

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**



**“MODELACIÓN DE LA CURVA DE LACTACIÓN DE VACAS  
GIR Y CRUCES GIR POR HOLSTEIN (F-1) EN EL TRÓPICO  
PERUANO”**

**Presentada por:**

**PEDRO HUAMÁN QUISPE**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER  
SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**Lima- Perú**

**2015**

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres: Pio y Eleuteria por haberme trasmitido toda su sabiduría e inculcarme el amor por la cría de vacas lecheras.

A mi querida esposa Lucila y a mi hija Liliana por su invalorable apoyo y que supieron entenderme en todo momento para la culminación de este gran logro en mi vida profesional

## **AGRADECIMIENTOS**

-A mi Alma Mater Universidad Nacional Agraria la Molina que me acogió durante mis años de estudios y me dio los conocimientos y tecnologías que ahora son el soporte de mi desempeño profesional

-Al Sr. Manuel Sánchez P. propietario de la empresa Ganadera San Simón-Criador de ganado Gir lechero, por apoyarme y darme las facilidades así como la oportunidad para la realización de este trabajo de investigación

-A mi patrocinador Ing. Mg. Sc. José M. Almeyda Matías profesor y amigo por su invaluable apoyo en el desarrollo, redacción y publicación de la presente tesis

-A los miembros de mi Jurado: Ph D Sergio Rojas M.; Ph D Mariano Echevarría R. y MS. Manuel Carpio P.; por su amplio respaldo y sus importantes sugerencias para la sustentación y publicación de mi trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	
I INTRODUCCIÓN .....	9
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 De la zona de estudio .....	3
2.2 De los biotipos de animales para la zona de trópico.....	3
2.2.1 La raza Gir lechero como alternativa de solución para el trópico ..	3
2.2.2 Cruzamientos de la raza Gir lechero con razas europeas como alternativa para la producción de leche en el trópico.....	4
2.2.3 Estrategia general de cruzamientos.....	5
2.2.4 Objetivos de los cruzamientos .....	5
2.2.5 Características de la productividad de vacas Gir lechero en el trópico.....	9
2.2.6 Características de la productividad de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) en el trópico.....	9
2.2.7 Curva de lactación de vacas productoras de leche.....	10
III MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
3.1 De la zona del estudio .....	14
3.2 De los registros de producción.....	15
3.3 Del manejo y alimentación de los animales.....	15
3.4 Análisis estadístico.....	17
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	20
4.1 De la curva de lactación para vacas cruzadas F-1 de primer parto (Gir lechero x Holstein) .....	20
4.2 De la curva de lactación de vacas Gir lechero de primer parto .....	24
4.3 Comparación entre la curva de lactación de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) versus Gir lechero .....	29

V CONCLUSIONES .....	32
VI RECOMENDACIONES.....	33
VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34
VIII. ANEXOS.....	35

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág
1	Coefficientes de determinación ( $R^2$ ) de los métodos de regresión para la curva de lactación de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein) de primera campaña.	20
2	Parámetros de la curva de lactación según el método de regresión no lineal de Wood para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein)	21
3	Características de la curva de lactación según el método de regresión no lineal de Wood para a vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein) de primera lactación.	21
4	Producción de leche estimada según los métodos de regresión evaluados para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein) de primera lactación	22
5	Coefficiente de determinación ( $R^2$ ) de los métodos de regresión de la curva de lactación para vacas Gir lechero de primera lactación.	25
6	Parámetros de la curva de lactación según método de regresión no lineal de Wood para vacas de raza Gir lechero de primera lactación	25
7	Características de la curva de lactación según el método no lineal de Wood de vacas Gir lechero de primera lactación	26
8	Producción de leche estimado según los métodos de regresión evaluados para vacas Gil lechero de primera lactación	27
9	Parámetros encontrados según método de regresión no lineal de Wood para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein) y Gir lechero	29

10	Características de la curva de lactación para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein) vs Gir lechero de primera lactación	30
----	---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pág</b>
1	Opción A de cruzamientos	7
2	Opción B de cruzamientos	8
3	Opción C de cruzamientos.	8
4	Departamento de San Martín	14
5	Vaca de raza Gir lechero	16
6	Vacas de raza Gir lechero antes de ingresar a sala de ordeño	16
7	Vacas Gir lechero en ordeño	17
8	Modelación de la curva de lactación mediante el método no lineal de Wood para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) de primera lactación	22
9	Modelación de la curva de lactación mediante el método de regresión cuadrático para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) de primera lactación.	23
10	Modelación de la curva de lactación mediante el método de regresión lineal simple para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) de primera lactación.	24
11	Modelación de la curva de lactación mediante el método de regresión no lineal de Wood para vacas Gir lechero de primera lactación.	26

- |    |   |    |
|----|---|----|
| 12 | Modelación de la curva de lactación mediante el método de regresión cuadrática para vacas Gir lechero de primera lactación. | 27 |
| 13 | Modelación de la curva de lactación mediante el método de regresión simple para vacas Gir lechero de primera lactación.     | 28 |

## **MODELACIÓN DE LA CURVA DE LACTACIÓN DE VACAS GIR y CRUCES GIR POR HOLSTEIN (F-1) EN EL TRÓPICO PERUANO**

Pedro Huamán Quispe<sup>1</sup> José Almeyda Matias<sup>2</sup>

### **RESUMEN**

El presente estudio se realizó en la región San Martín con el objetivo de estudiar tres métodos de regresión: lineal simple, cuadrática y no lineal de Wood; para modelar y analizar la curva de lactación de vacas cruzadas F-1 (Gir por Holstein) y Gir lechero de primera lactación bajo condiciones de trópico. Para tal efecto se utilizó los registros de producción de leche de 60 vacas, de las cuales 30 correspondieron a cruzadas F-1 y 30 a Gir lechero. Las vacas cruzadas F-1 estuvieron estabuladas donde recibieron una ración alimenticia compuesta por forraje de corte con suplemento concentrado y ordeñadas dos veces/día y las Gir lechero fueron criadas extensivamente alimentadas al pastoreo con suplemento de concentrado y ordeñadas una vez/día, sin presencia de la cría. Los resultados demuestran que el método no lineal de Wood fue el más confiable para explicar e interpretar el modelamiento y las características de la curva de lactación de ambos grupos de vacas con coeficientes de determinación de: 0,9312 y 0,9108 respectivamente. Asimismo al desarrollar las ecuaciones de la metodología se determinó los valores de las siguientes características de la curva de lactación: 4 031,15 y 1 031,10 kg de leche por campaña; 85 y 55 días de duración del periodo parto-pico de producción y 17,22 y 4,28 kg de leche/día como nivel de producción en el pico para las vacas cruzadas F-1 y Gir lechero respectivamente; además se estimó una persistencia de 8,4 % después del pico de producción para ambos grupos.

*Palabras claves: Curva de lactación, métodos, modelamiento y análisis*

### **MODELING OF LACTATION CURVE OF GIR AND GIR-HOLSTEIN (F-1) COWS IN THE PERUVIAN TROPIC**

#### **ABSTRACT**

This study was carried out in the San Martin Region of Peru aiming to model and analyze the lactation curve of F1 crossbred cows (Gir x Holstein) and Gir first-lactation dairy cows under tropic conditions. Three regression methods were used: simple regression, quadratic and Wood nonlinear. The data used in this study contained milk production records from 60 cows; 30 from F1 crossbred cows and 30 from Gir first-lactation dairy cows. F1 crossbred cows were stabled, fed with a forage-based ration with concentrated supplements and milked twice a day whereas Gir first-lactation dairy cows were extensively bred, pasture-fed with concentrated supplements and milked once a day without the presence of the calf. Results demonstrated Wood's model was the most reliable method to explain and interpret the modeling and traits of lactation curves for both groups of cows (Coefficient of determination: 0.9312 and 0.9108, respectively). At the same time, while solving methodology equations, values from the following traits of the curve of lactation were determined: 4031.15 and 1031.10 kg of milk per season; 85 and 55 days of peak-calving season

period production and; 17.22 and 4.28 kg of milk/day as the production peak level for F1 crossbred and Gir first-lactation dairy cows, respectively. Moreover, a persistency of 8.4% after production peak was estimated for both groups.

Key words: Lactation curve, methods, modeling and analysis

---

1 Ingeniero Zootecnista.

2 Profesor Principal, Facultad de Zootecnia, UNALM

## IINTRODUCCIÓN

El Perú, así como la mayoría de países tropicales de América Latina, se caracteriza por tener grandes áreas de terreno aún no explotadas, un acelerado crecimiento demográfico y un bajo consumo per cápita de leche por habitante (70,5 kg/hab./año para el año 2013).

La producción de leche en el Perú viene demostrando un incremento sostenido durante los últimos 8 años a un nivel de 5,0 por ciento anual, pasando de 1 347 000 (2006) a 1 821 724 (2013) toneladas.

Tomando como referencia a la región San Martín, se observa un crecimiento más impactante, alcanzando durante un periodo de 12 años, un incremento promedio de 58,5 por ciento anual, siendo la variación de la producción de 3 908 toneladas (2002) a 31 344 (2013). Este incremento en la producción de leche se vio mayormente influenciado por el sustancial crecimiento de la población de bovinos (109 199 cabezas mas), que para la zona del trópico peruano creció en un nivel de 59 por ciento desde el año 1994 hasta el 2012 (MINAGRI 2013-IV Censo Agropecuario).

De acuerdo al último censo- 2012 la región de San Martín tiene una población de 228 826 vacunos entre ganado de carne, leche y doble propósito. La ganadería de esta región se caracteriza por su bajo rendimiento en leche con un promedio de 4,9 Kg/vaca/día y 1 801 kg de leche /campana/vaca.

Por otro lado el desarrollo ganadero en la región San Martín se viene consolidando con la apertura de plantas lecheras entre pequeñas y medianas durante los últimos años; las mismas que vienen creciendo cada vez más, esto como respuesta al desarrollo de las ciudades de Tarapoto, Iquitos y Moyobamba entre otras; sumándose a ello la presencia de la empresa GLORIA S.A. a partir del mes de marzo del 2007 que ha instalado una planta

en la Provincia de Lamas, distrito Cuñumbuque con una capacidad de acopio de 100 mil litros de leche/día, sin embargo en la actualidad viene acopiando apenas unos 20 mil litros diarios en toda la región San Martín como materia prima para la elaboración de quesos, notándose una marcada escasez de leche en la zona. Teniendo en consideración la amplitud del mercado de leche, los productores requieren conocer con mayor seguridad el biotipo de

animal a criar, que les garantice adecuados niveles de rendimiento de leche y adaptación a las altas temperaturas de clima tropical, así como resistencia a las garrapatas.

Sin embargo uno de los mayores problemas de la región San Martín es la limitada disponibilidad de animales de la raza o cruces más adecuada para la realidad tropical como son el Gir Lechero y su cruce con Holstein (F-1). En este sentido está ampliamente demostrado que la raza Gir tiene las características de adaptación a la zona y por sus buenos rendimientos de leche en cantidad y calidad. Actualmente la raza Gir lechero viene ejerciendo un destacado papel en el contexto de la mejora genética de la ganadería bovina de la zona tropical, por ser una raza que incorpora rusticidad, productividad y longevidad y; además porque es utilizado por los criadores como base para hacer los cruzamientos para producir animales media sangre: F-1 (50 % Gir + 50% de raza europea). Además la raza Gir lechero y el cruce F-1 son animales eficientes en la producción de leche a bajo costo, sin embargo los productores mayormente no llevan registros y por lo tanto carecen de información que les permita conocer la producción por campaña. El conocimiento de las características de la campaña productiva permitirá a los productores contar con una valiosa herramienta para seleccionar las mejores vacas Gir lechero y Cruzadas F-1; bajo las condiciones de trópico la misma que será la base para establecer estrategias en la mejora genética. Además es fundamental el estudio de la curva de lactación pues permitirá la identificación de posibles errores en el manejo y alimentación de un determinado grupo de animales.

En tal sentido, es importante conocer las características de la producción de leche en el tiempo que dura la lactación, información de gran utilidad para establecer planes de mejoramiento genético así como estrategias de manejo y alimentación del ganado bovino lechero bajo condiciones de trópico . Para tal efecto se requiere conocer metodologías que permita evaluar y explicar correctamente el modelamiento y las características de la curva de lactación de las vacas en producción por tales razones el objetivo del presente trabajo fue estudiar los métodos de regresión: lineal simple, cuadrático y no lineal de Wood, para modelar y analizar las características de la curva de lactación de vacas Gir lechero puras y cruzadas F-1 (Gir por Holstein) bajo condiciones de trópico.

## **II REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 De la zona de estudio**

La zona de Huallaga, región de San Martín, situado en la parte nor oriental del país a 1600 Km. de Lima y a 230 msnm, cuyas coordenadas son, latitud: 06°35' y Longitud: 76°19'. El clima es de tipo tropical cálido-seco, con una temperatura mensual promedio de 27,05 °C, siendo la máxima 33°C y la mínima 21,1°C, una precipitación anual promedio de 1 057,5 mm; una humedad relativa promedio de 80,5%, además de una alta radiación solar (Estación meteorológica El Porvenir). La zona tiene suelos evolucionados con textura franco arcillosa de reacción ligeramente ácida, con baja saturación de aluminio, de mediana fertilidad, con problemas de compactación y alta erosión ocasionada por fuertes vientos y temporadas de lluvia.

### **2.2 De los biotipos de animales para la zona de trópico.**

#### **2.2.1 La raza Gir lechero como alternativa de solución para el trópico**

Ledic, (2013) indica que la raza Gir lechero no es la única solución para la ganadería en el trópico, pero si una gran alternativa necesaria para la producción lechera como raza pura y para ser utilizado en cruzamientos., adiciona además que es la única raza cebú comprobadamente especializada para producir leche.El mismo autor sostiene que el futuro del trópico exigirá una vaca de tamaño medio, adaptado a condiciones de explotación y clima y con una producción de alrededor de los 3000 kg de leche por campaña obtenida en condiciones de pastoreo, el mismo que podrá ser conseguido con el Gir Lechero puro o a través de productos de sus cruces, cuando se requiera incrementar rusticidad. Esta raza reduce los costos en los componentes de alimentación, medicinas, asistencia técnica y requiere de instalaciones más rústicas y simples. Por ser un animal adaptado no sufre estrés y quema menos energía, pues tiene menor producción de calor metabólico y lo disipa de manera eficiente estando en confort fisiológico permitiendo que pasen el día en pastoreo, en las horas con temperatura elevada. Finalmente considera que el éxito de la crianza de

Gir lechero puede ser medido también por la comercialización de productos adicionales a la leche como:

- a. El mercado por sementales Gir lechero puro crece de manera importante debido a la necesidad de reproductores para atender la reposición de toros utilizados en monta natural.
- b. La venta de hembras Gir lechero puro es importante tanto por parte de criadores que desean producir media sangre en cruces con toros de raza europeas como por aquellos que están adoptando el Gir lechero para producir leche.
- c. En cuanto al semen de toros Gir lechero el mercado es muy prometedor y atractivo.
- d. La producción de embriones de raza Gir lechero y sus cruces viene creciendo de manera importante en el mercado.

Contreras, (2011) considera que la raza Gir lechero es la mejor alternativa de desarrollo de la ganadería lechera en los trópicos por sus especiales cualidades genotípicas para adaptarse al medio agreste y cambiante y por constituirse en uno de los animales mas longevos

### **2.2.2 Cruzamientos de la raza Gir lechero con razas europeas como alternativa para la producción de leche en el trópico.**

El cruzamiento consiste en el apareamiento de individuos que se hallan menos íntimamente emparentados que el promedio de la raza o población (Mc Dowell, 1974).

Se utilizan diferentes graduaciones según el grado de parentesco, así se tiene cruzamiento interracial y de absorción.

El cruzamiento inter racial se refiere generalmente al apareamiento de razas diferentes, este sistema de reproducción se utiliza principalmente para:

- a) Obtener heterosis o vigor híbrido de caracteres de importancia económica.
- b) Servir como etapa inicial de cruce de absorción.
- c) Servir de base para la formación de un tipo o raza nueva.

En Zootecnia, si el apareamiento ocurre entre individuos de razas diferentes se dice que se trata de un cruzamiento; si este ocurre entre individuos de especie diferentes se habla de hibridación.

El cruzamiento entre bovinos europeos (*Bos taurus*) y asiáticos (*Bos indicus*) da descendencia fértil y manifiestan vigor híbrido en algunas características de importancia.

### **2.2.3 Estrategia general de cruzamientos**

Mc Dowell, (1974) considera que la definición general de la estrategia de los cruzamientos, debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Definición de las condiciones medioambientales donde la nueva población será explotada comercialmente.
- Escoger las razas más adecuadas a los objetivos de la explotación comercial de los animales.
- Definición de las características que deben ser genéticamente mejoradas.
- Desarrollo de un sistema de registro de control zootécnico de las características económicamente importantes: Supervivencia, fertilidad, intervalo entre partos, características de crecimiento y de eficiencia biológica. etc.

En el ámbito nacional y regional, es recomendable utilizar diferentes alternativas de cruzamiento, incluyendo razas, cuyo potencial genético sea superior, en el sentido de obtener agrupamientos genéticos más adecuados y económicamente más ventajosos para los criadores. Este aspecto corresponde a las entidades de investigación y frecuentemente ha sido la causa de desastres financieros de muchos productores.

### **2.2.4 Objetivos de los cruzamientos**

#### **a.- Producción de heterosis**

Depende del grado de dominancia y del cuadrado de la diferencia de la frecuencia genética entre las poblaciones utilizadas en los cruzamientos (Mc Dowell, 1974).

La heterosis o vigor híbrido es el nombre que se le da al incremento en vigor en los descendientes cuando son el producto de padres no relacionados (William Vivanco).

La expresión de la heterosis varía para cada carácter. El grado de heterosis puede ser calculado comparando los F-1 con el promedio de las razas que intervienen.

#### **b.- Incorporación de genes deseables**

Incorporación de genes deseables en la población a una mayor velocidad de la que se logra por el aumento de la frecuencia genética a través de la selección dentro de la población.

#### **c.- Complementación entre razas**

Complementación entre razas por la incorporación de la combinación de características deseables en la población.

#### **d.- De las razas que intervienen en los cruzamientos**

El ganado cebú está mejor dotado para la adaptación a los ambientes tropicales y subtropicales que resultan adversos a las razas de ganado europeo por factores tales como radiación solar, altas temperaturas, tipos de alimentación y ectoparásitos (Matoso, 1944).

El Cebú está adaptado para climas cálidos debido a sus características de la piel (mayor desarrollo de los folículos pilosos, glándulas sudoríparas y sebáceas) y sus atributos hematológicos. Asimismo, el Cebú comparado con otras razas especializadas europeas tiene menores índices reproductivos como: Madurez sexual más tardía, crecimiento más lento y menor calidad en su carne (Turner, 1980). El Cebú es valioso en los cruzamientos debido a que transmite su adaptación al trópico y al cruzarse con *Bos taurus* produce F-1 (primera generación de cruce), los que muestran heterosis en el crecimiento y mejores características reproductivas.

Las razas cebuinas se originaron en la India. Las más conocidas en el país son : Nelore, Gir y Guzerat. Con relación a la raza Gir, ésta se halla en las montañas y bosques de Gir en la península de Kathiawar del estado de Gujarat en la costa de la India y también en los estados de Maharashtra y Madhya Pradesh de la India, su habitat es un área ondulante ubicada a 610 metros de altura y el clima en monzón tropical. Son animales de tamaño mediano, cuerpo bien proporcionado, líneas nítidas y constitución robusta, el color varia del rojo uniforme, con manchas claras a una mezcla de blanco con rojo o color violáceo; la cabeza es maciza con cuernos característicamente curvos y las orejas, pendientes y enrolladas, además muestran una giba prominente (Alves, 1967).

En un programa de cruzamientos la primera consideración es, cuál de las razas exóticas deberían usarse, la cual debería utilizarse la que ha sido mejorada para la producción de leche para el trópico, que es la raza Gir lechero y se debería cruzar con la raza Holstein ya que son muy claras las ventajas, en cuanto a producción de leche, la gran disponibilidad de

toros Holstein con diferencia alta y positiva para la producción de leche y el costo relativamente bajo de su semen (Pearson, 1979).

En las figuras 1, 2 y 3 se indican las diferentes opciones o grados de cruzamientos entre la raza Gir lechero con la raza Holstein para la producción final de un puro sintético denominado Girolando con una composición 5/8 Holstein y 3/8 Gir.



**Figura 1: Opción A de cruzamientos**

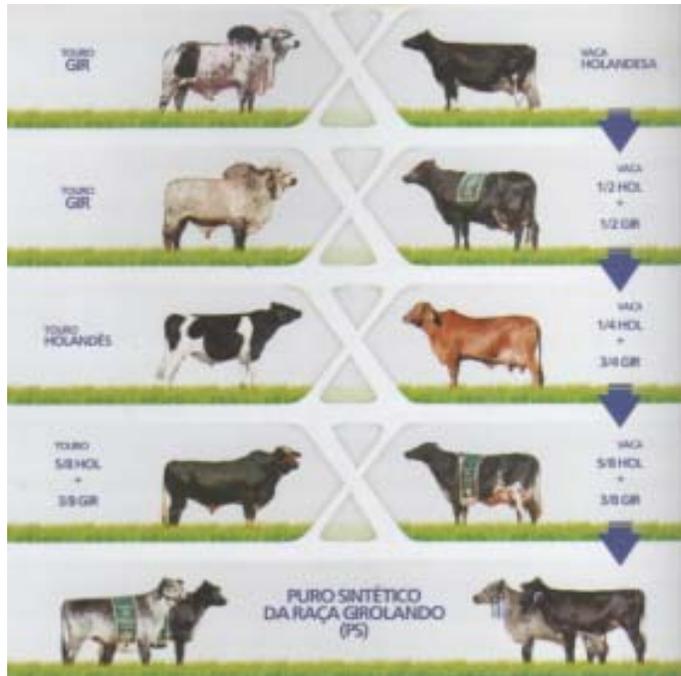


Figura 2: Opción B de cruzamientos



Figura 3 : Opción C de cruzamientos

### **2.2.5 Características de la productividad de vacas Gir lechero en el trópico**

Jimenez,(2012) indica que en Brasil, según el control lechero oficial la producción promedio de vacas Gir lechero alimentadas al pastoreo y suplementadas con concentrado fue de 3 233 kg de leche/campaña de 305 días, esto significa un promedio de 10,6 kg de leche /vaca/día. El mismo autor menciona que en Colombia con vacas de raza Gir lechero se consigue entre 1 800 a 3 000 litros de leche con campañas de 300 días.

Por otro lado, De Olivera et al (2006) en Brasil, reportan producciones de leche para vacas de raza Gir lechero de primer parto (edad al parto, 35,5 meses) de 2 818 kg de leche /campaña en 260 días, que significa un promedio de 10,8 kg de leche/vaca/ día y para vacas multíparas 3 400 kg de leche con campañas de 280 días, lo cual significa un promedio de 12,14 kg de leche/vaca/día.

### **2.2.6 Características de la productividad de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) en el trópico.**

#### **a.- Producción de leche**

La producción de leche se puede reportar de dos maneras:

- Como promedio diario general por vaca en kg/vaca/día.
- Como producción total por campaña. La campaña lechera normalmente es estandarizada a 305D-2X y E.A.

La producción de leche puede variar de un año a otro por diversas causas tales como: variaciones climáticas, alimentación, manejo y modificaciones de la constitución en la genética del rebaño.

Al respecto Gordillo (2000), encontró una producción de 2709 Kg de leche logrados en 252 días de lactación en vacas cruzadas F1 (Holstein x Cebú) de primera lactación ordeñadas dos veces/día con ternero al pie en condiciones de costa en crianza intensiva. De otro lado Becerril et al (1985) trabajaron con vacas cruzadas Holstein Fressian x Cebú y reportando una producción de 2 149 Kg de leche en 214 días por campaña de lactación.

En Santa Cruz, Bolivia, Wilkins et. al. (1979), encontraron niveles de producción de leche de 2.403 litros; bajo un sistema de pastoreo a base de pastos mejorados y con suplementación de concentrado a dos ordeños. Al analizar otros hatos con animales cruzados encontraron niveles de producción de 2.380; 2.744; 2.095 y 2.583 litros por

campana en animales Holstein, Cebú x Holstein, Brown Swiss x Cebú y Brown Swiss, respectivamente.

Adicionalmente Gordillo (2000), determinó que las vacas cruzadas F-1 Holstein por cebú ordeñadas a mano con terneros al pie produjeron más leche (2 709 Kg.) con una duración de campana de 252 días que similares vacas ordeñadas a máquina (1.212 Kg.) con 177 días de duración de campana sin la presencia de la cría.

De otro lado De Los Ríos (2010) al evaluar vacas cruzadas F-1(Holstein por Gir) de primer parto en la Estación Experimental Agraria El Porvenir-Tarapoto, encontró un rendimiento de 3 670,6 kg de leche en campanas de 315 días a dos ordeños/día, que corregidas a 305 días el valor ajustado fue 3 575,8 kg, las vacas pastorearon en potreros con *Brachiaria brizanta*, complementadas durante el ordeño con un complemento alimenticio de pasto picado Cameron (20 kg/vaca/día) y concentrado.

### **2.2.7 Curva de lactación de vacas productoras de leche**

La representación gráfica de la producción diaria de leche de una vaca, en función del tiempo, se denomina "Curva de Lactación"; cuando se usa una función algebraica para describir una curva de lactación, 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. Al utilizar la curva de lactación para predecir la producción de leche, se puede identificar por anticipado aquellas vacas del hato con mayor potencial productivo, información de utilidad en la toma de decisión sobre descarte de animales y selección. Adicionalmente, la posibilidad de prospectarla producción total de las lactancias permite utilizar las vacas madres e hijas en la evaluación de los toros (Duráes et al., 1991).

Cerón y Corrales (2011) definen a la curva de lactación como un resumen conciso de los patrones de producción de leche, determinados por la eficiencia biológica de la vaca. Indican además que los modelos estimados a partir de los registros de producción, podrían ser empleados para predecir la producción de leche futura de un individuo o de un establo con el propósito de descartar o mantener un pie de cría. También mencionan que la forma de la curva de lactación infiere a los productores, la necesidad de hacer cambios (ajustes) en el manejo alimenticio. Igualmente recomiendan la utilización de modelos matemáticos para caracterizar la curva de lactación, para lo cual sugieren dos modelos: Modelo

cuadrático logarítmico o el modelo gamma incompleto. Sugieren que ambos métodos son útiles para estimar la curva de lactación y su persistencia en ganado lechero. Agregan que dependiendo del método de estimación se dará validez de los resultados obtenidos, finalmente consideran que cada modelo permite predecir la producción total de leche a partir de producciones parciales, características de gran importancia para la evaluación genética en bovinos lecheros.

Para su interpretación correcta, la curva de lactancia se puede descomponer en varios segmentos: producción inicial, duración de la fase ascendente, pico de producción y tasa de descenso; cada fase presenta una duración variable y es afectada, además, por factores genéticos y de medio ambiente. La curva de lactación ha sido ampliamente estudiada en las razas europeas por autores como Gaines (1927), Vujicic y Bacic (1961), Nelder (1966), Wood (1967, 1968, 1976, 1979), entre otros. En el Perú son pocos los trabajos desarrollados y no existen investigaciones de evaluación de lactancias de razas Gir lechero y cruzadas bajo condiciones de trópico.

#### **a.- Duración de la lactación.**

Se conoce que la duración de la lactación es influenciada principalmente por la nueva gestación de la vaca (Whittmore, 1987). Por lo que, es necesario llevar un manejo reproductivo acorde a las exigencias de la producción de leche, para una óptima productividad del hato, que es el principal objetivo.

Gordillo (2000), reporta que la duración de la lactación es de 252 días para vacas cruzadas Holstein x Cebú, de primera campaña en crianza intensiva.

Una observación que se nota en las vacas ordeñadas es que al destetar sus terneros, la producción de leche continúa aun sin la presencia del ternero. Esto demuestra que las vacas de este cruce mantienen un destete natural, lo cual coincidió con los resultados encontrados por Gordillo (2000).

Rosemberg, B,M (1984), señala producciones ajustadas de 2.419,7 litros en campaña de 200 días de duración , en vacas media sangre Cebú por Brown Swiss. Asimismo, Prada (1979) reporta resultados de trabajos realizados en Cuba con ganado Holstein y sus cruces con Cebú; siendo el promedio de producción de leche por lactancia de 2.261 litros en 237 días para ½ Holstein x ½ Cebú.

De los Ríos (2010) indica una duración para la primera campaña para vacas cruzadas F-1 (Holstein por Gir) de 315 días a 2 ordeños por día.

#### **b.- Persistencia de la curva de lactación**

La persistencia expresa el grado en que se mantiene el rendimiento de leche a medida que se prolonga la lactación. Es un carácter hereditario que puede verse influido por el medio ambiente. La producción de leche debe ser aproximadamente el 90% de la del mes anterior, si la persistencia es satisfactoria (Cole, 1983).

Se entiende por persistencia a la forma en que una vaca mantiene su producción de leche mes a mes, a medida que avanza la lactancia; así mismo, la producción de una vaca asciende durante los primeros 8 a 10 semanas post parto y después desciende lentamente hasta el séptimo u octavo mes, en que el descenso se acentúa por efecto de la nueva gestación; y la persistencia es expresada generalmente en forma de índice, del mismo modo que se obtiene por cociente de la producción de un mes o periodo sobre la de un mes o periodo anterior (De Alba, 1964).

Una curva de lactación normal empieza con niveles altos de producción, alcanzando un pico máximo de producción entre las 3 y 6 semanas post parto y posteriormente empieza a declinar gradual y constantemente hasta el final de la lactancia (Pérez, 1993; Schmidt y Van Vleck, 1975).

El rendimiento de leche en la vaca se incrementa en forma estable, hasta alcanzar un máximo entre las 8 – 9 semanas post parto, luego declina establemente por el resto del periodo de lactación (Hafez, 1984).

La persistencia del rendimiento de leche es difícil de medir satisfactoriamente y se encuentra además, influenciada por diversos factores no genéticos, principalmente la edad de las vacas, nivel nutritivo e intervalo entre partos (Johansson, 1976).

Por otro lado se sabe que después de los dos primeros meses de producción, después del pico de lactación, el rendimiento de leche disminuye paulatinamente hasta el final del periodo de lactancia y que éste es el carácter más importante de la determinación de la eficiencia o productividad del ganado lechero (Pérez, 1993).

Hutjens (2003) indica que para vacas de razas puras como la Holstein el pico de producción se logra entre los 40 y 60 días después del parto y Schmidt y Van Vleck (1974) refieren que la persistencia de la curva de lactación de vacas especializadas para producción de leche es de 4 a 5 % en vacas jóvenes y 8 a 10 % para vacas adultas, como caída mensual después del pico de producción de leche.

De los Ríos (2010) encontró que vacas cruzadas de primer parto F-1 (Holstein por Gir) alcanzaron el pico de producción de leche durante el segundo mes de lactación después del parto con un rendimiento de 13,7 kg de leche y una persistencia de 4,05 % , como caída mensual después del pico de producción.

### III MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 De la zona del estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el fundo Negociación Agrícola Ganadera San Simón ubicado en el distrito de Piscoyacu de la provincia de Huallaga, región San Martín, localizado en la parte nororiental del Perú a 1 600 km de Lima y a 230 msnm, cuyas coordenadas son: latitud  $06^{\circ} 35'$  y longitud de  $76^{\circ} 19'$  (Figura 4).

El clima es de tipo tropical cálido-seco, con una temperatura promedio mensual de  $27,05^{\circ}\text{C}$ , siendo la máxima  $33^{\circ}\text{C}$  y la mínima  $21,1^{\circ}\text{C}$ . La precipitación promedio anual es de 1 057,5 mm, con una humedad promedio de 80,5 %, además de una alta radiación.

La zona tiene suelos evolucionados con textura franco arcillosa de reacción ligeramente ácida, con baja saturación de aluminio de mediana fertilidad, con problemas de compactación y una alta erosión ocasionada por fuertes vientos y temporales de lluvias.



**Figura 4. Departamento San Martín**

### **3.2 De los registros de producción**

Para el modelamiento y análisis de la curva de lactación se utilizaron los registros de producción de leche de un total de 60 vacas de primera lactación seleccionadas al azar de un lote de 600 vacas, de los cuales 30 fueron vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein) y 30 Gir lechero.

### **3.3 Del manejo y alimentación de los animales**

-Vacas Gir lechero: después del ordeño por la mañana (un solo ordeño por día) salen al pastoreo en potreros con *Brachiaria brizanta* conjuntamente con su cría. Durante el ordeño la cría es separada de la madre, es decir la vaca es ordeñada sola en la sala de ordeño donde recibe de 2 a 3 kg de concentrado. Por la tarde la cría es apartada de la madre para que la ubre de la vaca cargue de leche para el ordeño del día siguiente por la mañana. Es la rutina diaria. Figuras 5, 6 y 7.

-Vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein): son criadas en forma estabulada y ordeñadas dos veces al día. Las vacas recibieron una ración alimenticia compuesta por forraje de corte picado (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon o pasto morado) y concentrado a razón de 2 a 3 kg/vaca/día.

La fórmula de concentrado utilizada para ambos grupos de vacas fue: Maíz amarillo molido (40 %), polvillo de arroz (35 %), pepa de algodón (15 %), torta de soya (8 %), sal común (1 %) y pre mezclas vitaminas y minerales (1 %)



**Figura 5: Vaca de raza Gir lechero**



**Figura 6: Vacas de raza Gir lechero ante de ingresar a la sala de ordeño**



**Figura 7: Vacas de raza Gir lechero en ordeño**

### **3.4 Análisis estadístico**

Los métodos de regresión utilizados para modelar y analizar las características de la curva de producción de leche fueron los siguientes:

- a. Método de regresión lineal simple (Madalena et al., 1979):  $y(t) = a + bt$
- b. Método cuadrático (Dave, 1971):  $y(t) = a + bt + ct^2$
- c. Método no lineal o función gamma incompleta de Wood (1967):  $y(t) = a t^b e^{-ct}$ ,

De estas metodologías, el método lineal incompleto o gamma incompleto, propuesto por Wood en 1967 es el más utilizado para describir curvas de lactación de: bovinos (Scherchand et.al. 1995; Vargas et.al. 2000); ovinos (Pulina et.al., 2001; Afolaya et.al., 2002) y cabras (Akpa et.al., 2001). Este modelo matemático es una función exponencial logarítmica representada por la ecuación matemática siguiente:

$$Y_t = a \cdot t^b \cdot e^{-ct}$$

Donde:

$Y_t$  = Producción de leche el día  $t$ ;

$a$  = Parámetro para el nivel de producción;

$t$  = Día de lactancia;

$b$  = Parámetro para el ritmo de aumento;

$e$  = Base de logaritmo natural (2,718);y,

$c$  = Tasa de descenso después del pico de producción.

Este método fue propuesto por Wood (1967), donde la función potencia “ $t^b$ ” permite integrar la fase ascendente de la lactación (inicio de la producción de elche hasta el pico de producción) y el termino exponencial “ $-ct$ ” la fase decreciente después del pico de producción. Por esta razón este autor interpreta los parámetros “ $b$ ” y “ $c$ ” como los índices de intensidad de crecimiento y decremento de la producción de leche respectivamente y como “factor de forma de la curva” a la función “ $t^b e^{-ct}$ ”, el parámetro “ $a$ ” queda asociado al nivel de producción promedio del inicio de la lactación.

Para la determinación de los coeficientes de la función descrita por Wood se debe desarrollar dos vectores “ $y$ ”, “ $t$ ”, considerando que el número de observaciones  $n$ , debe ser igual:

Donde:

$y$ : cantidad de leche.

$t$ : el día de muestreo.

$n \geq 3$

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

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

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

Para resolver el modelo se debe calcular:

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

$$Z = \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix}$$

Para su solución, se utilizó el procedimiento de regresión no lineal (NLIN del Programa *Statistical Analysis System*, SAS V9.2, 2002) con el objetivo de calcular los parámetros “a”, “b” y “c”, con el fin de definir las siguientes variables:

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

Para determinar el método de regresión más confiable, que permita estimar de manera más precisa el modelamiento y las características de la curva de lactación de una campaña de producción, se utilizó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para cada modelo, entendiéndose que el modelo que tenga el mayor valor de  $R^2$  será el que mejor explique la curva de lactación de las vacas.

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 De la curva de lactación para vacas cruzadas F-1 de primer parto (Gir lechero x Holstein)

Al realizar el análisis de los métodos de regresión utilizados para evaluar las lactaciones de las vacas cruzadas F-1 ( Gir lechero x Holstein), se halló resultados más confiables para el modelamiento así como para la determinación de las características de la curva de lactación cuando se utilizó el método no lineal de Wood con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) = 0,9312, seguido del método cuadrático con un  $R^2= 0,3919$  y por último el método lineal simple con un  $R^2= 0,2919$ , tal como se muestra en el Cuadro 1.

Este método propuesto por Wood difiere a lo indicado por Cerón y Corrales (2011) quienes al trabajar con datos de vacas mestizas encontraron un valor de  $R^2$  mayor con el modelo cuadrático, lo cual según sostienen, posee un mejor grado de ajuste para interpretar las características y el modelamiento de la curva de lactación de estos animales manejados bajo un sistema de doble propósito.

Asimismo, se encontró que tanto el método no lineal de Wood, cuadrático y lineal simple fueron altamente significativos ( $P<0.01$ ).

**Cuadro 1.-Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de los métodos de regresión para la curva de lactación devacas cruzadasF-1 (Gir lechero x Holstein)de primera lactación**

Método de regresión	Ecuación de regresión	$R^2$
No lineal de Wood	leche = $0.9993 * \text{días}^{0.8376} * e^{-0.0103\text{días}}$	0.9312
Cuadrático	leche= $13.38531 + 0.04883 \text{ días} - 0.00027819 \text{ días}^2$	0.3919
Lineal simple	leche= $17.9661 - 0.03495 \text{ días}$	0.2919

Elaboración propia.

Mediante el método de regresión no lineal de Wood, al analizar 30 lactaciones de vacas cruzadasF-1 (Gir lechero x Holstein) de primer parto,se encontró que el modelo fue altamente significativo ( $P<0.01$ ) para evaluar la curva de lactación.

Asimismo, el método determinó un factor escala asociado al nivel de producción de 0,9993, un índice de incremento de la producción de leche de 0,8376 y un índice de descenso de la producción de leche después del pico de 0,0103 (Cuadro 2); los mismos que tuvieron un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,9312 valor que indica que el 93,12% de la estimación de las características de la curva de lactación es explicada por el modelo.

**Cuadro 2.- Parámetros de la curva de lactación según el método no lineal de Wood para vacas cruzadas F-1 de primera lactación (Gir lechero por Hostein)**

Parámetros según método no lineal de Wood	Vacas F-1
a: Factor asociado al nivel de producción de leche	0,9993
b: Índice de incremento de la producción.	0,8376
c: Índice de descenso de la producción.	0,0103

Elaboración propia

De la misma forma mediante el método no lineal de Wood al desarrollar la ecuación correspondiente, se determinó que a los 81 días después del parto las vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein) alcanzaron el pico de producción de leche, con un nivel máximo de 17,22 kg/día y una persistencia de la curva después del pico de 8,4 %; valor considerado de baja persistencia para vacas especializadas de primer parto (Cuadro 3).

**Cuadro 3.- Características de la curva de lactación según el método Wood de vacas cruzadas F-1 de primera lactación ( Gir lechero x Holstein)**

Características de curva de lactación	Vacas F - 1
Pico de producción (días)	81
Producción máxima de leche en el pico (kg/día)	17,22
Persistencia de la curva de lactación (%)	8,408

La modelación gráfica de la curva de lactación mediante el método no lineal de Wood se observa en la figura 8, la cual fue obtenida mediante la siguiente fórmula:

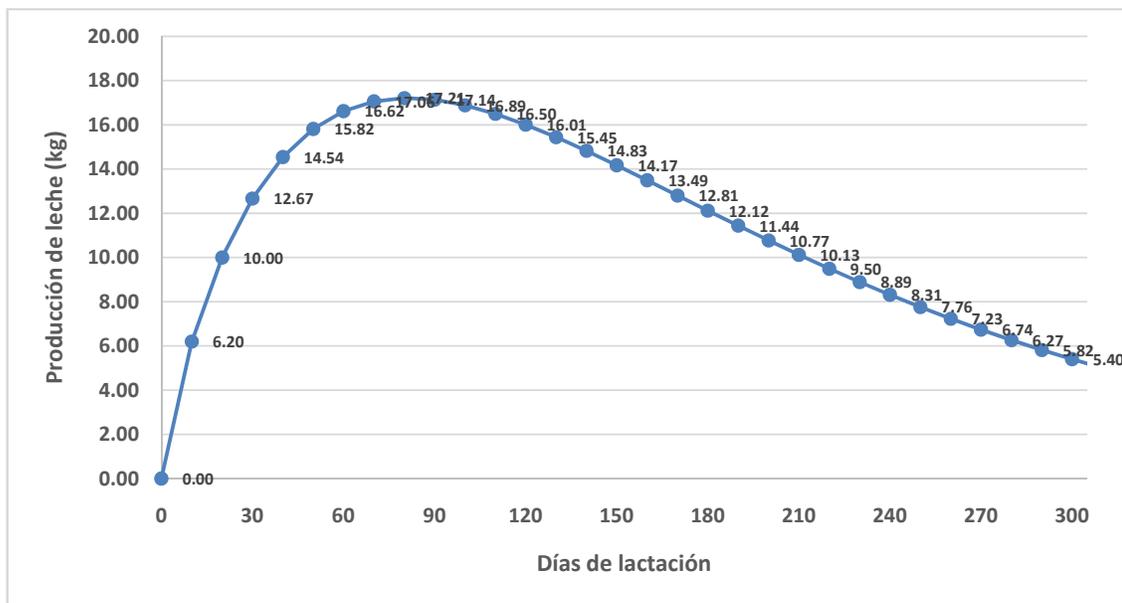
$$\text{Producción de leche} = 0,9993 * \text{días de lactación}^{0,8376} * e^{-0,0103 \text{días de lactación}}$$

Finalmente, con este método de regresión no lineal de Wood, se determinó la producción de leche de la campaña de vacas cruzadas F-1 de primera lactación (Gir lechero x Holstein) a los 305 días cuyo valor fue: 4 031,15 kg (Cuadro 4).

**Cuadro 4.- Producción de leche estimada según los métodos de regresión evaluados, para vacas cruzadas F-1 ( Gir lechero x Holstein) de primera lactación**

Método de regresión	Producción de leche estimada a 305 días de lactación (kg)	R <sup>2</sup>
No lineal de Wood	4,031.15	0,9312
Cuadrático	3,927.18	0,3919
Lineal simple	4,240.80	0,2919

Elaboración propia.

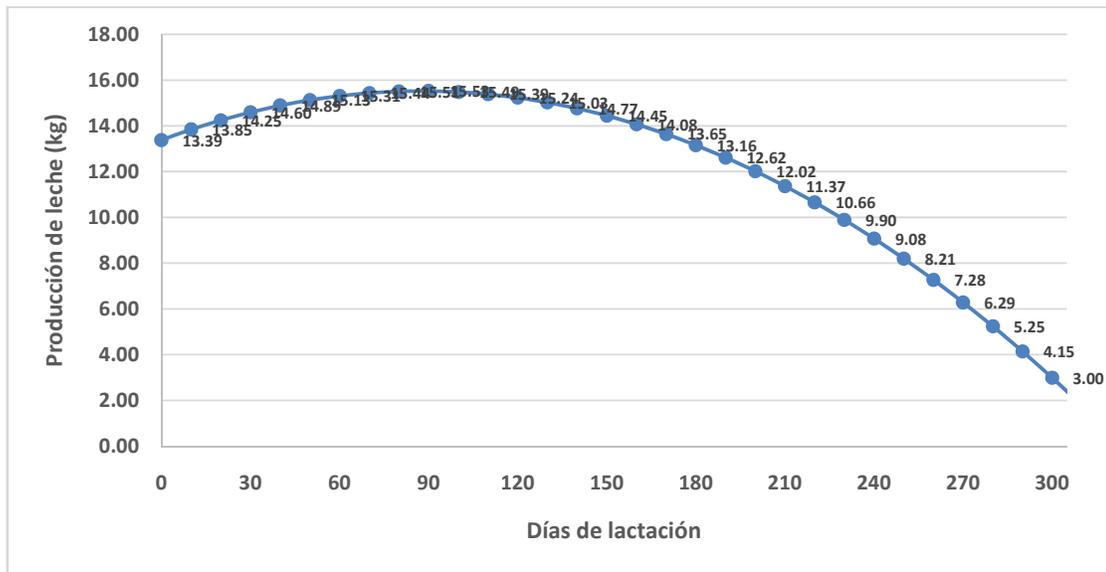


**Figura 8.- Modelación de la curva de lactación mediante el método no lineal de Wood para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein) de primera lactación.**

En la figura 9, se observa la modelación gráfica de la curva de lactación obtenida mediante el método cuadrático:

Producción de leche=  $13,38531 + 0,04883 \text{ días de lactación} - 0,00027819 (\text{días de lactación})^2$

Asimismo, se determinó la producción de leche por campaña de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein) de primer parto a los 305 días por este método cuyo valor fue 3 927,18 kg (Cuadro 4).

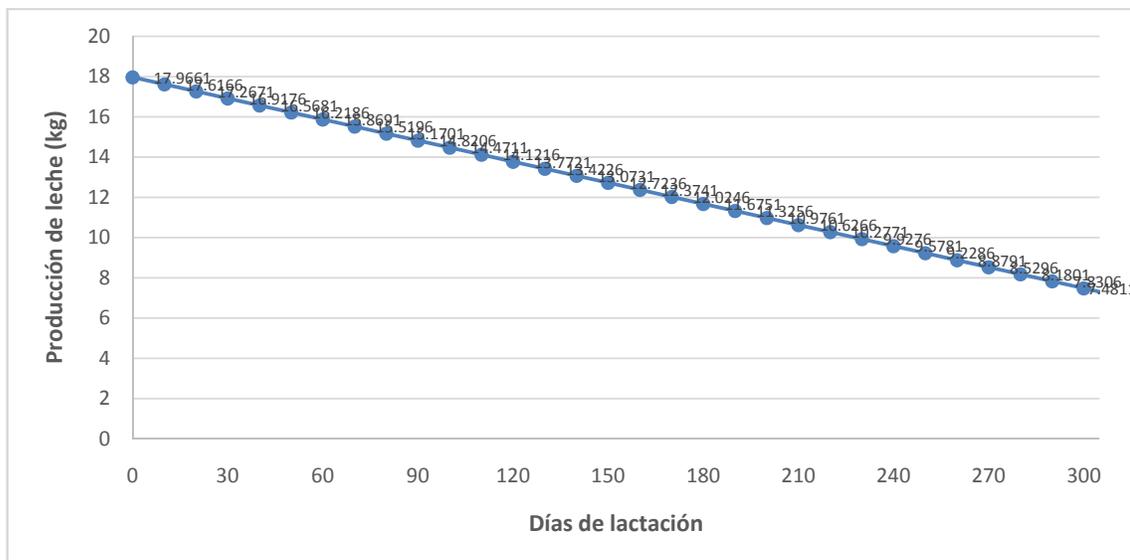


**Figura 9.- Modelación de la curva de lactación estimada mediante el método de regresión cuadrático para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein) de primera lactación.**

En la figura 10, se observa la modelación gráfica de la curva de lactación obtenida mediante el modelo de regresión lineal simple:

Producción de leche=  $17,9661 - 0,03495 \text{ días de lactación}$

Asimismo, se determinó la producción de leche de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero x Holstein) estimada a los 305 días según el método de regresión lineal simple cuyo valor fue 4 240,80 kg (Cuadro 4).



**Figura 10.- Modelación de la curva de lactación mediante el método de regresión lineal simple para vacas cruzadas F-1 de primera lactación (Gir lechero por Holstein).**

Siendo el método de regresión no lineal de Wood el que mejor explica la curva de producción de leche de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) de primera lactación y al realizar la estimación de la producción de leche de la campaña productiva, el valor encontrado (4 031, 15 kg) fue superior a lo reportado por De los Rios (2011) con 3575,8 kg y Prada (1979) con 2 261 Kg, quienes realizaron trabajos con vacas cruzadas F-1 en Tarapoto (Perú) y Cuba respectivamente.

#### **4.2 De la curva de lactación de vacas Gir lechero de primer parto**

Al realizar el análisis de de los métodos de regresión utilizados para evaluar las lactaciones de las vacas Gir lechero se encontrós resultados más confiables para el modelamiento así como para la determinación de las características de la curva de lactación cuando se utilizó el método de regresión no lineal de Wood con un coeficiente de determinación ( $R^2$ )= 0,9108, seguido del método cuadrático con un  $R^2$ =0,1739 y por último el método lineal simple con  $R^2$ =0,0846, tal como se muestra en el Cuadro 5. Asimismo, se encontró que tanto el método no lineal de Wood, cuadrático y lineal fueron altamente significativos ( $P < 0.01$ ).

**Cuadro 5.- Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de los métodos de regresión de la curva de lactación para vacas Gir lecherode primera lactación**

Método de regresión	Ecuación de regresión	$R^2$
No lineal de Wood	leche = $0,1096 * \text{días}^{1,2149} * e^{-0,0219\text{días}}$	0,9108
Cuadrático	leche= $2,91255 + 0,03177 \text{ días} - 0,00025695 \text{ días}^2$	0,1739
Lineal simple	leche= $4,28805 - 0,01042 \text{ días}$	0,0846

Elaboración propia.

Mediante el método de regresión no lineal de Wood al analizar 30 lactaciones de vacas Gir lechero de primer parto, se encontró que el modelo fue altamente significativo ( $P < 0.01$ ) para estimar la curva de lactación. Asimismo el método determinó un factor de escala asociado al nivel de producción de leche de 0,1096, un índice de incremento de la producción de leche de 1,2149 y un índice de descenso de la producción de leche después del pico de 0,0219 (Cuadro 6) los mismos que tuvieron un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,9108, valor que indica que el 91,08% de la estimación de las características de la curva de lactación es explicada por el método.

**Cuadro 6.- Parámetros de la curva de lactación según el método de regresión no lineal de Wood para vacas Gir lechero de primera lactación**

Parámetros según método no lineal de Wood	Gir lechero
a: Factor asociado al nivel de producción de leche	0,1096
b: Índice de incremento de la producción de leche	1,2149
c: Índice de descenso de la producción de leche	0,0219

Elaboración propia.

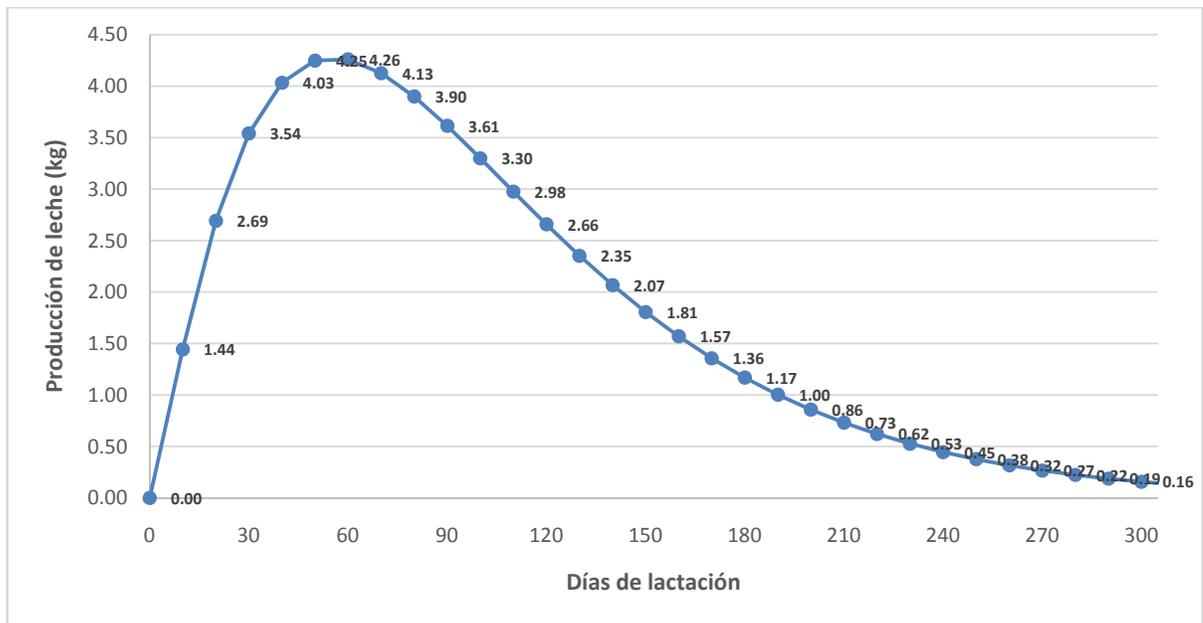
De la misma forma mediante el método de regresión no lineal de Wood al desarrollar la ecuación correspondiente se determinó que el tiempo para que las vacas Gir lechero alcancen el pico de producción leche fue a los 55 días después del parto, con un nivel máximo de 4,28 kg/día y una persistencia de la curva de lactación después del pico de 8,4%, valor considerado de baja persistencia para vacas de primera lactación (Cuadro 7).

**Cuadro 7.- Características de la curva de lactación según el método no lineal de Wood de vacas Gir lechero de primera campaña**

Características de la curva de lactación	Gir lechero
Pico de producción (días)	55
Producción máxima de leche en el pico (kg/día)	4,28
Persistencia de la curva de lactación	8,464

El modelamiento de la curva de lactación mediante el método de regresión no lineal de Wood se puede observar en la figura 11, la cual fue obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Producción de leche} = 0,1096 * \text{días de lactación}^{1,2149} * e^{-0,0219 \text{días de lactación}}$$



**Figura 11.-Modelación de la curva de lactación mediante el método no lineal de Wood para vacas Gir lechero de primera lactación**

Finalmente con este método de regresión no lineal de Wood se determinó la producción de leche para vacas Gir lechero de primera lactación a los 305 días cuyo valor fue 1 031,15 kg (Cuadro 8).

**Cuadro 8.- Producción de leche estimada según los métodos de regresión evaluados, para vacas Gir lechero de primera lactación**

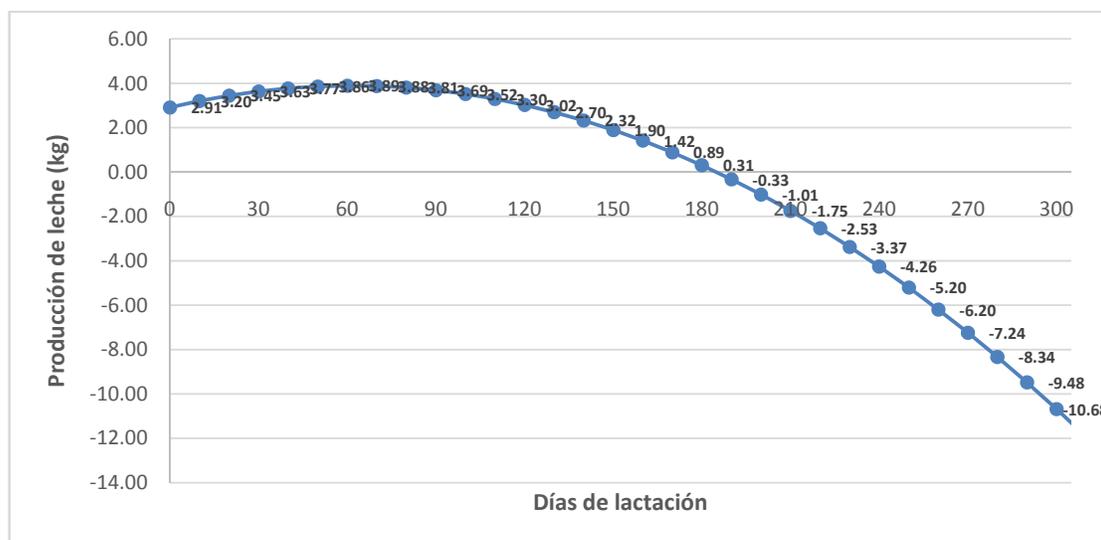
Método de regresión	Producción de leche (kg) estimada a 305 días de lactación, aun ordeño	R <sup>2</sup>
No lineal de Wood	1 031,15	0,9108
Cuadrático (*)	1 251,06	0,1739
Lineal simple	3 125,86	0,0846

(\*) La estimación del método cuadrático fue hasta los 180 días, después los valores estimados fueron negativos. Elaboración propia.

En la figura 12, se observa la modelación gráfica de la curva de lactación obtenida mediante el método cuadrático:

$$\text{Producción de leche} = 2,91255 + 0,03177 \text{ días de lactación} - 0,00025695 \text{ días de lactación}^2$$

Asimismo, se determinó la producción de leche estimada hasta los 180 días siendo el valor 1251,06 kg (Cuadro 8), luego los valores estimados fueron negativos.

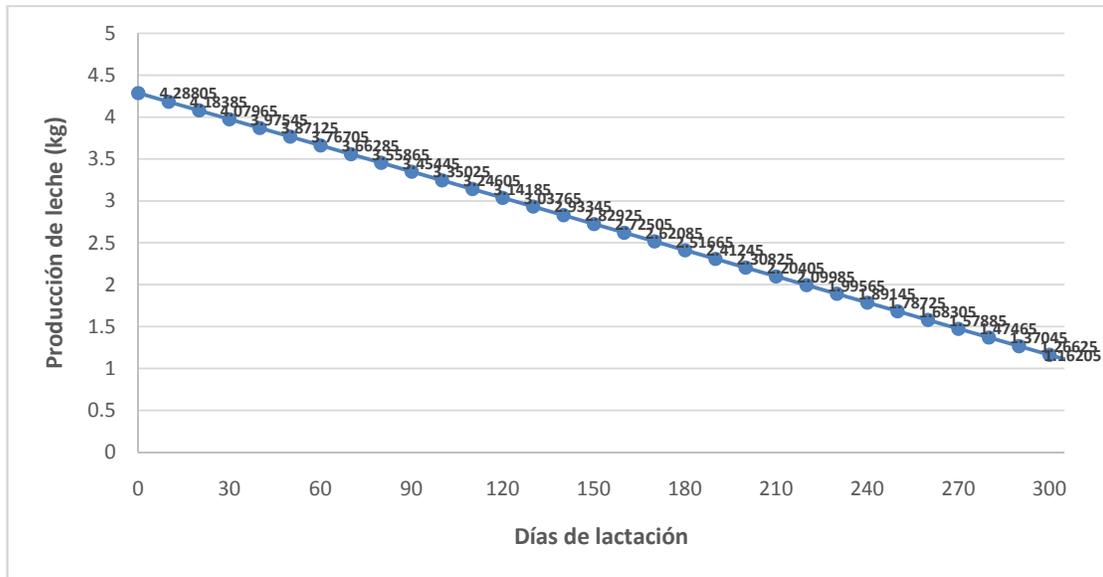


**Figura 12.- Modelación de la curva de lactación mediante el método de regresión cuadrático para vacas Gir lechero de primera lactación.**

En la figura 13, se observa la curva de lactación obtenida mediante el método lineal simple.

Producción de leche= 4,28805 – 0,01042 días de lactación

Asimismo, se determinó que la producción de leche para vacas Gir lechero a los 305 días fue de 3 125,86 kg (Cuadro 8).



**Figura 13.- Modelación de la curva de lactación mediante el método de regresión lineal para vacas Gir lechero de primera lactación.**

Siendo el método de regresión no lineal de Wood la que mejor interpreta la curva de lactación de vacas Gir lechero de primera lactación y después de realizar la estimación de la producción de leche de la campaña productiva encontró que el valor (1 031,15 kg) fue inferior a lo reportado por De Olivera et al (2006) quienes indican una producción de 2 818 kg en 260 días de duración de la campaña realizando dos ordeños por día. Es de indicar que en el caso del presente estudio las vacas fueron ordeñadas una vez por día y con presencia del ternero al pie.

### 4.3 Comparación entre la curva de lactación de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) versus Gir lechero

El método de regresión no lineal de Wood fue el que mejor explicó el modelamiento y las características de la curva de lactación (mayor coeficiente de determinación) tanto de las vacas cruzadas F-1 como de las Gir lechero. Los parámetros obtenidos mediante la regresión no lineal de Wood fueron completamente diferentes para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) al ser comparadas con las encontradas vacas Gir lechero, ambas de primera lactación (Cuadro 9).

El parámetro para nivel de producción (“a”) fue mayor en vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) (0,9993) comparado con el de vacas Gir lechero (0,1096).

El índice para ritmo de incremento de la producción de leche antes del pico (“b”) fue mayor en vacas Gir lechero con un valor de 1,2149 comparado con el de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) que fue de 0,8376.

El parámetro de tasa de descenso de la producción de leche después del pico (“c”) fue mayor en vacas Gir lechero con un valor de 0,0219 comparada con el de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) que fue de 0,0103.

**Cuadro 9.- Parámetros encontrados según método de regresión no lineal de Wood para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) y Gir lechero**

Parámetros según método no lineal de Wood	F-1 (Gir x Holstein)	Gir lechero
a: Factor asociado al nivel de producción de leche	0,9993	0,1096
b: Índice de incremento de la producción de leche	0,8376	1,2149
c: Índice de descenso de la producción de leche	0,0103	0,0219
d. Coeficiente de determinación ( $R^2$ )	0,9312	0,9108

Con estos indicadores (“a”, “b” y “c”) se estimaron las siguientes variables productivas de las lactaciones de las vacas: días al pico de la producción, producción máxima de leche en el pico y persistencia de la curva de lactación. Los valores encontrados se observa en el Cuadro 10. Al respecto, el pico de producción de leche alcanzado por las vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) fue a los 81 días después del parto mientras que las vacas Gir

lechero lo lograron a los 55 días después del parto, en cuanto al rendimiento de leche en el pico, la producción máxima alcanzada por las vacas cruzadas F-1 fue de 17,22 kg/día mientras que para las vacas Gir lechero lograron 4,28 kg/día y respecto a la persistencia de la campaña en ambos grupos de vacas los valores encontrados fueron similares, siendo 8,408 y 8,464 % para las vacas cruzadas F-1 ( Gir lechero por Holstein) y Gir lechero respectivamente.

**Cuadro 10.- Características de la curva de lactación para vacas cruzadas F-1 ( Gir lechero por Holstein ) vs. Gir lechero de primera lactación**

<b>Características de la lactación</b>	<b>F-1 (Gir x Holstein)</b>	<b>Gir lechero</b>
Pico de producción (días)	81	55
Producción máxima leche en el pico (kg)	17,22	4,28
Persistencia de la curva de lactación (%)	8,408	8,464

Respecto al pico de producción; para el caso de las vacas cruzadas F- 1 que lograron alcanzarlo a los 81 días después del parto el valor fue mayor a lo reportado por Sshmidt y Van Vleck (1975) quienes indican 50 a 60 días, Hafez (1986) que considera 56 a 63 días y Hutjens (2003) que refiere 40 a 60 días para vacas de razas especializadas para producción de leche manejadas en crianza intensiva.

Con referencia a las vacas Gir lechero el pico de producción se alcanzó a los 55 días después del parto siendo el valor, similar a lo indicado por los autores anteriores cuyos valores corresponden a razas especializadas para producción de leche manejadas en crianza intensiva.

En cuanto al rendimiento de leche en el pico se determinó 17,22 y 4,28 kg para vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) y Gir lechero respectivamente. Respecto al rendimiento de las vacas cruzadas F-1 el valor encontrado fue superior a lo reportado por De los Ríos (2010) quien encontró 13,7 Kg. Es importante resaltar que las vacas Gir lechero fueron ordeñadas una vez por día

En cuanto a la persistencia de la curva de lactación cuyos valores fueron similares tanto para las vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) como por las Gir lechero, con 8,4%; este valor fue bastante alto comparado a lo reportado por Schmidt y Van Vleck (1975) y De los Ríos quienes indican valores de 4 a 5 y 4 para vacas de razas especializadas y cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) respectivamente. En este sentido es de resaltar que tanto las vacas cruzadas F-1 así como las Gir lechero de primer parto con el valor encontrado (8,4 %) muestran una curva de lactación con baja persistencia.

## VCONCLUSIONES

1. El método de regresión no lineal de Wood fue el de mayor confianza para explicar el modelamiento y las características de la curva de lactación de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Holstein) y Gir lechero, de primera lactación en condiciones de trópico con coeficientes de determinación de 93,12 y 91,08 % respectivamente.
2. Las vacas cruzadas F-1( Gir lechero por Holstein) ordeñadas dos veces por día alcanzaron una producción de 4 031,15 kg de leche por campaña y lograron alcanzar el pico de producción de lechea los 81 días después del parto con un rendimiento de 17,22 kg de leche y una persistencia de 8,4 por ciento, valor considera de baja persistencia para vacas de primer parto.
3. Las vacas Gir lechero ordeñadas una vez por día lograron una producción de 1 031,1 kg de leche por campaña y alcanzaron el pico de producción de lechea los 55 días después del parto con un rendimiento de 4,28 kg de leche y una persistencia de 8,4 por ciento, valor considerado de baja persistencia para vacas de primer parto.

## **VI RECOMENDACIONES**

- 1 Usar el método de regresión no lineal de Wood para modelar y evaluar las características de la curva de lactación de vacas cruzadas F-1 (Gir lechero por Hostein) y Gir lechero de primer parto en condiciones de trópico.
- 2 Utilizar la curva de lactación estimada con el método no lineal de Wood para seleccionar de manera anticipada vacas que logren el pico de producción con el más alto rendimiento de leche así como para identificar animales con mayor persistencia.
- 3 Usar las estimaciones de producción de leche, calculadas por el método de regresión no lineal de Wood, para planificar la alimentación y manejo de vacas de acuerdo a los niveles de producción.
- 4 Continuar con estudios similares que permita explicar de manera confiable la curva de lactación de vacas productoras de leche en el trópico para las demás campañas productivas así como para modelar y analizar las características de la curva de producción de proteína y grasa en la leche durante la campaña.

## VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFOLAYA, R.; ABUBUKAR, B.; OSINOWO, O. AND DIM, N. (2002). Lactation and function of curve parameters in Yankasa sheep. *Asian – Aust. J. Anim. Sci.* 15: 890 – 894.
2. AKPA, G.; ASIRIBO, E.; ONI, O. AND ALAWA, J. (2001). The influence of non genetic factor son the shape of lactation curves in Red Sokoto goats. *Anim. Sci.* 72: 233 – 239.
3. ALVES,S.A. (1967). El Cebú, ganado bovino para países tropicales. Ed. Acribia-España
4. ANDERSEN F., OSTERAS O., REKSEN, O. AND Y. GROHN. (2011). Mastitis and the shape of the lactation curve in Norwegian dairy cows. *J Dairy Res* 78, 23-31.
5. CERON, M. Y J. CORRALES. (2011). Metodología para determinar la curva de lactación de vacas productoras de leche. Universidad de Antioquia. Colombia.
6. CONTRERAS, P. (2011). Alta produccion de leche en el trópico bajo.Colombia.
8. DE ALVA, J. (1964). Reproducción y genética animal. IICA. Costa Rica
9. DE OLIVERA,F;LEDIC, L. DIAS, M Y S. ANTUNES. (2006). Producao de Leite: Uma atividade economicamente viável com o Gir leiteiro.Revista Gir Leiteiro.Brasil.
10. DE LOS RIOS J. (2010). Comparación de las campañas de produccion de leche de vacas cruzadas F-1 (Holstein por Gir) en condiciones de trópico.
11. DURÁES, M, C., TEIXEIRA, N. M. Y A. FREITAS. (1991). Curvas de lactacão de vacas da raza Holandesa mantidas em confinamento total. *Arq, Bras. Med. Vet. Zoot.* 43(5):447-448
12. GAINES,W .Z. (1927). Persistency of lactation in dairy cows. *Agric. Exp. Stn. Bull.* 288 pp.
13. GORDILLO,J. (2000).Estudio preliminar de la produccion de leche del cruce Holstein por cebú bajo dos sistemas de ordeño. Tesis. Ing. Zootecnista. UNALM Lima - Perú.
14. HAFEZ,E. (1984).Reproducción de animales de granja. México.

15. HUTJENS, M. (2003). Guía de alimentación. Hoards Dairyman. USA.
16. JIMENEZ, A. (2012). La cria del ganado Gir en Colombia. Rev. Agricultura de las Américas.
17. JOHANSSON, T.P. (1976). Genética y mejoramiento animal. Ed. Acribia-España.
18. LEDIC, I.L. (2013). Made in Brasil. El Gir Lechero
19. MADALENA F.E., MARTINEZ M.L. AND A. FREITAS . (1979). Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein Friesian x Gir cows. Animal Production 29, 101-7.
20. MATOSO, J. (1944). The Zebu in the tropics. Ceres Vicosa: 6:82-91
21. MC DOWEL, R.E. (1974). Improvement of livestock production in warm climates. Revista pecuária. México
22. MINAGRI. (2013). IV Censo Agropecuario 2012- Perú
23. NELDER, J.A. (1966). Inverse polynomials a useful group of multifactor response function. Biometric 22:128-141.
24. PEARSON, L. (1979). Aspectos de la productividad comparativa de diferentes genótipos de ganado lechero para su uso en la selva. APPA-Perú
25. PEREZ, M. (1993). Mejoramiento lechero del ganado cebuino en Brasil.
26. PRADA, H. (1979). Programa de cruzamiento lechero em Cuba. Presentado a la VII reunión ALPA. Panamá
27. PULINA, G.; CAPPIO-BORLINO, A.; MACCIOTTA, N.; DI MAURO, C. AND A. NUDDA. (2001). Empirical and mechanistic mathematical models of temporal evolution of milk production in ruminants. Riv. Biol. 94: 331-344.
28. S.A.S. INSTITUTE INC. (2002). SAS/STAT Guide for personal computers Versión 9.2. Cary, NC., USA.
29. ROSEMBERG, B.M. (1984). Producción de ganado holstein, Brown Swiss y cruces de Brown Swiss con cebú em Tarapoto. Tesis UNALM. Lima- Perú

30. SCHERCHAND, L.; MCNEW, R.; KELLOQQ, D. AND Z. JOHNSON. (1995). Selection of a mathematical model to generate lactation curves using daily milk yields of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 78: 2507 – 2513.
31. SCHMIDT, G. Y L. VAN VLECK. (1975). Bases científicas de la producción lechera. Ed. Acribia. España.
32. TEKERLI M., AKINCI Z., DOGAN I. AND A. AKCAN. (2000). Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir Province of Turkey. *J Dairy Sci* 83, 1381-6.
33. TURNER, J. W. (1980). Genetics and biological aspects of adaptability in Zebu Cattle. *Na.Sc.* 50(6):1201-1205.
34. VARGAS, B.; KOOPS, W.; HERRERO, M. AND J. VAN ARENDNK. (2000). Modeling extended lactations of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83: 1371 – 1380.
35. VUJICIC, Y. AND BACIC, B. (1961). New equation of lactation curve. *Novi. Sad. Ann. Sc. Agric.* p. 5-10.
36. WHITTMORE, C. (1987). Lactación de la vaca lechera. Primera Ed. Editorial Continental. Bogotá. Colombia.
37. WILKINS, J.; GUEVARA, G.; ALI, A. Y S. AYALA. (1985). La producción de leche en los llanos tropicales de Bolivia. *Revista mundial de Zootecnia*
38. WOOD, P. D.P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216: 164-165.
39. WOOD, P.D.P. (1968). Factors affecting persistency of lactation in cattle. *Nature* 218: 894-899.
40. WOOD, P.D.P. (1976). Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production, with estimates of seasonal variation. *Anim. Prod.* 22:35- 40.
41. WOOD, P.D.P. (1979). A simple model of lactation curves for milk yield, food requirement and body weight. *Anim. Prod.* 28:55-63.

## **VIII.ANEXOS**

# ANEXO1.Producción de leche de vacas cruzadas Gir por Holstein (F-1)

NAG SAN SIMON –Piscoyacu-Provincia Huallaga-Región San Martín

## PLANILLA DE RECEPTORAS PARIDAS POR T.E - MAYO

2011

ITEM	FECHA DE NACIMIENTO	IDENTIFICACION		RAZA Y/O CRUCE	COLOR	FECHA PARTO	EMBRIÓN	PRODUCCION DE LECHE									
	TATU AJE	CLASE						FEB RERO	MAR	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
1	29/05/2009	8865	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA	03/02/2012	140-2	12	14	20	17	16	13	11	8	6	
2	03/12/2004	2355	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA CHISPEA DA	04/02/2012	184-4	11	13	15	14	13	9	6	4		
3	03/04/2005	2463	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA CHISPEA DA	11/02/2012	183-1	13	15	19	18	16	15	13	10	7	5
4	17/01/2008	8787	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA	16/02/2012	185-5	10	12	13	11	10	8	5			
5	17/08/2008	8161	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA	18/02/2012	187-1	9	10	11	11	8	6	4			
6	26/08/2008	8225	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA	16/02/2012	140-4	12	15	18	18	16	15	11	10	8	5
7	29/10/2008	8395	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA CHISPEA DA	21/02/2012	186-5	11	14	18	14	11	8	4			
8	07/11/2008	8529	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	MULATA LUCERA	20/02/2012	140-6	10	14	16	17	17	14	12	9	6	4
9	21/01/2009	8591	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA CHISPEA DA	13/02/2012	183-5	13	16	20	19	17	15	13	12	9	6
10	25/02/2009	8617	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	MULATA CHISPEA DA	04/02/2012	182-1	13	15	17	15	16	14	12	8	5	
11	27/02/2009	8625	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA CHISPEA DA	04/02/2012	184-1	12	14	17	16	16	13	12	10	7	4
12	19/03/2009	8755	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA	08/02/2012	112-6	14	18	23	22	22	18	17	15	11	8
13	23/06/2009	8757	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA	06/02/2012	112-2	8	10	12	11	8	4				
14	03/07/2009	8781	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	NEGRA CHISPEA DA	06/02/2012	138-6	16	20	24	23	22	17	14	12	12	8
15	12/12/2007	8139	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra	18/02/2012	113-1	16	19	21	17	15	11	7	4		
16	19/12/2007	8151	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra Chispeada	10/02/2012	112-5	17	21	23	22	20	17	13	11	9	7
17	17/01/2008	8223	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Mulata	09/02/2012	115-8	18	20	26	25	22	19	18	16	15	14
18	19/01/2008	8231	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra	15/02/2012	102-5	9	11	14	12	7	6	3			
19	20/01/2008	8245	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra Chispeada	10/02/2012	190-4	10	14	18	15	13	10	6	4		
20	05/03/2008	8345	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra Chispeada	05/02/2012	114-2	9	11	14	9	6					
21	10/08/2008	8501	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra Chispeada	06/02/2012	114-8	14	19	22	20	19	16	15	13	9	8
22	23/08/2008	8533	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Mulata	15/02/2012	187-2	11	15	19	16	14	11	10	7	4	

			NA	1/2 H	Cispeada												
23	30/09/2008	8587	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra Chispeada	09/02/2012	114-9	15	20	23	20	21	19	15	12	8	5
24	05/12/2008	8637	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra	18/02/2012	193-6	13	16	18	17	15	12	8	5	3	
25	20/12/2008	8657	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra Chispeada	14/02/2012	106-2	13	15	20	17	16	13	10	7	4	
26	17/01/2009	8681	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra	14/02/2012	102-6	13	16	19	15	17	15	13	10	7	5
27	20/02/2009	8727	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra	14/02/2012	106-5	10	11	15	12	9	5				
28	03/04/2009	8789	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra	21/02/2012	113-2	12	16	18	15	12	11	8	5	3	
29	03/08/2009	8973	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra Chispeada	11/02/2012	115-7	12	15	17	18	16	12	11	9	5	
30	20/01/2008	8243	VAQUILLO NA	1/2 Gir x 1/2 H	Negra	18/02/2012	106-4	17	22	24	20	17	12	8	4		

## ANEXO2. Producción de leche de vacas Gir lechero puras

ITEM	FECHA DE	IDENTIFICACION		RAZA Y/O	COLOR	FECHA PARTO	EMB RION	PRODUCCION DE LECHE									
	NACIMIENTO	TATUAJE	CLASE	CRUCE				FEBRO	MARRO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
1	27/06/2009	2571	VAQUILLONA	Gir	COLORADA	06/02/2011	393-3	4	5	5	3	2					
2	27/08/2009	2585	VAQUILLONA	Gir	COLORADA	15/02/2011	393-2	2	3	2							
3	02/10/2009	2597	VAQUILLONA	Gir	COLORADA	11/02/2011	354-1	3	4	3	2						
4	08/12/2009	2619	VAQUILLONA	Gir	COLORADA CHISPEADA	26/02/2011	393-6	2	6	4	2						
5	21/01/2010	2627	VAQUILLONA	Gir	COLORADA CHISPEADA	11/02/2011	391-5	6	8	5	3	2					
6	09/02/2010	2635	VAQUILLONA	Gir	COLORADA CHISPEADA	09/02/2011	393-1	4	5	6	4	2					
7	05/03/2010	2641	VAQUILLONA	Gir	COLORADA CHISPEADA	05/02/2011	391-7	4	6	5	3	3	2				
8	05/04/2010	2657	VAQUILLONA	Gir	COLORADA CHISPEADA	19/02/2011	391-1	3	4	4	2						
9	18/04/2010	2659	VAQUILLONA	Gir	COLORADA	13/02/2011	391-4	5	6	5	4						
10	20/05/2010	2665	VAQUILLONA	Gir	BLANCA CHISPEADA	21/02/2011	391-3	3	5	4	3	3					
11	10/06/2010	2675	VAQUILLONA	Gir	BLANCA CHISPEADA	16/02/2011	378-3	4	4	3	2						
12	14/03/2009	8757	VAQUILLONA	Gir	COLORADA	27/02/2011	362-8	2	4	2							
13	16/05/2009	8845	VAQUILLONA	Gir	BLANCA	14/02/2011	362-4	3	5	3	2						
14	02/07/2009	8869	VAQUILLONA	Gir	BLANCA	14/02/2011	349-8	2	3	4	2						
15	01/01/2010	9077	VAQUILLONA	Gir	BLANCA CHISPEADA	08/02/2011	354-2	4	5	6	4	3					
16	06/01/2010	9079	VAQUILLONA	Gir	COLORADA	17/02/2011	362-3	3	5	4	3	2					
17	24/02/2010	9145	VAQUILLONA	Gir	COLORADA	22/02/2011	367-1	3	4	5	3						
18	23/03/2010	9165	VAQUILLONA	Gir	COLORADA	16/02/2011	362-5	4	5	3	2						
19	19/04/2010	9181	VAQUILLONA	Gir	COLORADA CHISPEADA	24/02/2011	393-8	3	5	5	3						
20	30/04/2010	9193	VAQUILLONA	Gir	COLORADA CHISPEADA	21/02/2011	356-2	2	4	5	4	2					

21	10/05/2010	9203	VAQUILL ONA	Gir	COLORADA	12/02/201 1	354-5	2										
22	19/05/2010	9211	VAQUILL ONA	Gir	COLORADA CHISPEAD A	25/02/201 1	356-4	2	4	2								
23	27/06/2010	9233	VAQUILL ONA	Gir	NEGRA	05/02/201 1	355-1	5	6	3	5	3	2					
24	15/07/2010	9255	VAQUILL ONA	Gir	COLORADA	20/02/201 1	349-6	3	3	2								
25	21/07/2010	9265	VAQUILL ONA	Gir	BLANCA CHISPEAD A	18/02/201 1	362-2	4	5	3	2							
26	29/07/2010	9281	VAQUILL ONA	Gir	MULATA CHISPEAD A	04/02/201 1	378-8	3	5	4	2							
27	30/07/2010	9287	VAQUILL ONA	Gir	BLANCA CHISPEAD A	06/02/201 1	355-3	6	2									
28	27/08/2010	9297	VAQUILL ONA	Gir	COLORADA CHISPEAD A	07/02/201 1	391-8	4	3	2								
29	24/04/2009	9409	VAQUILL ONA	Gir	MULATA CHISPEAD A	24/02/201 1	393-4	3	4	3	2							
30	02/11/2010	9575	VAQUILL ONA	Gir	COLORADA CHISPEAD A	24/02/201 1	391-2	2	3	2								

### ANEXO 3. Producción Resultados de análisis de regresión no lineal de Wood para vacas Gir x Holstein de primer parto.

ajuste función Wood, vacas Gir x Holstein

Procedimiento NLIN  
Variable dependiente: leche  
Método: Gauss-Newton

Iter	Fase iterativa			Suma de cuadrados
	a	b	c	
0	1.5000	0	0	41269.0
1	0.4737	0.3855	0.00471	40713.9
2	0.1031	1.2616	0.0155	20673.2
3	0.2027	1.0497	0.0129	20597.0
4	0.5557	0.7604	0.00932	18562.9
5	0.9262	0.9061	0.0112	4568.4
6	0.9744	0.8484	0.0104	3502.4
7	0.9975	0.8381	0.0103	3498.2
8	0.9992	0.8376	0.0103	3498.2
9	0.9993	0.8376	0.0103	3498.2

NOTA: Criterio de convergencia cumplido.

#### Resumen de la estimación

Método	Gauss-Newton
Iteraciones	9
Subiteraciones	6
Subiteraciones de promedio	0.666667
R	3.314E-7
PPC(a)	1.503E-6
RPC(a)	0.000051
Objeto	1.53E-10
Objetivo	3498.177
Observaciones leídas	260
Obs usadas	260

Observaciones ausentes 0

NOTA: Un término independiente no se ha especificado para este modelo.

Fuente	DF	Cuadrado			Pr > F
		Suma de cuadrados	de la media	Aprox F-Valor	
Modelo	3	47355.8	15785.3	1159.69	<.0001
Error		257	3498.2	13.6116	
Total no corregido			260	50854.0	

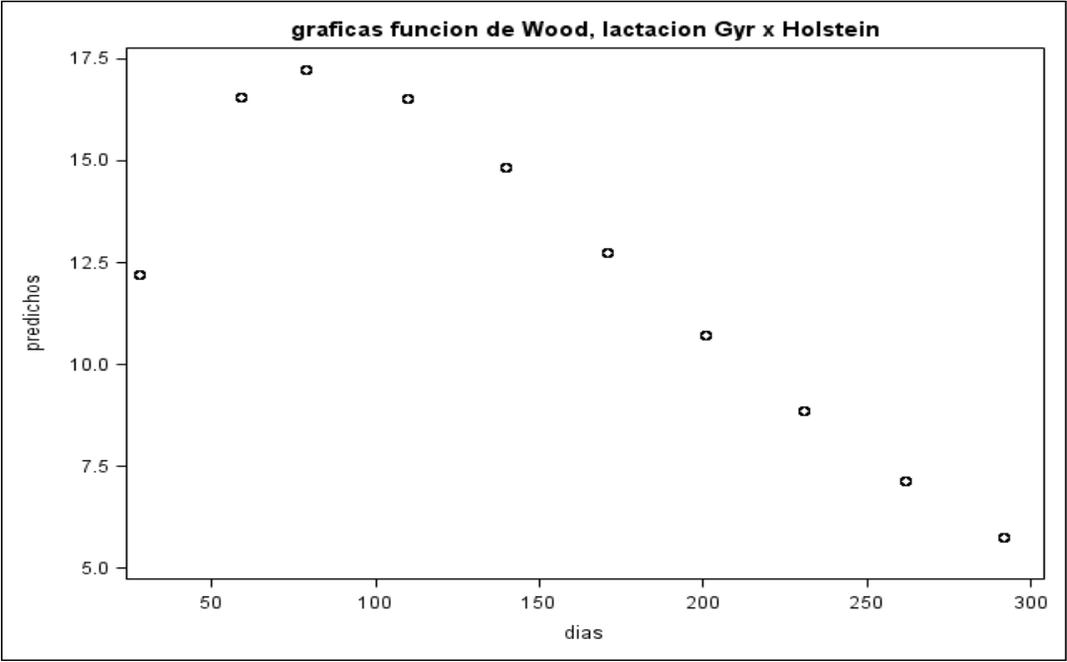
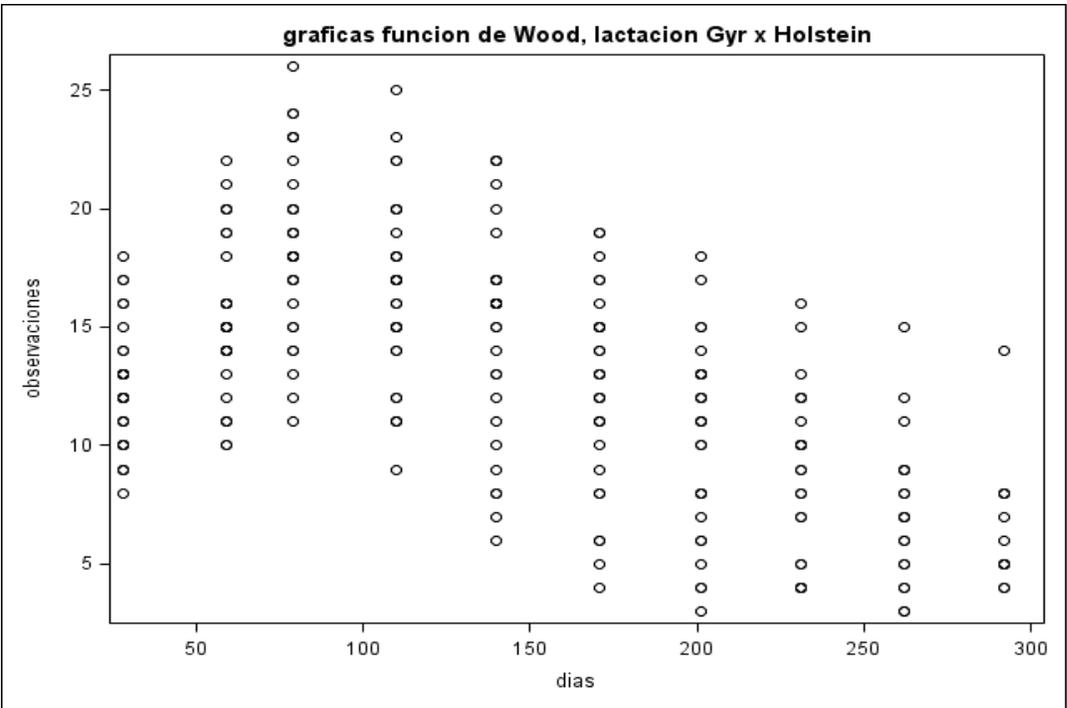
ajuste funcion Wood, vacas Gir x Holstein

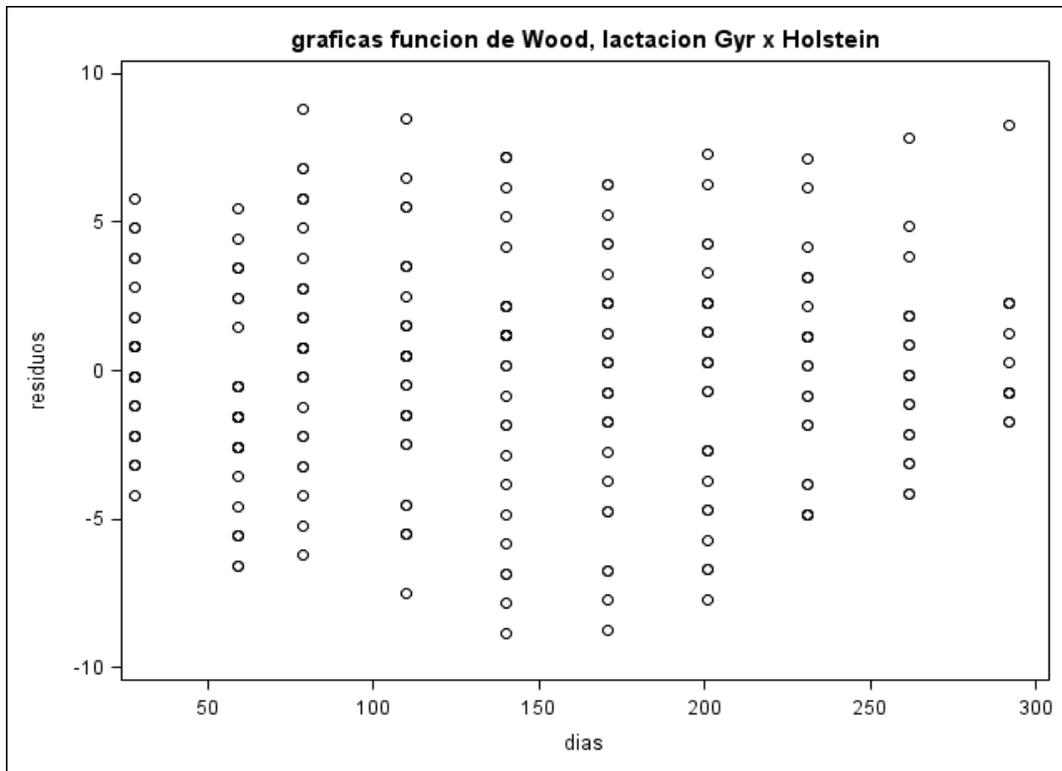
Procedimiento NLIN

Parámetro	Estimador	Error std		
		aproximado	Límites de confianza 95% aproximados	
a	0.9993	0.3173	0.3745	1.6241
b	0.8376	0.0894	0.6615	1.0138
c	0.0103	0.000874	0.00858	0.0120

Matriz de correlación aproximada

	a	b	c
a	1.0000000	-0.9934988	-0.9076516
b	-0.9934988	1.0000000	0.9463064
c	-0.9076516	0.9463064	1.0000000





ANEXO 4. Producción Resultados de análisis de regresión no lineal de Wood para vacas Gir de primer parto.

ajuste funcion Wood, vacas Gir

Procedimiento NLIN  
 Variable dependiente leche  
 Método: Gauss-Newton

Iter	Fase iterativa			Suma de cuadrados
	a	b	c	
0	1.5000	0	0	694.0
1	1.0196	0.1413	0.00249	674.7
2	0.7324	0.2688	0.00475	644.3
3	0.5534	0.3824	0.00678	606.3
4	0.3212	0.5829	0.0104	576.9
5	0.1685	0.8340	0.0149	513.9
6	0.0753	1.2295	0.0221	272.5
7	0.1073	1.2111	0.0219	152.7

8	0.1096	1.2150	0.0219	151.0
9	0.1096	1.2149	0.0219	151.0

NOTA: Criterio de convergencia cumplido.

Resumen de la estimación

Método	Gauss-Newton
Iteraciones	9
Subiteraciones	10
Subiteraciones de promedio	1.111111
R	4.633E-6
PPC(a)	0.000036
RPC(a)	0.000178
Objeto	1.267E-7
Objetivo	151.0279
Observaciones leídas	120
Obs usadas	120
Observaciones ausentes	0

NOTA: Un término independiente no se ha especificado para este modelo.

		Cuadrado			
		Suma de	de la	Aprox	
Fuente	DF	cuadrados	media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	1542.0	514.0	398.18	<.0001
Error		117	151.0	1.2908	
Total no corregido	120	1693.0			

ajuste funcion Wood, vacas Gir

Procedimiento NLIN

Parámetro	Estimador	Error std			
		aproximado	Límites de confianza 95% aproximados		
a	0.1096	0.0799	-0.0486	0.2678	
b	1.2149	0.2392	0.7412	1.6886	
c	0.0219	0.00397	0.0140	0.0298	

Matriz de correlación aproximada

	a	b	c
a	1.0000000	-0.9948380	-0.9368293
b	-0.9948380	1.0000000	0.9659706

c -0.9368293 0.9659706 1.0000000

