 2012) y 11.91 kg/día (Barrionuevo, 2013) de producción láctea ajustada a 305 días, a edad adulta y a dos ordeños. Las variaciones encontradas se deben a las diferentes razas de animales (dentro de ellos la calidad genética del ganado: PPC o PDP), así como a los sistemas de crianza, a las diferentes condiciones ambientales y de manejo en las que se llevaron los estudios.

En la Cuenca lechera de Arequipa, en función al tamaño del hato se reporta rendimientos promedios de 11.8, 16.5 y 17.3 kg/día para hatos pequeños, medianos y grandes. En general, las discrepancias se asocian a variaciones ambientales de manejo, clima y nutrición (Hernández, 2004; Quispe *et al.*, 2016).

Tabla 11. Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según año de producción, periodo 2008 - 2014

Año de producción	n	Promedio, kg	Desviación estándar, kg	Coeficiente de variación, %	Valores	
					Mínimo	Máximo
2011	206	10.95 ^a	3.23	29.51	6.00	21.21
2012	204	10.86 ^a	3.06	28.21	4.78	19.31
2013	200	10.80 ^{ab}	2.80	25.90	5.83	17.30
2009	229	10.49 ^{abc}	2.71	25.81	5.86	20.17
2014	171	10.04 ^{bc}	2.24	22.34	6.25	16.50
2010	226	9.87 ^c	2.47	25.05	5.24	17.35
2008	182	9.86 ^c	2.41	24.41	5.21	17.36
Promedio		10.41				

^{abc} Letras diferentes en una misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.01$), por la prueba Tukey.

Los promedios de producción de leche (Figura 2) y las desviaciones estándar (DE) del presente estudio muestran que la producción máxima promedio corresponde al año 2011 con 10.95 kg, seguido de los años 2012, 2013 y 2009 con 10.86, 10.8 y 10.45 kg/día de manera respectiva; mientras que la producción mínima se observa en el año 2008 cuyo valor es de 9.86 kg, persistente de los años 2010 y 2014 con producciones promedios de 9.87 y 10.04 kg/día respectivamente (Figura 2). Estos resultados al ser sometidos al análisis estadístico, indican que existe una diferencia estadística altamente significativa entre los años de producción ($p < 0.01$), con lo que se demuestra que el año de producción influye en la producción promedio de leche.

El efecto del año de producción sobre la producción de leche en vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla es muy importante, ya que este refleja de manera general un conjunto de influencias complejas a las cuales se encuentran sujetos los animales durante el año; estas

influencias pueden ser de orden climático, manejo, alimentación, además de cambios en la composición genética del hato, debido a procesos de selección e introducción de nuevo material genético en el hato con características genéticas diferentes (Arango, 2000).

Es necesario resaltar que los factores climáticos (Tabla 9) y alimentación tienen un alto grado de asociación entre ellos, puesto que el clima influye en la producción de pastos y forrajes para la alimentación de los animales y estas en la producción láctea de las vacas; es decir, las vacas que pertenecen a hatos con buenos sistemas de alimentación maduran generalmente con mayor rapidez, estas vacas alcanzan su máxima producción a edad más temprana que aquellas que han estado en sistemas con pobre alimentación (Aguilar y Quispe, 2009).

Los resultados obtenidos en el presente estudio son corroborados por los estudio de Rojas (1986) y Rivera (2006), quienes sostienen que el año de parto por consiguiente año de producción láctea y el orden de parto afectan significativamente ($P < 0.01$) a la producción de leche y periodo de lactancia a través de los años de estudio (periodos 1990 – 1995 y 2001 – 2005 respectivamente) de vacas Criollas nacidas en la Estación Experimental Agrícola de Saavedra (EEAS) ubicada en el Área Integrada del departamento de Santa Cruz de la provincia Obispo Santiesteban, municipio del General Saavedra – Bolivia.

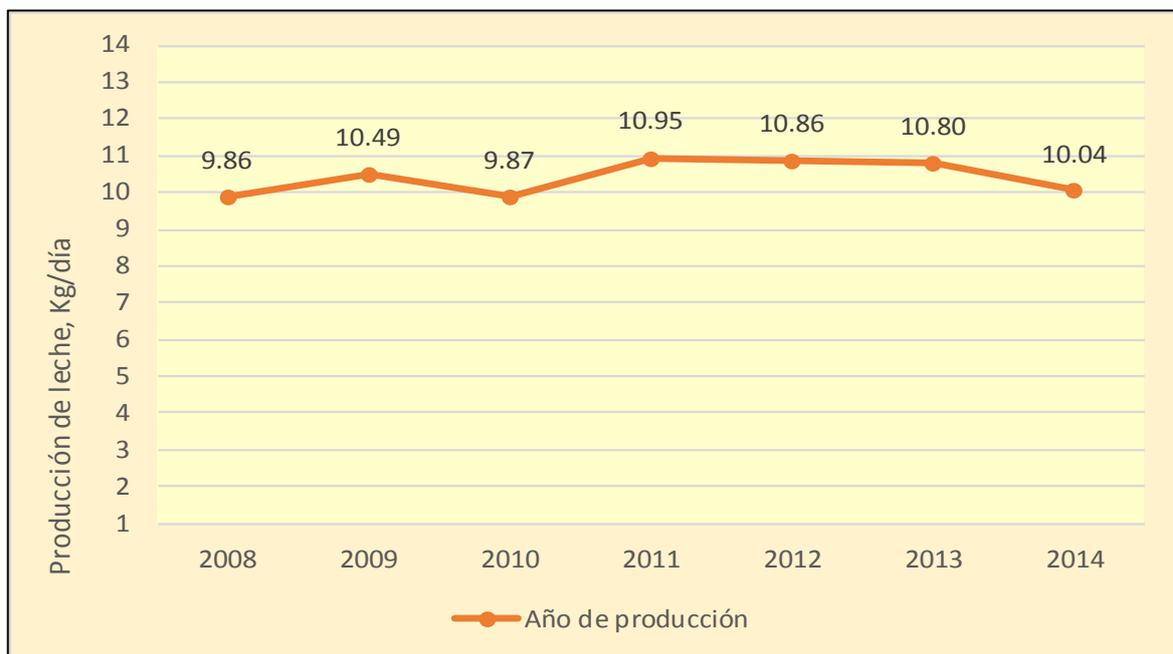


Figura 2. Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según año de producción

Lo sostenido en este estudio, son reforzados por Abreu *et al.* (1977), quienes al determinar la influencia de ciertos factores fisiológicos y ambientales sobre la eficiencia productiva de vacunos Criollos Limoneros en su región de origen, mediante la evaluación de 302 registros

de producción de leche acumuladas en la Estación Experimental de Carrasquero durante el periodo de 1968 a 1971, encontraron efectos significativos entre los años de estudio ($P < 0.01$).

Este estudio coincide con el reporte de Romero (1998), quien concluyó que el efecto del año de parto –comparable con el año de producción– sobre el periodo de lactación y producción de leche, es significativo ($P < 0.01$), en el periodo de 1990 – 1995, en vacas Criollas de la EEAS y sostiene que el año de parición por tanto año de producción de leche influye de manera tan significativa ($P < 0.01$) sobre la producción de leche.

Del mismo modo Barrionuevo (2013), al evaluar la influencia de factores ambientales y la determinación de la curva de producción láctea de vacas Brown Swiss PDP bajo el sistema de crianza semi-intensiva en la Estación Experimental Agraria Illpa del INIA – Puno, encontró que el factor año de producción tiene influencia altamente significativa sobre la producción de leche ($p < 0.01$) y sostiene que las diferencias entre años de parto o año de producción se atribuyen a la disponibilidad de la producción de pastos cultivados el cual está condicionado por las condiciones ambientales (precipitación pluvial) así mismo por el manejo y sanidad animal.

También Quispe *et al.* (2016) afirman que la producción de leche varía notablemente (2,881.96 a 3,695.32 kg) en los diferentes años de producción láctea, durante la campaña de producción y año de parto.

Al respecto, es necesario precisar que las grandes variaciones de producción de leche entre los años de estudio están relacionadas con la productividad por campaña (305 días), es decir las vacas paridas en el año 2011 presentan la producción lechera más alta, lo que equivale decir 3,339.75 kg/campaña (10.95 ± 3.23 kg/día), y una producción diaria menor en el año 2008 con 9.86 ± 2.41 kg/día (3,007.3 kg/campaña). Lo más interesante es que se evidencia una tendencia positiva de aumento de la producción de leche durante el periodo evaluado, lo que demuestra una clara certeza de la mejora genética de los animales a través de los años.

4.2 Producción de leche según época del año

En la Tabla 12 y Figura 3, se observa el promedio de producción de leche de acuerdo a la época del año de 809 y 609 lactaciones de vacas Brown Swiss estandarizadas a 305 días

(campaña de producción), dos ordeños y edad adulta de las épocas de lluvia y seca respectivamente, en la cual se evidencia que la mayor producción de leche por vaca/día se obtiene en la época de lluvia con un promedio de 10.86 ± 2.57 kg y en la época de seca la producción de leche disminuye a 9.84 ± 2.9 kg, existiendo por tanto una diferencia de 1.02 kg/día de producción láctea a favor de la época de lluvia.

Estos resultados al ser sometidos al análisis de variancia muestran una diferencia altamente significativa entre ellas; es decir, las medias aritméticas estimadas y las desviaciones estándar de la media (DEM), demuestran el efecto de la época del año sobre la producción de leche de vacas Brown Swiss en el CIP Chuquibambilla; por consiguiente, se afirma que la época del año influye en la producción de leche por lactancia, en el que la época seca afecta negativamente los rendimientos de producción de leche y repercute más en aquellos animales cuyo origen europeo exige una faja de confort específica, tal como lo manifiesta Pereira (2005). Asimismo, estos resultados permiten atribuir que la producción de leche está influida por la mayor o menor presencia de lluvia; ésta última estacionalidad, guarda relación directa con la disponibilidad de pastos naturales y cultivados, así como de forrajes anuales.

Tabla 12. Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según época del año, periodo 2008 - 2014

Época del año	n	Promedio, kg	Desviación estándar, kg	Coeficiente de variación, %	Valores	
					Mínimo	Máximo
Lluvia	809	10.86 ^a	2.57	23.68	5.60	20.08
Seca	609	9.84 ^b	2.90	29.52	4.78	21.21

^{ab} Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.01$), según prueba de Tukey

Es menester resaltar que durante la época de lluvias el coeficiente de variabilidad es de 23.68%, menor en 5.83 puntos porcentuales respecto al coeficiente de variabilidad (CV) de la época de seca (CV=29.52%); es decir, que la variación de los resultados de producción de leche promedio por vaca/día respecto al promedio es menor en la época de lluvias que en la época de seca, lo que se demuestra que las variaciones de producción de leche en la época de lluvia oscilan entre 5.6 a 20.08 kg/día, mientras que en la época de seca estas producciones varían entre 4.78 y 21.21 kg/ día.



Figura 3. Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según época del año

Los resultados obtenidos son corroborados por los estudios de Abreu (1972), quienes al estudiar los promedios diarios de producción de leche, de ganado Venezolano puro y mestizo demostraron que el periodo de sequía (enero – abril), afectaba notablemente los rendimientos y las curvas de lactancia de vacas, observándose un desarrollo normal de la producción solo en animales paridos en el periodo de mayo a diciembre (periodo de lluvia), del cual se deduce que la época del año es uno de los factores más incidentes en la producción de leche.

En condiciones del altiplano de Puno, está demostrado que en el periodo de seca se presentan temperaturas muy críticas y esto ocasiona un desequilibrio en el estado confort térmico que presentan las vacas, ya que la zona termo neutral del vacuno está entre 0° y 16°C, en este rango de temperaturas las vacas no sienten frío ni calor (están en su estado de confort térmico); en cambio si las temperaturas del aire descienden por debajo de la temperatura crítica inferior (0°C), las vacas ingresan a un estado de estrés de frío y se ven obligadas a realizar combustión de sus reservas corporales (glucógeno, grasa, proteínas y otros) para generar más calor, destinando parte de la energía disponible para la termogénesis más que para la biosíntesis, disminuyendo por tanto la producción de leche (Inchausti y Tagle, 1980). Asimismo, para la época del año, en la Cuenca lechera de Cajamarca, que incluye a las razas Holstein y Brown Swiss, se reporta promedios de 10.75 kg (2.7 a 16.25 kg) y 11.03 kg (4.08

a 20.19) en la época lluviosa y seca, respectivamente. Los reportes señalan que los vientres con parición primaveral presentan un comportamiento superior a la parición invernal debido a la mejora nutricional producida en las pasturas; inclusive se menciona que hacia el final de la lactancia estos vientres muestran una depresión más aguda que los vientres con parición de otoño (Uribe y Esmulders, 2004).

Por consiguiente, la época de seca constituye un importante factor ecológico, ya que la misma provoca altas demandas respiratorias, se deprime el crecimiento animal, el déficit de agua provoca retardo en la maduración y rebrote de los pastos, así como déficit de pastos para la alimentación de los animales que repercute en la producción láctea; en cambio, las bajas temperatura tienen escasos efectos sobre la producción de leche, por el contrario, el estrés provocado por las elevadas temperaturas reducen el tiempo de duración de la producción.

Por otro lado, los porcentajes de grasa y de proteína son más altos durante el invierno y más bajos durante el verano. Esta variación está relacionada con cambios en la disponibilidad y calidad de los alimentos y las condiciones climáticas. Durante el verano (época lluviosa) los pastos son bajos en fibra y se deprimen los niveles de grasa en la leche. Además la alta temperatura y humedad relativa, disminuyen los niveles de consumo. Durante el invierno (época poco lluviosa) disminuye la disponibilidad y la calidad de los alimentos (pastos y forrajes), por lo que aumentan los niveles de grasa en leche, pero disminuye la producción de leche (White *et al.*, 2002).

La época de parto o producción tiene un notable efecto sobre la producción total de leche y de grasa durante la lactación, las vacas que dan parto en los meses de otoño producen sistemáticamente más que las vacas que paren en otros meses del año. Las vacas que dan parto en primavera son las que producen menos. Estas diferencias pueden ser del orden de 10% a 15% (Davis, 1991).

Del mismo modo, la clase de alimento, temperatura, humedad y manejo varían con la estación y afectan particularmente a la producción de leche y grasa. Las combinaciones de estos y otros factores también producen un efecto de la estación sobre la producción de leche y grasa. Las vacas comúnmente dan prueba de 15 a 20% menos en el verano que en el

invierno. Por supuesto, en caso de vacas que dan parto en el otoño la prueba será mantenida en el verano y posiblemente aumenta debido a la gran influencia del final de la lactancia.

Contrariamente Rojas (2005), indica que la estación de parto y por consiguiente estación del año no afecta significativamente ($P>0.05$) el periodo de lactancia y producción de leche en vacas Criollas de la EEAS en el periodo 1982 – 1989, donde se observó que las lactancias que ocurrían durante la época de invierno, tienden a presentar mayor producción de leche y periodo de lactación más largo, mientras que las vacas que dan parto en verano registran menor periodo de lactación y producción de leche.

Del mismo modo Rivera (2006), al evaluar una base de datos conformada por 51,293 registros de producción diaria correspondientes a 229 lactancias de vacas de la raza Criolla, desde el parto hasta el destete (240 días), de la EEAS, de los años comprendidos entre 2001 a 2005, concluyó que la época de parto –compatible con la época del año– no afecta significativamente al periodo de lactación y producción de leche ($P>0.05$).

Al respecto Barrionuevo (2013), al estudiar la producción de leche de vacas Brown Swiss PDP según época del año (época seca de mayo a octubre y época con lluvias de noviembre a abril, de la EEA Illpa – INIA Puno, reporta que la producción promedio total de leche en la época de lluvia (12.01 kg/día) es superior en 0.21 kg/día en comparación a la época de seca (11.8 kg/día), cuya diferencia no es significativa ($P>0.05$); la producción superior en este estudio se debe al factor genético de las vacas, a pesar del mismo sistema de crianza.

4.3 Producción láctea según número de lactancia

En la Tabla 13 y Figura 4 se muestra la producción de leche promedio vaca/día de acuerdo al número de lactancia, cuyos resultados evidencian que la producción máxima de leche se obtiene a la cuarta lactancia con 11.08 kg/día (3,379.4 kg/campaña) y la producción mínima se observa en la séptima lactancia con 9.11 kg/día (2,778.55 kg/campaña), siendo los resultados en las diferentes lactaciones distintas entre ellas. Estos resultados al análisis estadístico indican que existe diferencia estadística altamente significativa entre los promedios de producción de leche por efecto número de lactancia ($p<0.01$).

Asimismo, se observa que los mayores rendimientos productivos se logra desde la segunda hasta la sexta lactancia, con producciones diarios de 10.61 ± 2.77 , 10.95 ± 3.03 , 11.08 ± 3.12 , 10.88 ± 2.9 y 10.7 ± 3.66 kg de leche por vaca/día en promedio para la 2°, 3°, 4°, 5° y 6° lactancia respectivamente, con una clara tendencia gradual positiva de aumento de la producción de leche, desde la primera hasta la cuarta lactancia y una tendencia negativa desde la cuarta lactancia en adelante.

Tabla 13. Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según número de lactancia

Número de lactancia	n	Promedio, kg	Desviación estándar, kg	Coeficiente de variación, %	Valores	
					Mínimo	Máximo
4	183	11.08 ^a	3.12	28.13	4.78	20.08
3	265	10.95 ^a	3.03	27.66	5.60	20.17
5	82	10.88 ^a	2.90	26.69	6.25	17.62
6	24	10.70 ^a	3.66	34.25	5.93	16.57
2	380	10.61 ^a	2.77	26.12	5.24	21.21
1	478	9.65 ^{ab}	2.17	22.49	5.21	17.01
7	6	9.11 ^b	1.61	17.71	7.25	11.78

^{ab} Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.01$), prueba Tukey.

Los resultados obtenidos en este estudio, son coincidentes con lo sostenido por diversos investigadores quienes han demostrado que el número de lactancia, tiene efecto significativo en la producción de leche por ende en el periodo de lactación, determinándose que la producción total de leche tiende a aumentar de la primera hasta la cuarta lactancia. Este efecto se debe a que los rendimientos de producción láctea aumentan con la edad, llega a su punto máximo en la 5^{ta} y 6^{ta} lactación, y disminuye a partir del entonces paulatinamente, hasta el final de la lactación.

Resultado similar fue reportado por Cárdenas *et al.* (2002), quien al realizar el estudio de producción láctea en vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla Puno, obtuvo a la primera lactación una menor producción de 2,766.58 kg/campaña (8.78 kg/día) en 315 días y la quinta lactación como la producción máxima con 4,554.90 kg/campaña (10.92 kg/día) en 399 días, estos resultados son superiores a los resultados obtenidos en el presente estudio. También Barriga (1992), reporta a la primera lactación de menor producción ($2,502.93 \pm 591.53$ kg) y a la sexta lactación de máxima producción ($3,460.24 \pm 821.58$ kg) con disminuciones paulatinas en las siguientes lactaciones.

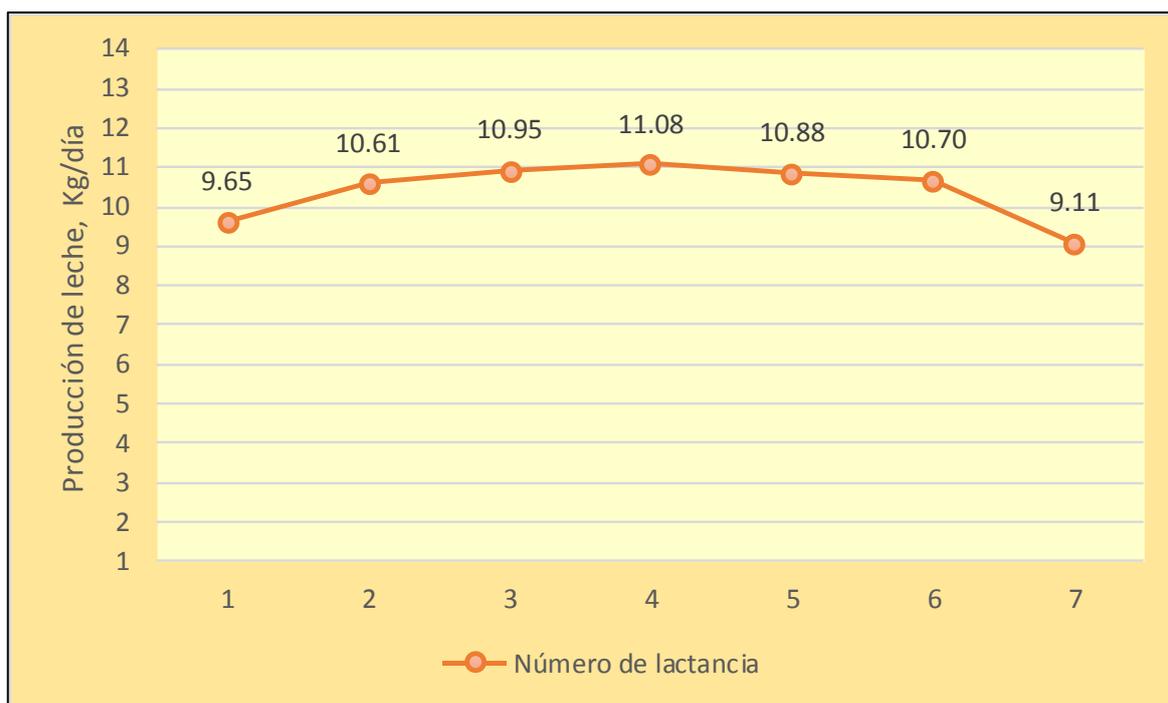


Figura 4. Producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, según número de lactancia

Del mismo modo, en muchos trabajos se ha demostrado la influencia de la edad de la vaca y/o orden de parición sobre la producción de leche, tanto en condiciones de clima templado como en climas tropicales (Abreu *et al.*, 1977; Campos, 1989; Apodaca, 2000); estos trabajos experimentales indican que la producción de leche aumenta hasta alcanzar un valor máximo, descendiendo después a edades más avanzadas. Las variaciones que ocurren en vacas lecheras resultan de alteraciones anátomo - fisiológicas, coincidiendo el máximo desempeño con la plena madurez.

Es así que Romero (1998), al estudiar el efecto del orden de parto o número de lactancia sobre el periodo de lactación y la producción lechera, durante el periodo 1990 – 1995, determinó un efecto significativo ($P < 0.01$) para la producción lechera, y un efecto no significativo para el periodo de lactación ($P > 0.05$). Del mismo modo, los estudios de Romero (1998) y Rivera (2006), revelan que el orden de parto o número de lactancia afecta significativamente ($P < 0.05$) a la producción de leche y periodo de lactancia.

Del mismo modo, Aguilar y Quispe (2009), en un estudio llevado en la Microcuenca Llallimayo Melgar, divididos en zonas arriba y abajo, dicen que con el avance de edad del animal (número del parto) se incrementa la producción de leche, lográndose la menor

producción a la primera lactancia, que es atribuible a que, en la vaquilla se superponen el crecimiento y desarrollo del animal y el estrés del inicio de la producción (Caravaca *et al.*, 2005); en consecuencia, parte de su alimentación está destinada para cubrir dichos requerimientos.

En consecuencia, las variaciones observadas en el periodo de lactación, coinciden con la madurez fisiológica del animal. En este sentido es importante realizar un manejo adecuado de la vaca primípara para que los animales puedan mostrar el potencial genético y obtener mejores rendimientos; en cambio, en vacas de mayor edad (a partir de la sexta lactación), estas ya han cumplido la vida productiva recomendable y por consiguiente se debe promover la saca de las mismas a fin de no generar gastos innecesarios a la ganadería lechera.

Sin embargo estudios de Barrionuevo (2013), contradicen a los resultados del presente estudio y otros reportes, puesto que al evaluar las características productivas según número de lactancia de vacas Brown Swiss PDP en una crianza semi-intensiva de la Estación Experimental Agraria INIA Illpa – Puno, concluye que no existe diferencia significativa entre las producciones de leche en función al número de lactancia, pese a que la máxima producción de leche se obtuvo en la segunda lactancia (3,767.78 kg/campaña) y la producción mínima se produjo en la sexta lactancia cuyo valor es 3,377.33 kg/campaña.

4.4 Curva de lactancia por número de lactancia

Los resultados de las diferentes curvas de producción de leche correspondientes desde la primera hasta la sexta lactación, se evidencia en la Figura 5. Al observar el valor de P de los análisis de varianza de las curvas de lactancia, indica que existe una relación no lineal entre la producción láctea y el tiempo, con una clara diferencia entre las lactaciones y con un nivel de confianza del 99%.

Las curvas de lactación obtenidas en el presente estudio muestran una clara evidencia la típica curva de lactancia en las seis campañas productivas desde la segunda hasta la cuarta semana post parto, donde se obtuvo el punto máximo de producción de leche (cúspide) para luego descender en forma paulatina durante la etapa de producción láctea. Además, se observa que el pico máxima producción fue mayor y bien pronunciada a la quinta lactación, seguida de la sexta lactación; mientras que en el resto de las lactaciones este pico de

producción fue menos acentuada. Resultados similares fueron habitualmente reportados en diferentes razas de vacunos productores de leche como Holstein Freisian, Brown Swiss, Jersey, entre otros (Buxade, 1995).

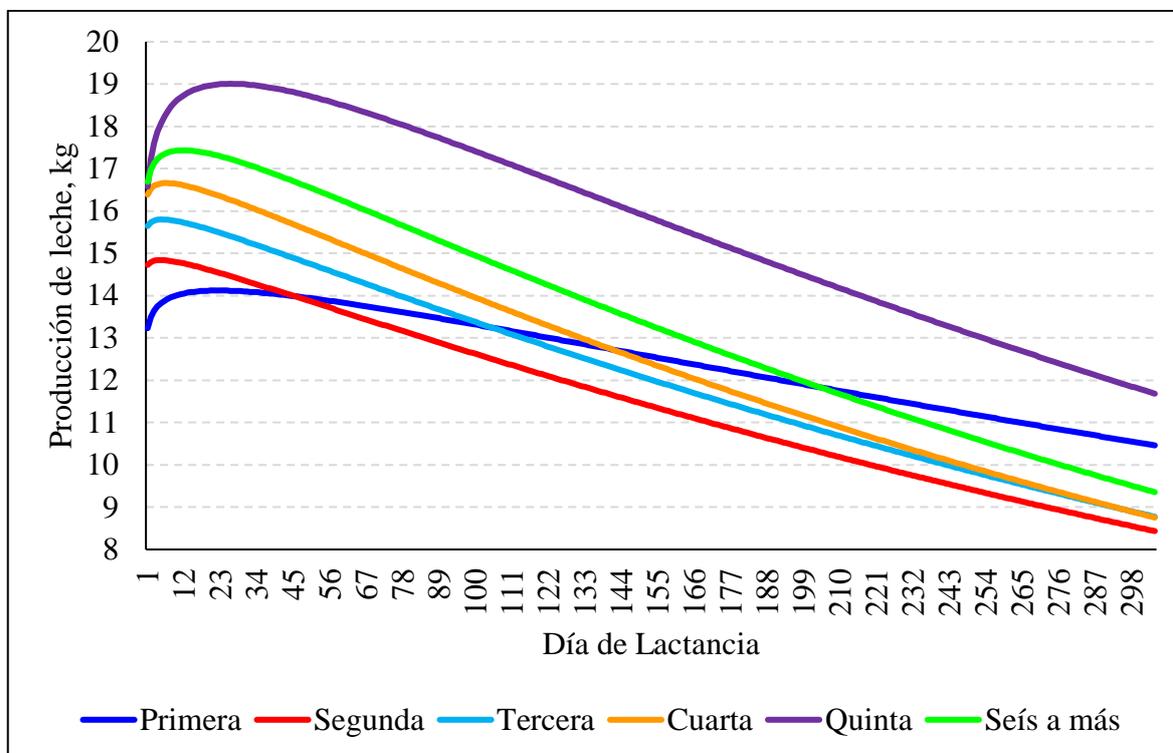


Figura 5. Curvas de lactación de vacas Brown Swiss, según número de lactancia

Al respecto, Cárdenas *et al.* (2002) manifiesta la ausencia del pico de lactación en vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla Puno, resultado que fue corroborado por los estudios de Barrionuevo (2013) y Quispe *et al.* (2016), quienes concluyen que crianzas semi intensivas a más de 3800 msnm como es el caso de la Estación Experimental Agraria INIA Illpa Puno, la producción de leche no muestra ningún pico máximo de producción en las diferentes lactaciones, observándose una disminución progresiva de la misma desde el parto hasta los 305 días, hecho que muestra que el comportamiento de la producción láctea es distinta en la diferentes unidades de producción ganadera.

Es menester precisar que la producción de leche a la primera lactación es menor, de seguro como consecuencia del menor desarrollo del sistema mamario de las vacas. No obstante, la persistencia de la producción de leche es mayor; es decir, el rendimiento de la producción de leche tiene una disminución menor durante la campaña de producción en las vacas de primera lactación a diferencia de la segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta lactación, tal

como se evidencia en la Figura 5. A la quinta lactancia, se torna una producción mayor respecto a las otras lactaciones, con lo que se evidencia que la mayor producción de leche se logra a la cuarta y quinta lactancia, a partir de ella la producción de leche es menor.

Este comportamiento productivo, se debe muy probablemente a una alimentación no acorde a las necesidades nutricionales de las vacas en diferente etapa de lactación, ya que Buxadé (1995), Sánchez (1996), reportan que la presencia de la curva de lactación propuesta por Wood (1967), muestran diferencias marcadas para una producción intensiva y con un nivel óptimo de alimentación en el primer tercio de lactación; asimismo, sostienen que la producción de leche muestra la curva de lactancia en la mayoría de vacas de razas de producción de leche como la Holstein y Jersey en la costa, más no en altitudes a más de 3800 msnm (Barrionuevo, 2013).

Bajo la premisa de que la curva de lactación define el patrón de producción de leche, o sea refleja la eficiencia biológica del individuo, el análisis de la forma de la curva permite identificar problemas de alimentación y manejo (Gasque, 1986). En todo caso se evidencia, 1) la omisión del periodo seco o ésta es de corta duración que limita la regeneración del tejido secretor de la glándula mamaria y 2) la deficiente alimentación que puede afectar justo en el periodo de lactancia crítico e influir en una lactancia normal.

La producción de leche está determinada por la curva de lactancia característica del animal, siendo la producción diaria un indicador de las variaciones que sufre la alimentación de la vaca en pastoreo y de la producción de la pradera. Es decir, el animal refleja en la leche cualquier deficiencia en la alimentación.

Por lo tanto, es importante recurrir a estrategias de manejo nutricional pre-parto, de modo que la vaca al momento del parto tenga una condición corporal normal la que repercutirá en la expresión del pico de lactancia (entre 30 y 50 días post parto) y en la raza Brown Swiss se evidencia una mayor persistencia, tal como lo sostienen Gasque (1986) y Piedra *et al.* (2012). En condiciones del Altiplano peruano, la expresión de las características productivas de leche del vacuno Brown Swiss están determinadas por factores climáticos, geográficos y, probablemente factores económicos, sociales y culturales (Quispe *et al.*, 2016).

Al respecto, desde el punto de vista de la evolución el propósito de la lactancia es el de proveer de nutrientes suficientes a la ternera o ternero en su vida temprana y esto es

fundamental, para la sobrevivencia de las especies. En condiciones ambientales adversas, las vacas no preñan mientras persiste la lactancia, debido a la secreción de la hormona oxitocina durante la producción de leche que inhibe la liberación de las hormonas reproductivas, pudiendo llegar a un intervalo entre partos, que supere incluso los dos años.

En las lecherías modernas se intenta que el intervalo no supere los 365 días; es decir, el ciclo reproductivo recomendable de una vaca es de lograr un ternero por año, con una lactancia de 305 días y un periodo seco de 60 días; por lo tanto, la vaca debe quedar preñada a los 80 días después del parto. Es en este momento cuando se produce, un desbalance energético, debido a que la vaca comienza su lactancia produciendo mucha leche hasta el pico de lactancia, sin que esto corresponda con una cantidad de energía proveniente del alimento suficiente para dicha producción, ya que su capacidad de consumo es limitada.

Para hacer frente a este desbalance la vaca hace uso de sus reservas corporales a fin de obtener la energía necesaria para producir leche, entonces pierde peso. Por lo indicado, es muy importante que la vaca llegue al parto en buena condición corporal para que la pérdida de peso en la lactancia temprana no afecte su comportamiento reproductivo. Pasado el pico de producción, el animal aumenta progresivamente su consumo de alimento y la energía obtenida es repartida entre la producción de leche y los tejidos corporales; por ende, la producción de leche comienza a declinar y el animal comienza a engordar.

De lo anterior, se infiere que el comportamiento reproductivo y la producción de leche están íntimamente relacionados entre sí, y ambos dependen del balance energético entre los tejidos corporales y el alimento consumido (eficiencia de conversión alimenticia). En consecuencia, debido a que existe una la relación entre la curva de lactancia, el balance energético y la eficiencia reproductiva, resulta muy importante establecer los conocimientos sobre los parámetros de así curvas de lactancia del hato y a partir de ellos actuar sobre el manejo.

4.4.1 Caracterización de la curva de lactancia

Los parámetros de las diferentes curvas de lactancia, de las vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla, bajo el sistema de crianza semi-intensivo y estimada mediante el modelo de Gama Incompleta de Wood (1967), son presentados en las Tablas 14 y 15 respectivamente, cuyos valores hacen que el pico máximo de producción de leche se muestre más acentuada y luego una disminución paulatina en el tiempo.

Al comparar los resultados del presente trabajo, con estudios desarrollados en climas templados (Wood, 1967; Kellog, 1976) se observa que las curvas caracterizadas en dichos trabajos (trabajando con razas especializadas y en estabulación) presentan una fase de ascenso en la producción muy marcada, y a su vez, una fase de descenso más acentuada que la encontrada en el presente estudio.

Este resultado está determinado básicamente por los valores de c , mayores en los estudios de zona templada (entre 0.03 y 0.06) y los trabajos de Rivera (2006) en vacas Criollas de la Estación Experimental Agrícola Saavedra (EEAS) denominada Criollo Saavedreño donde los valores de c fluctuaron entre 0.0036 y 0.0017, que los resultados del presente estudio (entre 0.00029 y 0.000171), lo que implica una tasa de descenso más ligera a partir del pico de producción, que ya de por sí, es mucho menos pronunciado.

Tabla 14. Coeficientes y error estándar de curvas de lactancia de vacas Brown Swiss del CIP Chuquibambilla

Lactación	Primer coeficiente ^a		Segundo coeficiente ^b		Tercer coeficiente ^c	
	$\hat{\beta}_0$	SE	$\hat{\beta}_1$	SE	$\hat{\beta}_2$	SE
Primera	13.2512	0.0912	0.0301	0.00217	0.00134	0.000029
Segunda	14.7504	0.1075	0.0100	0.00231	0.00202	0.000031
Tercera	15.6729	0.1490	0.0116	0.00302	0.00212	0.000041
Cuarta	16.4252	0.1834	0.0158	0.00360	0.00236	0.000051
Quinta	16.7261	0.2402	0.0285	0.00470	0.00244	0.000069
Sexta a más	16.6098	0.4608	0.0595	0.00964	0.00227	0.000171

^a Multiplicador, kg

^b Poder del tiempo

^c Multiplicador en el exponente de e

Los resultados obtenidos en los trópicos, indican que las curvas de lactancia de los animales sujetos a estos ambientes son mucho más atenuadas. La explicación para esto es de tipo nutricional; es decir, las vacas bajo condiciones de pastoreo en los trópicos, llegan al parto con una condición corporal inferior a lo sugerido o esperado para aquellas que producen bajo estabulación y en climas templados. Por lo tanto, las

condiciones de homogeneidad de los sistemas europeos (clima y estirpe racial, por ejemplo), son contrarias a los sistemas tropicales y podrían explicar las diferencias observadas.

Bajo aquellas condiciones las vacas no cuentan con reservas corporales importantes (las cuales deberían acumularse durante el periodo seco de la vaca mediante alimentación adecuada), que pueden ser movilizadas para la producción de leche durante la primera parte de la lactancia, en donde el balance energético es negativo. Así, las vacas en ambientes de tropicales como las razas Criollas ponen en manifiesto su grado de adaptación, regulando el aumento de producción hasta el pico (parámetros o coeficientes de a y b de la curva), pero nunca a niveles tan altos como para comprometer su comportamiento reproductivo.

Por otro lado, al ser la curva de lactancia más aplanada en el caso de los animales criados en condiciones tropicales, convendría buscar el aumento en la producción de leche por lactancia mediante el alargamiento de la misma, ya que el largo de la lactancia es una de las características más críticas en los trópicos. Para hacer posible lo anterior habría que verificar si dicha característica cuenta con suficiente heredabilidad genética como para actuar sobre ella mediante selección.

Tabla 15. Estimación de curvas de lactación consecutivas de producción diaria de leche, mediante el modelo de Gama Incompleta de Wood

Número de lactancia	Ecuación ^a	R ² , %	R ² ajustado, %
Primera	$\hat{Y} = 13.2512t^{0.0312}e^{-0.00134t}$	22.5726	22.5696
Segunda	$\hat{Y} = 14.7504t^{0.0100}e^{-0.00202t}$	35.3078	35.3042
Tercera	$\hat{Y} = 15.6729t^{0.0116}e^{-0.00212t}$	34.2892	34.2834
Cuarta	$\hat{Y} = 16.4252t^{0.0158}e^{-0.00236t}$	38.8515	38.8440
Quinta	$\hat{Y} = 16.7261t^{0.0285}e^{-0.00244t}$	44.8018	44.7878
Sexta a más	$\hat{Y} = 16.6098t^{0.0595}e^{-0.00227t}$	31.2083	31.1599

^a \hat{Y} = producción de leche en kilogramos y t = tiempo en días

Campos (1989), caracterizó las curvas de lactancia de las razas Criollo, Jersey y sus cruces, encontró que existía una diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) para el rendimiento al pico de producción y para el grupo racial, ya que las vacas Criollas, a

diferencia de otras razas europeas especializadas en producción de leche, después del pico de producción, cuando su capacidad de consumo se ve aumentada, sacrificarían mayor proporción de la energía del alimento para recuperar peso en relación a los demás grupos raciales y así aseguran un mejor comportamiento reproductivo, esto lo hacen bajando su nivel de producción después del pico en forma mucho más marcada, permitiendo que las vacas criollas entren al siguiente parto con mayores reservas corporales y un mejor comportamiento reproductivo.

Si bien el coeficiente de determinación mide la fuerza de la relación entre la producción de leche y el tiempo, en el presente estudio el mejor ajuste se encontró con un r^2 de 44.8, que coincide con los reporte de Rivera (2006) en Bolivia, quien encontró en vacas Criollas un r^2 de 0.40 mediante el modelo de Gama Incompleta de Wood; asimismo, coincide con los estudios realizados en Brasil, donde se obtuvo un r^2 de 0.50 mediante el modelo de Wood para ganado Holstein (Arango, 2000).

Sobre el particular, la curva de lactancia elaborada por Wood (1967) a partir de 600,000 lactancias de vacas Frisonas inglesas, registró un r^2 de 0.90 (Rivera, 1997); asimismo, Barrionuevo (2013) registró un r^2 de 0.97 a la primera lactancia, y un r^2 a la segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta lactación de 0.97, 0.97, 0.98, 0.88 y 0.84 respectivamente, que son considerados como r^2 altos, que indican un buen poder de predicción de las producciones lácteas, a partir de las ecuaciones propuestas.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, se llega a las siguientes conclusiones:

1. La producción de leche promedio (10.41 kg/día) durante el periodo de estudio (2008 - 2014) es influenciado por el año de producción, lo que refleja de manera general un conjunto de influencias complejas (clima, alimentación, manejo y composición genética del hato) a las cuales se encuentran sujetos los animales durante el año.
2. La época del año influye en el rendimiento de producción de leche por lactancia, evidenciándose que la mayor producción de leche por vaca/día se obtiene en la época de lluvia (10.86 ± 2.57 kg) que en la época de seca (9.84 ± 2.9 kg).
3. El número de lactancia (primera - séptima), tiene efecto significativo en la producción de leche y por ende en el periodo de lactación, determinándose que la producción total de leche tiende a aumentar por efecto de edad de la vaca de la primera hasta la cuarta lactancia (11.08 ± 3.12 kg), y disminuye a partir del cual, en forma paulatina y con mayor repercusión a partir de la sexta lactancia.
4. Las curvas de lactancia, reflejan una relación no lineal entre la producción láctea y el tiempo, evidenciándose una curva típica (mayor y bien pronunciada a la quinta y sexta lactación y menos acentuada en el resto), con etapas o fases de ascenso hasta la cuarta semana post parto en el que llega a la cúspide (máximo punto), para luego descender la producción en forma paulatina durante la etapa productiva.

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones arribadas, se recomienda lo siguiente:

1. En la producción de leche es necesario tener presente el año de producción láctea, dado a que los animales están supeditados en el año, a un conjunto de influencias complejas como el clima, alimentación, manejo y composición genética del hato.
2. Para lograr mayores niveles de producción y productividad láctea, se recomienda mejorar las instalaciones, calidad de pastos y forrajes, calidad genética de los hatos ganaderos y las buenas prácticas de ordeño.
3. Para mostrar el potencial de producción de leche, es necesario considerar los factores genotipo, alimentación y manejo; los mismos, que son expresados mediante la curva de lactación que es la evolución (expresada gráficamente) a lo largo del tiempo de la producción de leche en forma cualitativa y cuantitativa.
4. Se recomienda implementar registros de producción y reproducción a nivel de software para establos lecheros, como una herramienta útil para la evaluación láctea del hato.

REFERENCIAS

- Abreu, F. O.; Labbe, S. y Perozo, N. 1977. *El ganado venezolano puro y mestizado en la producción de leche y carne*. FONAIAP – CIARZU. Boletín técnico N° 1. pp. 32 – 36.
- Abreu, O. S. 1972. *Efectos de algunos factores ambientales y fisiológicos sobre la producción de leche en vacas Limoneras*. Agronomía Tropical. pp. 579 – 586.
- Aguilar, R. y Quispe, J. 2009. Producción de leche de vacas Brown Swiss de la microcuenca Llallimayo. Revista del Instituto de Investigación de Bovinos y Ovinos. Vol 7, Número 1. IIBO FMVZ UNA Puno Perú.
- Barriga, P. 1992. *Lactación y Persistencia de producción lechera en vacunos Brown Swiss del C. E. Chuquibambilla*. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano. Puno- Perú.
- Barrionuevo, L. H. 2013. *Evaluación de la producción láctea de vacas Brown Swiss PDP en crianza semi-intensiva en INIA Illpa Puno*. Tesis FCA UNA. Puno, Perú.
- Belizario, R. M. 2000. *Evaluación y Plan de Manejo de los Pastizales del CIP Chuquibambilla*. Tesis F.C.A-UNA. Puno, Perú.
- Buxade, C. 1995. *Bases de producción animal, tomo VII producción vacuna de leche y carne*. Edit. Mundiprensa España.
- Campos, S. M. 1989. *Caracterización de la Curva de Lactancia y Utilización de Registros Parciales en Genotipos Lecheros Bajo Condiciones del Trópico Húmedo*. pp. 52–70.
- Caravaca, F. M. Castle, L. Guzmán, M. Delgado, Y, Merca, M. Alcalde y P. Gonzales; 2005. *Bases de la Producción Animal*. UN Córdoba, UN Sevilla y U de Andes. Sevilla España.
- Cárdenas, L.; Rojas R. y Luque, N. (2002). *Estimación de la Producción de la leche, mediante el método indirecto en vacas Brown Swiss*. Tesis de la FMVZ IIBO. Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú.
- Compendio Estadístico Perú (2018). *Información agraria*. Lima, Perú. 1021 pp.
- Condori, C. 1999. *Evaluación productiva láctea de hato de vacuno del Centro Experimental Chuquibambilla*. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú.

- Cotacallapa, H. F. 1998. *Retos y Oportunidades del Sistema de Producción de Leche*. 1° Ed. Editorial Universitaria. Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Davis, R. 1991. *La vaca Lechera*. Editorial Limusa. México, D. F. México 344 pág.
- Delgado, E. 1996. *Manual de Inseminación Artificial y Manejo Reproductivo*. 1° Ed. MINAG. - FNFG. Lima.
- Deza, H. 2007. Evaluación de parámetros reproductivos y productivos en las vacas Brown Swiss criadas en sistema extensivo en establo del Prado. Tesis UNA La Molina Lima.
- Duraes, M.; Vacaro, L. y Davis, R. 1991. *Curvas de lactancia de vacas holandesas*. Medicina Veterinaria zootecnia, Impresión argentina, pág. 41 – 58.
- Ensminger, M. 1980. *Producción Bovina Para Leche*. Ed. El ateneo. Buenos Aires, Argentina. 567 pág.
- Galaviz, J. 1998. *Técnica Pecuaria en México*. Vol. 36. Nro. 2. Editorial Inifap. México.
- Gasque, R. 1986. *Zootecnia lechera concreta*. 1ra edición. Editorial continental. México.
- Harvey, C. y Hill, H. 1969. *Leche producción y control*. Academia. Barcelona, España. 591 pág.
- Hernández, H. 2004. *Importancia de los registros ganaderos*. Rev. Mundo.
- Hinojosa, M. 1992. *Repetibilidad para lapso de lactancia en vacunos Brown Swiss del C. E. Chuquibambilla*. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú.
- Holmes, C. 1984. *Producción de Leche*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 446 pág.
- Inchausti, D. y Tagle, E. 1980. *Bovínotecnia*. 6ta. Edición. Editorial. El ateneo. Buenos aires Argentina.
- IV CENAGRO. 2012. *Resultados finales del IV Censo Nacional Agropecuario*. INEI. Lima, Perú.
- Kellog, W. S. 1976. *Estimating Holstein Lactation Curves whit Gamma Curve*. Journal of Dairy Science. Vol. 60, No 8, 1977. pp. 1308-1315.
- Martin, I. 1965. *Estudio comparativo de animales puro por cruce Brown Swiss es su adaptación a la sierra peruana*. Tesis Ing. Zootecnista P. A. I. Z. UNA La Molina, Lima – Perú.
- Mamani, J; Beltrán, P. A.; y Sánchez, J. 2007. *Introducción a la zootecnia general*. Primera edición. Editorial Universitaria. UNA Puno, Perú.
- Mejía, L. y Ortiz, M. 1990. *Factores que afectan los parámetros de un modelo para caracterizar la curva de lactancia en vacas Holstein en el hato Paysandú*. Trabajo de pregrado Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 120 pág.

- Millares De La Torre, S. 2003. *Mundo Veterinario*. Revista publicada por ALAVET S. A. Lima, Perú.
- Novoa, B. 1985. *Aspectos Nutricionales en la Producción de Leche*. Compilación de Documentos Presentados en Actividades de Capacitación, Vol. 1 CATIE. 121 pág.
- Olaguivel, C. 2006. Evaluación de los parámetros reproductivos y productivos de vacas Brown Swiss en el CE Chuquibambilla- Puno. Tesis de Maestría. UNA La Molina Lima, Perú.
- Pereira, J. A. 2005. *Sistemas de Cruzamiento Lechero en el Trópico Boliviano*. Centro Nacional de Mejoramiento Genético Bovino. pp. 1– 20.
- Pérez, M. 1982. *Manual Sobre el Ganado Productor de Leche*. Ed. Diana, México. 771 pág.
- Piedra, J.; Tapia, E. y López, N. 2012. Determinación del comportamiento de la curva de lactancia y producción lechera de ganado Holstein y Brown Swiss en el valle de Cajamarca- Perú. SRIVSM. UPG FMV. UNMSM. Lima Perú. Pond, K y W Pond, 2006. Introducción a la ciencia animal. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Quispe, J. 2007. *Influencias de ración suplementaria en la producción láctea de vacas Brown Swiss*. Tesis de Ing. Agronómica Facultad de Ciencias Agrarias, UNA. Puno, Perú.
- Quispe, J. E. 2016. El bovino criollo del altiplano peruano: Origen, producción y perspectivas. En: Revista de Investigaciones Altoandinas. Vol 18, Número 3: 257 - 270. UNA Puno, Perú.
- Quispe, J.; Belizario, C.; Apaza, E.; Maquera, Z. y Quisocala, V. 2016. *Desempeño productivo de vacunos Brown Swiss en el altiplano peruano*. Rev. Investigaciones Altoandinas. Vol 18 N° 4: 411 - 422
- Rivera, I. R. 2006. *Determinación de Curvas de Lactancia del Hato Bovino Criollo Saavedreño en Santa Cruz - Provincia Obispo Santiesteban*. Tesis de Grado para obtener el título de MVZ. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma “Gabriel Rene Moreno”, Bolivia.
- Rivera, J. 1997. *Producción bovina para leche*. Universidad de Nariño. pp. 137.
- Rojas, F. 1986. *Influencias de factores genéticos y del medio, características productivas y reproductivas, en dos rebaños lecheros en el departamento de Santa Cruz – Bolivia*. pp. 20 – 26.
- Rojas, R. 2007. *Bovinos: Manejo y crianza*. Primera edición. Impresión en Puno – Perú.
- Romagosa, A. 1982. *Manual de crianza de vacunos*. 5ta. Edición editorial AEDOS. Barcelona – España.

- Romero, I. R. 1998. *Comportamiento de un Hato Bovino Criollo (1990-1995) en la Provincia Obispo Santiesteban*. pp. 4-44.
- Sánchez, C. 1996. *Mejoramiento de ganado vacuno lechero*. Edición. Rempalme san Juan de Lurigancho. Lima, Perú.
- SAS / STAT. 2000. *User'r Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC., USA. Versión 9.2 Nine Edition. Volume II.
- Schaar, J; Brannang, E; Meskel, L. 1981. *Producción de leche de ganado cebú y mestizo*. Revista mundial de zootecnia Nro. 37, 31 -36.
- Schimdt, G. 1974. *Bases científicas de la producción lechera*. Ed. Acribia, Zaragoza, España. 590 pág.
- Sosa, E. (2001). *Más leche, menos gastos e ingresos en la producción pecuaria*. Revista cubana de producción animal, 21(2). Pág. 40 – 43.
- Vasallo, G. 1980. *Índices pecuarios y caracterización de la curva de producción de leche de por vida de hato de ganado Brown Swiss*. Tesis Magíster Scientieae. Huancayo, Perú.
- Uribe, H.A. y Smulders, J.P. 2004. *Estimación de parámetros y tendencias fenotípicas, ambientales y genéticas para características de producción de leche en bovinos overos colorados*. Arch Med Vet, 36: 137-146.
- Wachtel, B. E. 1995. *Evaluación de la Producción de Leche de un Hato de Raza Holandesa y otro de Raza Criolla*. pp. 4-11.
- Warwick, E. y Legates, J. (1980). *Cría y mejora del ganado*. 3ra. Edición Editorial Mc Graw Hill.
- White, S.L.; Benson, G.A.; Washburn, S.P. y Green, J.T. (2002). *Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows*. *J Dairy Sci* .85(1):95-104.
- Wood, P.D.P. 1967. *Factors affecting the shape of the lactation curve cattle*. Anim. Prod. 316 pág.

WEBGRAFÍA

- Apodaca, C. A. 2000. *Efecto de Mes Sobre la Producción Diaria de Leche y su Impacto Sobre la Curva de Lactancia en el Trópico Húmedo*. Disponible en World Wide Web: <http://www.ammveb.net/BIBLIOTECA/congreso/XXVIII%20CNB/memorias/genetica/gen05.htm> (accesado el 20/02/18).

- Arango, J. P. 2000. *Aplicación de un Modelo Múltiple de Curva de Lactancia para Vacas Lecheras*. Disponible en World Wide Web: <http://www.inia.cl/at/espanol/v62n4/ART03.htm>
- IGN (2018). *Sistema de Proyección Cartográfica del Perú*. Intituto Geográfico Nacional /DGNCC/ Dirección de normalización. Disponible en http://www.ign.gob.pe/?PG=Servicio_cartografia. Recuperado el 21/02/2018
- Rojas, R. 2005. *Índices productivos y reproductivos del bovino Criollo en el departamento de Puno*. Archivos de Zootecnia vol. 54 num. 206 – 207, disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=1430277> (Revista) ISSN 0004-0592 (accesado 22/03/2018)
- Rojas, R. y Gómez, N. 2005. *Biometría y constantes clínicas del bovino criollo en el Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla – Puno*. Archivos de Zootecnia vol. 54 233 – 236, disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=1430277>(Revista) ISSN 0004-0592 (accesado el 14/03/2018)
- SENAMHI (2016). *Información meteorológica*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Puno. Disponible en <http://puno.senamhi.gob.pe/web/>. Recuperado el 26/03/2018.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para producción de leche de vacas Brown Swiss del CIP-Chuquibambilla

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F	Sig.
Modelo	62	1893.6371600	30.5425300	4.63	<.0001	**
Año de producción	6	278.0101889	46.3350315	7.02	<.0001	**
Época de producción	1	351.9607930	351.9607930	53.34	<.0001	**
Número de lactancia	6	419.0142404	69.8357067	10.58	<.0001	**
Año*época de producción	6	275.1809511	45.8634918	6.95	0.6245	n s
Año*Nº de lactancia	19	454.3803330	23.9147544	3.62	0.7234	n s
Época*Nº lactancia	6	14.7759051	2.4626509	0.37	0.8963	n s
Año*época*Nº lactancia	18	100.3147443	5.5730413	0.84	0.6477	n s
Error	1355	8940.5320300	6.5981800			
Total, corregido	1417	10834.1691900				
R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	PL Media			
0.174784	24.64854	2.568692	10.42128			

Anexo 2. Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para producción de leche de vacas Brown Swiss, según año de producción

Año de producción	n	Promedio de producción	Significancia
2011	206	10.9510	a
2012	204	10.8640	a
2013	200	10.7975	b
2009	229	10.4949	c
2014	171	10.0444	c
2010	226	9.8677	c
2008	182	9.8610	c

Anexo 3. Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para producción de leche, según época del año

Época del año	n	Promedio de producción	Significancia
Época de lluvia	809	10.8624	a
Época de seca	609	9.8352	b

Anexo 4. Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para producción de leche, según número de lactancia

Número de lactación	n	Promedio de producción	Significancia
4	183	11.0764	a
3	265	10.9513	b
5	82	10.8822	b
6	24	10.6971	b
2	380	10.6105	b
1	478	9.6498	b
7	6	9.1050	b

Anexo 5. Función Gama Incompleta de primera lactancia en vacas Brown Swiss

Iterativa	B0	B1	B2	Suma de cuadrados
0	1.4000	0.1100	0.00300	3312024
1	7.2026	-0.3906	-0.00272	3147734
2	7.6686	0.2314	0.00453	685201
3	11.7482	-0.00504	0.00178	299373
4	13.2737	-0.0326	0.00131	282697
5	13.2444	-0.0299	0.00134	282537
6	13.2517	-0.0301	0.00134	282537
7	13.2512	-0.0301	0.00134	282537

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Aprox Pr > F
Modelo	3	4300520	1433507	230503	<.0001
Error	45431	282537	6.2190		
Total, no corregido	45434	4583057			

Parámetro	Estimador	Error std aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
B0	13.2512	0.0912	13.0725	13.4298
B1	-0.0301	0.00217	-0.0344	-0.0258
B2	0.00134	0.000029	0.00128	0.00140

Matriz de correlación aproximada	B0	B1	B2
B0	1.0000000	-0.9522189	-0.6956663
B1	-0.9522189	1.0000000	0.8633055
B2	-0.6956663	0.8633055	1.0000000

Anexo 6. Función Gama Incompleta de segunda lactancia en vacas Brown Swiss PPC

Iterativa	B0	B1	B2	Suma de cuadrados
0	1.4000	0.1100	0.00300	3240968
1	7.9712	-0.3861	-0.00114	3160093
2	8.1496	0.2978	0.00412	2461818
3	11.5152	0.0912	0.00261	327885
4	14.6363	-0.0154	0.00192	231282
5	14.7394	-0.00974	0.00202	229544
6	14.7513	-0.0100	0.00202	229543
7	14.7504	-0.0100	0.00202	229543

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Aprox Pr > F
Modelo	3	4100652	1366884	206780	<.0001
Error	34725	229543	6.6103		
Total, no corregido	34728	4330196			

Parámetro	Estimador	Error std aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
B0	14.7504	0.1075	14.5397	14.9611
B1	-0.0100	0.00231	-0.0145	-0.00548
B2	0.00202	0.000031	0.00195	0.00208

Matriz de correlación aproximada	B0	B1	B2
B0	1.0000000	-0.9534615	-0.7006033
B1	-0.9534615	1.0000000	0.8645264
B2	-0.7006033	0.8645264	1.0000000

Anexo 7. Función Gama Incompleta de tercera lactancia en vacas Brown Swiss PPC

Iterativa	B0	B1	B2	Suma de cuadrados
0	1.4000	0.1100	0.00300	2446035
1	4.8975	-0.1533	0.00102	2167244
2	7.9907	0.0644	0.00271	544372
3	14.9241	-0.0537	0.00177	292912
4	15.4672	-0.00246	0.00220	201059
5	15.6947	-0.0120	0.00212	200071
6	15.6718	-0.0116	0.00212	200071
7	15.6729	-0.0116	0.00212	200071

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Aprox Pr > F
Modelo	3	3016707	1005569	118465	<.0001
Error	23570	200071	8.4884		
Total, no corregido	23573	3216778			

Parámetro	Estimador	Error std aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
B0	15.6729	0.1490	15.3808	15.9650
B1	-0.0116	0.00302	-0.0175	-0.00565
B2	0.00212	0.000041	0.00204	0.00220

Matriz de correlación aproximada	B0	B1	B2
B0	1.0000000	-0.9528974	-0.6985640
B1	-0.9528974	1.0000000	0.8636211
B2	-0.6985640	0.8636211	1.0000000

Anexo 8. Función Gama Incompleta de cuarta lactancia en vacas Brown Swiss PPC

Iterativa	B0	B1	B2	Suma de cuadrados
0	1.4000	0.1100	0.00300	1676609
1	5.0753	-0.1732	0.00132	1533786
2	8.2308	0.0755	0.00286	323799
3	15.6701	-0.0655	0.00199	217359
4	16.1635	-0.00431	0.00245	137096
5	16.4515	-0.0163	0.00235	135815
6	16.4241	-0.0158	0.00236	135814
7	16.4252	-0.0158	0.00236	135814

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Aprox Pr > F
Modelo	3	2066493	688831	80662.8	<.0001
Error	15904	135814	8.5396		
Total, no corregido	15907	2202307			

Parámetro	Estimador	Error std aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
B0	16.4252	0.1834	16.0657	16.7848
B1	-0.0158	0.00360	-0.0229	-0.00875
B2	0.00236	0.000051	0.00226	0.00246

Matriz de correlación aproximada	B0	B1	B2
B0	1.0000000	-0.9510548	-0.6925887
B1	-0.9510548	1.0000000	0.8615387
B2	-0.6925887	0.8615387	1.0000000

Anexo 9. Función Gama Incompleta de quinta lactancia en vacas Brown Swiss PPC

Iterativa	B0	B1	B2	Suma de cuadrados
0	1.4000	0.1100	0.00300	756540
1	5.1558	-0.2054	0.00128	718031
2	8.1925	0.0844	0.00302	122024
3	16.0300	-0.0905	0.00195	104396
4	16.3244	-0.0115	0.00258	57020.4
5	16.7734	-0.0293	0.00243	55842.4
6	16.7233	-0.0284	0.00244	55842.1
7	16.7261	-0.0285	0.00244	55842.1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Aprox Pr > F
Modelo	3	952288	317429	44963.7	<.0001
Error	7910	55842.1	7.0597		
Total, no corregido	7913	1008130			

Parámetro	Estimador	Error std aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
B0	16.7261	0.2402	16.2551	17.1970
B1	-0.0285	0.00470	-0.0377	-0.0193
B2	0.00244	0.000069	0.00230	0.00257

Matriz de correlación aproximada	B0	B1	B2
B0	1.0000000	-0.9482086	-0.6841104
B1	-0.9482086	1.0000000	0.8590680
B2	-0.6841104	0.8590680	1.0000000

Anexo 10. Función Gama Incompleta de sexta lactancia en vacas Brown Swiss PPC

Iterativa	B0	B1	B2	Suma de cuadrados
0	1.4000	0.1100	0.00300	243154
1	5.0962	-0.2551	0.000695	241018
2	8.0541	0.0656	0.00306	48694.8
3	15.8127	-0.1262	0.00163	44760.2
4	16.2041	-0.0410	0.00245	28813.1
5	16.6608	-0.0605	0.00225	28398.9
6	16.6068	-0.0595	0.00227	28398.8
7	16.6098	-0.0595	0.00227	28398.8

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Aprox Pr > F
Modelo	3	302564	100855	10114.3	<.0001
Error	2848	28398.8	9.9715		
Total, no corregido	2851	330963			

Parámetro	Estimador	Error std aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
B0	16.6098	0.4608	15.7062	17.5134
B1	-0.0595	0.00964	-0.0784	-0.0406
B2	0.00227	0.000171	0.00193	0.00260

Matriz de correlación aproximada	B0	B1	B2
B0	1.0000000	-0.9392273	-0.6621879
B1	-0.9392273	1.0000000	0.8558764
B2	-0.6621879	0.8558764	1.0000000