



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE**

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TEMA:

**“CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE LACTANCIA CON FUNCIÓN
NO LINEAL DE VACAS DE LA RAZA HOLSTEIN FRIESIAN EN EL
CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA, ECUADOR”**

Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

AUTOR:

WILSON GEOVANNY TIGSE VARGAS

DIRECTOR:

DrC. MANUEL TEODORO PESÀNTEZ CAMPOVERDE, PhD.

GUARANDA - ECUADOR

2022

CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE LACTANCIA CON FUNCIÓN NO LINEAL DE VACAS DE LA RAZA HOLSTEIN FRIESIAN EN EL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA, ECUADOR.

RECIBIDO Y APROBADO POR:



DrC. Manuel Teodoro Pesántez Campoverde, PhD.

CI: 110242588-9
DIRECTOR



Ing. Víctor Danilo Montero Silva, Mg.

CI: 020118558-4
ÁREA DE BIOMETRÍA



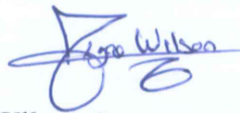
Ing. Vinicio Rolando Montalvo Silva, MSc.

CI: 0201091410
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA


DECLARACIÓN DE TUTORIA

Yo, Wilson Geovanny Tigse Vargas, con documento de identificación N° 172617712-2 respectivamente, declaro que el trabajo y los resultados presentados en el presente informe no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional, adicionalmente las referencias bibliográficas que se encuentran incluidas han sido consultadas y citadas con sus respectivos autores.

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondiente a este trabajo, según lo establece la Ley de Propiedad Intelectual su Reglamento y la Normativa Institucional Vigente.



Wilson Geovanny Tigse Vargas
CI: 172617712-2
ESTUDIANTE



DrC. Manuel Teodoro Pesántez Campoverde, PhD.
CI: 110242588-9
DIRECTOR



Ing. Víctor Danilo Montero Silva, Mg.
CI: 020118558-4
ÁREA DE BIOMETRÍA



Ing. Vinicio Rolando Montalvo Silva, MSc.
CI: 0201091410
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA

AUTORIA

Dr. Guido Fierro Barragán
**NOTARIO PÚBLICO 1ro.**
GUARANDA ECUADOR

Yo; **WILSON GEOVANNY TIGSE VARGAS** con Cedula de ciudadanía: **1726177122** egresado de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar, bajo juramento declaro en forma libre y voluntaria que el presente proyecto de investigación, con el tema: **“CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE LACTANCIA CON FUNCIÓN NO LINEAL DE VACAS DE LA RAZA HOLSTEIN FRIESIAN EN EL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA, ECUADOR”**; ha sido ejecutado por mi persona con la orientación de mi tutor el Dr. Manuel Teodoro Pesàntez Campoverde, PhD. Docente de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar, siendo este de mi autoría; dejamos constancia que los resultados obtenidos dentro de esta investigación lo he realizado basándome en antecedentes bibliográficos e infografía actualizada que me ayudó para redactar y ejecutar mi proyecto de investigación.



Wilson Geovanny Tigse Vargas

C.I: 1726177122

**ESCRITURA PÚBLICA
DECLARACION JURADA**

Señor WILSON GEOVANNY TIGSE VARGAS

En la ciudad de Guaranda, Capital de la Provincia de Bolívar, República del Ecuador, hoy día jueves, veintiuno de julio de dos mil veintidós, ante mi Doctor GUIDO FABIAN FIERRO BARRAGAN, NOTARIO PÚBLICO PRIMERO DEL CANTÓN GUARANDA, comparece el señor **WILSON GEOVANNY TIGSE VARGAS**. El compareciente es de nacionalidad ecuatoriana, mayor de edad, de estado civil casado, capaces de contraer obligaciones, domiciliado en la parroquia Machachi del cantón Mejía de la provincia de Pichincha y de tránsito por esta ciudad de Guaranda, con número de teléfono móvil 0959501248 con correo electrónico Stdwilson_16@hotmail.com a quien de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus cédulas de ciudadanía y papeletas de votación cuyas copias adjunto a esta escritura.- Advertido por mí el Notario de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinado de que comparece al otorgamiento de la misma sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, juramentado en debida forma, prevenido de la gravedad del juramento, de las penas de perjurio y de la obligación que tiene de decir la verdad con claridad y exactitud, bajo juramento declara lo siguiente: "Previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista manifiesto que los criterios e ideas emitidas en el presente proyecto de investigación titulado "**CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE LACTANCIA CON FUNCIÓN NO LINEAL DE VACAS DE LARAZA HOLSTEIN FRIESIAN EN EL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA**", es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autor. (Hasta aquí la declaración juramentada rendida por las comparecientes la misma que queda elevada a escritura pública con todo el valor legal.) Para el otorgamiento de esta escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso; y leída que le fue al compareciente íntegramente por mí el Notario, se ratifica en todo su contenido y firma conmigo en unidad de acto. Incorporo esta escritura pública al protocolo de instrumentos públicos, a mi cargo. De todo lo cual doy fe.-


Señor WILSON GEOVANNY TIGSE VARGAS
C.C.1726177122


Doctor Guido Fabián Fierro Barragán
NOTARIO PÚBLICO PRIMERO DEL CANTÓN GUARANDA



Factura: 001-002-000032824



20220201001P00959

NOTARIO(A) GUIDO FABIAN FIERRO BARRAGAN

NOTARÍA PRIMERA DEL CANTON GUARANDA

EXTRACTO



Escritura N°:	20220201001P00959						
ACTO O CONTRATO:							
DECLARACIÓN JURAMENTADA PERSONA NATURAL							
FECHA DE OTORGAMIENTO:	21 DE JULIO DEL 2022, (10:56)						
OTORGANTES							
OTORGADO POR							
Persona	Nombres/Razón social	Tipo interviniente	Documento de identidad	No. Identificación	Nacionalidad	Calidad	Persona que le representa
Natural	TIGSE VARGAS WILSON GEOVANNY	POR SUS PROPIOS DERECHOS	CÉDULA	1726177122	ECUATORIANA	COMPARECIENTE	
A FAVOR DE							
Persona	Nombres/Razón social	Tipo interviniente	Documento de identidad	No. Identificación	Nacionalidad	Calidad	Persona que representa
UBICACIÓN							
Provincia		Cantón		Parroquia			
BOLÍVAR		GUARANDA		GABRIEL VEINTIMILLA			
DESCRIPCIÓN DOCUMENTO:							
OBJETO/OBSERVACIONES:							
CUANTÍA DEL ACTO O CONTRATO:	INDETERMINADA						

NOTARIO(A) GUIDO FABIAN FIERRO BARRAGAN

NOTARÍA PRIMERA DEL CANTÓN GUARANDA



CERTIFICADO DIGITAL DE DATOS DE IDENTIDAD



Número único de identificación: 1726177122

Nombres del ciudadano: TIGSE VARGAS WILSON GEOVANNY

Condición del cedulao: CIUDADANO

Lugar de nacimiento: ECUADOR/PICHINCHA/MEJIA/MACHACHI

Fecha de nacimiento: 17 DE OCTUBRE DE 1991

Nacionalidad: ECUATORIANA

Sexo: HOMBRE

Instrucción: SUPERIOR

Profesión: ESTUDIANTE

Estado Civil: CASADO

Cónyuge: VILLACIS CHANGOLUISA XIMENA MARCELA

Fecha de Matrimonio: 31 DE AGOSTO DE 2018

Datos del Padre: TIGSE MORETA LUIS ASDRUBAL

Nacionalidad: ECUATORIANA

Datos de la Madre: VARGAS CHILIG MARIA ALEJANDRINA

Nacionalidad: ECUATORIANA

Fecha de expedición: 31 DE AGOSTO DE 2018

Condición de donante: SI DONANTE

Información certificada a la fecha: 21 DE JULIO DE 2022

Emisor: GUIDO FABIAN FIERRO BARRAGAN - BOLIVAR-GUARANDA-NT 1 - BOLIVAR - GUARANDA

N° de certificado: 224-738-69172



224-738-69172

J. Alvear

Ing. Fernando Alvear C.

Director General del Registro Civil, Identificación y Cedulación
Documento firmado electrónicamente



DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por permitirme llegar a culminar con esta meta por haberme dado salud y muchas bendiciones para poder lograr todos mis objetivos. El presente trabajo de investigación está dedicado de manera especial a mis Padres: LUIS ASDRUBAL TIGSE MORETA y MARÍA ALEJANDRINA VARGAS CHILIG ya que son los pilares fundamentales brindándome su protección, amor lo cual me hace sentir muy orgulloso de ellos, a mi esposa XIMENA MARCELA VILLACIS CHANGOLUISA y MIS HIJAS ARLETH y VALENTINA TIGSE, a mis hermanos ÁNGEL, ALEJANDRO, NANCY, PATRICIA, NORMA y LUIS por estar allí en los malos y buenos momentos; a mis abuelitos, CARLOS TRANSITO, ESPIRITU, por ese apoyo y voto de confianza, LUIS quien desde el cielo me están guiando.

A mis amigos REMIGIO, KEVIN, quienes me colaboraron durante la fase de investigación.

Wilson Tigse

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios dador de la vida por permitirme a diario continuar en el camino de la sabiduría, brindarme valentía en los días más difíciles de mi carrera estudiantil, por más duros que fueron mis obstáculos nunca los deje vencer.

A mi alma máter “Universidad Estatal de Bolívar” la cual me abrió sus puertas para poder alcanzar mi meta tan anhelada; además, agradecer a mi querida Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente que mediante la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia me brindó los conocimientos, habilidades y herramientas las cuales me serán de gran utilidad para poder desenvolverme como profesional. A mi Tribunal de Grado, que gracias a sus aportes pude culminar estuvieron guiándome hasta el final en mi tesis de grado. Mi eterna gratitud a mi director de tesis DrC. Manuel Teodoro Pesántez Campoverde, PhD., quien estuvo presente en cada etapa de la realización de la investigación dando sus oportunas observaciones y recomendaciones; al Ing. Danilo Montero, Mg. Por su apoyo en la revisión del procesamiento de datos y redacción de resultados. Al Ing. Vinicio Montalvo, MSc. Por su colaboración oportuna en la revisión científica del documento de tesis.

Gracias a todo el personal Docente de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia por ayudarme a formar como Médico Veterinario Zootecnista.

Wilson Tigse

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la curva de lactancia de vacas *Holstein friesian* en el cantón Mejía, provincia de Pichincha, Ecuador. Los datos fueron analizados utilizando la función de Gamma Incompleta en el SAS, vw. 9.4 (2014). La comparación de las medias mínimo cuadráticas se realizó, a través, del PROC MEANS y, la correlación de los caracteres de la producción de leche mediante el procedimiento CORR. Se determinó la curva de lactancia $Yt=19.7928 \pm 1.9266t - 0.054021 \pm 0.0266(-0.00089322 \pm 0.00022t)$; la duración de la lactancia_ DLAC, fue de, 309.8 \pm 4.28 días; la producción inicial fue de 23.16kg; el tiempo al pico, 60.48 días; se obtuvo un R²A, 85.10%; estadístico de Durbin Watson_ DW, 1.48; La correlación entre la producción de leche total _LTOTAL y la producción día control _PDC, se alcanzó con el PDC_10, 41.56% y que correspondió con el secado de la vaca. Se concluye, que la función Gamma Incompleta ajusto la producción de leche de vacas Holstein friesian bajo las condiciones ambientales del cantón Machachi, provincia de Pichincha, Ecuador.

Palabras clave: Holstein friesian, curva de lactancia, gamma incompleta.

SUMMARY

The objective of the research was to determine the lactation curve of Holstein Friesian cows in the Mejía canton, Pichincha province, Ecuador. Data were analyzed using the Incomplete Gamma function in SAS, v. 9.4 (2014). The comparison of the least squares means was carried out through the PROC MEANS and the correlation of the milk production characters using the CORR procedure. The lactation curve was determined $Y_t = 19.7928 \pm 1.9266t^{0.054021} \pm 0.0266(-0.00089322 \pm 0.00022t)$; the duration of lactation_ DLAC, was 309.8 ± 4.28 days; the initial production was 23.16kg; time to peak, 60.48 days; a R2A was obtained, 85.10%; Durbin statistic Watson_ DW, 1.48; The correlation between the total milk production _LTOTAL and the control day production _PDC, was reached with the PDC_10, 41.56% and that corresponded to the drying of the cow. It is concluded that the Incomplete Gamma function adjusted the milk production of Holstein Friesian cows under the environmental conditions of the Machachi canton, Pichincha province, Ecuador.

Keywords: Holstein Friesian, lactation curve, Gamma Incomplete.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE TUTORÍA	III
CERTIFICADO DE AUTORÍA	IV
CERTIFICADO DE URKUND	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY	IX
ÍNDICE DE CONTENIDOS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIV
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
CAPÍTULO II.	4
2. PROBLEMA.....	4
CAPÍTULO III.....	6
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1 Población y Producción de Leche Bovina.....	6
3.1.1 Población bovina	6
3.1.2 Producción de leche	7
3.1.3 Características morfológicas de la raza <i>Holstein friesian</i>	9
3.2 Fisiología de la Lactación	10
3.2.1 Lactogénesis	11
3.2.1.1 Lactogénesis I o inicio de la lactación.....	11

3.2.1.2. Lactogénesis II	11
3.2.1.3 Lactogénesis III o galactopoyesis.....	11
3.2.2 Eyección de la leche.....	12
3.2.3 Involución mamario o apoptosis mamaria	12
3.2.4 Mejoramiento genético en bovinos.....	13
3.2.5 Curvas de lactancia y características.....	14
3.3 Períodos de la Curva de Lactación.....	17
3.3.1 Primer tercio de lactación.....	17
3.3.2 Segundo tercio de lactación.....	17
3.3.3 Tercer tercio de la lactancia	18
3.3.4 Período seco.....	18
3.4 Métodos Para Estimar la Curva de Lactancia.....	18
3.4.1 Función gamma incompleta	19
CAPÍTULO IV.....	20
4. MARCO METODOLÓGICO	20
4.1 Ubicación de la Investigación	20
4.2. Localización de la Investigación	20
4.3. Situación Geográfica y Climática	20
4.3.1. Zona de vida	21
4.3.2. Fuentes de información	21
4.4 MATERIALES Y METODOS.....	21
4.4.1 Materiales.....	21
4.4.2. Métodos	22
4.4.2.1. Diseño bibliográfico	22
4.4.2.2. Factores en estudio	22
4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	23

4.6 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	23
4.7 Análisis Estadístico y Prueba de Significancia.....	25
CAPÍTULO V.....	26
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1 Manejo de Datos.....	26
5.2 Producción Día Control_ PDC	26
5.3 Producción de Leche Total_ LTOTAL.....	29
5.4 Duración de la Lactancia_ DLAC.....	30
5.5 Curvas de Lactancia.....	32
5.6 Correlaciones Entre Rasgos de Producción de Leche	37
CAPÍTULO VI.....	39
6. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	39
CAPITULO VII	41
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
CONCLUSIONES.....	41
RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	43

INDICE DE TABLAS

Tabla N^o	Descripción	Pág.
1	Caracterización morfométrica de la raza <i>Holstein friesian</i> .	10
2	Situación geográfica donde se realizará investigación.	22
3	Situación ambiental de la zona de estudio.	22
4	Estadística descriptiva de producción día de control _PDC.	30
5	Parámetros de tendencia central, dispersión y simetría de leche total (LTOTAL).	32
6	Parámetros de tendencia central, dispersión y simetría de DLAC.	33
7	PI, TP, PP, producción leche total estimada y desvíos.	36
8	Parámetros de la función de Wood, error estándar, significación, coeficiente de determinación, coeficiente de determinación ajustado, coeficiente de Durbin Watson	39
9	Correlación entre leche total, duración de la lactancia y producción día control.	41
10	Test de normalidad entre leche observada y leche predicha	42
11	Test de correlación de Pearson entre leche observada y leche predicha	42

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N^o	Descripción	Pág.
1	Población de ganado bovino a nivel mundial período 2010-2019.	7
2	Producción de leche bovino a nivel mundial período 2010-2019.	8
3	Producción de leche de ganado bovino en Ecuador período 2010-2019.	9
4	Curva de Lactación Modelo ajustada a 305 días	16
5	Curva de lactancia media ajustada observada en vacas <i>Holstein friesian</i>	35
6	Valores observados, ecuaciones y curvas de lactancia media. estimadas en vacas <i>Holstein friesian</i> .	38

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La producción bovina a nivel mundial, está enfocada a la producción de leche y de doble propósito, de acuerdo, a las estadísticas de la FAO, el Ecuador tuvo una producción de 1'787.489 toneladas de leche en diferentes sistemas de producción, lo que ha permitido destinar el producto a la venta en líquido, crianza de terneros, procesamiento de productos lácteos, entre otros, siendo el 75.90% producción de la región sierra; 18.84% región costa; 5.11% región amazónica y 0.14% zonas no delimitadas. (FAO, 2022)

La producción de leche es afectada por factores genéticos y ambientales, dentro de los genéticos se encuentran: la raza, y en los ambientales: el período interparto, orden de parto, la época de parto, el manejo zootécnico, nutricional, entre otros; además, el desempeño reproductivo en forma general está determinado por factores como el medio ambiente, nutrición, raza, edad y manejo (Salgado *et al.*, 2002).

En el país existe la Asociación Holstein Friesian del Ecuador (AHFE) la cual lleva el control de la producción de leche, como actividad de relevancia; de esta manera mantiene una relación con los ganaderos aportando al mejoramiento de los aspectos productivos y reproductivos de las ganaderías en donde realiza el control lechero. En Ecuador, al igual que en otros países se ha utilizado razas especializadas en la producción lechera como también en cruzamientos con ganado local, según, lo manifiesta Apaza *et al.* (2016). La raza *Holstein friesian* es la más significativa en Ecuador en relación a las razas *Pardo suizo* y *Jersey*.

Quintero *et al.* (2007), dice la forma correcta de asociar los factores reproductivos con la producción de leche durante la trayectoria de producción, es caracterizando la curva de lactancia. En Ecuador, el registro e interpretación de los controles tanto productivo como reproductivo no se ha enfocado al análisis para realizar valoraciones genéticas; a pesar de que en la actualidad existen metodologías estadísticas, para la predicción de la misma y en base a ella tomar decisiones ya sea en la selección de reproductores o en el diseño de los programas de mejoramiento genético, nutrición y alimentación.

El interés de la curva de lactancia en el área del mejoramiento genético, es predecir el desempeño de todas las madres, información que puede ser utilizada en la selección de animales jóvenes destinados a las pruebas de progenie, desempeño o, ambas (Fernández *et al.* 2001). Los modelos matemáticos más utilizados en la caracterización de la curva de lactancia son los modelos polinomiales y los modelos no lineales (Quintero *et al.*, 2007), mismas que permiten modelar e identificar puntos críticos de la lactancia, además, la estimación de los parámetros de la curva, los cuales se han utilizado como base en el cálculo de lactancias incompletas, para el conocimiento y la toma de decisiones en cuanto al manejo zootécnico y nutricional de la producción de leche y su trayectoria a través del tiempo.

Es necesario entender la trayectoria de la curva de lactancia y los fenómenos que la afectan, para describir una curva de lactancia, es posible prever la producción de leche en cualquier período; con la posibilidad de proyectar la producción total de las lactancias, no obstante, también, permite utilizar las vacas madres e hijas en la evaluación de los toros (Henaó *et. al.*, 2017). Por otra parte, no se pueden realizar valoraciones productivas a partir de los estimados de la curva de lactancia que permitan seleccionar animales por su forma de curva de producción de leche.

Para, Ossa *et al.* (2008), por ejemplo, la selección de animales utilizando la curva de lactancia, permitirá identificar los animales deseables por su “mérito genético”, el cual, está expresado por el conjunto de genes total. Sin embargo, el genotipo se debe tener presente que el genotipo no es visible y, que éste se expresa a través del fenotipo.

Cabe recalcar que no existen históricos de investigaciones planteadas en este contexto en el Ecuador, por lo tanto, es necesario desarrollar un mecanismo de asesoramiento técnico en base a los datos muestrales recogidos a nivel de ganaderías y su interpretación de los mismos, que permita un análisis mediante procedimientos estadísticos utilizando modelos matemáticos, para un manejo eficiente de los hatos ganaderos en cuanto a mejora genética a nivel local.

El objetivo general propuesto fue: Caracterizar la curva de lactancia mediante modelación lineal de vacas de la raza *Holstein friesian* en el cantón Mejía, provincia de Pichincha, Ecuador. Y, entre los objetivos específicos:

Determinar la curva de lactancia de vacas de la raza *Holstein friesian*.

Utilizar una función no lineal, para modelar la producción de leche de vacas en el cantón Mejía, provincia de Pichincha.

Comparar las correlaciones entre los componentes de la curva de lactancia y producción de leche total y largo de lactancia.

CAPÍTULO II.

2. PROBLEMA

En estas última década la mejora de la producción de leche ha sido de interés a nivel nacional, lo cual se viene logrando en base al control de los factores que la afectan, un manejo reproductivo eficiente, buena nutrición, bienestar animal con el uso de instalaciones adecuadas que permitan aplicar selección positiva o negativa que se vea reflejada en una respuesta y diferencial de selección de la producción de leche los esfuerzos dedicados a la mejora animal; De todo lo anterior, surge el siguiente problema de investigación: los modelos matemáticos a utilizar ajustarán la curva de lactancia de vacas de la raza *Holstein friesian*, para las condiciones ambientales en Ecuador?. La presente investigación tiene gran importancia al plantear una válida y fundamentada herramienta a los productores lecheros del país, para la gestión de decisiones de selección de animales, según, el nivel de producción que posean en el mismo hato lechero o entre hatos; pues la elaboración de curvas de lactancia les permite predecir el rendimiento total de leche o diaria (Wood, 1974) o de varios días de prueba al inicio de la lactancia (Goodall y Sprevak, 1985) y con tal conocimiento, los productores lecheros podrán tomar decisiones de manejo en los múltiples aspectos relacionados a la producción individual.

A demás, la producción lechera al ser un rasgo básico de la sostenibilidad de los sistemas de producción bovino, es necesario caracterizarla mediante la curva de lactancia de las vacas, que resulta de gran utilidad para programar prácticas de manejo y el mejoramiento genético en varios sistemas de producción animal (Wood 1969, Wood 1976, Madalena *et al.* 1979).

En el Ecuador no existen estudios relacionados a los planteado en la presente investigación, Sin embargo, los estudios relacionados en el país están relacionados a la especie caprina. Por otro lado, Fernández (2001), manifiesta que para caracterizar las curvas de producción lechera es fundamental conocer los modelos que mejor las definen; estos son, los que permitirían predecir los valores esperados y a su vez, ayudan a estimar los parámetros de la misma, para conocer con una precisión alta los valores más probables de las lactancias extendidas.

La investigación también plantea obtener una curva de lactancia estándar de la población de animales, a partir de la cual, lactaciones incompletas pueda estimarse la producción de leche total. Las extensiones de lactancia son de interés práctico en las valoraciones genéticas, ya que permiten predecir la producción de leche total a partir de registros parciales, para realizar las evaluaciones de toros y seleccionar, lo antes posible, las madres de los futuros sementales (Fernández, 2001).

Por otra parte, no se pueden realizar valoraciones productivas a partir de los estimados de la curva de lactancia que permitan seleccionar animales por su forma de curva de producción de leche. Para, Ossa *et al.* (2008), por ejemplo, la selección de animales utilizando la curva de lactancia permitirá identificar los animales deseables por su “mérito genético”, el cual, está expresado por el conjunto de genes total. Sin embargo, se debe tener presente que el genotipo no es visible y que éste se expresa a través del fenotipo. En virtud de que no existe investigaciones realizadas en la zona de estudio con la temática propuesta, la contribución teórica de la presente investigación determinar la curva de lactancia de vacas *Holstein friesian* bajo las condiciones ambientales del cantón Mejía, es deseable, para realizarlo en otras zonas lecheras de Ecuador.

CAPÍTULO III.

3. MARCO TEÓRICO

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 complejo y sujeto a influencias, tanto genéticas como ambientales. Esto implica que se deba tener cuidado al emplearla para evitar interpretaciones erróneas (Mejía y Ortiz, 1990).

Es importante resaltar al productor que los registros de producción lechera son esenciales para un manejo adecuado de los hatos y mejoramiento genético eficiente del ganado lechero. Con el afán de reducir costos en la recolección y procesamiento de la información, en los últimos tiempos y en diferentes países se han desarrollado numerosos sistemas de registros de producción sistemas estos que complementan el método estándar supervisado de recolección de información orientado a reducir costos sin afectar la precisión.

3.1 Población y Producción de Leche Bovina

3.1.1 Población bovina

La existencia mundial de vacas en el año 2020 fue de 1.525'939.479 millones cabezas, que se distribuyeron por continente América, 531'349.139; Asia, 473'494.932; África, 370'960.336; Europa, 116'078.777 y Oceanía, 34'056.295 (FAO, 2022). Ver gráfico N° 01.

Las mayores poblaciones de ganado vacuno, expresadas en millones de animales a nivel mundial, están en Brasil 218'150.298; India 194'482.355; Estados Unidos 93'793.300; China 61'128.843; Etiopía 70'291.776; Argentina 54'460.799 (FAO, 2022).

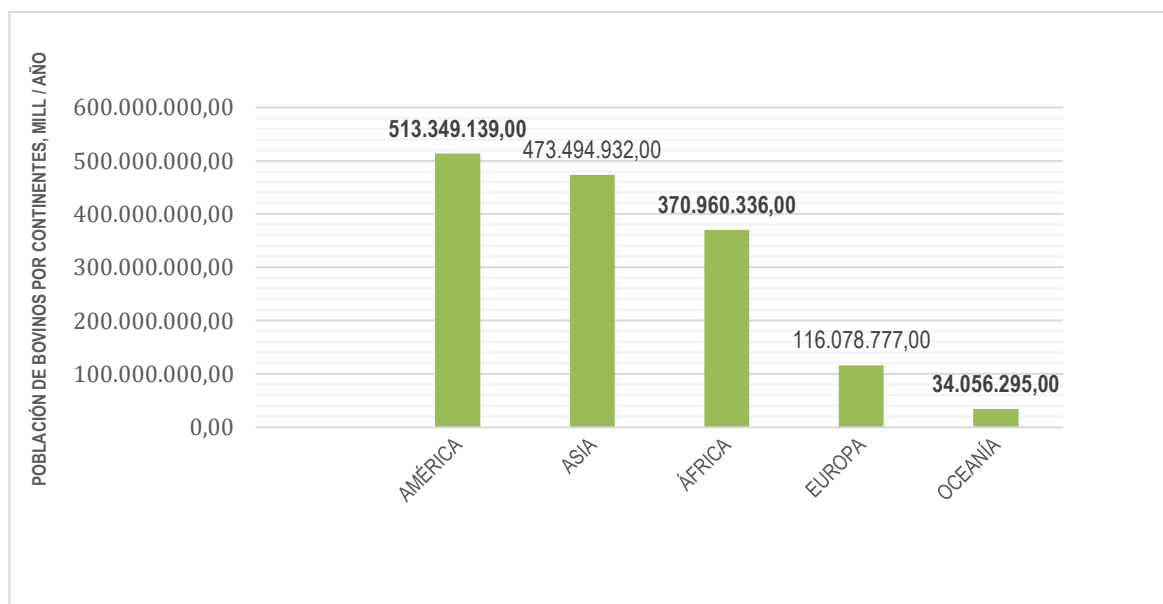


Gráfico N° 01. Población de bovinos por continentes

Elaborado por: Tigse W. (2022).

En América existen 513´349.139 cabezas de ganado vacuno, los países con mayor la cantidad es Brasil (42.50%), Estados Unidos (18.27%), Argentina (10.61%), México (6,94%), Colombia (5.50%) y Venezuela (3.16%) (FAO, 2022).

Según, análisis de la FAO (2022) el Ecuador registra 4´335.924 cabezas de ganado bovino, lo cual representa el 0.28% de la población mundial, valores que ha descendido en el país a partir del 2011 y ha presentado un incremento desde el 2015.

3.1.2 Producción de leche

La producción mundial de leche de vaca fue de 718´038.443 t en el año 2020. Sin embargo, la mayor cantidad de leche fresca de vaca del planeta se produjo en países como Estados Unidos, con 101´251.009.736 t; seguido de la India con 87´822.387 t y luego Brasil con 36´508.411 t. (FAO, 2022).

La ganadería tiene una importancia clave para América Latina y el Caribe, y es una fuente de alimentos básicos para la seguridad alimentaria de su población. América Latina, con sus extensas áreas de pasturas, un régimen climático favorable y un uso racional de insumos, que incluye granos (cereales, soya) y fertilizantes,

cuenta con todos los ingredientes naturales para ser un importante productor pecuario, para satisfacer las demandas de alimentos y garantizar la seguridad alimentaria regional y mundial (FAO, 2022). Ver gráfico N° 02.

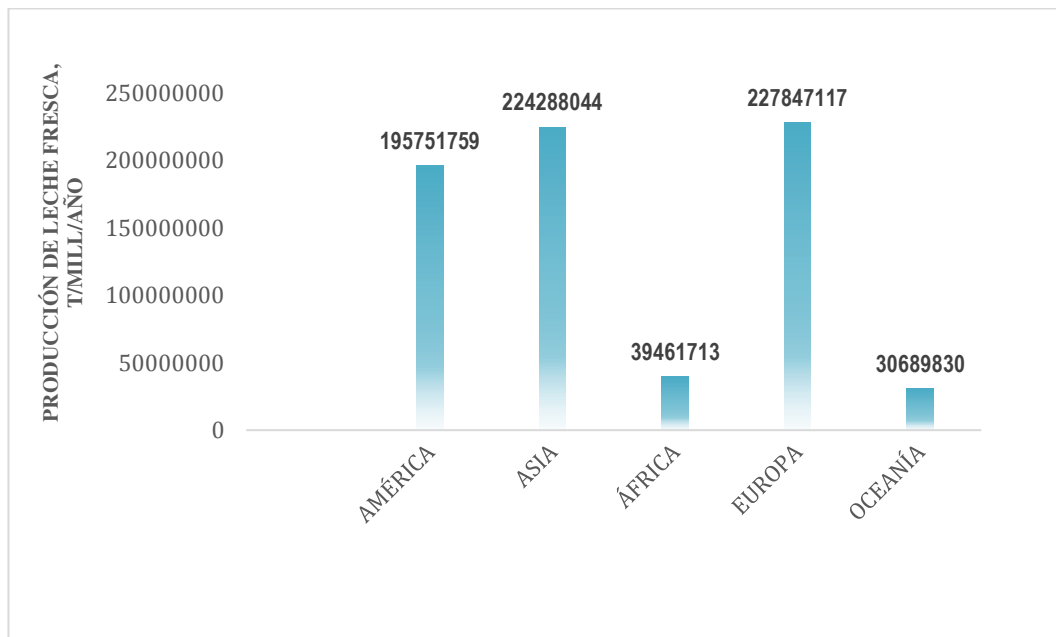


Gráfico N° 02. Producción de leche fresca bovina por continentes, año 2020.

Elaborado por: Tigse W. (2022).

El Ecuador produjo según la FAO (2022) la cantidad de 1'787.489 t de leche, lo cual representa el 0.91% del total de producción de América, existiendo variaciones de producción entre los años 2010 y 2020, reportándose que en la actualidad la producción de leche de vaca en el país ha tenido un declive notorio, pudiendo existir factores ambientales y genéticos que la están afectando. Ver gráfico N° 03.

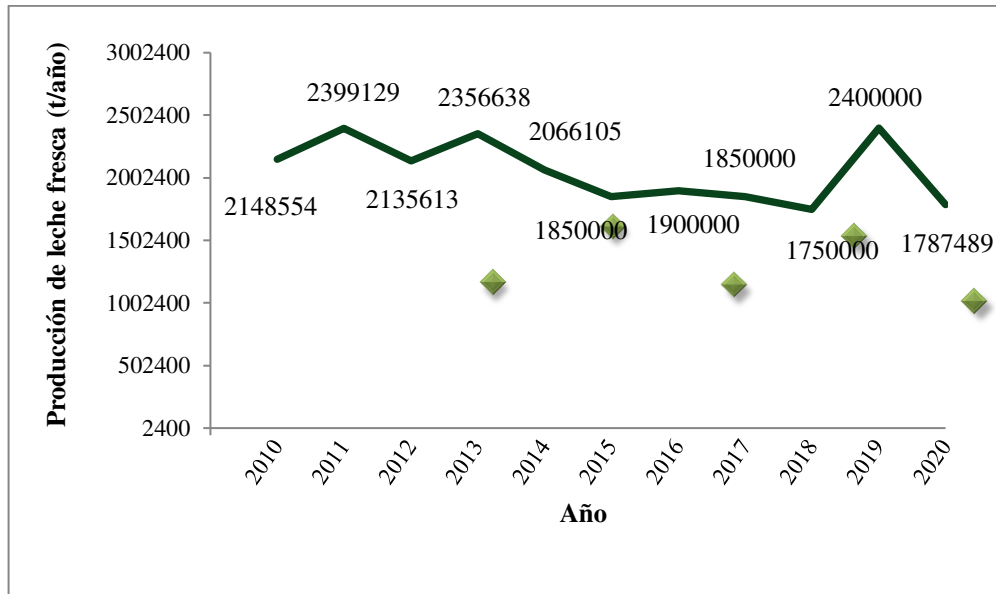


Gráfico N° 03. Producción de leche fresca de bovino en Ecuador

Elaborado por: Tigse W. (2022).

3.1.3 Características morfológicas de la raza *Holstein friesian*

Para la Holstein Association USA Inc. (2005) el ganado de la raza *Holstein friesian* tuvo su origen en Europa, hace aproximadamente 2 mil años, del cruce de animales negros de la tribu Batavia y animales blancos de la tribu Friesian; de talla grande, con estilo y patrones de color blanco y negro o rojo y blanco. Ver tabla N° 01.

Al nacimiento pesan entre 40 a 45 kg, y al llegar a la adultez pesan entre 350 a 500 kg. A la madurez sexual llegan a los 13 meses aproximadamente, y el primer parto entre los 23 a 26 meses, con gestaciones de nueve meses con un rango de + 0 – 15 días. La vida media de producción es aproximadamente 4 años. Los rasgos descriptivos lineales de la raza están en base de los actuales sistemas de calificación del tipo y son el fundamento de todos los sistemas descriptivos de la vaca de leche. La calificación lineal está basada en las medidas de los caracteres, no lo deseable que sean.

Tabla N° 01. Caracterización morfométrica de la raza *Holstein friesian*

Características	WHFF ¹	USA ²	CAN ³	ECU ⁴
Estatura	✓	✓	✓	✓
Fortaleza	✓	✓	✓	✓
Profundidad del Cuerpo	✓	✓	✓	✓
Carácter Lechero	✓	✓	✓	✓
Angulo Anca	✓	✓	✓	✓
Anchura del Anca	✓	✓	✓	✓
Patas Traseras vista posterior	✓	✓	✓	✓
Patas Traseras vista lateral	✓	✓	✓	✓
Angulo del pie	✓	✓	✓	✓
Ubre delantera	✓	✓	✓	✓
Colocación pezones delanteros	✓	✓	✓	✓
Largo de pezones	✓	✓	✓	✓
Profundidad de Ubre	✓	✓	✓	✓
Altura Ubre Posterior	✓	✓	✓	✓
Ligamento Medio	✓	✓	✓	✓
Colocación pezones posteriores	✓	✓	✓	✓
Locomoción	✓			
Condición Corporal	✓	✓		
Balance de la Ubre		✓		✓
Ancho Ubre trasera		✓	✓	✓
Posición Coxo-femoral		✓	✓	
Estatura Anterior del cuerpo			✓	
Profundidad Talón			✓	
Calidad del Hueso			✓	
Firmeza del lomo			✓	
Textura de la ubre			✓	

Leyenda: ¹ World Holstein Friesian Federation, 2009; ² Asociación Holstein de los Estados Unidos, 2005; ³Asociación Holstein de Canadá, 2005; ⁴Asociación Holstein Friesian del Ecuador, 2008.

3.2 Fisiología de la Lactación

La fisiología de la lactación implica el desarrollo de la glándula mamaria desde la etapa fetal hasta la edad adulta, el desarrollo futuro durante la preñez y el inicio de la lactancia con los consecuentes sucesos adaptativos metabólicos y de comportamiento (Glauber, 2007). En un animal lactante, la secreción de leche es regulado hormonalmente en forma continua. Según, Smidt y Ellendorff (1972), el desarrollo normal de la glándula mamaria es la relación existente entre las hormonas adenohipofisarias y las del ovario. La prolactina, los estrógenos y la progesterona, por efecto conjunto, ocasionan la proliferación de la glándula mamaria.

Por otro lado, Glauber (2007) menciona que al inicio de la preñez el sistema endocrino sufre dramáticos cambios. El crecimiento de la glándula mamaria es estimulado por la hormona de crecimiento (HC) y la prolactina (PRL), esteroides adrenocorticales, estrógeno y progesterona, gastrina y secretina del sistema gastrointestinal.

3.2.1 Lactogénesis

Se conoce al comienzo de la lactación y está dada por una serie de cambios celulares.

3.2.1.1 Lactogénesis I o inicio de la lactación

Está caracterizada por los cambios enzimáticos y citológicos de las células alveolares durante el tercio final de la gestación; las células epiteliales mamarias (lactocito o CEM) pasan de un estado no secretorio a uno secretorio, período destacado por la formación del calostro y la inclusión de inmunoglobulinas. Angulo y Olivera, (2010) manifiestan en estudios realizados sobre la fisiología de la lactancia, antes del proceso de parto se produce el pre calostro, cuyos componentes son: lactosa, lactoalbúmina, caseína, triglicéridos, citratos, inmunoglobulinas, cloro, sodio y potasio; la secreción que ocurre durante esta fase es restringida a un número limitado de células alveolares, con desarrollo incompleto de todos los mecanismos secretores.

3.2.1.2 Lactogénesis II

Es caracterizada ya que el período va entre 0 y 4 días antes del parto y, hasta 2 y 3 días postparto, se produce una secreción copiosa de todos los componentes de la leche, es una etapa corta.

3.2.1.3 Lactogénesis III o galactopoyesis

Según, Mustafa (2001) esta etapa es definida como el mantenimiento de la lactancia, una vez establecida. Los cambios que ocurren en la glándula mamaria son, en parte, regulados por las hormonas galactoyéticas y, en parte por factores

mamarios locales. Esta etapa inicia con la producción de la leche de transición (24 a 72 horas posparto), y termina cuando se desencadena la involución de la glándula mamaria.

El mantenimiento de la lactancia está bajo la influencia de una combinación de factores endocrinos, autocrinos y metabólicos, que varían de acuerdo con las especies y la etapa de lactancia (Hartmann *et al.*, 1996; citado en Angulo y Olivera, 2010). Las hormonas que regulan la lactación son: prolactina, hormona del crecimiento, lactógeno placentario, los glucocorticoides, las hormonas tiroideas y los esteroides ováricos. La insulina y la oxitocina esta relacionadas con la conservación de la galactopoyesis (Rueda, 20 04; citado en Angulo y Olivera, 2010).

3.2.2 Eyección de la leche

En los alveolos se produce la leche y el producto se acumula en los conductos excretores y en el seno galactóforo donde permanece almacenada hasta el ordeño, aumentando así la presión de la ubre. Al inicio del ordeño, la leche está a dos niveles: primero situada en las cisternas y en los grandes conductos galactóforos (leche cisternal), y la segunda que está en la región alveolar y en los conductos lobulares finos (leche Alveolar), de difícil extracción. La salida de leche desde el alveolo, es acompañada de la contracción de las células mioepiteliales que se sitúan alrededor del alveolo y los ductos, gracias a la acción de la oxitocina que viaja mediante el torrente sanguíneo (Ayadi, 2003).

3.2.3 Involución mamario o apoptosis mamaria

Los cambios en la morfología de la glándula mamaria durante la involución son el reflejo de la falta de actividad secretora. Además, durante este período aumentan significativamente varios factores protectores, tanto humorales como celulares.

En las últimas décadas, a través de la mejora genética y del manejo nutricional, sanitario y ambiental, se ha logrado un importante incremento en la producción de leche por vaca. Entre otras medidas de manejo, para alcanzar una óptima

producción de leche, existe consenso en la necesidad de contar con un período no lactante (o seco) previo al parto; se considera que éste debería tener una duración de 40 a 60 días. El manejo actual de las vacas lecheras determina que exista una superposición significativa entre lactancia y preñez, de tal forma que los animales se encuentran generalmente en el último tercio de la gestación cuando se interrumpe el ordeño. Consecuentemente, cuando esto ocurre, los estímulos mamogénicos y lactogénicos de la preñez se oponen a los estímulos para la involución mamaria.

Los cambios en la morfología de la glándula mamaria durante la involución no muestran las típicas características de regresión tisular, sino que son el reflejo de la falta de actividad secretora. El aspecto más evidente es el mantenimiento de la estructura alveolar a lo largo del período seco, a diferencia de lo observado en otras especies de mamíferos, ya que el porcentaje de área de tejido ocupado por epitelio mamario no muestra variaciones.

Entre los días 25-30 del secado, el área de lumen alveolar decrece a un mínimo, para luego comenzar a incrementarse; mientras que el área ocupada por estroma aumenta al máximo a los 35 días de involución y disminuye al mínimo a los siete días preparto (Calvinho, 2013).

3.2.4 Mejoramiento genético en bovinos

El mejoramiento genético o mejora animal consiste en la evaluación y selección de animales por su producción; en el sector ganadero se busca mejorar la productividad de carne, leche, así como, la rusticidad y fertilidad de los animales, por medio de cruzamientos, mejorando la calidad y volúmenes de la producción e influyendo directamente en la rentabilidad.

Actualmente, los adelantos biotecnológicos proponen mejorar los niveles productivos de una empresa ganadera, a partir, de la inseminación artificial _IA y la inseminación artificial a tiempo fijo_ IATF, trasplante de embriones _TE. Por otro lado, la curva de lactancia se esta utilizando como una herramienta estratégica para seleccionar animales con producciones estables y poder controlar problemas metabólicos derivados de una inadecuada alimentación y nutrición animal producto

de una mayor demanda de nutrientes en los picos de producción que tienen los animales en su ciclo de producción de leche.

De igual manera, algunos segmentos de la curva de lactancia han sido estudiados y se han determinado parámetros, tales como, la heredabilidad, lo cual permite ser utilizada como una herramienta valedera en la selección de animales por su producción; entre otros aspectos, de especial importancia de la curva de lactancia nos permiten predecir la producción de leche total de hembras que aún se encuentran en el proceso de galactopoyesis, facilitan la evaluación de toros y posibilitan seleccionar de manera rápida las madres de los futuros reproductores. Además, permiten establecer épocas de máxima producción de leche en el rebaño, lo que facilita tomar precauciones en la alimentación animal, a fin, de no provocar desbalances alimentarios y poder controlar patologías mamarias (Tigse, 2022).

3.2.5 Curvas de lactancia y características

La descripción exacta de las curvas de lactancia es un tema interesante para la cría y la gestión propósitos en la producción lechera. Las curvas de lactancia son también una herramienta eficiente para la mejora genética de los rasgos de producción de leche. En las últimas dos décadas, se ha dedicado un gran esfuerzo a investigar el uso directo de los rendimientos del día de prueba (TD) basados en la evaluación genética del ganado lechero y en el mérito genético (Otwinska *et al.*, 2013).

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). 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 (Rivera, 2006). El uso de modelos matemáticos ha permitido conocer las curvas de lactancia de animales domésticos en diferentes sistemas de producción lechera. Sin embargo, no todos los modelos matemáticos se adecúan a una curva de lactancia típica, con sus respectivas fases secuenciales de producción ascendente, máxima y descendente. Por consiguiente, un modelo adecuado sería aquel que permita predecir la producción máxima y el lapso requerido para que ella ocurra.

Asimismo, los parámetros de un modelo adecuado de la curva de lactación deben reflejar las influencias de factores genéticos, fisiológicos, productivos, ambientales, y sus interacciones. 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 el gráfico N° 04, 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 (Rivera, 2006).

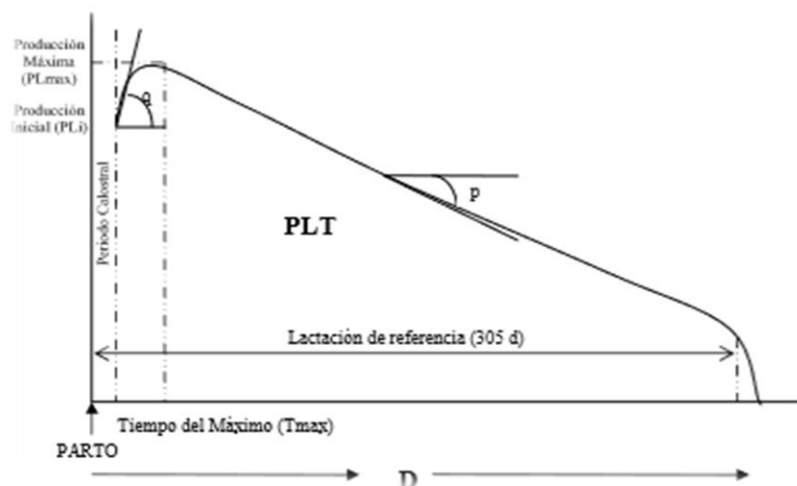


Gráfico N° 04. Curva de lactación, modelo ajustada a 305 días

Elaborado por: Martí (1999).

La curva de lactación se puede caracterizar por una serie de parámetros: a) Duración de la lactación (DL): definida por el intervalo parto-secado (Gráfico N° 04); b) Producción inicial (PI): estimada por la media de producción de los días 4 a 6 post_ parto, una vez finalizado el período calostroal; c) Producción máxima o pico de producción (PP): es la producción de leche diaria en el momento del máximo de la curva; suele presentarse hacia las 3-10 semanas después del parto (Gráfico N° 04). Son los parámetros que se utilizan para la modelación matemática de ajuste de la curva de lactación, los valores de PP y tiempo al pico (TP) son considerados respectivamente como ordenada y abscisa, donde la cantidad de PP 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; d) Producción total (LT): 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 al pico y producción inicial.

La forma de la curva para los porcentajes de grasa y proteína siguen una relación inversa a la curva de producción de leche. Así, durante los primeros días correspondientes al calostro, los componentes sólidos en la leche son altos, pero caen rápidamente en la misma proporción en que la producción de leche incrementa; hacia el último tercio de la lactación el incremento de los sólidos vuelve a ser significativo (Silvestre, 2001).

Según Macciotta *et al.* (2005), el tiempo al cual el pico de producción ocurre es altamente variable y puede hallarse entre las dos y las ocho semanas, diferencias que están asociadas a la raza. Los estudios en bovinos realizados por Andersen y Jensen (2011), acerca del pico de producción demostraron que las curvas con picos muy pronunciados ponen en riesgo la salud de la ubre y al mismo tiempo promueven la preñez precoz.

Igualmente, Husvéth (2011) señaló que la disminución paulatina de la curva después de alcanzar la producción máxima, es considerada normal, como consecuencia de un proceso de involución gradual de la glándula mamaria,

caracterizado por una disminución en el número de lactocitos y tasa de apoptosis celular de la glándula lactante.

3.3 Períodos de la Curva de Lactación

3.3.1 Primer tercio de lactación

Se extiende desde el momento del parto hasta los 100 días de lactancia. Es este el tramo en que la vaca entrega la mayor producción en litros/día. Paradójicamente, coincide con el período en el que, a pesar de tener sus mayores requerimientos de energía, disminuye su capacidad de consumo voluntario de materia seca (energía). Esto hace que entre en un período denominado balance energético negativo, en el que consume sus reservas grasas, perdiendo consecuentemente peso corporal.

Este período, también es crítico dado a que en su desarrollo se debe producir una nueva preñez que asegure, nueve meses después, un nuevo ciclo productivo. El intervalo parto-concepción (IPC) no tiene una duración fija, ya que no necesariamente la vaca queda preñada en el primer celo detectado. Al tener el período de gestación una duración fija, es obvio que toda demora en la concepción alargamiento del IPC supone, en principio, una prolongación del ciclo productivo. Etapa donde se alcanza el pico de la lactancia y aproximadamente el 45 por ciento del total de la producción de leche (Cartier y Cartier, 2004).

3.3.2 Segundo tercio de lactación

Se extiende desde los 100 días hasta los 200 días de lactancia, etapa en la cual se obtiene el 32 por ciento de producción total de leche aproximadamente. En este tercio la vaca se encuentra en estado de gestación, lo que supone que, simultáneamente, está produciendo leche y ternero. Como se aprecia en la Figura 3, en este tercio comienza la mejora del estado corporal del animal debido a que la capacidad de consumo voluntario comienza a incrementarse junto con una disminución de los requerimientos de producción (Alquinga y Guamán, 2012).

3.3.3 Tercer tercio de la lactancia

Este periodo, se extiende entre los 200 y 300 días de lactancia; en esta etapa la vaca se encuentra en el segundo tercio de gestación. En este tercio se obtiene aproximadamente el 23 % de producción total de leche. Este es el tramo de menor eficiencia de producción de leche en términos de volumen. Aquí se hace evidente el problema que plantea la demora en la preñez de la vaca (alargamiento del IPC), ya que, si bien prolonga el ciclo productivo de leche, lo hace en el tramo de menor eficiencia. Finalmente, al aproximarse el período de parto, disminuye la capacidad de consumo voluntario (Alquina y Guamán, 2012).

3.3.4 Período seco

Es el período que va desde el final de la lactancia al parto siguiente, la vaca debe secarse en el séptimo mes de gestación, lo que coincide con 10 meses de lactancia. Este período tiene como objetivo recuperar la condición corporal, regeneración de tejidos nobles, preparar la glándula mamaria para la lactancia siguiente. En particular, las tres últimas semanas previas al parto, junto con el primer mes post_ parto, integran el crítico período de transición.

3.4 Métodos Para Estimar la Curva de Lactancia

Varias metodologías ya han sido presentadas para la evaluación genética de los rasgos de producción en ganado lechero basado en registros de días de prueba (Pletcher y Jaffrezic, 2002). Actualmente, se usa el ajuste de la curva de lactancia para modelar la parte aleatoria de la curva de lactancia en los modelos de regresión aleatoria, las primeras funciones aplicadas fueron Ali, Schaeffer y el modelo Wilmink (Bohmanova *et al.*, 2008). Más recientemente, Polinomios de Legendre (Misztal, 2006) y modelos spline (Meyer, 2005) se han utilizado como los básicos en función de muchos análisis por modelos de regresión aleatoria.

Dentro de los modelos matemáticos empíricos que permiten describir una curva de lactancia, están los exponenciales negativos, Gamma Incompleto y Polinomial, los cuales permiten estimar el promedio de la producción de leche (y) en un tiempo dado (t).

3.4.1 Función gamma incompleta

La función Gamma Incompleta, la Parabólica Exponencial y el modelo de Wilmink, que fueron propuestos inicialmente por Wood (1967) y han servido extensivamente para describir la curva de la lactancia de bovinos, ovinos, cabras, búfalos y camélidos sudamericanos (Vásquez, 2017). El modelo de Wood es considerado como uno clásico muy utilizado en todo el mundo por la precisión al momento de predecir curvas de lactancia en ganado bovino, dando menores errores residuales, mayores coeficientes de determinación y altos porcentajes de convergencia, pero es necesario conocer que no solo en ésta especie se ha utilizado esta función como mecanismo para la evaluación y selección de animales, los ovinos, cabras de leche, búfalas y camélidos sudamericanos también han sido valorados en varios países con muy buenos resultados (Quintero *et al.*, 2007).

$$Y_{(t)} = a_0 t^{a_1} e^{-a_2 t}$$

Donde: a : es un factor de escala asociado al nivel de máxima producción, excepto cuando c es próximo a cero que indica la producción inmediatamente posterior al parto; t : es la fase de la lactación; b : es un índice de crecimiento de la producción (0-1); t^b integra la fase ascendente de la lactación; c : es un índice de descenso de la producción; producción máxima (pico): $a(b/c)^b e^{-b}$, tiempo para alcanzar la producción máxima: b/c ; $c^{-(b+1)}$: representa una función adimensional de la persistencia.

Este modelo puede generar curvas de muchas formas, reflejando bien las variaciones producidas por factores biológicos y ambientales. En el caso de las curvas de lactancias se consideran los parámetros β_0 , β_1 y β_2 , en los modelos mixtos al menos una de dichas variables se incluye como efectos aleatorios, los cuales permiten tener una relación no lineal con la variable respuesta (Davidian y Giltinan, 1995; Lindstrom y Bates, 1990; Pinheiro y Bates, 2000). Por ejemplo, la curva de Wood (1967) tiene β_0 , β_1 y β_2 como constantes desconocidas a estimarse; y el error, asociado a la variabilidad individual de las observaciones que no se explican con el modelo.

CAPÍTULO IV.

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1 Ubicación de la Investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Machachi, en las parroquias rurales de: Alóag, Aloasí, Chaupi, Cutuglahua, Manuel Cornejo Astorga (Tandapi), Tambillo, Uyumbicho, en el cantón Mejía, provincia de Pichincha. Donde se encuentran las vacas de la raza *Holstein friesian* en producción. Ver tabla N° 02 y 03.

4.2. Localización de la Investigación

Tabla N° 02. Situación geográfica de zona donde se realiza la investigación

Item	Descripción
País	Ecuador
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquias	Alóag, Aloasí, Chaupi, Cutuglahua, Manuel Cornejo, Astorga (Tandapi), Tambillo, Uyumbicho.

Fuente: (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN MEJÍA.)

4.3. Situación Geográfica y Climática

Tabla N° 03. Situación geográfica y climática de la zona de estudio

Item	Valor
Latitud	-0.5
Longitud	-78.5667
Condiciones meteorológicas	
Altitud, msnm.	1200 - 5126
Humedad relativa promedio anual	+088
Precipitación promedio anual	1499
Temperatura máxima	30°C
Temperatura media	15 °C
Temperatura mínima	10 °C

Fuente: (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN MEJÍA.)

4.3.1. Zona de vida

Según, la clasificación de zona de vida Holdridge, El sitio experimental corresponde a la formación de Bosque Húmedo Montano Alto (BHMA); Altitud, 3048 msnm con una temperatura de 10 °C a 30 °C.

4.3.2. Fuentes de información

- Biblioteca de la Universidad Estatal de Bolívar.
- Archivos departamento de Desarrollo Local Municipio de Mejía.
- Artículos científicos.
- Archivos de la Asociación de Ganaderos Holstein Friesian de Ecuador.

4.4 MATERIALES Y METODOS

Los materiales, equipos e instalaciones que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación se distribuirán de la siguiente manera.

4.4.1 Materiales

4.4.1.1 Material experimental

- Registros de vacas de la raza *Holstein friesian*.

4.4.1.2 Materiales de campo

- Tablet.
- Cámara fotográfica.

4.4.1.3 Materiales de laboratorio

- Laptop, PAVILLON x 360.
- Software SAS, vw, 9.4
- Libreta de apuntes.

4.4.1.4 Materiales de oficina

- Software Microsoft office.
- Computadora
- Disco externo.
- Hojas de registros

- Impresora
- Libreta de apuntes
- Hojas de papel bond, A4.

4.4.2. Métodos

La investigación se realizó con el acceso, depuración y análisis de registros productivos de vacas de la raza *Holstein friesian* correspondientes al cantón Mejía, provincia de Pichincha que tiene en sus repositorios de datos la Asociación Holstein Friesian de Ecuador.

4.4.2.1. Diseño bibliográfico

El sustento teórico se basará en información de diferentes libros, tesis, revistas impresas y digitales especializadas en curvas de lactancia.

4.4.2.2. Factores en estudio

Parámetros de la curva de lactancia, duración de la lactancia, producción de leche total, producción de leche día⁻¹.

4.4.3.1 Variables

En esta investigación se evaluarán las siguientes variables:

4.4.3.2 Variables cualitativas

- Parámetros de la curva de lactancia.

4.4.3.3 Variables cuantitativas

- Producción de leche total, kg.
- Producción de leche.día⁻¹, kg.
- Largo de lactancia, días.

4.4.4 Métodos de evaluación y datos a tomarse

- Parámetros de la curva de lactancia: se utilizó regresión no lineal con el método modificado de Gauss-Newton, en el SAS v.w. 94 (2014).
- Producción de leche total y producción de leche.día⁻¹: mediante el método de Fleischmann (1945).
- Largo de lactancia: modelación lineal.

- Criterios para selección de función matemática: coeficiente de determinación (R^2), coeficiente de determinación ajustado a los grados de libertad (R^2_A), error estándar de la estimación (EEE), suma de cuadrados de la estimación (SCE), dólcula de significación de los modelos y probabilidad y, estadístico de Durbin Watson-DW.
- Producción día control (PDC): mediante procedimiento PROC MEANS se calculará parámetros descriptivos.
- Tablas de frecuencias de variables con PROC FREQ.
- Correlación entre los parámetros de la curva y caracteres lecheros, mediante procedimiento CORR en el SAS vw. 9.4 (2014).

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.

Se trabajará con la totalidad de la población de vacas (392) de la raza *Holstein friesian* registradas en el Cantón Mejía, provincia de Pichincha, por la Asociación Holstein Friesian de Ecuador.

4.6 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para analizar los resultados se utilizarán los registros de repositorios de la Asociación Holstein Friesian de Ecuador. Los datos serán alzados a hojas de Excel y, luego depurados y evaluados en el programa de Análisis estadístico SAS v.w. 9.4 (2014). La curva de lactancia media e individual de mejor ajuste, se calculó con la función no lineal Gamma Incompleta:

$$Y_t = a_0 t^{a_1} e^{(-a_2 t)} \text{ (Wood 1967).}$$

Donde: $Y_t = \mathbf{Y}$, es la producción de leche diaria; t , es tiempo en días de pesaje; a_0 , a_1 y a_2 , son los parámetros específicos de cada función. Así, a_0 , es la producción inicial; a_1 , producción al pico; y, a_2 , descenso de la producción después de alcanzar el pico de producción hasta el secado.

De igual manera, la estimación de los parámetros de la curva de lactancia (a_0 , a_1 y a_2), producción al pico_ PP y tiempo de pico_ TP se realizó por medio de

regresión no lineal, con el método modificado de Gauss-Newton, del procedimiento NLIN del SAS vw. 9.4 (2014).

Los indicadores de PP y TP se estimaron de acuerdo al modelo de Wood, para las curvas medias e individuales.

$$TP = a_1/a_2$$

$$PP = a_0(a_1/a_2)^{a_1} e^{-a_1}$$

Para evaluar la función Gamma Incompleta se utilizaron los criterios propuestos por Guerra *et al.* (2003): Coeficiente de determinación (R^2), estimado para las curvas medias e individuales.

- Coeficiente de determinación ajustado a los grados de libertad (R_A^2), estimado para las curvas medias e individuales.
- Error estándar de estimación (EEE).
- Suma de cuadrados de la estimación (SCE).
- La dócima de significación del modelo y de los parámetros.
- Estadístico de Durbin Watson (DW) (Durbin y Watson 1971).
- Distribución de los residuos.

Para la determinación de los porcentajes de curvas atípicas, se consideró como criterio de curva atípica, aquellas que no presentaron pico de lactancia y no cumplieron con el supuesto de la función de Gamma Incompleta que los parámetros deben ser mayores a cero (0).

$$a_0, a_1 \text{ y } a_2 > 0$$

Las correlaciones entre los parámetros de la producción de leche y parámetros de la curva de lactancia fueron determinadas utilizando el PROC CORR en el SAS vw. 9.4 (2014).

4.7 Análisis Estadístico y Prueba de Significancia

Los datos experimentales fueron depurados, evaluados e interpretados con salidas del SAS v.w. 9.4 (2014). Se efectuaron los siguientes procedimientos estadísticos: en la determinar los parámetros de la curva de lactancia se utilizó regresión no lineal con el método modificado de Gauss-Newton, en el SAS v.w. 9.4; la producción de leche total y producción de leche.día⁻¹, se calcularon mediante el método de Fleischmann (1945); Largo de lactancia, a través de modelación no lineal.

El procedimiento Satterthwaite (DDFM=SATTERTH) en el modelo para obtener los grados de libertad correctos para la tabla de prueba de efectos fijos de la salida en la instrucción LSMEANS. La comparación de las medias mínimo cuadráticas se realizó, utilizando la dócima de Tukey_Kramer (1956).

CAPÍTULO V.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Manejo de Datos

Se utilizaron 5.278 registros que corresponden a 392 vacas de la raza *Holstein friesian* de uno y dos partos, localizadas en el cantón Mejía, provincia de Chimborazo, Ecuador. La eliminación de datos se dio por que los animales no alcanzaron seis pesajes como mínimo y, por espacios de tiempo mayor a 45 días, entre pesajes. En cada animal hubo el registro de identidad, ancestros, producción día control_ PDC y fecha en que se realizó el pesaje.

5.2 Producción Día Control_ PDC

Tabla N° 04. Estadística descriptiva de producción día control_ PDC

Variabl e	N	\bar{X}	S	S ²	EE	CV	Me	Mo	CA _F	Kurt
PDC_1	23 9	20,8 3	4,76	22,65	0,31	22,85	21,00	20	-0,22	-0,50
PDC_2	23 9	22,6 7	4,51	20,30	0,29	19,87	23,00	23	-0,47	-0,25
PDC_3	23 9	21,9 5	4,57	20,87	0,30	20,82	22,00	22	-0,25	-0,47
PDC_4	23 9	20,8 7	4,71	22,22	0,30	22,58	21,00	20	-0,11	-0,22
PDC_5	23 9	20,0 8	4,39	19,24	0,28	21,84	20,00	20	0,05	-0,55
PDC_6	23 9	19,2 8	4,45	19,81	0,29	23,08	19,00	20	0,19	-0,25
PDC_7	23 9	18,7 6	4,36	19,04	0,28	23,26	18,40	20	0,22	-0,54
PDC_8	23 9	18,0 9	4,33	18,76	0,28	23,94	18,00	19	0,22	-0,65
PDC_9	23 9	17,6 5	4,55	20,72	0,29	25,79	17,40	18	0,33	-0,57
PDC_10	39 2	17,6 2	5,01	25,13	0,32	28,46	17,00	13	0,44	-0,43

Leyenda: N= número, X= promedio, S= desviación estándar, S²=varianza, EE= error estándar, CV= coeficiente de variación, Me= mediana, Mo= moda, CA_F= coeficiente de asimetría de Fisher, Kurt= curtosis.

Elaborado por: Tigse, W. (2022).

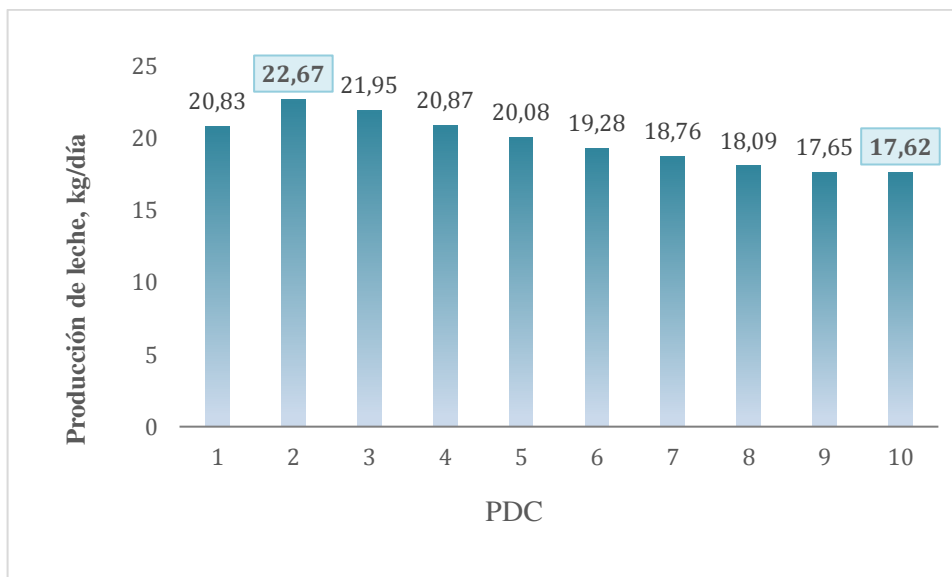


Gráfico N° 05. Producción día control_ PDC
Elaborado por: Tigse, W. (2022).

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Las producciones día control o PDCs fueron analizadas e interpretadas, mediante estadística descriptiva, para lo cual, se utilizó, el procedimiento MEANS en el SAS, v.w. 9.4 (2014). Se calcularon: n mean std var stderr cv median mode skewness kurtosis sum range min max; VAR PA1 PA2 PA3 PA4 PA5 PA6 PA7 PA8 PA9 PA10. Ver anexo 02, tabla N° 04 y gráfico N° 05. Las medias mínimo cuadráticas estuvieron entre $22.67 \pm 0.29\text{kg}$ y $17.62 \pm 0.29\text{kg}$, que resultan ser rangos superiores a los obtenidos por Cañas *et al.* (2009) en Colombia, en vacas de la raza *Holstein friesian*, con $16.17 \pm 0.36\text{kg}$. De igual manera, Duque *et al.* (2018) en vacas de la raza *Holstein friesian*, en Colombia determinó valores similares, $22.6 \pm 0.4\text{kg}$ en vacas de primer parto; en cambio, calcularon valores superiores en vacas de segundo y tercer parto, 25.7 ± 0.4 y $28.8 \pm 0.4\text{kg}$, respectivamente; resultados que podrían deberse a que las vacas en el proceso de lactogénesis hasta un cuarto parto son superiores al de involución y apoptosis mamaria. Lo que se manifiesta en aumento de la producción de leche en especie hasta una cuarta lactancia y luego decrezca hasta el término de la vida útil productiva del animal. Los valores de dispersión de los datos con respecto a la media se determinaron, en los PDC_10, con 5.10kg , mientras que, el valor más bajo, se determinó en los controles de leche

PDC_8, con 4.33kg. En otro valor, la dispersión de datos con respecto a la media al cuadrado, los valores más altos se calcularon en los PDC_10, con 25.13kg; y, los valores más bajos, para los PDC_8, con 18.76kg. En tanto, los límites más altos, donde, se encontraría el verdadero valor de las medias, se calcularon en los PDC_10, con 0.32kg y el más bajo, en los PDC_5, PDC_7 y PDC_8, con 0.28kg. De igual manera, los valores relativos más altos de desviación expresados en la media, fueron para los PDC_8, con 23.94%, mientras que, los valores más bajos fueron para los PDC_2 y PDC_3, con 19.87 y 20.82%, respectivamente.

En tanto, el valor central ordenando los datos de mayor a menor, al comparar los PDCs entre sí, los valores más altos, los obtuvieron los PDC_2 y PDC_3, con 23 y 22kg, respectivamente. Los valores que tuvieron una frecuencia absoluta y relativa y con los valores más altos se determinaron en las PDC_2, con 23kg; en cambio, los valores de frecuencia de los datos con menor repetición se obtuvieron en las PDC_10, con 13kg.

En otro aspecto analizado, refiriéndonos a la posición de los datos en la graficación de la curva o campana de Gauss, los valores de las PDC_1, PDC_2, PDC_3 y PDC_4, fueron menores a la media, es decir, tuvieron una posición a la izquierda de la gráfica; en cambio, los valores de las PDC_5, PDC_6, PDC_7, PDC_8, PDC_9 y PDC_10 tuvieron una posición a la derecha de la gráfica, por lo que, se infiere tuvieron un valor mayor a la media y, sus valores estuvieron entre 0.05 y 0.44.

De igual manera, al analizar la distribución de los datos por la forma de la curva, se puede inferir, por los valores determinados, que las curvas en cada uno de los grupos de PDCs fueron planas. La curva más plana la obtuvieron las PDC_5, con 0.55; en tanto, las curvas menos planas tuvieron las PDC_4, con 0.22.

5.3 Producción de Leche Total_ LTOTAL

Tabla N° 05. Parámetros de tendencia central, dispersión y simetría de leche total_ LTOTAL

Medidas de Tendencia Central	<i>n</i>	\bar{X}	<i>Me</i>	<i>Mo</i>
	345	6900,18	6125,02	6080,47
Medidas de Dispersión	<i>n</i>	<i>S</i>	<i>S</i> ²	<i>CV</i>
	345	1770,18	6125,02	25,66
Medidas de Simetría	<i>n</i>	<i>CA_F</i>	<i>Kurt</i>	
	345	3,81	18,70	

Leyenda: *n*= número, *X*= promedio, *S*= desviación estándar, *S*²=varianza, *EE*= error estándar, *CV*= coeficiente de variación, *Me*= mediana, *Mo*= moda, *CA_F*= coeficiente de asimetría de Fisher, *Kurt*= curtosis.

Elaborado por: Tigse, W. (2022).

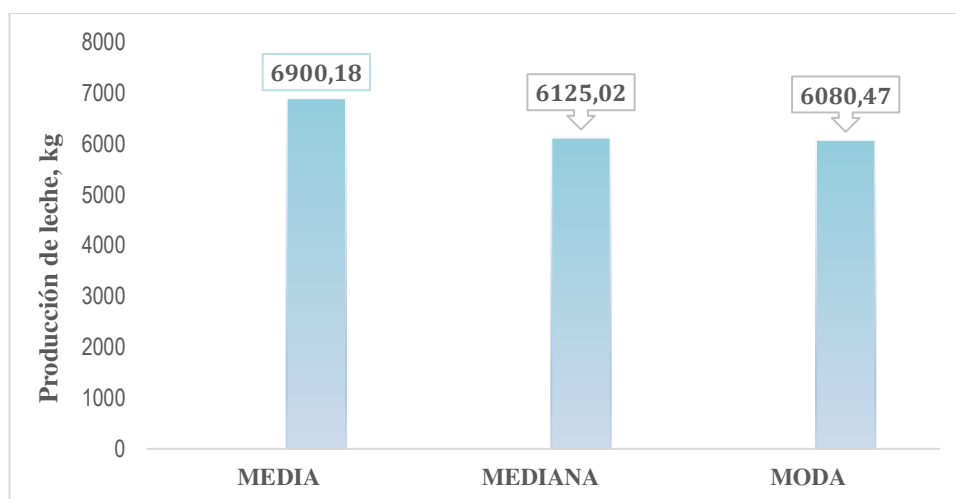


Gráfico N° 07. Parámetros centrales de leche total_ LTOTAL

Elaborado por: Tigse, W. (2022).

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

La producción de leche total _LTOTAL estimada de las vacas de la raza *Holstein friesian*, en el cantón Mejía, Ecuador, fue de 6900 ±95.33kg. Los animales presentaron rangos entre 5701.84 y 20 225. 07kg. Se determinaron los estadísticos de tendencia central (media, mediana y moda), dispersión (desviación estándar, coeficiente de variación) y simetría (coeficiente de asimetría de Fisher, curtosis). Ver tabla N° 05 y gráfico N° 07.

Los datos tuvieron una variación expresada en valores relativos en la media de 25.66%; la forma de la curva de los datos fue muy pronunciada (18.70) ; además, los datos estuvieron recargados a la derecha de la media (3.81). que puede deberse a la expresión genotípica de los animales en la zona de estudio. Valores inferiores de la producción de leche total a los determinados en la presente investigación fueron reportados Mostert *et al.* (2003), en vacas de la raza *Holstein friesian* en Sur África con una producción de leche total de 6 064kg. Por otro lado, en otras investigaciones realizados por Duque *et al.* (2018) reportaron en Colombia, en vacas *Holstein friesian* con 1, 2 y 3 partos, producciones de 4952 ±92, 5419 ±95 y 6000 ±100kg, respectivamente. Cañas *et al.* (2009) en vacas de la raza *Holstein friesian* calculó una producción de leche total de 5470 ±167.18kg, que resultan ser inferiores a los determinados en la presente investigación.

5.4 Duración de la Lactancia_ DLAC

Tabla N° 06. Parámetros de tendencia central, dispersión y simetría de DLAC

Medidas de Tendencia Central	<i>n</i>	\bar{X}	<i>Me</i>	<i>Mo</i>
	345	309,80	275,00	273,00
Medidas de Dispersión	<i>n</i>	<i>S</i>	<i>S</i> ²	<i>CV</i>
	345	79,50	6320,75	25,66
Medidas de Simetría	<i>n</i>	<i>CA_F</i>	<i>Kurt</i>	
	345	3,81	18,70	

Leyenda: *n*= número, *X*= promedio, *S*= desviación estándar, *S*²=varianza, *EE*= error estándar, *CV*= coeficiente de variación, *Me*= mediana, *Mo*= moda, *CA_F*= coeficiente de asimetría de Fisher, *Kurt*= curtosis.

Elaborado por: Tigse, W. (2022).

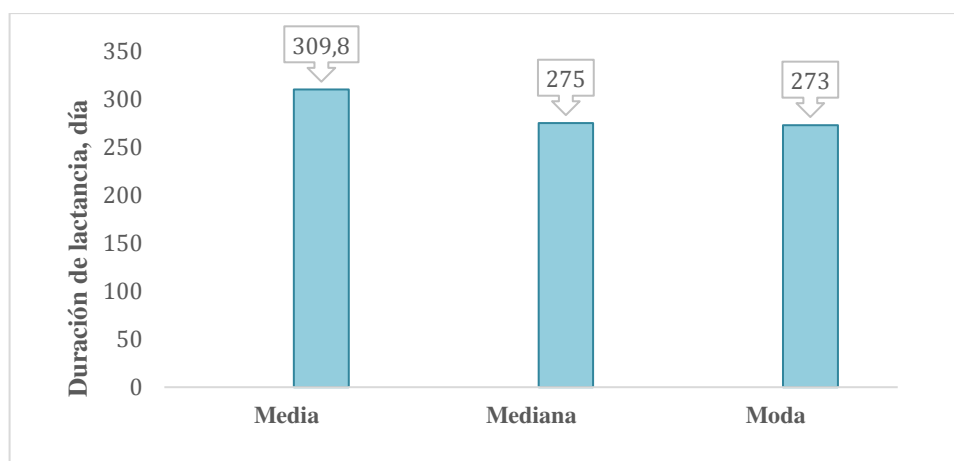


Gráfico N° 08. Parámetros centrales de duración de la lactancia_ DLAC

Elaborado por: Tigse, W. (2022).

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

La duración de la lactancia_ DLAC estimada de las vacas de la raza *Holstein friesian*, en el cantón Mejía, Ecuador, fue de $309.80 \pm 4.3d$. Los animales presentaron rangos entre 256 y 913 d. También, se determinaron los estadísticos de tendencia central (media, mediana y moda), dispersión (desviación estándar, coeficiente de variación) y simetría (Coeficiente de asimetría de Fisher, Curtosis). Ver tabla N° 06 y gráfico N° 08. En general, los datos tuvieron una variación expresada en valores relativos en la media, fue menor (25.66%); la forma de la curva de los datos fue muy pronunciada (18.70) y, los datos estuvieron recargados a la derecha de la media (3.81). Varios investigadores, como Duque *et al.* (2018), en la zona de trópico colombiano, realizaron estudios sobre la producción de leche, en vacas de la raza *Holstein friesian*, y calcularon valores de duración de la lactancia, para vacas de 1 parto, en $318 \pm 6d$; en vacas de 2 partos, $324 \pm 6d$; en vacas de 3 partos, $334 \pm 6d$; en vacas de 4 partos, $339 \pm 6d$; en vacas de 5 partos, $341 \pm 6d$; y, para vacas >6 partos, $326 \pm 8d$. Valores que resultan ser superiores a los calculados en el presente estudio. De igual manera, Cañas *et al.* (2009), en el trópico alto colombiano, utilizando vacas de la raza *Holstein friesian*, determinó una media de $338.94 \pm 13.3d$, para la duración de la lactancia y que también resultan ser superiores. Por otro lado, estos mismos autores, calcularon valores, según, los animales hayan tenido 1 ó 2 partos, 308.28 ± 14 y 291.34 ± 19.6 , respectivamente. Estos valores, no difieren de los valores encontrados en el presente estudio.

5.5 Curvas de Lactancia

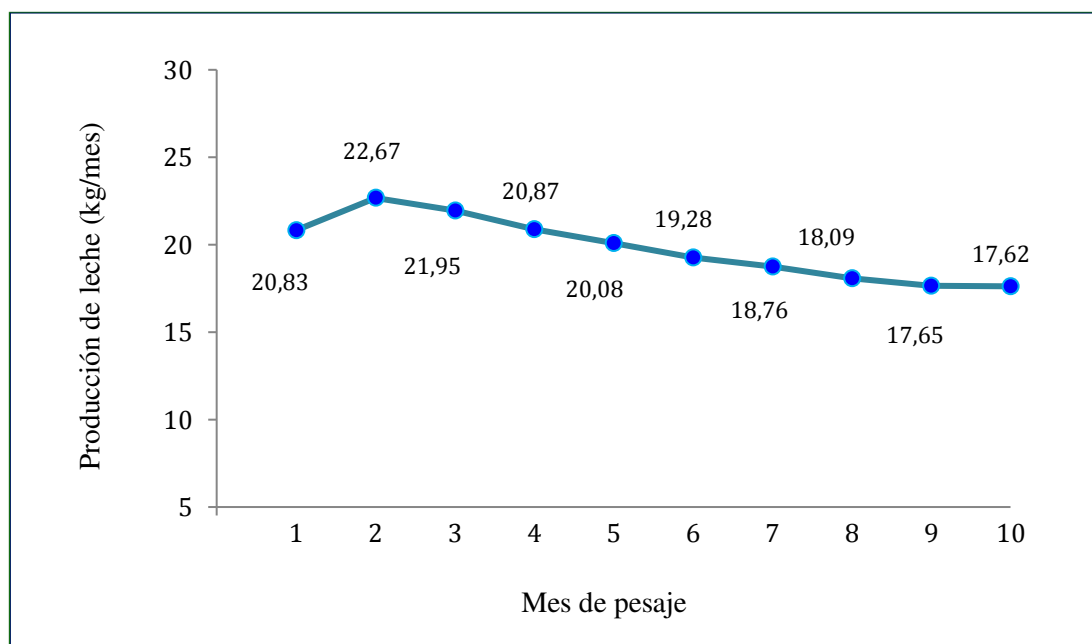


Gráfico N° 09. Curva de lactancia media observada en vacas *Holstein friesian*

Elaborado por: Tigse, W. (2022).

Tabla N° 07. PI, TP, PP, producción leche total estimada y desvíos

FUNCIÓN	PI, kg/día	TP, kg/día	PP, kg/día	LTOTAL_E, kg	Desviaciones
GI	23,16	60,48	23,40	6647,45	0,00079335

Leyenda: GI= Gamma Incompleta; PI= producción inicial; TP= tiempo al pico; PP=producción al pico; LTOTAL_E= leche total estimada.

Elaborado por: Tigse, W. (2022).

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

El estudio de la curva de lactancia permitirá establecer estrategias de manejo, para mejorar la producción de leche, de acuerdo, con Vargas *et al.* (2000). En este sentido, Quintero *et al.* (2007) subrayaron la necesidad de encontrar funciones matemáticas que mejoren la explicación de las curvas de lactancia y permitan la aplicación de estrategias de manejo. Alam *et al.* (2010) y Akpa *et al.* (2001) manifestaron la necesidad del estudio de la curva de lactancia, con relación a aspectos básicos, como, la nutrición, reproducción y el mejoramiento genético, en diversos ambientes productivos.

Con las constantes mínimas cuadráticas de las PDC ajustadas por orden de pesaje, de la población en estudio (Gráfico 04), se demostró que la producción media se inició (PDC_1), con 20.83 ± 0.31 kg/día, el pico de producción se alcanzó en el PDC_2, con 22.67 ± 0.29 kg/día y el valor mínimo en el PDC_10, con 17.62 ± 0.32 kg/día, que coincidió con la terminación de la lactancia. Una característica interesante de la curva es que después del PDC_2, se observó una tendencia de declinación continua en la producción hasta el PDC_10, que corresponde con pesaje de secado de los animales.

Las medias de las PDCs, fueron mayores en la PDC_2 lo cual se corresponde con el segundo mes de lactancia. Estos resultados están en relación con los de diversos autores como Kris *et al.* (2012) en la raza *Holstein friesian* en Colombia, quienes apreciaron la mayor producción, en animales de segundo parto, en el mes dos, con 53.35 días; En tanto resultan superiores a los de Duque *et al.* (2018) en la raza *Holstein friesian* en vacas de 1 a 6 partos, entre 35.7 ± 2.1 y 30.8 ± 2.1 días. También, resultan ser superiores a los determinados por Cañas *et al.* (2009), con 32.34 ± 3.43 días. Sin embargo, los autores citados obtuvieron valores inferiores de tiempo al pico, lo cual se pudo deber a diferencias en los sistemas de manejo, alimentación y condiciones ambientales a que fueron sometidos los animales.

Los estimados de los componentes de la curva fueron próximos a los observados, con la excepción de la PDC_1 que correspondió al inicio de la producción _PI, donde, la función de Wood la sobrestimó, con 23.16 vs 22.89kg; en cambio, la PDC_2 que correspondió al pico de producción _PP fue subestimada, en 23.40 vs 23.75kg. Finalmente, la PDC_10 fue subestimada, en 20.60 vs 21.10. Ver tabla N° 07. Las desviaciones entre la producción total estimada y observada fueron bajas; y, la producción de leche total estimada por la curva de lactancia (6647.45kg) fue próxima al valor observado (6687.31kg). La producción inicial _PI de leche estimada estuvo, en 23.16kg. que resulta ser muy superior a la producción calculada por Cárdenas (2009) en vacas de la raza *Holstein friesian*, en la Región de la Araucanía, Chile, con valores de 18kg. Por otro lado, el tiempo al pico de producción _TP de leche estimado estuvo, en 60.48 días, lo que coincidió con lo informado por Wood (1967), quién planteó que ocurre en los dos primeros meses

de lactancia. Sin embargo, Madalena *et al.* (1979) y Durães *et al.* (1991) informaron que este periodo es menor, para animales de regiones tropicales. Otros autores, también determinaron valores menores, como, por ejemplo, Duque *et al.* (2018) en vacas Holstein friesian, en Colombia, en vacas de 1 a >5 partos, el tiempo al pico, entre 31.05 ± 2.8 y 35.7 ± 2.1 días, respectivamente.

De igual manera, Hayes *et al.* (2016), en la zona del Fortín, provincia de Córdoba, Argentina. Determinaron un tiempo al pico de 46.11 días. No obstante, investigadores como Nemecková *et al.* (2015) calcularon un tiempo al pico superior, en vacas de la raza *Holstein friesian*, en la República Checa, de 69 días. La producción al pico estimada en 23.40 ± 0.5 kg. No obstante, los valores de Nemeckova *et al* (2015), son superiores, quienes calcularon la producción al pico en 41.24kg. Los valores para los parámetros: a_0, a_1, a_2 , fueron positivos (ver tabla N° 08). La ecuación quedó establecida así:

$$Y_t = 19.7928 \pm 1.9266t^{0.054021 \pm 0.0266} e^{(-0.00089322 \pm 0.00022t)}$$

De forma general, se infiere el uso de la función GI porque presentó parámetros significativos, altos valores de ajuste y todas las curvas fueron típicas. Esto coincidió con lo calculado por Duque *et al.* (2018), Dutto (2012), Cañas *et al.* (2011). Ver gráfico N° 10.

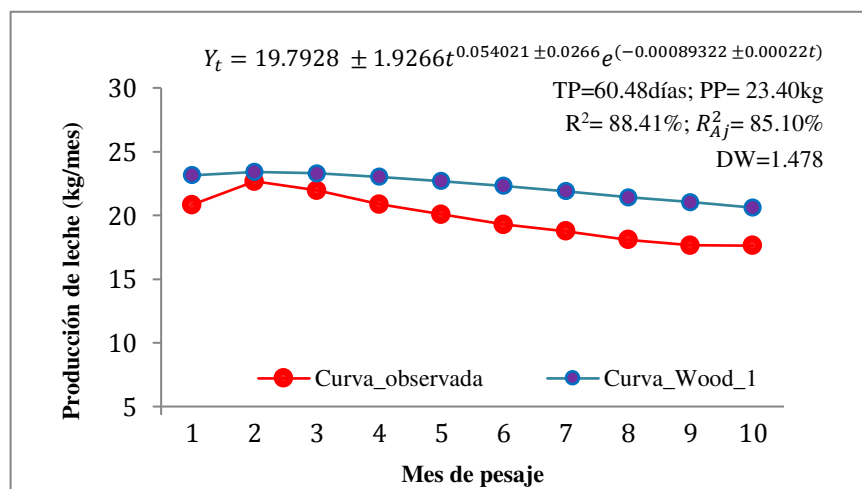


Gráfico N° 10. Valores observados, ecuaciones y curvas de lactancia media estimadas en vacas *Holstein friesian*.

Elaborado por: Tigse, W. (2022).

Tabla N° 08. Parámetros y estadísticos de la función Gamma Incompleta

Parámetro	Valor
a₀	19,7928
EE±	1,9266
Sig.	0,0001
a₁	0,0540
EE±	0,02566
Sig.	0,0001
a₂	0,000893
EE±	0,000219
Sig.	0,0001
R²	0,88413
R²_{Aj}	85,102
DW	1,47762
EEE	0,1274
SCE	1,1568
SCM	8,82754
SCT	9,98449

Leyenda: a₀= producción inicial; a₂=producción al pico; a₃=producción de secado; EE= error estándar; Sig= significación; R²= coeficiente de determinación; R²_{Aj}= coeficiente de determinación ajustado a los grados de libertad; DW= estadístico de Durbin Watson; EEE= error estándar de la estimación; SCE= suma de cuadrados del error; SCM= suma de cuadrados medio; SCT= suma de cuadrados total.

Elaborado por: Tigse, W. (2022).

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Se determinó un valor de coeficiente de determinación (R²) de 88.41% y un coeficiente de determinación ajustado a los grados de libertad (R²_{Aj}) de 85.10%, los mismos que resultan ser altos y nos permite inferir que el error fue mínimo en la determinación de los parámetros de la curva de lactancia con la función Gamma

Incompleta de las vacas *Holstein friesian*, en el cantón Machachi, provincia de Pichincha, Ecuador. Ver tabla N° 08.

En algunos estudios realizados se encontraron valores superiores, como, por ejemplo, Lazzari *et al.* (2013), en curvas de lactancia de vacas *Holstein friesian*, donde, la función de Gamma Incompleta ajusto mejor la producción láctea, determinaron un $R^2 = 95\%$.

De igual manera son superiores los determinados por Pesántez (2015) en la especie caprina en animales F_1 *Anglo Nubia x Criolla*, donde, la función de Wood, fue la que mejor ajusto la curva de lactancia de este genotipo de cabras, con $R^2 = 97\%$. En tanto, valores inferiores, fueron los determinados por Nanda *et al.* (2019), con $R^2 = 70.34\%$.

La dócima de Durbin_ Watson tuvo un valor próximo a dos que son los deseables e indican ausencia de correlación o que haya sido de bajo valor, si se considera el análisis de los residuos y la $DW = 2(1-r)$ siendo r el valor de las correlaciones.

En la presente investigación se determinó un valor, para la dócima de $DW = 1.47762$, lo que resulta ser inferior a lo reportado por Pesantez (2015) $DW = 1.7449$; cabe indicar, que los valores similares o menores a 1, son de preocupación, ya que se lo interpretará como que existe correlación entre los valores de residuos entre pesajes. Por tanto, el estadístico de Durbin Watson es un valor que sirve para explicar si hubiera relación entre los valores residuales de las medias mínimo cuadráticas de los pesajes.

5.6 Correlaciones Entre Rasgos de Producción de Leche

Tabla N° 09. Correlación entre leche total, duración de la lactancia y producción día control

Parámetro	LTOTAL
DLAC	1,0000 <0,0001
PDC_1	0,00064 0,9907
PDC_2	-0,03663 0,5066
PDC_3	-0,04136 0,4533
PDC_4	-0,12737 0,0205
PDC_5	-0,06045 0,2728
PDC_6	-0,14133 0,0100
PDC_7	-0,16214 0,0031
PDC_8	-0,11505 0,0364
PDC_9	0,12793 0,0199
PDC_10	0,41555 <0,0001

Leyenda: LTOTAL= leche total; DLAC= duración de la lactancia; PDC= producción día control.

Elaborado por: Tigse W. (2022).

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Las relaciones de asociación entre rasgos de la producción de leche, en general fueron bajas; El primer lugar, lo alcanzaron las PDC_10, con valor positivo de 41.56% y, además, se detectaron diferencias ($P=0.0001$), entre sí. En segundo lugar, lo obtuvieron las PDC_2 y PDC_3 las cuales fueron negativas y estuvieron entre 3.66 y 16.21%, donde no se observaron diferencias ($P>0.05$). El tercer lugar, fue para las producciones día de control entre PDC_4 y PDC_9, con valores negativos entre, 12.74 y 14.13%, excepto, el PDC_9 que obtuvo un valor positivo; además,

se determinaron diferencias ($P < 0.05$) entre animales. Finalmente, el último lugar, el valor más bajo, lo alcanzaron, las PDC_1, con 0.064% y, no tuvieron un comportamiento diferenciado entre los animales ($P > 0.05$).

Estos valores determinados pudieran estar relacionados a la manifestación fisiológica de galactogénesis y galactopoyesis, es decir, comprende los períodos de inicio, máxima y mantenimiento de la producción de leche, los cuales son inestables, no obstante, tiene una tendencia al alza y luego de estabilización.

En cambio, el valor alto en las PDCs_10, con 41.55%; pueden interpretarse como una relación alta entre la producción de secado del animal y la producción de leche total alcanzada. Ver tabla N° 09.

En el análisis de correlación entre la producción de leche total (LTOTAL) y duración de la lactancia (DLAC), esta, fue positiva y completa, además, se observó diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$). resultados similares fueron calculados por otros investigadores, como Román *et al.* (2018) en vacas *Holstein friesian*, en México; Castillo *et al.* (2019) en vacas *Jersey* y *Holstein friesian*, en Costa Rica. De igual manera, en otras especies, Pesántez (2015) en cabras F₁ *Anglo Nubia* x *Criolla* determinó valores similares bajo condiciones ambientales de Ecuador.

CAPÍTULO VI

6. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

El Criterio de decisión de aceptación o rechazo de hipótesis serán:

- Si $p_valor < 0.05$, se rechaza la H_0 .
- Si $p_valor \geq 0.05$, se acepta la hipótesis H_0 y se rechaza la H_1 .

Hipótesis de correlación:

- H_0 : No existe correlación entre las variables leche observada y leche calculada.
- H_1 : Existe correlación entre las variables leche observada y calculada.

Prueba de correlación: No paramétrica de S de Pearson.

Tabla N°10. Test de normalidad entre leche observada y leche predicha

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
LECHE_OBS	,254	10	,066	,855	10	,067
LECHE_PRED	,171	10	,200*	,917	10	,333

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Elaborado por: Tigse, W. (2022).

Tabla N° 11. Test de correlación de Pearson entre leche observada y leche predicha

		LECHE_OBS	LECHE_PRED
LECHE_OBS	Correlación de Pearson	1	,940**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	10	10
LECHE_PRED	Correlación de Pearson	,940**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	10	10

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Elaborado por: Tigse, W. (2022).

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Los valores de las probabilidades de leche observada (LOBS) y leche predicha (LPRED) del test de normalidad de Kolmogórov-Smirnov fueron: 0.066 y 0.200 respectivamente, valores que resultan ser mayores a $P < 0.05$, por lo que, inferimos que nuestros datos fueron normales.

De igual manera, para conocer la intensidad de relación de las dos variables se realizó el test de Pearson, donde, se calculó un valor de 0.94, por lo que, concluimos que entre la leche observada y la estimada por la curva de lactancia utilizando la modelación no lineal de Wood existió una correlación positiva muy alta.

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se calculó la curva de lactancia de vacas *Holstein friesian* con la función Gamma Incompleta ($Y_t = 19.7928 \pm 1.9266t^{0.054021 \pm 0.0266} e^{(-0.00089322 \pm 0.00022t)}$), la cual mostro una simulación grafica del proceso fisiológico muy cercano a los valores observados.
- Se determinó la producción inicial, en 23kg; producción al pico (PP), 23.40kg; y, tiempo al pico (TP), 60.48 días.
- Se determinó la producción de leche total (LTOTAL), en 6900 \pm 95.33kg; y, la duración de la lactancia (DLAC), en 309.8 \pm 4.28días de vacas *Holstein friesian*, bajo condiciones ambientales del cantón Mejía, provincia de Pichincha, Ecuador.
- La correlación entre la producción de leche total y la producción día control 10 (PDC_10) fue alta y significativa. Lo que permite inferir, que la producción de leche total está relacionada con la producción de leche al secado de los animales.
- Se obtuvieron valores de coeficiente de determinación general (R^2), 88.41%; coeficiente de determinación ajustado (R^2_A), 85.10%; estadístico de Durbin Watson (DW), 1.48; suma de cuadrados del error (SCE), 1.1568; error estándar de la estimación (EEE), 0.1274, valores que permiten inferir un adecuado ajuste de la producción por la función Gamma Incompleta.

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones acerca de la curva de lactancia, donde se determinen parámetros genéticos que permitan tomar transectos de la curva como indicadores de selección de animales.
- Continuar en la investigación de la curva de lactancia con otras funciones no lineales y lineales de vacas *Holstein friesian* y en otros genotipos lecheros de importancia en la población ganadera de Ecuador.
- Continuar con los estudios sobre los efectos del ambiente en la curva de lactancia de vacas y en otras especies como la ovina, caprina y camélidos.
- Utilizar el protocolo desarrollado en la presente investigación, para continuar en la profundización del estudio de la curva de lactancia relacionándola con aspectos, tales como: alimentación y nutrición animal, sanidad, manejo y económicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Angulo, J. y Olivera, M. (2010). Fisiología de la producción láctea en bovinos: involución de la glándula mamaria, lactogénesis, galactopoyesis y eyección de la leche. *Biogénesis*: 143-151.
2. Alquina, B. y Guamán, N. (2012). Análisis de las curvas de lactancia de las vacas del Centro Académico docente experimental La Tola, calculadas mediante la utilización de la ecuación de Wood. Quito, Ecuador. pp.31-33.
3. Apaza-Huallpa, Y.; Loza-Murguía, M.G.; Rojas-Pardo, A. y Achu-Nina, C. (2016). Determinación del comportamiento de la curva de lactancia y producción lechera del ganado Mestizo del Altiplano de la Provincia Omasuyos Departamento de La Paz. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. 3(2):77–86.
4. Ayadi, M. (2003). Evaluación de la estructura interna de la ubre mediante ecografía y efectos de la frecuencia de ordeño en vacas lecheras. Tesis Doctoral. *Universidad Autónoma de Barcelona*: p. 89.
5. Batra, T.R. (1986). Comparison of two mathematical models in fitting lactation curves for pureline and crossline dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 66: 405 – 414.
6. Bohmanova, J.; Miglior, F. and Jamrozik, J. (2008). Estimates of the effect of pregnancy on production traits of Canadian dairy breeds. In *Dairy Cattle Breeding and Genetics Committee Meeting* (pp. 1-17).
7. Calvino, L.F. (2013). Cambios fisiológicos de la glándula mamaria. Sitio Argentino de Producción Animal. pp.1 – 3.
8. Cañas, A.J.; Restrepo, B.L.; Ochoa, S.J.; Echeverri, A. y Cerón, M. (2009). Estimación de las curvas de lactancia en ganado *Holstein* y *BON x Holstein* en Trópico Alto Colombiano. *Rev. Lasallista de Investigación*. 6 (1): 35 - 41.
9. Cardenas, C.S. (2009). Segmentación de curvas de lactancia de bovinos, mediante cluster análisis y análisis discriminante lineal, aplicado al primer tercio de lactancia. *Aro Sur* 37(2): 126-133.

10. Castillo, G.; Vargas, B.; Hueckmann, F. y Romero, J. (2019). Factores que afectan la producción en primera lactancia de vacas lecheras de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 30(1): 209-227.
11. Cortes, K.; Quiroz, M.; Solarte, C. y Osejo, E. (2012). Modelación de curvas de producción láctea en bovinos *Holstein* en el Trópico Alto de Nariño. *Rev. Invest. Pecu.* 1(2): 24 – 31.
12. Davidian; M. and Giltinan, D. (1995). Hierarchical Non-linear models. In; *Non_linear models for repeated measurement data*. 2da Ed. London: Chapman y Hall/CRC: 63 – 95.
13. Duães, M.C.; Teixeira, N.M. and Freita, A.F. (1991). Curvas de lactação de vacas da raça *Holandesa* mantidas em confinamento total. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.* Vol. 43(5):447-458.
14. Duran, J. (2012). Análisis de correlación y regresión entre los caracteres fenotípicos del tipo lechero, con la producción lechera alcanzada, de vacas *Holstein Friesian*, en la cuenca lechera de Machachi. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador: 18-81.
15. Durbin, J. and Watson, G. (1971). Testing for serial correlation in least squares regression. III. *Biometrika*. 58: 19.
16. Duque, N.P.; Casellas, J.; Quijano, J.H.; Casals, R. and Such ,X. (2018). Fitting lactation curves in a *Colombian Holstein* herd using nonlinear models. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* 71(2): 8459-8468.
17. Dutto, M. (2012). Estimación de curvas de lactancia en vacas. X Congreso latinoamericano de sociedades de estadística, Córdoba, Argentina. p. 25.
18. Fernández, L.; Menéndez, A.; Guerra, W. y Suárez, M. (2011). Estimación de curvas de lactancias estándar de la raza Siboney para su utilización en extensiones de. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 35(2), 99-104.
19. Food and Agriculture Organization. (2022). *FAO statistical yearbook*.
20. Glauber, C.E. (2007). Fisiología de la lactación en la vaca lechera. *Veterinaria Argentina*, 24(234):274-281.
21. Guerra, W.; Cabrera, A. and Fernández, L. (2003). Criteria for the selection of statistical models in scientific research. *Cuban J. Agric. Sci.* 3: 37.

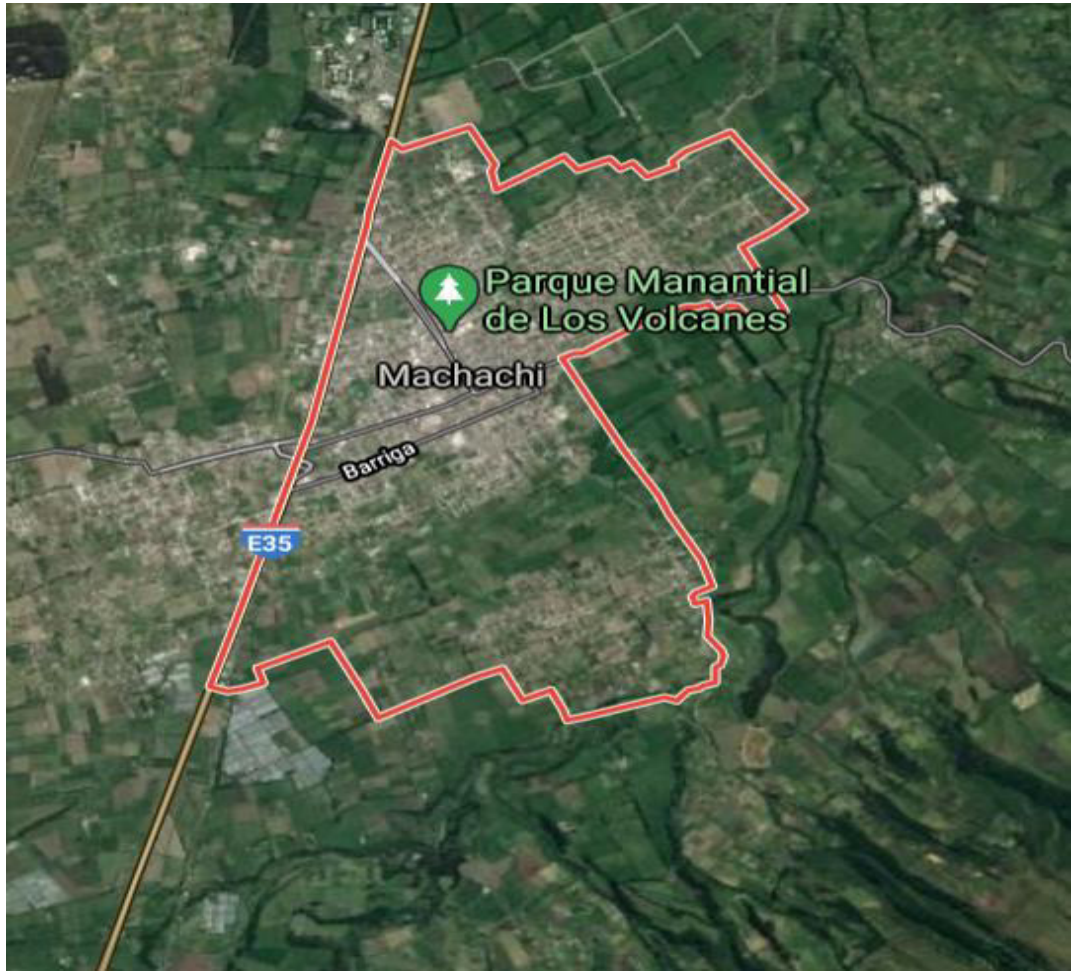
22. Hayes, N.; Páez, G. y Zorrilla, M. (2016). Estimación de curvas de lactancia en rodeos lecheros afectados por metritis basada en modelos no lineales. Universidad Nacional de Córdoba. Fac. Cienc. Agrop. p: 16.
23. Hartmann, P.; Owens, R.; David, B. and Kent, J. (1996). Breast development and control of milk synthesis. *Food and nutrition bulletin*, 17(4).
24. Henao, K.; Blandón, Y.; González-Herrera, L.; Cardona-Cadavid, H.; Corrales, J. y Calvo, S. (2017). Efectos genéticos y ambientales sobre la curva de lactancia en cabras lecheras del trópico. *Livestock Research for Rural Development*, 29. Recuperado el 24 de septiembre de 2021.
25. Hernández, D.; Jurado, J.J.; Bravo, M.C.; Muñoz, A. y Serradilla, J.M. (1992). Simplificación de controles de producción en ganado caprino. V *Reunión Nacional de Mejora Genética Animal*. Sevilla:149-153.
26. Holme,s C. (1984). Producción de leche en praderas. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 446 p.
27. Holstein Asociation USA Inc. (2005). Sistem of animal clasification. EEUU, Departamento U.S. *Livestock Genetic Export*:104 p.
28. Husvéth, F. (2011). Physiological and reproductional aspects of animal production Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem.
29. Lazzari, M.; Dornelles, M.; Everling, D.; Pacheco, P.; Viégas, J.; Nogara, P.; Prestes, A.; Giacomelli, L.; Bresolin, T. and Pivetta, C. (2013). Mathematical models to adjust the lactation curve of *Holstein* cows raised in the Western region of Santa Catarina State, Brazil. *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba*. 11(2): 137-143.
30. Lindstrom, M.J. and Bates, D.M. (1990). Nonlinear mixed effects models for repeated measures data. *Biometrics*. 46:673-687.
31. Macciotta, N.P.; Miglior, F.; Dimauro, C. and Schaeffer, L.R. (2010). Comparison of parametric, orthogonal, and spline functions to model individual lactation curves for milk yield in Canadian Holsteins. *Italian Journal of Animal Science*. 9(4):87
32. Macciotta, N.; Fresi, P.; Usai, G. and Cappio, A. (2005). Lactation curves of Sarda breed goats estimated with test day models. *J Dairy Res*. 72(4): 470-475.

33. Madalena, F.; Martínez, M. and Freitas, A. (1979). Lactation curves of *Holstein friesian* and *Holstein friesian* x *Gyr* cows. *An. Prod.* 29: 101-107.
34. Martín, L.; Fariña, J.; Rodriguez, P.; Rota, A.; Rojas, A. y Tovar, J. (1989). Exactitud de diferentes métodos de control lechero caprino. *Arch. Zootec.* 38: 79-91.
35. Mejía, L.J. y Ortiz, M.J.C. (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 p.
36. Meyer, K. (2005). Random regression analysis using B-splines to model growth of Australian Angus cattle. *Genet. Sel. Evol.* 37, 473–500
37. Misztal, I. (2006). Properties of random regression models using linear splines. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 123(2), 74-80.
38. Mostert, B.E.; Theron, H.E. and Kanfer, F.H.J. (2003). Derivation of standard lactation curves for South African dairy cows. *South African Journal of Animal Science.* 33 (2):70-77.
39. Mustafa, A. (2001). Lactogenesis. *Biology of lactation. McGill University:* 1-4.
40. Nanda, E.; Salman, L.; Indrijani, H.; Tasripin, D. and Anang, A. (2019). Comparison of five different lactation curve models to estimate milk yield of *Friesian holstein* cows at BBPTU HPT Baturraden. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 334: 1-6.
41. Nemecková, D.; Stádník, L. and Cítek, J. (2015). Associations between milk production level, calving interval length, lactation curve parameters and economic results in *Holstein* cows *Mljekarstvo.* 65(4): 243-250.
42. Ossa, G.A. y Suárez, M.A. (2008). Factores ambientales y genéticos que influyen la edad al primer parto y el período inter_ parto en hembras de la raza *Criolla Romosinuano*. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 74-80.
43. Otwinowska-Mindur, A.; Ptak, E.; Jagusiak, W. and Satoła, A. (2013). Modeling lactation curves of Polish Holstein-Friesian cows. Part I: The accuracy of five lactation curve models. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 22(1), 19-25.

44. Pesántez, M. (2015). Caracterización de la producción lechera de cabras F₁ *Anglo Nubia* x *Criolla* en la provincia de Loja, República de Ecuador. Tesis presentada, con opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Cuba. p. 140.
45. Pinheiro, J.C. and Bates, D. (2000). Linear Mixed-effects Models. In: Mixed effects models in S and S-PLUS. *Springer-Verlag*. 1st ed. Berlin. 3-52.
46. Román, S.; Ruiz F.; Romano, J.; Vásquez, C.; Murillo, V. y Román, H. (2018). Correlaciones genéticas entre producción de leche y características de crecimiento en una población multirracial. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 9(2): 316-327.
47. Pletcher, S. and Jaffrézic, F. (2002). Generalized character process models: Estimating the genetic basis of traits that cannot be observed and that change with age or environmental conditions. *Biometrics*. 58(1): 157-162.
48. Quintero, J.; Serna, J.; Hurtado, N.; Rosero, R. and Cerón-Muñoz, M. (2007). Mathematical models for lactation curves of dairy cattle. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 149–156.
49. Ramírez, L. (2005). Índice lechero: Técnicas para asociar la producción con la reproducción en el ganado lechero y de doble propósito. *Mundo Pecuario*. 1(3): 60-61.
50. Rivera, R.I. (2006). Determinación de curvas de lactancia del hato bovino *Criollo* Saavedreño en Santa Cruz. Tesis de grado. FCV-UAGRM. Bolivia: 15-30.
51. Salgado, R.; Cury, A.; Ruiz, R. y Álvarez, J. (2002). Evaluación del comportamiento reproductivo postparto, influido por la época del año y la raza en Montería, Colombia. Recuperado el 10 de Octubre de 2021.
52. Silvestre, A. (2000). Curvas de Lactação em bovinos leiteiros. pp. 1-2
53. Smidt, D. y Ellendorff, F. (1972). Endocrinología y fisiología de la reproducción de los animales zootécnicos. *Ed. Acribia*. Zaragoza España: 149-151-152.
54. Vásquez, R.A.G. (2017). Curva de lactación en ganado bovino lechero con modelos no lineales en un establo del valle de Huaura. Tesis de grado magister scientiae. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Lima- Perú.

ANEXOS

Anexo N°1. Localización de zona de estudio



Anexo N° 02. Base de datos de registros productivos de vacas de la raza *Holstein friesian* en el cantón Mejía, provincia de Pichincha, Ecuador.

SAS - [VIEWTABLE: Goat.Wtigse92]

File Edit View Tools Data Solutions Ventana Help

	IDEN	VACA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	FECHA_PDC1	FECHA_PDC
1	240641KANTINERA 185	3	21.068	23.96	23.96	23.926	50.6	22	20	16	30		29 01JUN2006	01JUL2006
2	244619CANTINA 2055	4	24	21	19	17	13	11	28	27	24		23 15JAN2010	03FEB2010
3	252530ESTRELLA 205	5	26	26	28	28	28	26	27	26	23		18 28FEB2008	19MAR2008
4	254728VIROLA 41	6	20	20	23	18	12	20	20	20	22		19 08APR2008	09MAY2008
5	256415YOLANDA 52	8	20	22	20	19	18	16	16	17	17		17 14OCT2008	04NOV2008
6	556982LAMBADA 108	9	25	26	26	27	25	23	20	18	18		34 14OCT2008	04NOV2008
7	562922MILKIN 135	10	22	30	29	27	24	23	23	19	15		12 09NOV2009	01DEC2009
8	565089JAMAICA 146	11	19	21	26	23	25	27	24	19	18		29 15JAN2010	03FEB2010
9	566509PAMPERA 573	12	28.5	33	32	32.5	33	32	27	23	16.5		18.5 10MAY2010	08JUN2010
10	566991MORENA 1588	13	16	12	11	11	16.5	19	18	24	23		22 06SEP2010	14OCT2010
11	569530SANTIAGA 170	14	24	24	24	25	25	20	18	13.1	13.8		20.3 11AUG2010	11SEP2010
12	571362HOLANDA 13	15	16	13	14	12	12	13	12	8	28		26 09JUL2009	14AUG2009
13	571479INGRATA 28405	16	19.26	25.65	31.17	32.72	33.4	28.27	27.3	25.94	19.17		18.39 16JUL2010	13AUG2010
14	572907MIRANDA 591	17	23.5	26	22	20	20	22	22.5	19	17		17 12AUG2010	06SEP2010
15	576185LILIANA 245	19	23	20	17	19	16	14	15	13	11		15 26JAN2011	22FEB2011
16	577868LUCRECIA 198	20	17	20.6	19.8	20.3	16	14.9	14	14.9	12		21.9 05MAY2011	10JUN2011
17	577869SINFONICA 199	21	20.3	26	21	19.8	21.1	22.6	16	16	15.7		12.2 15DEC2011	10JAN2012
18	577927PERLA 29432	22	26.91	30.98	33.4	22.84	30.1	31.36	26.61	25.46	22.2		20.43 09FEB2011	19MAR2011
19	578724CANDIDA 29440	23	27.69	25.59	27.8	26.04	25.55	24.68	23.3	25.36	24.6		21.78 13APR2011	12MAY2011
20	579439EMILIA -R 18	24	20	32	26	27	32	33	24	25	29		22 11MAY2011	15JUN2011
21	581958PECA 182	25	24	24	22	18	18	18	16	18	12		18 13OCT2011	14NOV2011
22	582049VERONICA 116	26	19	20	21	20	22	20	21	21	18		19 13MAR2012	11APR2012
23	582584MARILU 264	27	19	25	17	17	16	19	14	15	13		12 31MAR2012	25APR2012
24	582806ABEJA 1631	28	22	24	21	21	21	20	22	20	20		15 15DEC2011	09JAN2012
25	5848501496	29	26	16.94	24.9	24.33	24.81	20.58	24.33	21.92	20.81		12.6 16FEB2012	15MAR2012
26	585685LABIOSA 231	31	19.2	24	22.9	22	17	18.9	17.8	17.5	17		17 07OCT2011	15NOV2011
27	587376AFANOSA 1641	33	22	23	21.5	20	16	12.5	13	12	12		10 07MAY2012	11JUN2012
28	587381MELCOCHITA 1601	34	14.5	10.5	15	15	13	16	15	10.5	15		16 06SEP2010	14OCT2010
29	587391FESTIVA 1644	35	20	21	23.5	20	16	20	15	17	18		18 16AUG2012	13SEP2012
30	587392INES 1618	36	16	9	13.5	14	14.5	13	15.5	11	10		12.5 13APR2012	07MAY2012

Output - (Sin título) Log - (Sin título) CURVA LACTANCIA_Ho... Visor de resultados - sa... Explorador VIEWTABLE: Goat.Wtigs... VIEWTABLE: Goat.Wti...

C:\Program Files\SASHome\SASFoundation\9.4

9:50 11°C ESP 9/8/2021

Anexo N° 03. Cálculo de parámetros de la curva de Wood, tiempo al pico (TP), producción al pico (PP), persistencia (s), coeficiente de determinación general (R^2) y coeficiente de determinación ajustado (R_{aj}^2).

SAS - [VIEWTABLE: Goat.Wtigse92]

File Edit View Tools Data Solutions Ventana Help

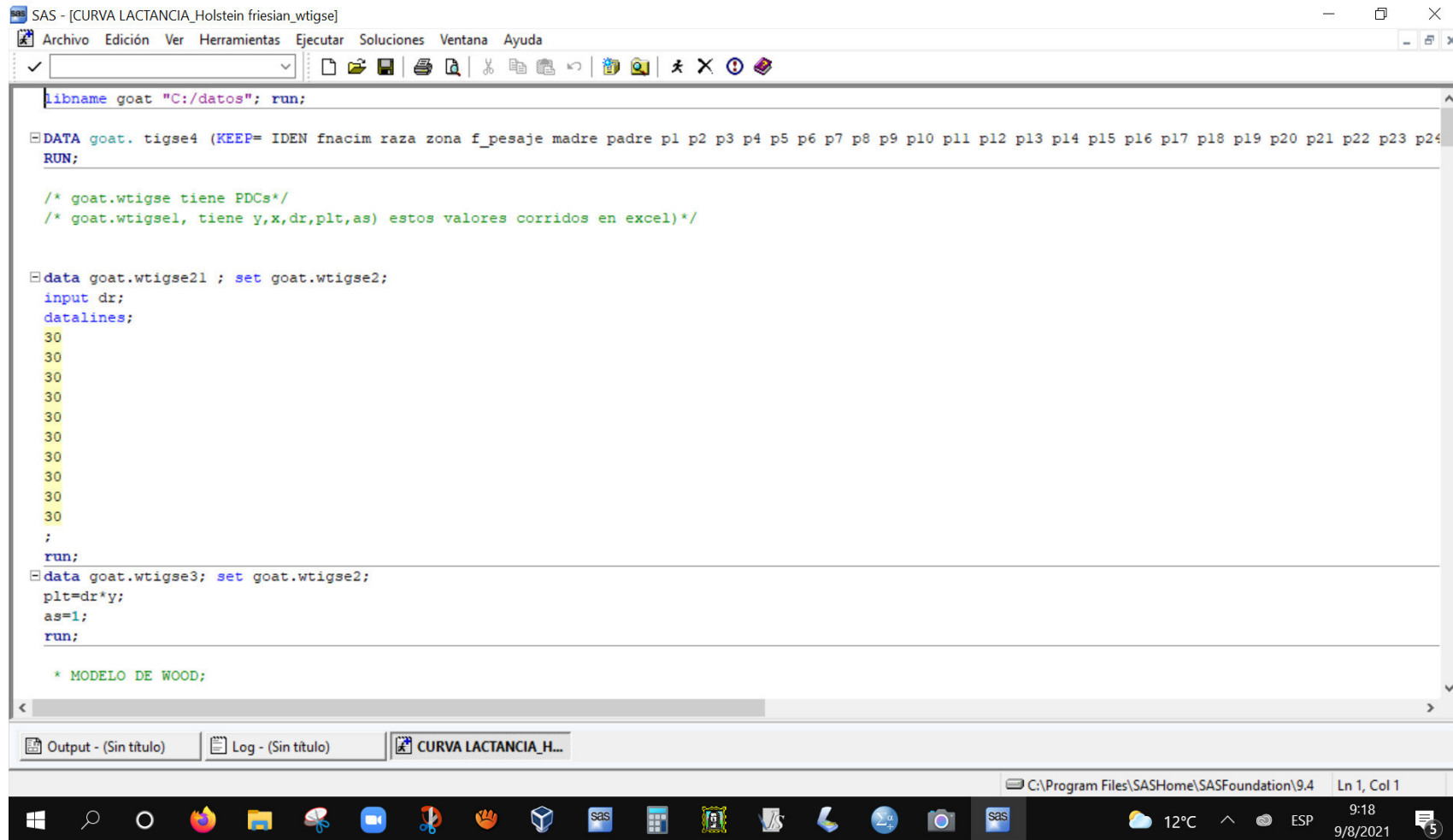
	FECHA_PDC6	FECHA_PDC7	FECHA_PDC8	FECHA_PDC9	FECHA_PDC10	DLAC	LTOTAL	a	b	c	tp	pp	s	r2	ra2
1	23NOV2006	21DEC2006	23JAN2007	21JUL2007	29AUG2007	14.885245902	10111.8512	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
2	11JUN2010	13OCT2010	08NOV2010	08DEC2010	10JAN2011	11.803278689	8018.208	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
3	27AUG2008	19SEP2008	29OCT2008	20NOV2008	23DEC2008	9.8032786885	6659.5672	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
4	06SEP2008	14OCT2008	04NOV2008	10DEC2008	05JAN2009	8.9180327869	6058.2016	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
5	03MAR2009	08APR2009	04MAY2009	10JUN2009	08JUL2009	8.7540983607	5946.8376	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
6	06MAR2009	08APR2009	04MAY2009	10JUN2009	15SEP2009	11.016393443	7483.6608	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
7	06APR2010	10MAY2010	11JUN2010	16JUL2010	11AUG2010	9.0163934426	6125.02	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
8	11JUN2010	16JUL2010	11AUG2010	11SEP2010	10JAN2011	11.803278689	8018.208	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
9	14OCT2010	10NOV2010	09DEC2010	12JAN2011	10FEB2011	9.0491803279	6147.2928	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
10	16MAR2011	14APR2011	12MAY2011	17JUN2011	11JUL2011	10.098360656	6860.0224	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
11	10JAN2011	08FEB2011	14MAR2011	08APR2011	08JUL2011	10.852459016	7372.2968	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
12	01DEC2009	15JAN2010	04FEB2010	07JUN2010	16JUL2010	12.196721311	8285.4816	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
13	10DEC2010	14JAN2011	09FEB2011	19MAR2011	13APR2011	8.8852459016	6035.9288	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
14	12JAN2011	10FEB2011	16MAR2011	14APR2011	12MAY2011	8.9508196721	6080.4744	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
15	29JUN2011	25JUL2011	24AUG2011	21SEP2011	26OCT2011	8.9508196721	6080.4744	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
16	07OCT2011	15NOV2011	15DEC2011	10JAN2012	11APR2012	11.213114754	7617.2976	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
17	08MAY2012	13JUN2012	11JUL2012	16AUG2012	12SEP2012	8.9180327869	6058.2016	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
18	12JUL2011	10AUG2011	09SEP2011	13OCT2011	17NOV2011	9.2131147541	6258.6568	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
19	09SEP2011	13OCT2011	17NOV2011	15DEC2011	10JAN2012	8.9180327869	6058.2016	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
20	12OCT2011	15NOV2011	14DEC2011	10JAN2012	15FEB2012	9.1803278689	6236.384	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
21	12MAR2012	12APR2012	08MAY2012	14JUN2012	12JUL2012	8.9508196721	6080.4744	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
22	16AUG2012	12SEP2012	26OCT2012	14NOV2012	11DEC2012	8.9508196721	6080.4744	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
23	29AUG2012	27SEP2012	24OCT2012	27NOV2012	26DEC2012	8.8524590164	6013.656	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
24	07MAY2012	11JUN2012	12JUL2012	16AUG2012	13SEP2012	8.9508196721	6080.4744	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
25	12JUL2012	15AUG2012	13SEP2012	09OCT2012	13NOV2012	8.8852459016	6035.9288	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
26	13MAR2012	11APR2012	08MAY2012	13JUN2012	11JUL2012	9.1147540984	6191.8384	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
27	11OCT2012	14NOV2012	13DEC2012	17JAN2013	12FEB2013	9.2131147541	6258.6568	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
28	10FEB2011	16MAR2011	14APR2011	12MAY2011	17JUN2011	9.3114754098	6325.4752	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
29	17JAN2013	12FEB2013	12MAR2013	11APR2013	16MAY2013	8.9508196721	6080.4744	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03
30	12SEP2012	11OCT2012	11NOV2012	12DEC2012	17JAN2013	9.1803278689	6236.384	18.5364	0.064583	0.001384	46.68	22.27	7.01	85	81.03

Output - (Sin título) | Log - (Sin título) | CURVA LACTANCIA_Ho... | Visor de resultados - sa... | Explorador | VIEWTABLE: Goat.Wtigs... | VIEWTABLE: Goat.Wti...

C:\Program Files\SASHome\SASFoundation\9.4

9:51 9/8/2021

Anexo N° 04. Modelación matemática de la ecuación de Wood, producción observada.



```
libname goat "C:/datos"; run;

DATA goat.tigse4 (KEEP= IDEN fnacim raza zona f_pesaje madre padre p1 p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10 p11 p12 p13 p14 p15 p16 p17 p18 p19 p20 p21 p22 p23 p24);
RUN;

/* goat.wtigse tiene PDCs*/
/* goat.wtigsel, tiene y,x,dr,plt,as) estos valores corridos en excel)*/

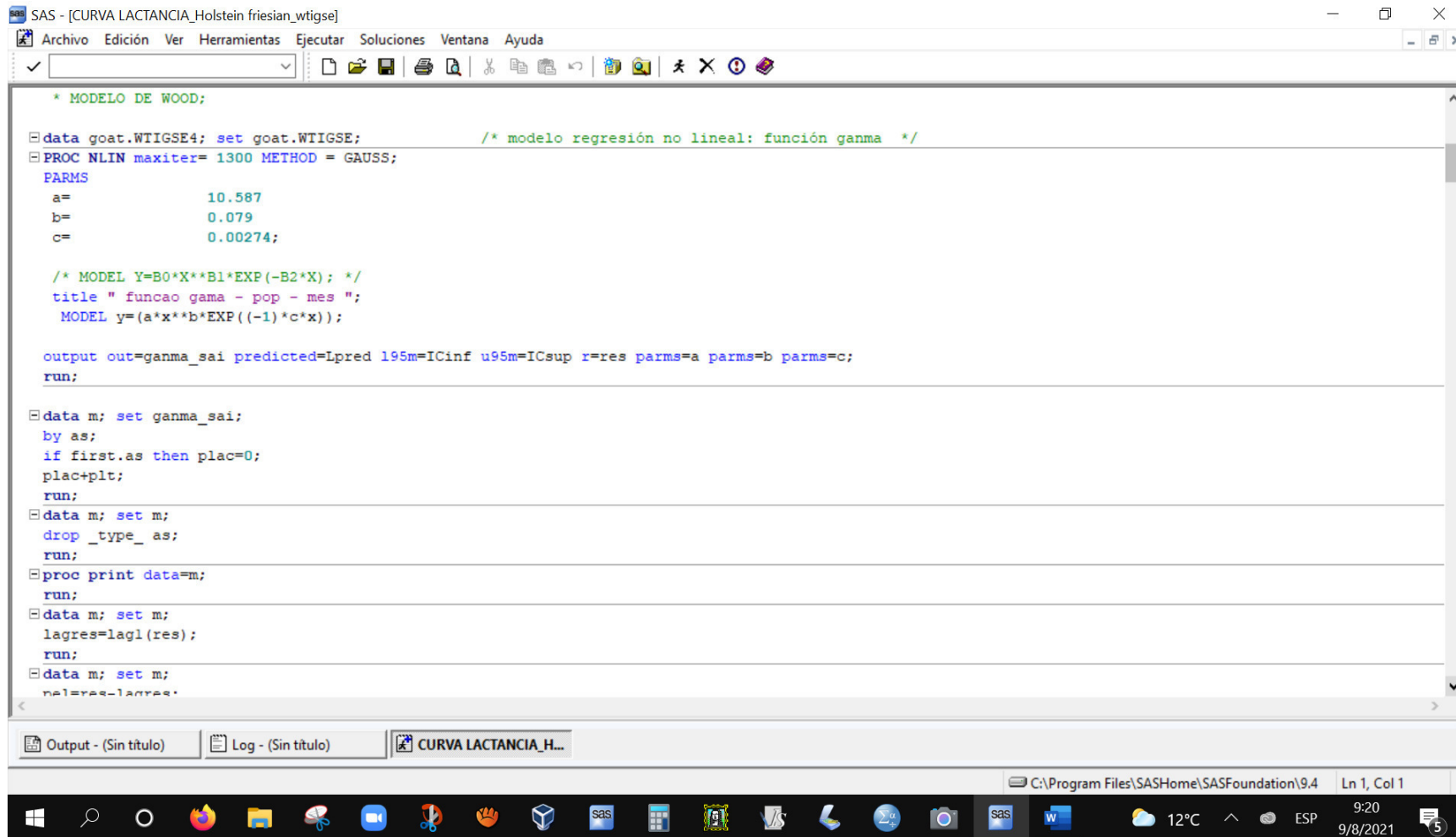
data goat.wtigse21 ; set goat.wtigse2;
input dr;
datalines;
30
30
30
30
30
30
30
30
30
30
30
;
run;

data goat.wtigse3; set goat.wtigse2;
plt=dr*y;
as=1;
run;

* MODELO DE WOOD;
```

The screenshot shows the SAS software interface with a menu bar (Archivo, Edición, Ver, Herramientas, Ejecutar, Soluciones, Ventana, Ayuda) and a toolbar. The main window displays a SAS program with the following code: `libname goat "C:/datos"; run;`, `DATA goat.tigse4 (KEEP= IDEN fnacim raza zona f_pesaje madre padre p1 p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10 p11 p12 p13 p14 p15 p16 p17 p18 p19 p20 p21 p22 p23 p24); RUN;`, a comment `/* goat.wtigse tiene PDCs*/`, another comment `/* goat.wtigsel, tiene y,x,dr,plt,as) estos valores corridos en excel)*/`, `data goat.wtigse21 ; set goat.wtigse2;`, `input dr;`, `datalines;`, a list of 10 values (30), `;`, `run;`, `data goat.wtigse3; set goat.wtigse2;`, `plt=dr*y;`, `as=1;`, `run;`, and `* MODELO DE WOOD;`. The bottom of the window shows a taskbar with various application icons, the system tray with the date and time (9:18 9/8/2021), and the temperature (12°C).

Anexo N° 05. Modelación matemática de la ecuación de Wood, predicción de producción



```
* MODELO DE WOOD;

data goat.WTIGSE4; set goat.WTIGSE;          /* modelo regresión no lineal: función ganma */
proc nlin maxiter= 1300 METHOD = GAUSS;
  parms
    a=          10.587
    b=           0.079
    c=           0.00274;

  /* MODEL Y=B0*X**B1*EXP(-B2*X); */
  title " funcao gama - pop - mes ";
  MODEL y=(a*x**b*EXP((-1)*c*x));

  output out=ganma_sai predicted=Lpred 195m=ICinf u95m=ICsup r=res parms=a parms=b parms=c;
run;

data m; set ganma_sai;
  by as;
  if first.as then plac=0;
  plac+1;
run;

data m; set m;
  drop _type_ as;
run;

proc print data=m;
run;

data m; set m;
  lagres=lag1(res);
run;

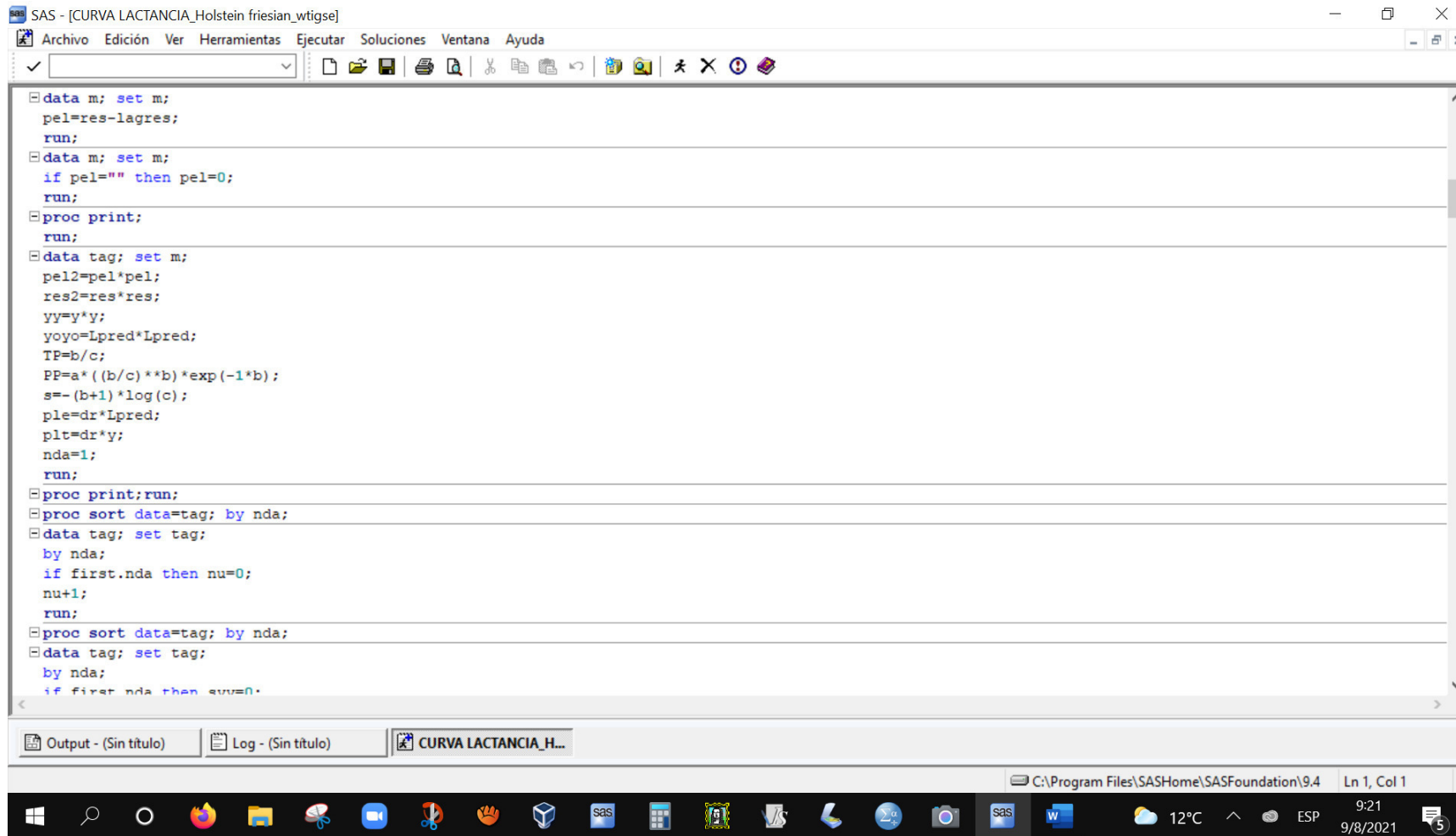
data m; set m;
  nel=lagres-lagres;
```

Output - (Sin título) | Log - (Sin título) | CURVA LACTANCIA_H...

C:\Program Files\SASHome\SASFoundation\9.4 Ln 1, Col 1

9:20 12°C ESP 9/8/2021

Anexo N° 06. Modelación matemática de la ecuación de Wood, cálculo de parámetros de la curva de producción



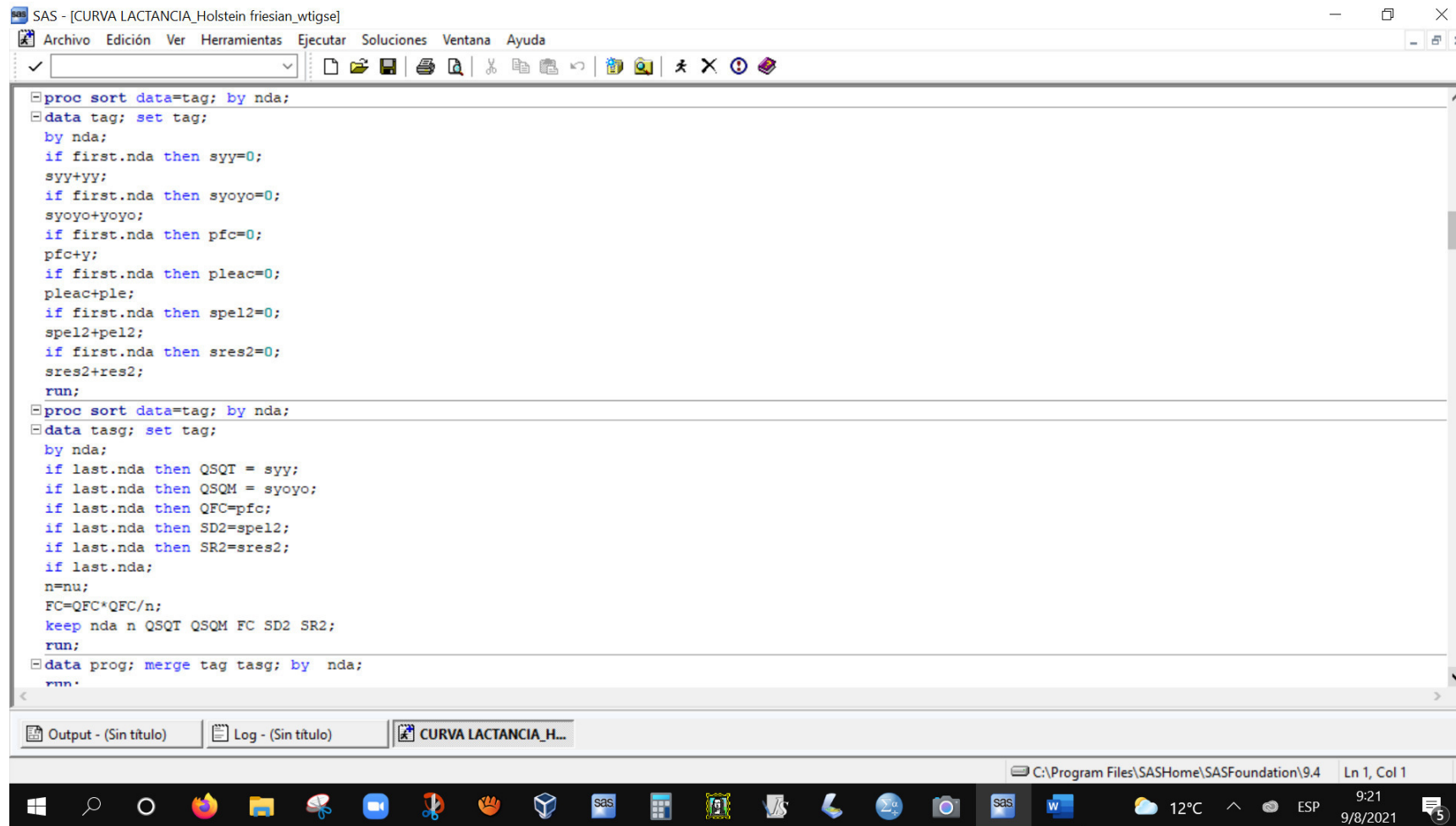
```
SAS - [CURVA LACTANCIA_Holstein_friesian_wtigse]
Archivo Edición Ver Herramientas Ejecutar Soluciones Ventana Ayuda
data m; set m;
pel=res-lagres;
run;
data m; set m;
if pel="" then pel=0;
run;
proc print;
run;
data tag; set m;
pel2=pel*pel;
res2=res*res;
yy=y*y;
yoyo=Lpred*Lpred;
TP=b/c;
PP=a*(b/c)**b*exp(-1*b);
s=-(b+1)*log(c);
ple=dr*Lpred;
plt=dr*y;
nda=1;
run;
proc print;run;
proc sort data=tag; by nda;
data tag; set tag;
by nda;
if first.nda then nu=0;
nu+1;
run;
proc sort data=tag; by nda;
data tag; set tag;
by nda;
if first.nda then suv=0;
```

Output - (Sin título) | Log - (Sin título) | CURVA LACTANCIA_H...

C:\Program Files\SASHome\SASFoundation\9.4 Ln 1, Col 1

9:21 12°C ESP 9/8/2021

Anexo N° 07. Modelación matemática de la ecuación de Wood, cálculo de varianza en la producción



```
SAS - [CURVA LACTANCIA_Holstein_friesian_wtigse]
Archivo Edición Ver Herramientas Ejecutar Soluciones Ventana Ayuda
[Icons]
proc sort data=tag; by nda;
data tag; set tag;
  by nda;
  if first.nda then syy=0;
  syy+yy;
  if first.nda then syoyo=0;
  syoyo+yoyo;
  if first.nda then pfc=0;
  pfc+y;
  if first.nda then pleac=0;
  pleac+ple;
  if first.nda then spel2=0;
  spel2+pel2;
  if first.nda then sres2=0;
  sres2+res2;
run;

proc sort data=tag; by nda;
data tasg; set tag;
  by nda;
  if last.nda then QSQT = syy;
  if last.nda then QSQM = syoyo;
  if last.nda then QFC=pfc;
  if last.nda then SD2=spel2;
  if last.nda then SR2=sres2;
  if last.nda;
  n=nu;
  FC=QFC*QFC/n;
  keep nda n QSQT QSQM FC SD2 SR2;
run;

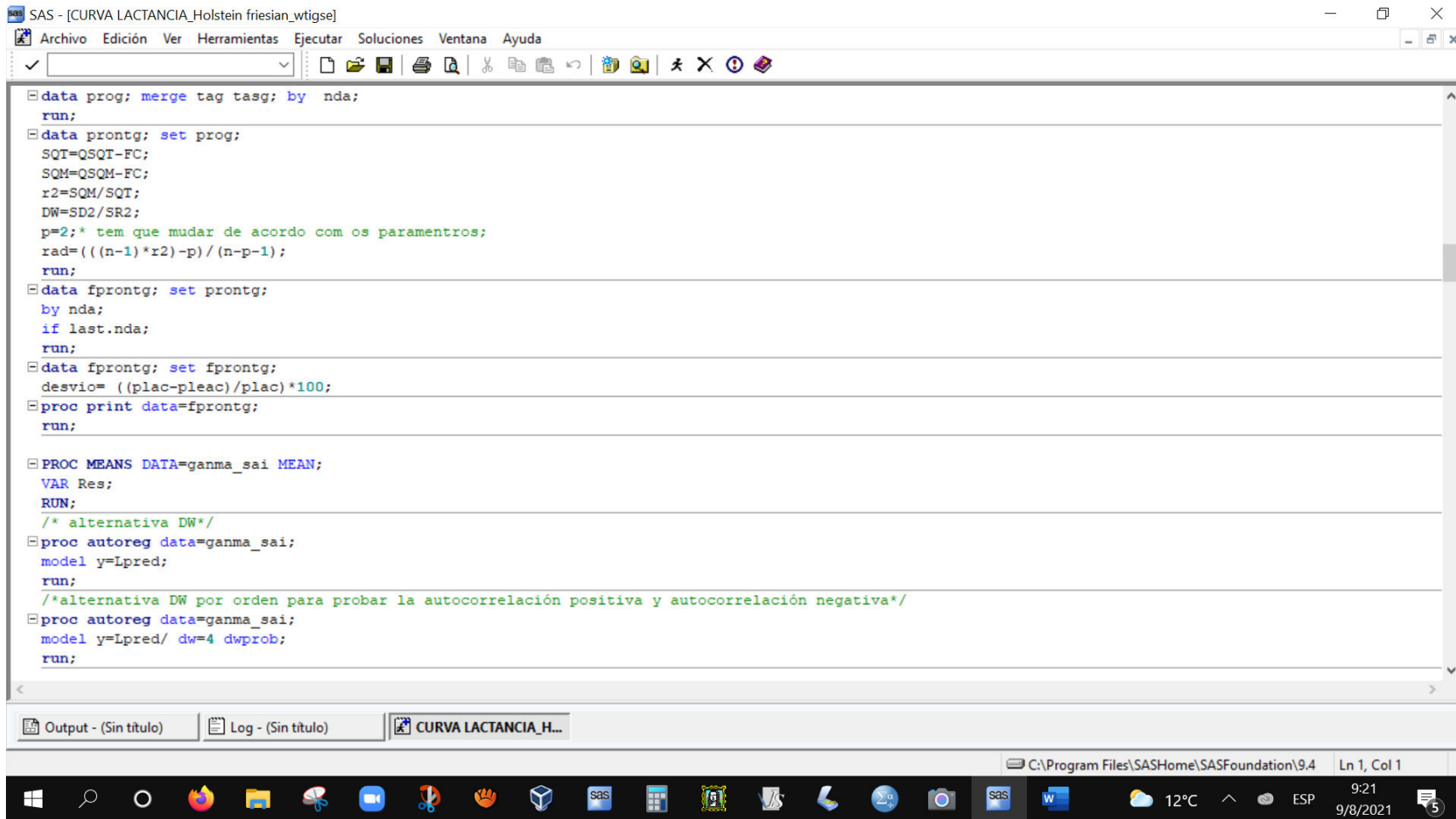
data prog; merge tag tasg; by nda;
run;
```

Output - (Sin título) | Log - (Sin título) | CURVA LACTANCIA_H...

C:\Program Files\SASHome\SASFoundation\9.4 Ln 1, Col 1

Windows taskbar: 12°C, 9:21, 9/8/2021

Anexo N° 08. Modelación matemática de la ecuación de Wood, cálculo de parámetros estadísticos de la curva.



```
SAS - [CURVA LACTANCIA_Holstein_friesian_wtigse]
Archivo Edición Ver Herramientas Ejecutar Soluciones Ventana Ayuda
data prog; merge tag tasg; by nda;
run;
data prontg; set prog;
SQT=QSQT-FC;
SQM=QSQM-FC;
r2=SQM/SQT;
DW=SD2/SR2;
p=2; /* tem que mudar de acordo com os paramentros;
rad= ((n-1)*r2-p)/(n-p-1);
run;
data fprontg; set prontg;
by nda;
if last.nda;
run;
data fprontg; set fprontg;
desvio= ((plac-pleac)/plac)*100;
proc print data=fprontg;
run;

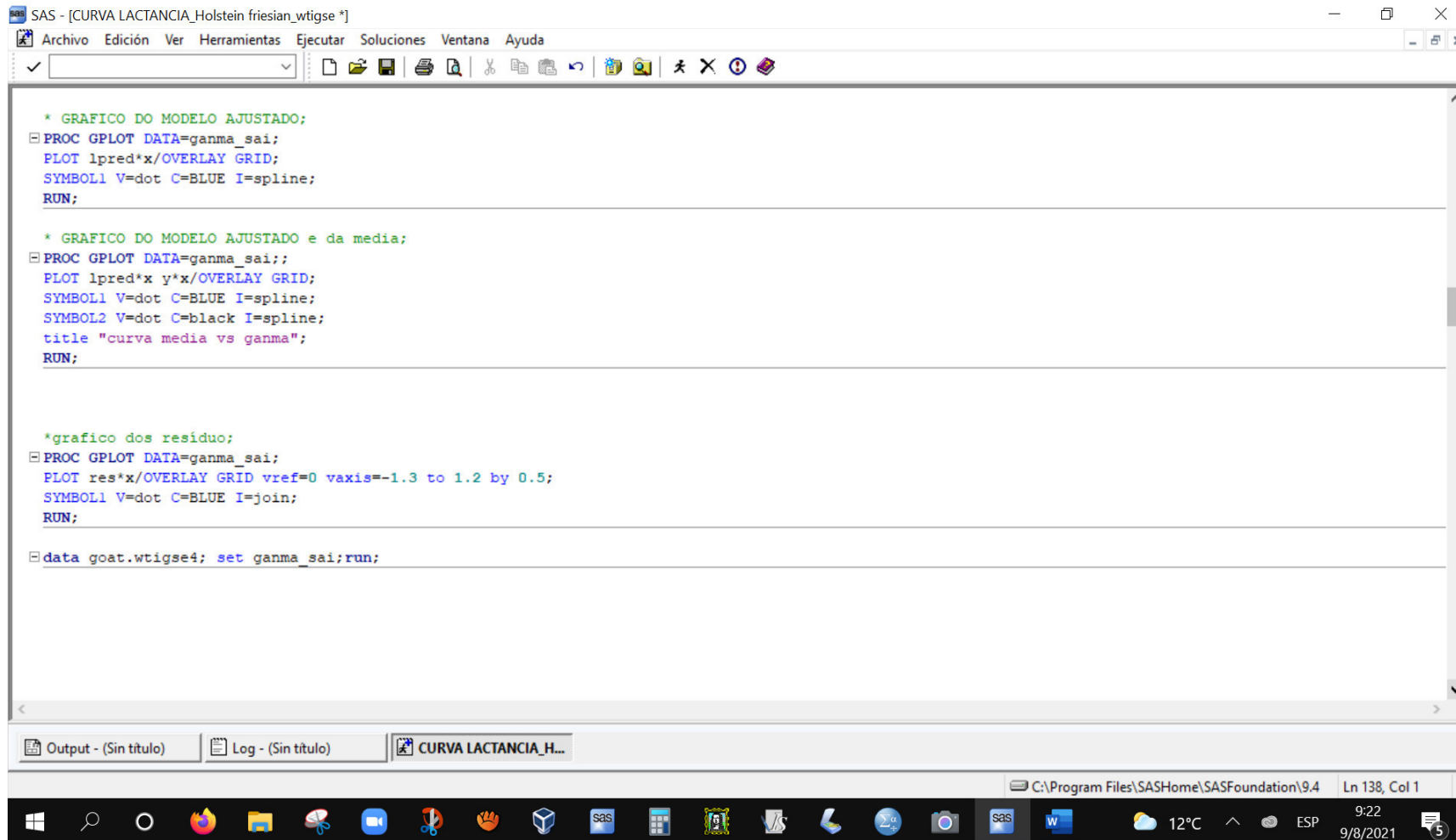
PROC MEANS DATA=ganma_sai MEAN;
VAR Res;
RUN;
/* alternativa DW*/
proc autoreg data=ganma_sai;
model y=Lpred;
run;
/*alternativa DW por orden para probar la autocorrelación positiva y autocorrelación negativa*/
proc autoreg data=ganma_sai;
model y=Lpred/ dw=4 dwprob;
run;
```

Output - (Sin titulo) | Log - (Sin titulo) | CURVA LACTANCIA_H...

C:\Program Files\SASHome\SASFoundation\9.4 Ln 1, Col 1

9:21 9/8/2021

Anexo N° 09. Modelación matemática de la ecuación de Wood, graficación de la curva observada y predicha



```
* GRAFICO DO MODELO AJUSTADO;
PROC GPLOT DATA=ganma_sai;
PLOT lpred*x/OVERLAY GRID;
SYMBOL1 V=dot C=BLUE I=spline;
RUN;

* GRAFICO DO MODELO AJUSTADO e da media;
PROC GPLOT DATA=ganma_sai;;
PLOT lpred*x y*x/OVERLAY GRID;
SYMBOL1 V=dot C=BLUE I=spline;
SYMBOL2 V=dot C=black I=spline;
title "curva media vs ganma";
RUN;

*grafico dos residuo;
PROC GPLOT DATA=ganma_sai;
PLOT res*x/OVERLAY GRID vref=0 vaxis=-1.3 to 1.2 by 0.5;
SYMBOL1 V=dot C=BLUE I=join;
RUN;

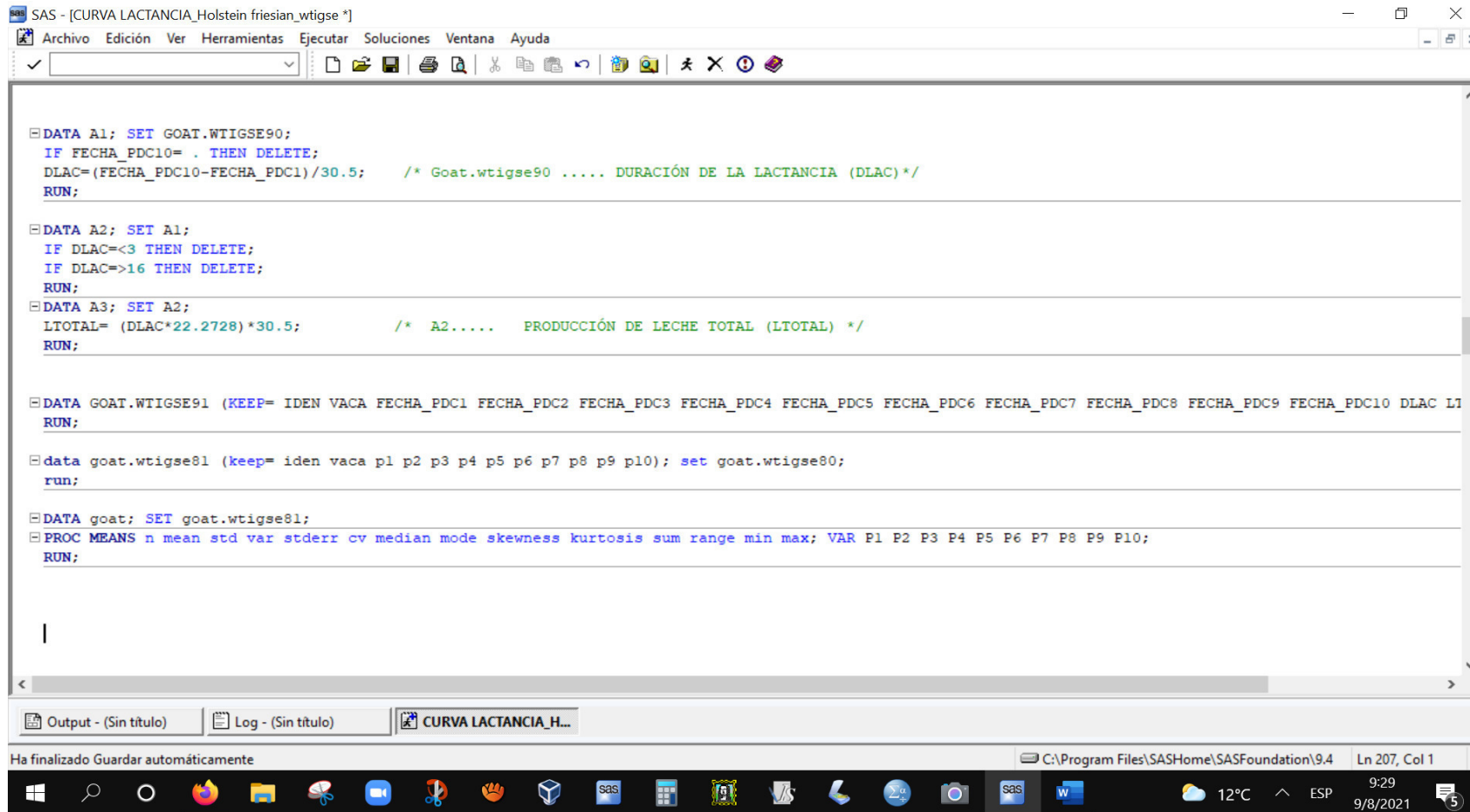
data goat.wtigse4; set ganma_sai;run;
```

Output - (Sin titulo) | Log - (Sin titulo) | CURVA LACTANCIA_H...

C:\Program Files\SASHome\SASFoundation\9.4 Ln 138, Col 1

12°C 9:22 9/8/2021

Anexo N° 10. Cálculo de la producción de leche total (LTOTAL), duración de la lactancia (DLAC). Y, determinación de estadísticos descriptivos de producción día de control (PDC).



```
SAS - [CURVA LACTANCIA_Holstein friesland_wtigse *]  
Archivo Edición Ver Herramientas Ejecutar Soluciones Ventana Ayuda  
DATA A1; SET GOAT.WTIGSE90;  
IF FECHA_PDC10= . THEN DELETE;  
DLAC=(FECHA_PDC10-FECHA_PDC1)/30.5; /* Goat.wtigse90 ..... DURACIÓN DE LA LACTANCIA (DLAC)*/  
RUN;  
  
DATA A2; SET A1;  
IF DLAC=<3 THEN DELETE;  
IF DLAC=>16 THEN DELETE;  
RUN;  
  
DATA A3; SET A2;  
LTOTAL= (DLAC*22.2728)*30.5; /* A2..... PRODUCCIÓN DE LECHE TOTAL (LTOTAL) */  
RUN;  
  
DATA GOAT.WTIGSE91 (KEEP= IDEN VACA FECHA_PDC1 FECHA_PDC2 FECHA_PDC3 FECHA_PDC4 FECHA_PDC5 FECHA_PDC6 FECHA_PDC7 FECHA_PDC8 FECHA_PDC9 FECHA_PDC10 DLAC LTOTAL);  
RUN;  
  
data goat.wtigse81 (keep= iden vaca p1 p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10); set goat.wtigse80;  
run;  
  
DATA goat; SET goat.wtigse81;  
PROC MEANS n mean std var stderr cv median mode skewness kurtosis sum range min max; VAR P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10;  
RUN;
```

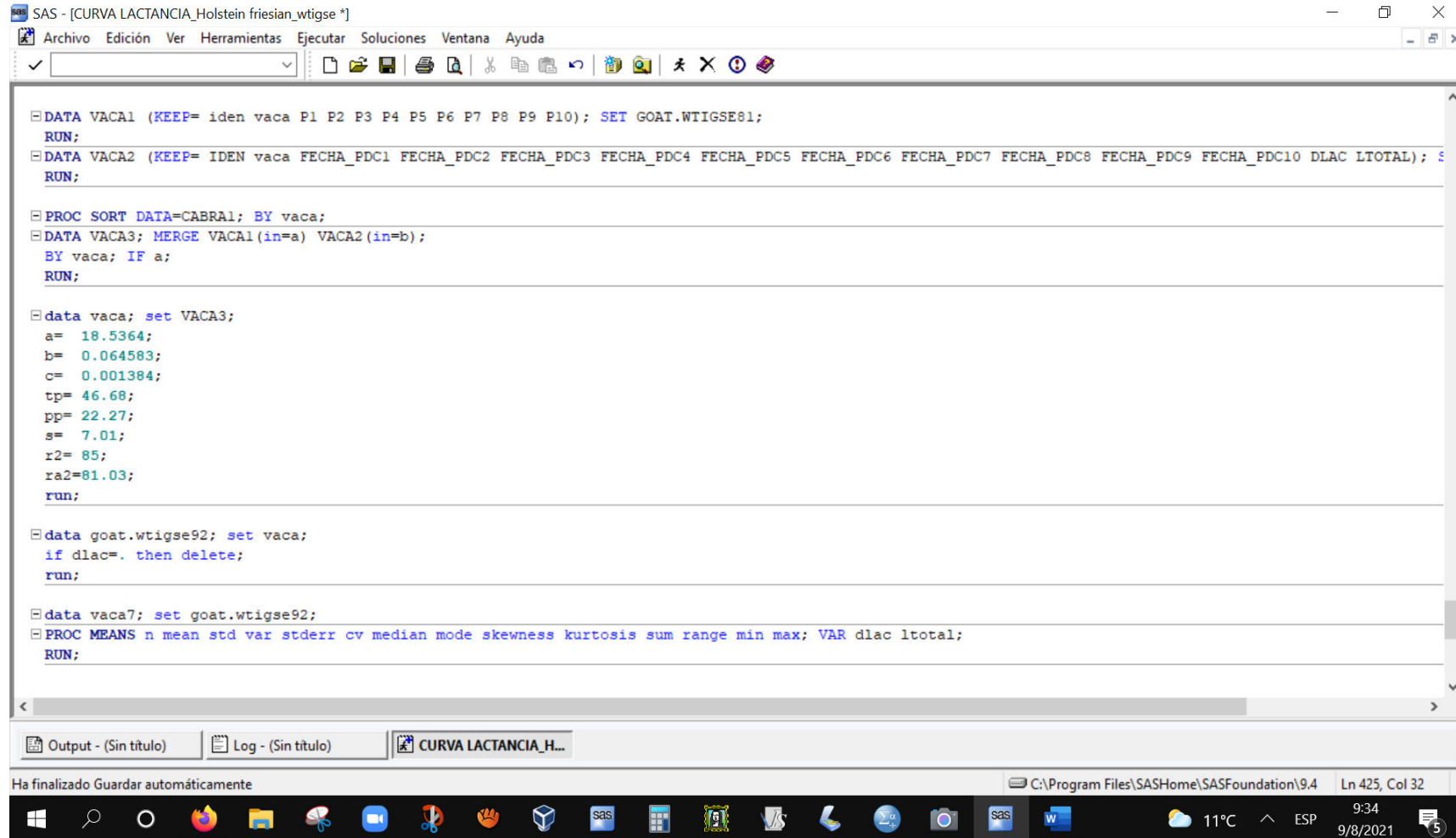
Output - (Sin título) | Log - (Sin título) | CURVA LACTANCIA_H...

Ha finalizado Guardar automáticamente

C:\Program Files\SASHome\SASFoundation\9.4 Ln 207, Col 1

12°C ^ ESP 9:29 9/8/2021

Anexo N° 11. Elaboración de tabla para cálculo de correlación; cálculo de estadísticos descriptivos de DLAC y LTOTAL



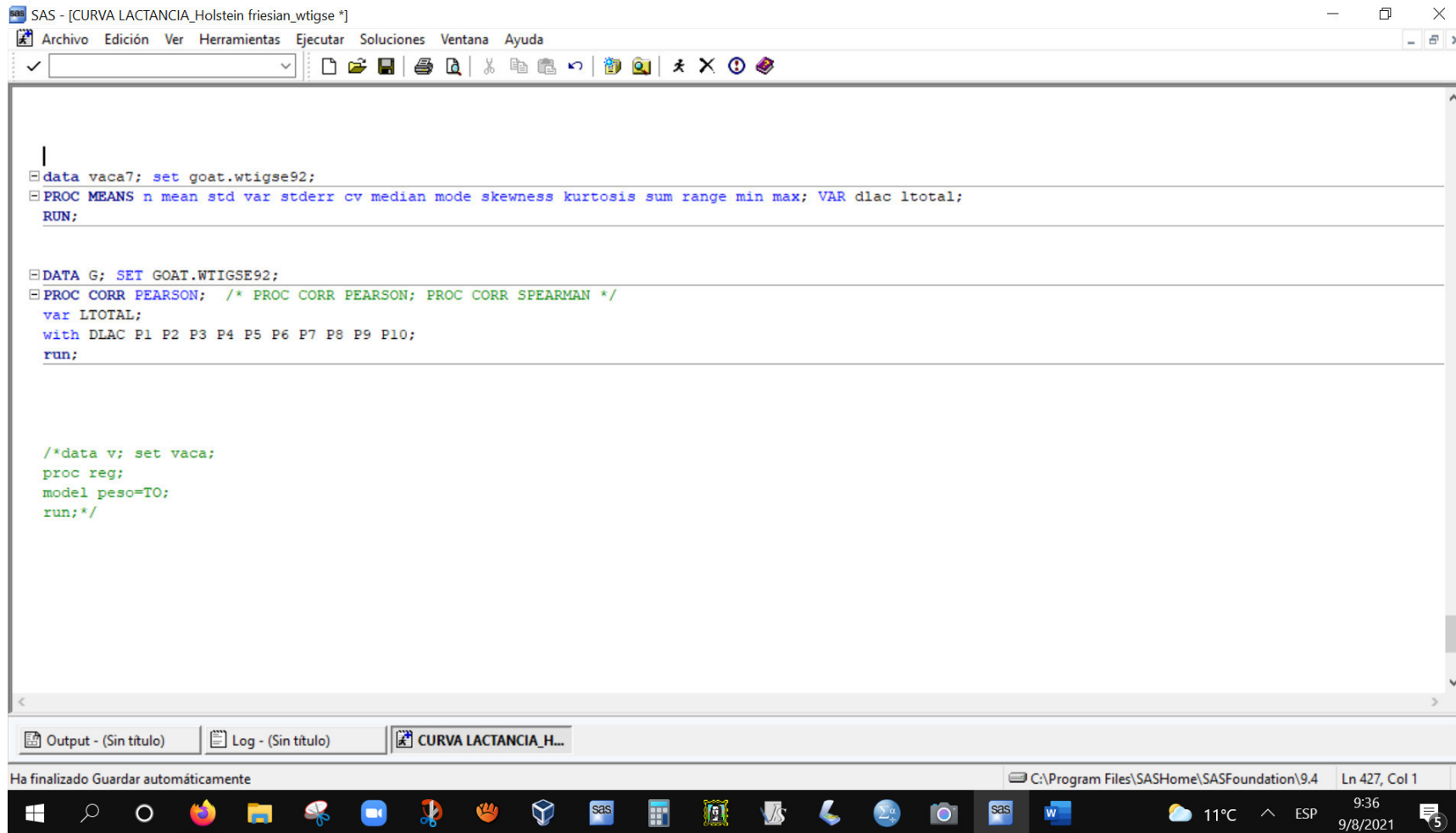
The screenshot displays the SAS software interface. The main window shows a SAS program with the following code:

```
DATA VACA1 (KEEP= iden vaca P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10); SET GOAT.WTIGSE81;
RUN;
DATA VACA2 (KEEP= IDEN vaca FECHA_PDC1 FECHA_PDC2 FECHA_PDC3 FECHA_PDC4 FECHA_PDC5 FECHA_PDC6 FECHA_PDC7 FECHA_PDC8 FECHA_PDC9 FECHA_PDC10 DLAC LTOTAL);
RUN;
PROC SORT DATA=CABRAL; BY vaca;
DATA VACA3; MERGE VACA1(in=a) VACA2(in=b);
BY vaca; IF a;
RUN;
data vaca; set VACA3;
a= 18.5364;
b= 0.064583;
c= 0.001384;
tp= 46.68;
pp= 22.27;
s= 7.01;
r2= 85;
ra2=81.03;
run;
data goat.wtigse92; set vaca;
if dlac=. then delete;
run;
data vaca7; set goat.wtigse92;
PROC MEANS n mean std var stderr cv median mode skewness kurtosis sum range min max; VAR dlac lttotal;
RUN;
```

The output window at the bottom shows the following results:

```
Output - (Sin titulo) | Log - (Sin titulo) | CURVA LACTANCIA_H...
Ha finalizado Guardar automáticamente
C:\Program Files\SASHome\SASFoundation\9.4 Ln 425, Col 32
9:34 11°C ^ ESP 9/8/2021
```

Anexo N° 12. Modelación de correlación de Pearson entre LTOTAL y DLAC, PDCs.



The screenshot shows the SAS software interface. The main window displays the following SAS code:

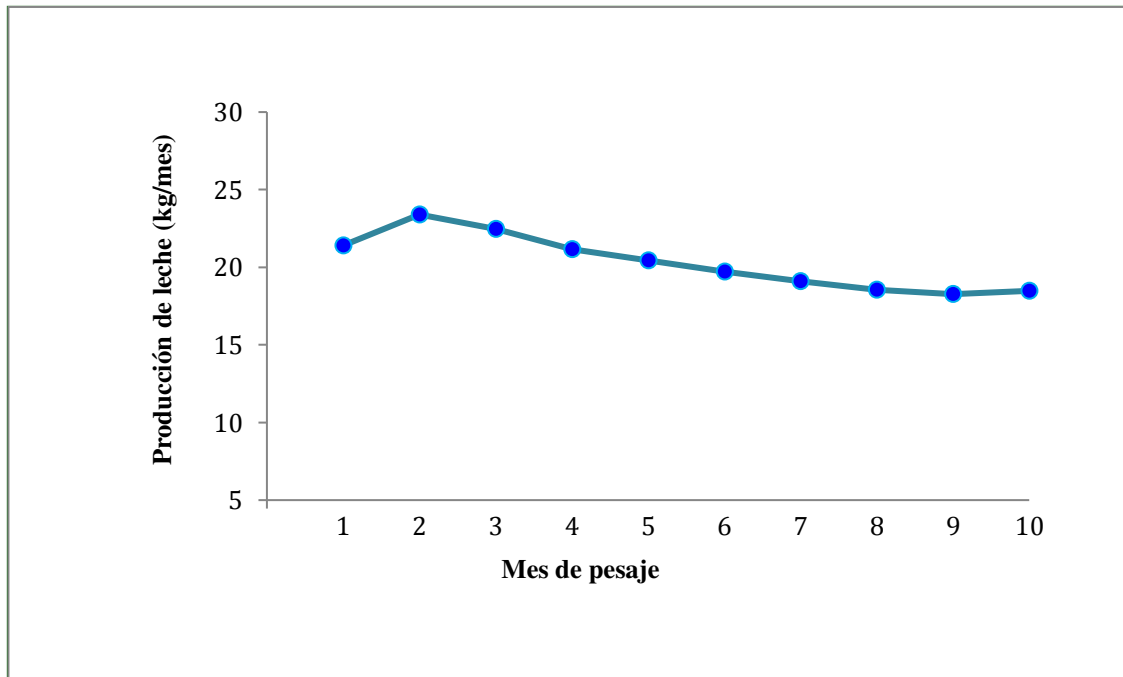
```
data vaca7; set goat.wtigse92;
PROC MEANS n mean std var stderr cv median mode skewness kurtosis sum range min max; VAR dlac lttotal;
RUN;

DATA G; SET GOAT.WTIIGSE92;
PROC CORR PEARSON; /* PROC CORR PEARSON; PROC CORR SPEARMAN */
var LTOTAL;
with DLAC P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10;
run;

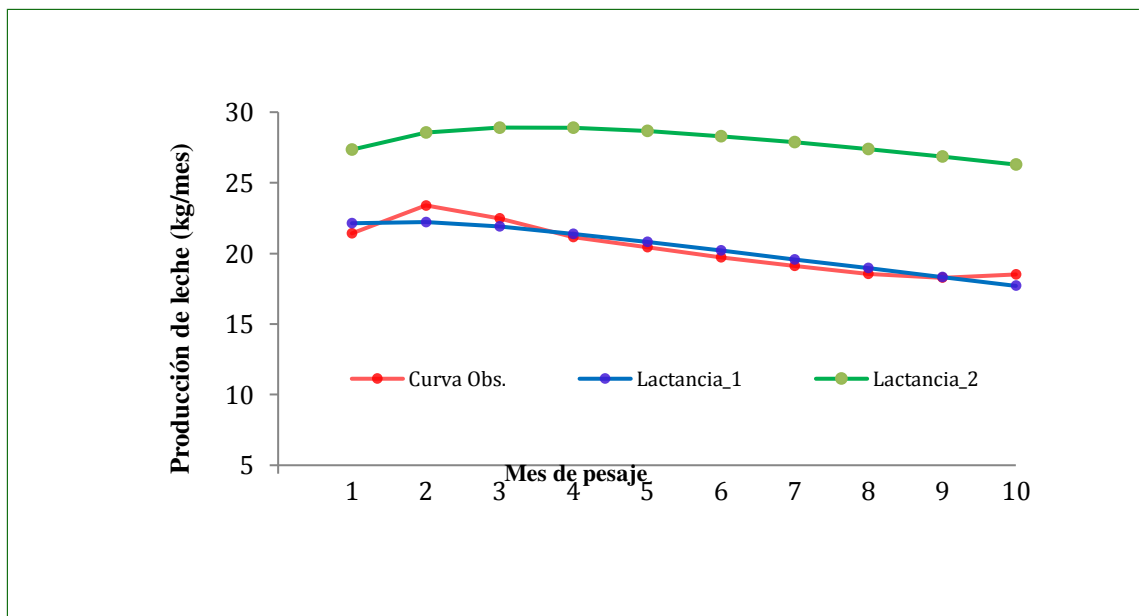
/*data v; set vaca;
proc reg;
model peso=TO;
run;*/
```

The interface includes a menu bar (Archivo, Edición, Ver, Herramientas, Ejecutar, Soluciones, Ventana, Ayuda), a toolbar with various icons, and a status bar at the bottom showing the current file path (C:\Program Files\SASHome\SASFoundation\9.4) and line/col information (Ln 427, Col 1). The Windows taskbar is visible at the bottom of the screen.

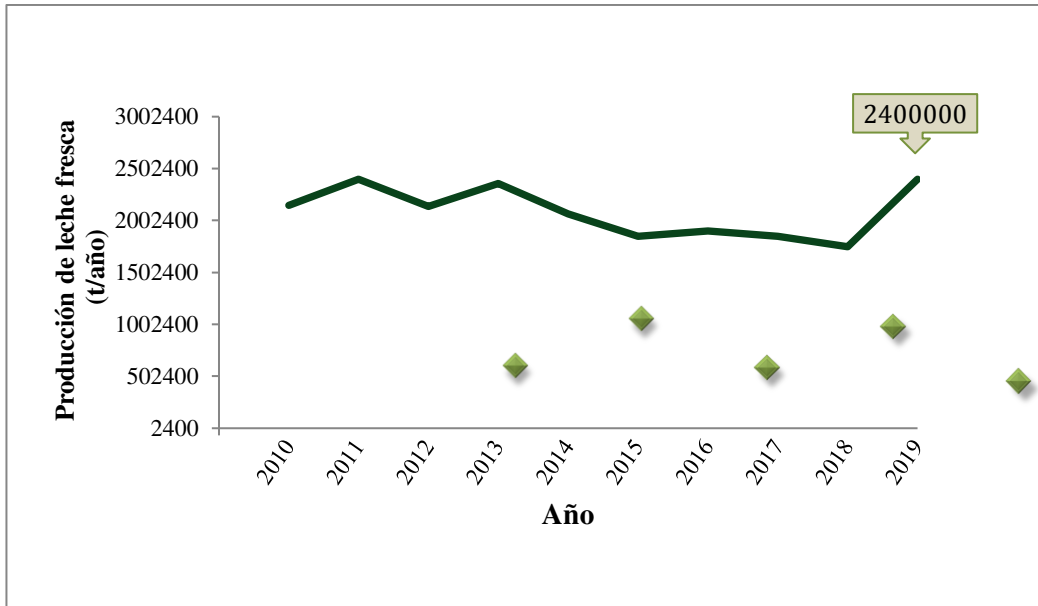
Anexo N° 13. Curva de lactancia media observada de vacas *Holstein friesian*



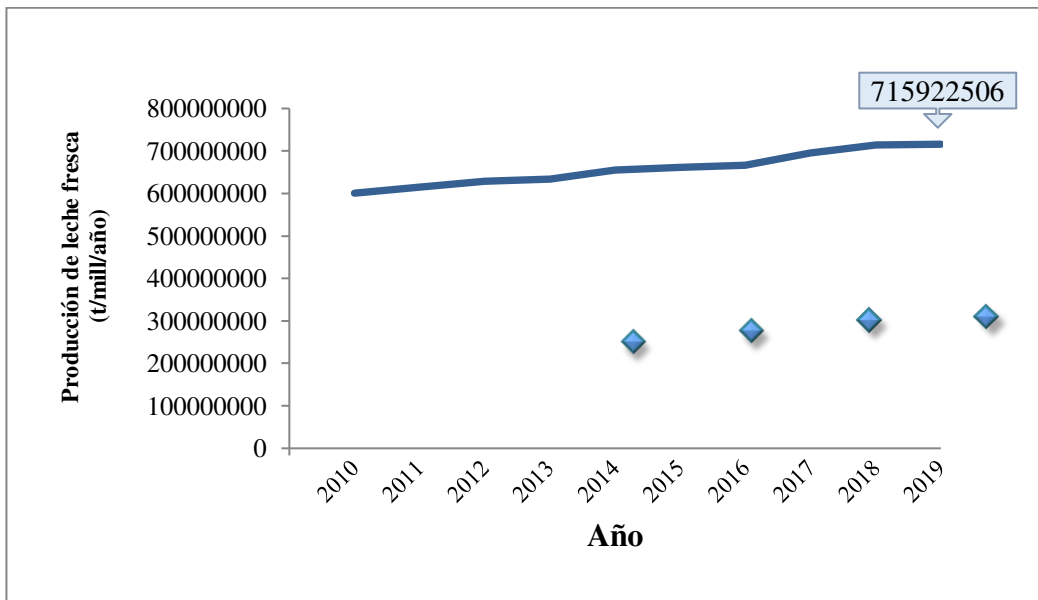
Anexo N° 14. Curva de lactancia observada y de Wood con 1 y 2 lactancias



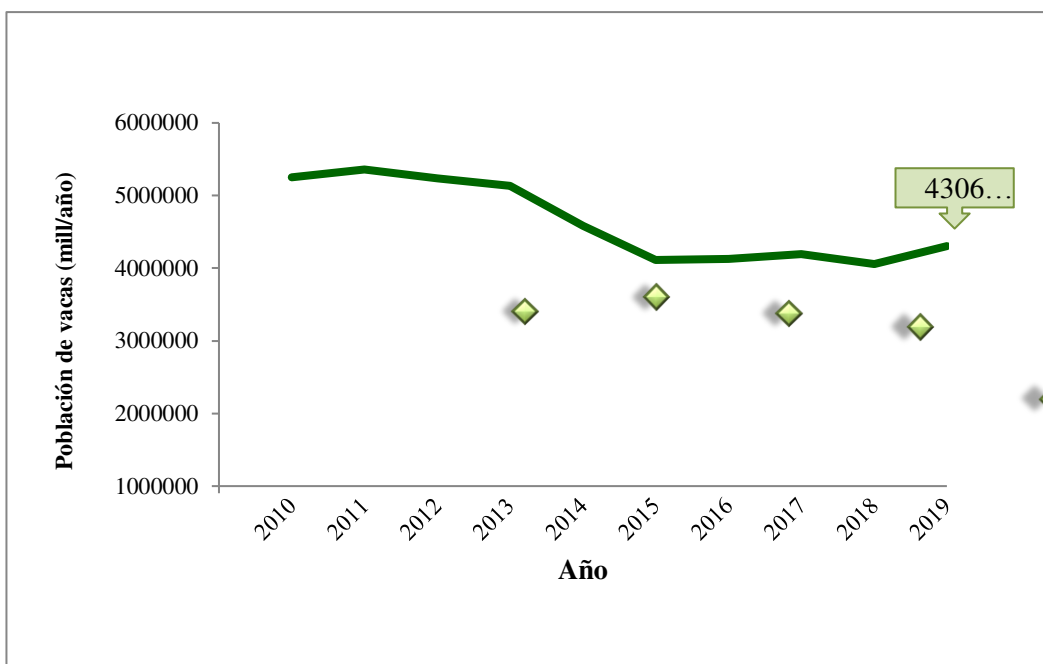
Anexo N° 15. Producción de leche fresca de vaca en Ecuador



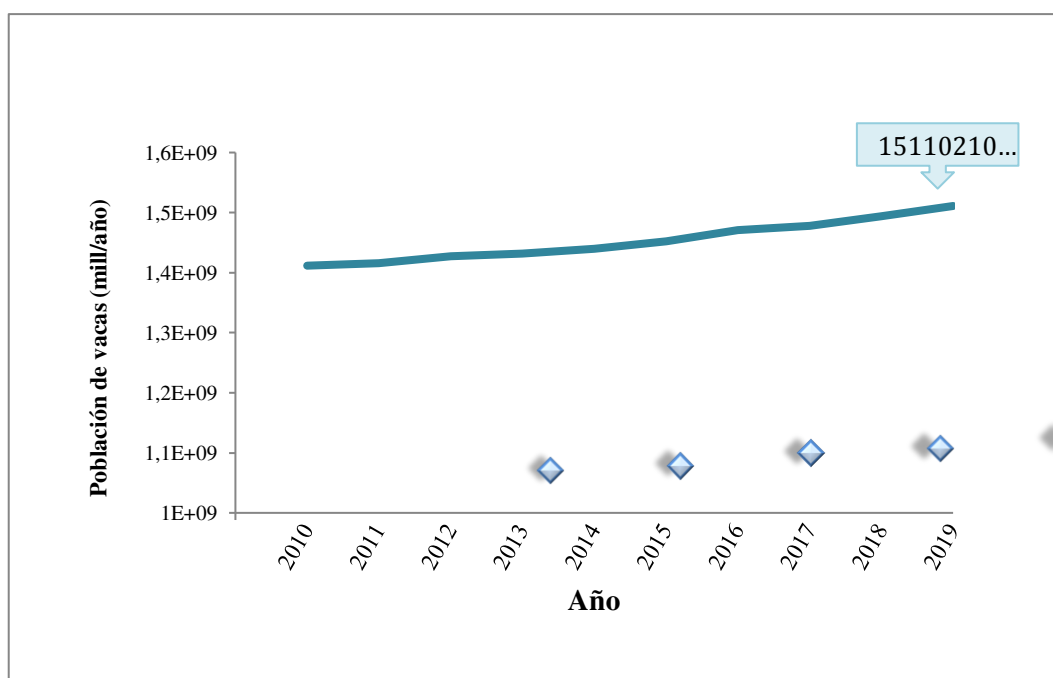
Anexo N° 16. Producción mundial de leche fresca de vaca



Anexo N° 17. Población de ganado bovino en Ecuador



Anexo N° 18. Población mundial de ganado bovino



GLOSARIO

Transectos: ubicación aleatoria de líneas de muestreo, o en la distribución equidistante.

Curtosis: medida estadística que determina el grado de concentración que presentan los valores de un variable alrededor de la zona central de la distribución de frecuencias.

Campana de Gauss: representación gráfica de la distribución normal de un conjunto de datos, los cuales se reparten en valores: bajos, medios y altos y crean un gráfico de forma acampanada y simétrica.

Dócima: Prueba destinada a evaluar conocimientos o aptitudes, en el cual hay que elegir la respuesta correcta.

SAS, v.w. 9.4: sistema de análisis estadístico de versión Windows, nueve puntos cuatro.

Regresión no lineal: método para encontrar la relación entre la variable dependiente y un conjunto de variables independientes.

Coefficiente de determinación: proporción de varianza que resulta explicada por los tratamientos utilizados en la investigación.

Modelo de Wood: modelo no lineal que permite determinar la producción de leche, utilizando el método modificado de Gauss_ Newton.

Curva de lactancia: graficación de la curva de producción de leche de una hembra.

Parámetro: valor de una población.

Estadígrafo: valor de una muestra.

Parámetros genéticos: valores genéticos de una población.