



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACTORES REPRODUCTIVOS Y SU EFECTO SOBRE LA PERSISTENCIA DE LA PRODUCCIÓN LECHERA DE VACAS DE RAZA *JERSEY* EN ECUADOR**

**ISRAEL HERNAN CULCAY TRONCOSO**

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN REPRODUCCIÓN ANIMAL, MENCIÓN  
REPRODUCCIÓN BOVINA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

Enero 2022

**©2022, Israel Hernán Culcay Troncoso**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CERTIFICACIÓN:

### CERTIFICACIÓN

*EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:*

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado **FACTORES REPRODUCTIVOS Y SU EFECTO SOBRE LA PERSISTENCIA DE LA PRODUCCIÓN LACHERA DE VACAS DE RAZA JERSEY EN ECUADOR**, de responsabilidad del señor Israel Hernán Culcay Troncoso, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida, Ph. D.

**PRESIDENTE**

DrC. Manuel Teodoro Pesantez Campoverde, Ph. D.

**TUTOR**

Dr. Hermógenes Rene Chamba Ochoa, Mg. Sc.

**MIEMBRO**

Dr. Franco Bolívar Cordero Salazar, Mg. Sc.

**MIEMBRO**

Firmado digitalmente por LUIS EDUARDO HIDALGO ALMEIDA  
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION EC/CEI-I-QUITO, serialNumber=0000445780, cn=LUIS EDUARDO HIDALGO ALMEIDA  
Fecha: 2022.01.18 12:47:34 -05'00'

LUIS EDUARDO  
HIDALGO ALMEIDA

Firmado por  
HERMOGENES RENE  
CHAMBA OCHOA  
1102116678  
EC



Firmado digitalmente por  
FRANCO BOLIVAR  
CORDERO SALAZAR

## **DERECHOS INTELECTUALES**

Yo, Israel Hernán Culcay Troncoso declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Israel Hernán Culcay Troncoso**

**N°. Cédula: 1804386140**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, **Israel Hernán Culcay Troncoso**, declaro que el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

---

**Israel Hernán Culcay Troncoso**

**N°. Cédula: 1804386140**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por darme salud, vida y sabiduría para realizar este sueño tan anhelado, a mis queridos padres de manera infinita por el apoyo recibido durante toda la vida. De manera especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darme la oportunidad de prepararme en dicho establecimiento, a mis maestros quienes compartieron sus conocimientos durante mi trayectoria estudiantil.*

*También un agradecimiento fraterno a la Asociación Holstein Friesian del Ecuador por el apoyo y confianza para la tabulación de datos de este proyecto; de igual manera a mi Tutor de tesis, el DrC. Manuel Pesántez Campoverde, PhD., por guiarme y apoyarme para realizar la presente investigación y, al Dr. Hermógenes Chamba y Dr. Franco Cordero por sus conocimientos invaluable que me brindaron para llevar a cabo esta investigación y sobre todo su gran paciencia para esperar a que este trabajo pudiera llegar a su fin.*

*Agradezco a todos mis profesores por todas sus enseñanzas, sugerencias y apoyo a lo largo de la vida estudiantil, a mis amigos y colegas, con quienes compartimos momentos muy gratos durante mi travesía de la maestría. y, a todas aquellas personas que de una u otra manera estuvieron involucradas para que este trabajo culmine con éxito.*

*Israel.*

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo de investigación a mi madre Martha Troncoso, por enseñarme a ser la persona que soy, de quién admiro su fortaleza y carácter, que a pesar de todos los problemas de salud y del cáncer que se ha enfrentado, siempre sale valerosa.*

*Dedico la presente, a mi padre Julio Culcay, por permitirme llevar a cabo todos mis sueños e impulsarme para lograrlos y a mi pequeño hijo Isaías Culcay, por ser el motor de mis proyectos y la razón de mis esfuerzos.*

*Israel.*

## TABLA DE CONTENIDO

|  | Págs.     |
|--|-----------|
| RESUMEN .....  | xiv       |
| SUMMARY .....  | xv        |
| CAPÍTULO I.....  | 1         |
| <b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Planteamiento del problema .....</b>                                | <b>2</b>  |
| <b>1.1.1 Situación del problema .....</b>                                  | <b>2</b>  |
| <b>1.1.2 Formulación del problema .....</b>                                | <b>3</b>  |
| <b>1.1.3 Preguntas directrices o específicas de la investigación .....</b> | <b>3</b>  |
| <b>1.1.4 Justificación de la investigación.....</b>                        | <b>3</b>  |
| <b>1.2 Objetivos de la investigación.....</b>                              | <b>4</b>  |
| <b>1.2.1 Objetivo General .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>1.2.2 Objetivos Específicos.....</b>                                    | <b>5</b>  |
| <b>1.2 Hipótesis.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1.3.1 Hipótesis general.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1.4 Identificación de las variables.....</b>                            | <b>5</b>  |
| <b>1.4.1 Variables independientes .....</b>                                | <b>5</b>  |
| CAPÍTULO II .....  | 6         |
| <b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2.1 Población bovina y producción de leche .....</b>                    | <b>6</b>  |
| <b>2.2 Raza Jersey.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2.3 Fisiología del Sistema mamario .....</b>                            | <b>8</b>  |
| <b>2.4 Lactogénesis.....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>2.4.1.1 Etapa I.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>2.4.1.2 Etapa II.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>2.5 Calostrogénesis.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>2.6 Galactopoyesis .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>2.7 Involución de la glándula mamaria .....</b>                         | <b>13</b> |
| <b>2.8 Apoptosis.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>2.9 Persistencia de la lactancia (Per) .....</b>                        | <b>17</b> |

|                      |   |    |
|----------------------|---|----|
| 2.9.1                | Determinación de la persistencia.....   | 20 |
| 2.10                 | Eficiencia reproductiva .....   | 24 |
| 2.10.1               | <i>Edad al primer parto (EPP)</i> .....   | 25 |
| 2.10.2               | <i>Periodo parto-concepción (PPC)</i> .....   | 28 |
| CAPÍTULO III.....    |   | 31 |
| 3.                   | METODOLOGÍA .....   | 31 |
| 3.1                  | Procedimientos para estimación de la producción de leche .....                                    | 31 |
| 3.2                  | Procedimientos para el análisis de efectos genéticos y ambientales en la producción de leche..... | 32 |
| 3.3                  | Procedimiento para estimación de la persistencia de la producción lechera.....                    | 32 |
| 3.4                  | Procedimiento para determinación de la edad al primer parto .....                                 | 33 |
| 3.5                  | Procedimiento para determinación del Periodo parto-concepción .....                               | 34 |
| 3.6                  | Procedimiento para correlación entre factores reproductivos y persistencia de lactación .....     | 34 |
| 3.7                  | Pasos para recolección de datos primarios y secundarios.....                                      | 35 |
| CAPÍTULO IV .....    |   | 36 |
| 4.                   | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....   | 36 |
| 4.1                  | Variables de análisis reproductiva .....  | 36 |
| 4.1.1                | <i>Edad al primer parto (EPP)</i> .....   | 36 |
| 4.2                  | Variables de análisis productiva.....   | 40 |
| 4.2.1                | <i>Producción de Leche (<math>P_{total}</math>)</i> .....   | 40 |
| 4.3                  | Variables de correlación.....   | 45 |
| CONCLUSIONES .....   |   | 47 |
| RECOMENDACIONES..... |   | 48 |
| BIBLIOGRAFÍA         |   |    |
| ANEXOS               |   |    |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1-2:</b> Modelos matemáticos para estimar la persistencia de la lactancia en bovinos .....   | 22 |
| <b>Tabla 1-4:</b> Estadígrafos de Edad al Primer Parto de vacas <i>Jersey</i> del Ecuador .....   | 37 |
| <b>Tabla 2-4:</b> Estadígrafos del Periodo Parto Concepción de vacas <i>Jersey</i> del Ecuador .....  | 39 |
| <b>Tabla 3-4:</b> Estadígrafos de Producción de leche total ( $L_{total}$ ) de vacas <i>Jersey</i> de Ecuador .....                                   | 41 |
| <b>Tabla 4-4:</b> Estadígrafos de Producción de leche Ajustada ( $L_{305}$ ) de vacas <i>Jersey</i> de Ecuador ..                                     | 41 |
| <b>Tabla 5-4:</b> Estadígrafos de Duración de la Lactancia (DL) de vacas <i>Jersey</i> del Ecuador .....  | 42 |
| <b>Tabla 6-4:</b> Estadígrafos de Persistencia de vacas <i>Jersey</i> de Ecuador .....  | 44 |
| <b>Tabla 7-4:</b> Estadígrafos de producción de leche de los 100 primeros días de producción de vacas<br><i>Jersey</i> del Ecuador ( $L_{100}$ )..... | 44 |
| <b>Tabla 8-4:</b> Estadígrafos de producción de leche después de los 200 días de producción de vacas<br><i>Jersey</i> del Ecuador ( $L_{200}$ ).....  | 44 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Gráfico 1-2.</b> Población de ganado bovino a nivel mundial .....            | 7  |
| <b>Gráfico 2-2.</b> Niveles sanguíneos de las hormonas de la lactogénesis ..... | 11 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1-2.</b> Fases de la involución de la glándula mamaria..... | 15 |
| <b>Figura 2-2.</b> Persistencia de la lactancia.....                  | 19 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Estadígrafos del cálculo de la persistencia.
- ANEXO B:** Estadígrafos del cálculo de la producción de leche total.
- ANEXO C:** Estadígrafos del cálculo de la producción de leche hasta los 100 días (L100).
- ANEXO D:** Estadígrafos del cálculo de la producción de leche hasta los 200 días (L200).
- ANEXO E:** Estadígrafos del cálculo de la producción de leche hasta los 300 días (L300).
- ANEXO F:** Estadígrafos del cálculo de la Duración de la Lactancia.
- ANEXO G:** Correlaciones de la persistencia (per) y leche ajustada a 300días (Lajust), duración de la lactancia (DLAC) y época (1=lluviosa, 2=seca).
- ANEXO H:** Estadígrafos del cálculo de la Edad al primer parto (EPP).
- ANEXO I:** Estadígrafos del cálculo del periodo parto-concepción (PPC).
- ANEXO J:** Correlación entre la persistencia y edad al primer parto.
- ANEXO K:** Correlación entre la persistencia y periodo parto-concepción.
- ANEXO L:** Estadígrafo de regresión entre persistencia y edad al primer parto.
- ANEXO M:** Dispersión de residuos de parámetros estimados de la persistencia.
- ANEXO N:** Efecto de la persistencia en parámetros reproductivos (EPP, PPC).
- ANEXO O:** Metodología para la selección de vacas de la raza *Jersey* utilizando la persistencia de la producción de leche en Ecuador.

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar los factores reproductivos edad al primer parto (EPP) y Periodo parto concepción (PPC), persistencia (Per) y estudiar el efecto de los factores EEP y PPC sobre la Per y en base a lo estudiado plantear un sistema de selección animal. Se utilizaron datos registrados por la Asociación Holstein Friesian del Ecuador (AHFE) entre el periodo 2010 - 2018. Se estimó la producción total de leche (LTOTAL) por el método de Fleischmann (1945). Los datos fueron analizados con modelación lineal mixta utilizando el PROC MIXED y los estadísticos descriptivos de EPP, PPC y (Ltotal), a través de PROC MEANS en el SAS vw.9.4. Para la comparación de medias mínimo cuadráticas se utilizó la dócima de Tukey-Kramer (1956) y, contrastes ortogonales para detectar efectos lineales, cuadráticos y cúbicos. La Per se estimó según los criterios de Johansson y Hansson (1940). Se concluye que la EPP fue,  $30.61 \pm 0.67$  meses, PPC,  $120 \pm 0.96$  días, Ltotal,  $2977.55 \pm 64.44$  kg; producción de leche ajustada a 305 días (LAjust),  $3009.52 \pm 151.24$  kg; Per,  $41.79 \pm 0.74\%$ . Las correlaciones estimadas entre Per y EPP fueron de  $-0.5421$  ( $P=0.2665$ ) y, entre Per y PPC de  $0.1082$  ( $P=0.3911$ ). El valor fenotípico del PPC y Per de  $-0.0626 \pm 0.0957$  ( $P>0.5596$ ) y, de la EPP y Per de  $-0.6968 \pm 0.4502$  ( $P>0.2194$ ). Se recomienda la utilización de la metodología generada en el presente estudio, para la selección vacas de la raza Jersey en producción de leche, en Ecuador.

**Palabras Clave:** <EDAD AL PRIMER PARTO>;< PERIODO PARTO CONCEPCIÓN>; <PERSISTENCIA>; <JERSEY>;

LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS

Firmado digitalmente  
por LUIS ALBERTO  
CAMINOS VARGAS  
DN: cn=LUIS ALBERTO  
CAMINOS VARGAS,  
ou=EC, o=ESPOCH,  
Mailbox=luis@esPOCH.  
ec  
Fecha: 2022.01.08  
17:48:05.00



0002-DBRA-UPT-IPEC-2022

## SUMMARY

The objective of the research was to determine the reproductive factors of age at first calving (AFC) and the Calving-conception period (CCP), persistency (Per) to study the effect of the AFC and CCP factors on Per, based on these studies to propose a viable animal selection system. Data registered by the Holstein Friesian Association of Ecuador (AHFE) on the period 2010 – 2018 was used. The Total milk production (TOTALM) was estimated by the Fleischmann method (1945). The data were analyzed with mixed linear modeling using PROC MIXED and the descriptive statistics of AFC, CCP, and (TotalM), through PROC MEANS in SAS vw.9.4. For the comparison of the minimum mean square, the Tukey-Kramer test (1956) was used. Also, for the contrasts of orthogonal to detect the linear, square, and cubic effects. Per was estimated according to the criteria of Johansson and Hansson (1940). It is concluded that the AFC was,  $30.61 \pm 0.67$  months, CCP,  $120 \pm 0.96$  days, TotalM,  $2977.55 \pm 64.44$  kg; milk production adjusted to 305 days (AdjustM),  $3009.52 \pm 151.24$  kg; Per,  $41.79 \pm 0.74\%$ . The estimated correlations between Per and AFC were  $-0.5421$  ( $P = 0.2665$ ) and, between Per and CCP,  $0.1082$  ( $P = 0.3911$ ). The phenotypic value of the AFC and Per was  $-0.0626 \pm 0.0957$  ( $P > 0.5596$ ) and, of the CCP and Per was  $-0.6968 \pm 0.4502$  ( $P > 0.2194$ ). The use of the methodology generated in this study is recommended for the selection of Jersey cows in the production of milk in Ecuador.

**Keywords:** <AGE AT FIRST CALVING>; <CALVING-CONCEPTION PERIOD>; <PERSISTENCE>; <JERSEY>;

# CAPÍTULO I

## I. INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de leche de bovinos de razas especializadas en Ecuador, está compuesto por la integración del recurso animal, suelo, ambiente y manejo, por lo cual a diario afronta el reto de mantener la productividad lechera estable, que al estar relacionada con el estrés calórico, presencia de enfermedades metabólicas y reproductivas, hace necesario la utilización de razas especializadas en producción de leche proyectadas a la persistencia en la producción y con la adaptación a condiciones climáticas, implementando herramientas de manejo que disminuya la consanguinidad, el descarte de animales, por selección y disminución en la fertilidad.

La persistencia de la producción de leche tiene diferentes definiciones, como la descrita por Gengler (1996), quien define a la persistencia como la habilidad de una hembra lechera para mantener, más o menos constante, su producción durante la lactancia; se debe tener en cuenta que la persistencia varía en cada vaca, pero normalmente en la primera lactancia la vaca es más persistente que en la segunda o tercera lactancia, por otro lado la persistencia es determinada por varios métodos, como, por ejemplo, estudiar los efectos entre producción de leche en las diferentes fases de la lactancia; la variación de la producción de leche día control; los parámetros de los modelos matemáticos y mediante valoración genética obtenida por medio de coeficientes aleatorios en los modelos de regresión aleatoria (Gengler, 1996 y Cobuci *et al.*, 2003).

La Asociación Holstein Friesian del Ecuador (AHFE) a partir de 1942 hasta la actualidad, dentro de las principales actividades realiza el control lechero, el registro genealógico y la evaluación lineal de las razas *Jersey*, *Brown Swiss* y *Holstein friesian*. En el caso de la raza *Jersey* llevan los registros genealógicos, productivos y reproductivos desde el año 1953 hasta la fecha. Actualmente, la intensa selección genética en ganado lechero para alta producción produce que los niveles de consanguinidad se incrementen y la diversidad genética de las poblaciones se vea disminuida (Cartuche, 2014), por lo que un análisis de la persistencia de las vacas *Jersey* de ganaderías registradas en la AHFE permitirá tomar mejores decisiones que permitirán aumentar los promedios de producción de leche por vaca, mejorar la funcionabilidad de los animales y disminuir los costos de producción, tomando en cuenta que la producción de leche tiene una correlación negativa con la fertilidad y la salud, según Stevenson (2012) y, Álvarez y WingChing (2019).

## **1.1 Planteamiento del problema**

### ***1.1.1 Situación del problema***

En los últimos años se ha mencionado que existe una relación antagónica entre la producción de leche en el pico de lactancia y la fertilidad de la vaca (Muir *et al.*, 2004). Para lo cual, Ferris *et al.* (1985) mencionan que la persistencia parece estar correlacionada positivamente con un pico de lactación más tardío y de menor magnitud.

En Ecuador, la ganadería lechera en su mayoría es manejada en sistemas tradicionales, sin un control productivo y reproductivo del hato. La selección en bovinos lecheros durante las dos últimas décadas ha estado dirigida a aumentar los volúmenes de producción de leche, así lo confirman incrementos de 3.500 kg de leche, 130 kg de grasa y 100 kg de proteína (Shook, 2006). Sin embargo, en algunos países que conforman la Unión Europea, el incremento en la producción de leche no ofrece ventajas desde el punto de vista económico debido a la existencia de un sistema de cuotas (Tekerli *et al.*, 2000), de modo que los ganaderos intentan entre otras medidas reducir los costos de producción, y para ello recurren al mejoramiento de la persistencia de la lactancia, la cual se refiere a la tasa de descenso en la producción de leche después de alcanzado el pico de producción (Togashi, 2004).

Galvis *et al.* (2005) mencionan que existe una correlación negativa entre la producción de leche y la reproducción debido a que el aumento en la producción de leche incrementa los requerimientos nutricionales de la vaca durante el posparto temprano principalmente y al presentarse de forma natural un balance energético negativo (BEN) que afecta a la primera ovulación posparto, produce cambios a nivel del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios y, causan un retraso en la reactivación fisiológica de la reproducción.

El desconocimiento del manejo de parámetros reproductivos basados en la longitud de la lactancia, es decir de la persistencia de leche de vacas de la raza *Jersey* en el Ecuador no ha permitido una selección animal en referencia a estos aspectos, sin tomar en cuenta que una vaca tendrá una lactancia prolongada sí, por diferentes motivos de manejo principalmente, presenta un periodo parto concepción prolongado.

De igual forma, en Ecuador se evidencia que no se utiliza la información recopilada por la AHFE, como en los países desarrollados para describir y analizar la lactancia global y aspectos como: producción pico, tiempo al pico y persistencia a través de modelación matemática, en particular,

basados en la última característica, y así, seleccionar las vacas por su lactancia prolongada, con propuestas o metodologías que combinen las características del modelado continuo al representar los rasgos principales de la curva de lactancia con la capacidad de las estadísticas multivariadas para resaltar las diferencias entre grupos (lactancias con baja o alta persistencia).

### **1.1.2 Formulación del problema**

¿Los factores reproductivos inciden directamente en la persistencia de la producción de leche de vacas de la raza *Jersey* en Ecuador?

### **1.1.3 Preguntas directrices o específicas de la investigación**

¿Cuál es la edad al primer parto y periodo parto concepción de vacas de la raza *Jersey* en Ecuador?

¿Cuál es la persistencia de la producción de leche de vacas de la raza *Jersey* en Ecuador?

¿Cuál es el efecto de los parámetros reproductivos sobre la persistencia de la lactancia de vacas de la raza *Jersey* en Ecuador?

¿Es posible plantear un sistema de selección genético basados en la persistencia de la producción de leche de vacas de la raza *Jersey* en Ecuador?

### **1.1.4 Justificación de la investigación**

La presente investigación es importante porque determinará factores reproductivos como la edad al primer parto (EPP) y periodo parto concepción (PPC), ya que son parte de parámetros que garantizan la eficiencia reproductiva y la persistencia de la lactancia en bovinos de leche de la raza *Jersey* en el Ecuador, como el efecto existente entre las variables permitiendo contar con herramientas de manejo para la toma de decisiones a nivel genético y alimenticio (Cuatrín, 2007), como información relevante para diseñar programas de mejora genética a nivel nacional. Cabe recalcar que al determinar el rendimiento productivo de vacas de la raza *Jersey* mediante la persistencia de la lactancia estimada, permitirá el cálculo y control de la alimentación, cumpliendo los requerimientos nutricionales de los animales según el estado fisiológico (Tozer y Huffaker, 1999, Grzesiak *et al.*, 2003; Cankaya *et al.*, 2011).

La persistencia de la lactancia explica el grado de inclinación de la curva posterior al pico de producción (Cañas *et al.*, 2009) y está directamente relacionada con aspectos económicos de rentabilidad en el hato lechero, permitirá la reducción de los costos de producción de leche al disminuir los costos de alimentación y su relación con la salud y la reproducción de las vacas, aspectos que lo corrobora (Tekerli *et al.*, 2000).

La producción de leche de vacas de raza *Jersey* ha ido incrementando, al ser la raza que aporta mayor cantidad de caseína, sólido imprescindible para la obtención de subproductos lácteos, es por ello que la selección de animales con buenas características productivas y con una eficiencia reproductiva, permitirá al productor contar con una herramienta útil de mejora genética dentro de los diferentes hatos lecheros del país.

Por otro lado, en la producción lechera, la duración de la lactancia (DL) se establece en 305 días con promedio de gestación de 283 días (nueve meses y diez días), una se insemina aproximadamente alrededor de 60 a 90 días post parto, y se seca a 305 días de producción de leche. Bajo esta condición, el período mínimo de secado de 60 días para recuperar la glándula mamaria y permitir que el período final de gestación sea el adecuado en cuestión de consumo de alimentos que favorezca al proceso normal del BEN. Sin embargo, cuando las vacas especializadas en producción de leche o alto rendimiento lechero son inseminadas en los primeros 60 a 90 días post parto, se presenta problemas relacionados con la fertilidad (Pryce et al., 2004; Walsh et al., 2011), riesgos sanitarios como mastitis (Bates y Dohoo, 2016), siendo también la consecuencia de lactancias más prolongadas que las tradicionales.

Considerando el valor económico de la persistencia, su correlación favorable con la salud, alimentación, manejo, fertilidad de las vacas y debido a que en el ganado lechero de raza *Jersey* del país no existen estudios sobre esta temática; la contribución teórica del presente estudio es determinar los factores reproductivos y su efecto en la persistencia de la producción de leche de vacas de la raza *Jersey* en Ecuador; y, la contribución práctica es el planteamiento de un sistema de selección genético como herramienta de utilidad al ganadero, la cual dependerá de la pendiente de la curva de lactancia después del pico de rendimiento y, utilizando técnicas estadísticas ordinarias (por ejemplo, modelos de regresión), se puede evaluar solo al final de la lactancia (Cole et al., 2009).

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### ***1.2.1 Objetivo General***

- Estudiar el efecto de parámetros reproductivos sobre la persistencia de la producción de leche de vacas de la raza *Jersey* en Ecuador.

### ***1.2.2 Objetivos Específicos***

- Determinar la edad al primer parto y periodo parto concepción de vacas de raza *Jersey* en Ecuador.
- Estimar la persistencia de la producción de leche de vacas *Jersey*.
- Estudiar el efecto de los factores reproductivos sobre la persistencia de la producción de leche de la raza *Jersey*.
- Plantear un sistema de selección genético como herramienta de utilidad al ganadero, basados en la evaluación productiva realizada de vacas de la raza *Jersey* en Ecuador.

## **1.2 Hipótesis**

### ***1.3.1 Hipótesis general***

¿Mediante la identificación de los factores reproductivos y su efecto en la persistencia de la producción lechera de vacas de raza *Jersey* en Ecuador, se podrá plantear un sistema de selección genético?

## **1.4 Identificación de las variables**

Las variables a incluir en el estudio se categorizaron como variable independiente y variable dependiente.

### ***1.4.1 Variables independientes***

Factores reproductivos: edad al primer parto, periodo parto concepción.

### ***1.4.2 Variable dependiente***

Persistencia de la lactancia, %.

### ***1.4.3 Variables generales***

Producción de leche, kg.

Número de días abiertos, días.

Número de parto.

Edad, meses.

## CAPÍTULO II

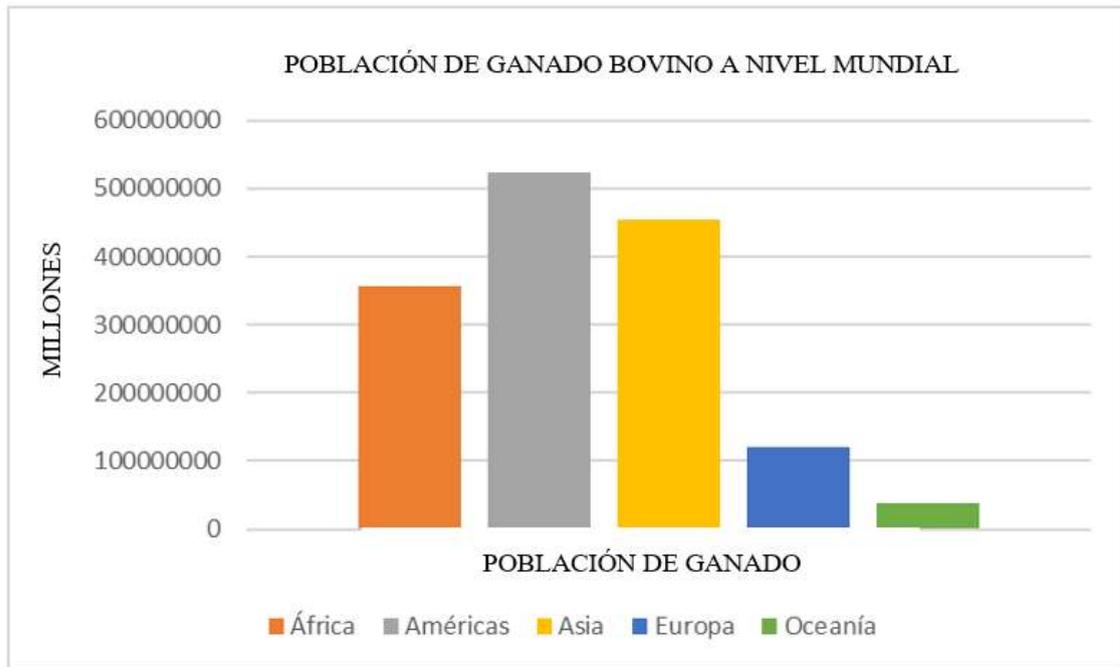
### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Población bovina y producción de leche

Según, la FAO (2018) a nivel mundial existen 1 489´ 744 504 de cabezas de ganado bovino, distribuidos en América, 522´867 113; Asia, 454´810 256; África, 355´ 694 137; Europa, 119´ 357 517 y en Oceanía, 37´015 482. A nivel de América y del mundo, Brasil es el país con mayor población bovina (213´523 056), seguido por Estados Unidos (94´298 000) y Argentina (53´928 990).

El Ecuador en relación a América ocupa el treceavo lugar como productor de ganado bovino con 4´056 796 cabezas; con una carga animal en la Costa entre 0.17 y 0.69 UBA/ha en las fincas de superficie entre 1 a 50 ha; de 50 a 100 ha se tiene una carga animal de 0.98 a 1.16 UBA/ha; y, más de 100 ha se tiene entre 1.2 a 3.13 UBA/ha; con razas tales como *Brahman*, *Charolaise* y *Holstein*; en el caso de las UPA's de la Sierra está entre 0.21 a 0.25 UBA/ha, datos analizados de provincias como Imbabura, Ibarra, Chimborazo y Pichincha (0.54) con un máximo de 1.35 UBA/ha en el Azuay, con ganado criollo y cruces con *Holstein*, *Brown swiss* y *Jersey*.

La producción de leche en el país, según la FAO (2018) fue de 1´901 043 litros, lo cual representa el 0.26% de producción a nivel mundial y del 0.9% a nivel de América; por otro lado, estudios realizados por Requelme y Bonifaz (2012), la producción promedio vaca/día, en el estrato de 1 a 5 ha en la Sierra se tienen valores de 2.2 a 3.3 l/vaca/día, valores similares se presentan en el estrato de 50 a 100 ha en la Costa y de 5 a 20 ha cantones como Puerto Quito y Pedro Vicente Maldonado, pertenecientes a la provincia de Pichincha. Es significativo el promedio del estrato de 5 a 20 ha en otros cantones de la Sierra que van desde el 8.3 a 14.3 l/vaca día.



**Gráfico 1-2.** Población de ganado bovino a nivel mundial

Fuente: FAO (2018).

## 2.2 Raza Jersey

La raza *Jersey* se originó en la isla de Jersey, situada en el Canal de La Mancha, entre Inglaterra y Francia. Es una de las más viejas razas reconocidas como tal, remontándose esto hace seis siglos atrás (González, 2019).

La raza *Jersey* es la más ligera del ganado lechero, de mayor angulosidad y proporción, con piel fina y pelo corto, el color varía de café a café negruzco, en su totalidad, puede presentar manchas blancas pequeñas, sin embargo, en la mayoría de cruces se prefiere que no existan.

La vaca adulta tiene un peso promedio de 430 kg; altura a la cruz, 1.20 m; en tanto, los toros llegan a pesar 680 kg; altura a la cruz, 1.51 m. No obstante, su rendimiento lechero, en relación a su peso, ya que puede producir hasta 13 veces su peso en leche, posee una eficiencia alta de conversión de alimento a leche comparada al resto de razas lecheras; entre otras, características tenemos: mansedumbre, precocidad, fertilidad, longevidad, facilidad de parto, rusticidad, caracteres que la hacen una raza deseable, para la producción de leche (González, 2019).

Con respecto a los parámetros reproductivos, la raza *Jersey* se caracteriza por su fertilidad,

facilidad de parto y longevidad (Echevery, 2011). En cuanto a los parámetros productivos de la raza *Jersey* tiene como ventaja la calidad de la leche, existiendo gran diferencia entre *Jersey* y *Holstein friesian* (Bailey *et al.*, 2005; Teodoro y Madalena, 2005; VanRaden y Sanders, 2003) lo que es de gran importancia para la industria quesera y determina el precio de la leche en varios mercados.

### **2.3 Fisiología del Sistema mamario**

Para Stefano *et al.* (2002) el número de células secretorias de leche y su actividad determina la producción y la forma de la curva de lactancia. La dinámica celular y la producción de leche perduran durante 240 días de lactación en vacas de alta producción.

El número de células secretorias aumenta al comienzo de la lactancia mientras que la producción de leche por célula disminuye, probablemente sea debido a la pérdida en el número de células secretorias dentro del proceso denominado apoptosis y no a una pérdida de la actividad secretoria.

Por otro lado, Österman y Bertilsson (2003) observaron efectos en una mayor persistencia de la curva en vaquillonas primíparas con triple ordeño comparando con vacas múltiparas.

La propia gestación deprime la persistencia. Además de los cambios hormonales debidos al estadio de la gestación, las vacas lecheras son expuestas a conflictivas demandas metabólicas entre la gestación y lactancia, la que inciden en la dinámica celular (Bolívar *et al.*, 2009).

En la lactancia tardía, el número de células secretorias de leche aumenta en preparación a la próxima lactancia. Ambas situaciones simultáneas deprimen la producción durante la presente lactación (Bolívar *et al.*, 2009).

El mejoramiento de la persistencia de la lactancia puede contribuir a la reducción de los costos en los sistemas de producción, porque este caracter está asociada con la disminución de los gastos derivados de una mayor eficiencia alimenticia, menos problemas de salud y reproductivos (Dekkers *et al.*, 1998; Bolívar *et al.*, 2009).

### **2.4 Lactogénesis**

Proceso fisiológico donde inicia la lactación y durante el cual el tejido mamario sufre una serie de cambios drásticos a nivel celular y molecular, siendo la proliferación de orgánulos celulares e incremento de la velocidad de las reacciones metabólicas.

Aunque en la segunda mitad de la gestación ya existe leche en la glándula mamaria, la síntesis de

sus componentes es limitada y sólo se incrementa considerablemente alrededor del parto (Akers, 2002; Martinet, 1999; Convey, 1974). La lactogénesis es un proceso dependiente de un conjunto específico de hormonas, denominado “complejo de hormonas lactogénicas”, que incluyen a la insulina, los glucocorticoides y prolactina (Hurley, 2010).

Este mecanismo hormonal ha sido descrito mediante diversos estudios en los que el tejido mamario en estado no lactante fue inducido a un estado de lactogénesis, incluso en animales no gestantes, administrando altas dosis de estas hormonas. Sin embargo, los niveles de producción obtenidos mediante este procedimiento han sido inferiores a los esperados, teniendo en cuenta el potencial genético y el número de partos de los animales utilizados en los referidos estudios (Hurley, 2010).

#### ***2.4.1 Etapas de la lactogénesis***

Según, Neville *et al.*, (2001) la lactogénesis se divide en dos etapas:

##### ***2.4.1.1 Etapa I***

Esta fase se caracteriza por la maduración enzimática citológica de las células epiteliales mamarias (Convey, 1974). Antes de que tenga lugar esta etapa y mediante microscopía electrónica se observa que las células epiteliales presentan un núcleo de apariencia irregular, un retículo endoplasmático y un aparato de Golgi con un bajo desarrollo, mientras que en el área apical se observan microvacuolas y un escaso número de gotas de grasa láctea.

A medida que se aproxima el momento del parto se produce un marcado incremento en el tamaño del retículo endoplasmático y del aparato de Golgi en cuyo interior es posible encontrar vesículas que contienen caseína. Paralelamente, aumenta la presencia de grasa en el citoplasma de las células epiteliales. En este momento se produce la liberación de productos de la síntesis celular hacia el lumen alveolar. El núcleo celular se desplaza hacia la zona basal de la célula y polariza su sistema de membranas, proceso que facilita la respuesta al conjunto de señales electroquímicas que recibirá la glándula mamaria de aquí en adelante. También es necesario señalar que la primera etapa de la lactogénesis coincide con la formación de calostro (Baumrucker *et al.*, 2014; Hurley, 2010; Squires, 2006; Neville *et al.*, 2001).

Entre los cambios enzimáticos se puede destacar el incremento en la síntesis de acetil CoA carboxilasa y del complejo ácido graso sintasa. La modificación de los sistemas enzimáticos, en las células secretoras, provoca un aumento de la actividad en el sistema de transporte y captación de aminoácidos, glucosa, ácidos grasos de cadena corta y otros precursores necesarios para la síntesis de la leche. No obstante, en esta etapa la cantidad de  $\alpha$ -lactoalbúmina es todavía baja, lo que explicaría que la síntesis de la lactosa no comience hasta la segunda fase de la lactogénesis (Hurley, 2010).

#### 2.4.1.2 *Etapa II*

En esta etapa tiene lugar un incremento en la síntesis de lactosa que, debido a sus propiedades osmóticas, provoca un aumento en el transporte de líquido y electrolitos hacia el lumen alveolar. Además, los cambios hormonales asociados al parto originan una abundante secreción de todos los componentes de la leche.

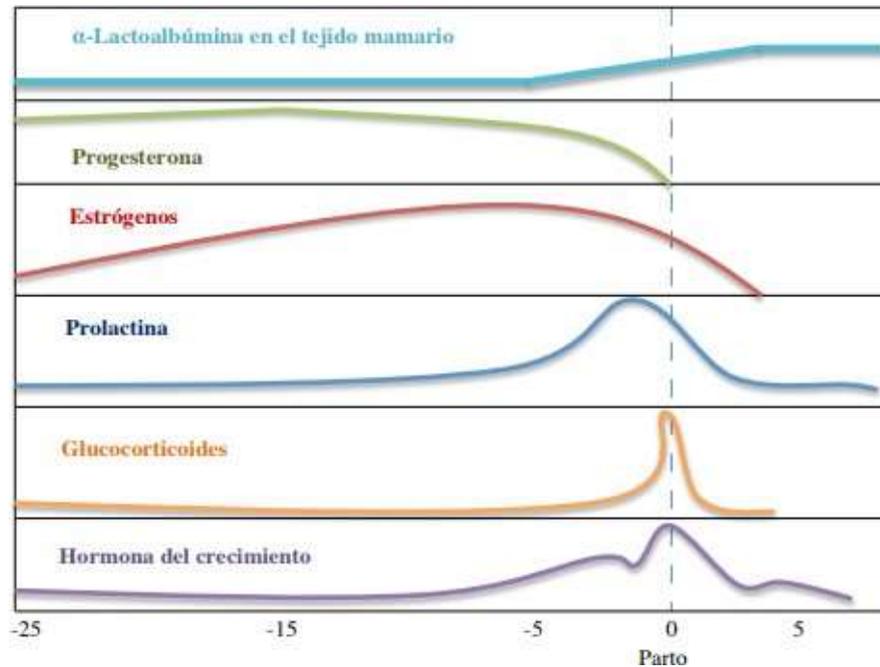
Este aumento en la secreción es debido, por una parte, a la disminución de los niveles de progesterona, aproximadamente dos días antes del parto, ya que sus efectos son inhibitorios sobre la lactogénesis. Y, por otro lado, al aumento en la concentración sanguínea de prolactina y glucocorticoides, que estimulan dicha secreción (Hurley, 2010; Martinet, 1999).

La lactosa atrae osmóticamente agua hacia el aparato de Golgi, formándose vesículas secretoras. Por lo que, todo este proceso provoca el aumento de la secreción de la leche (Gross *et al.*, 2014; Neville *et al.*, 2001; Martinet, 1999).

En cuanto se refiere al control hormonal de la lactogénesis, se puede argumentar, que alrededor del momento del parto se producen cambios en los niveles sanguíneos de determinadas hormonas (Gráfico 2-2), algunas de las cuales están implicadas en el control de la lactogénesis. Así, los niveles de progesterona, disminuyen pocos días antes del parto, aumentado, paralelamente, los niveles sanguíneos de estrógenos, los cuales estimulan la secreción de prolactina por la hipófisis anterior al mismo tiempo que provocan un aumento en el número de los receptores para esta hormona en la glándula mamaria.

La prolactina promueve la traducción del ácido ribonucleico mensajero (mRNA) que codifica para las proteínas lácteas (Hurley, 2010; Squires, 2006; Tucker, 2000). Los glucocorticoides alcanzan su nivel sérico máximo durante el parto y tienen un efecto sinérgico con la prolactina. El mecanismo de acción consiste en su unión con los 36 receptores celulares del tejido mamario

(bloqueados por la progesterona antes del parto) y bajo su efecto aumenta el desarrollo del retículo endoplasmático rugoso, contribuyendo a la síntesis de la  $\alpha$ -lactoalbúmina y  $\beta$ -caseína (Squires, 2006).



**Gráfico 2-2.** Niveles sanguíneos de las hormonas de la lactogénesis

Fuente: Neville *et al.* (2001).

Por otra parte, la insulina también juega un papel importante en el proceso de lactogénesis debido a su efecto sobre la captación de glucosa a nivel celular, contribuyendo, de esta manera, a facilitar la expresión de los genes que codifican para las proteínas lácteas. En este sentido, se ha podido establecer una relación entre la insulina y la producción del factor de crecimiento insulínico tipo 1, también conocido como somatomedina C, ó IGF-I, el cual es un potente factor de proliferación celular en la glándula mamaria (Squires, 2006; Tucker, 2000).

Este complejo de hormonas lactogénicas (insulina, prolactina y glucocorticoides) ha sido descrito para la mayoría de los rumiantes productores de leche. Sin embargo, la mayor parte de la información disponible proviene de estudios *in vitro* en los que la lactogénesis, o alguna fase de ella, ha sido inducida en cultivos de células epiteliales mamarias (Hurley, 2010; Squires, 2006; Tucker, 2000; Convey, 1974).

## 2.5 Calostrogénesis

La calostrogénesis es la etapa de transición entre la lactogénesis y la galactopoyesis, aunque en el tiempo coincide con la primera etapa de la lactogénesis. Durante el período preparto, la etapa de duración es muy corta y poco conocida, se obtiene el calostro, mayoritariamente, de la captación de inmunoglobulinas desde el torrente sanguíneo, destacando la inmunoglobulina G de subclase 1 (IgG1). De hecho, la concentración IgG1 podría considerarse un buen marcador para determinar el momento en el que comienza la calostrogénesis (Hurley, 2010).

El mecanismo para el transporte de estas inmunoglobulinas, aparentemente, no depende de la cantidad de tejido parenquimatoso presente en la mama, sino más bien de procesos de regulación endocrina, regulación local y de expresión génica relacionada con el proceso de transporte celular (Baumrucker *et al.*, 2014; 2010).

El complejo de hormonas lactogénicas es el responsable del control hormonal de la calostrogénesis. No obstante, los estrógenos y la progesterona cumplen un papel importante, para que se produzca la transferencia de IgG1 desde la sangre hacia la glándula mamaria (Gross *et al.*, 2014; Barrington *et al.*, 2001). Diversos trabajos (Baumrucker *et al.*, 2014; 2010; Barrington *et al.*, 2001) señalan que existe una clara evidencia de que la calostrogénesis se ve afectada también por mecanismos locales, ya que se han observado diferencias en la calidad y cantidad de inmunoglobulinas del calostro entre glándulas mamarias del mismo animal. Por otra parte, Kehoe *et al.*, (2011) observaron que, a partir de la segunda lactación las vacas producen un calostro de mejor calidad (mayor cantidad de IgG1).

## 2.6 Galactopoyesis

La galactopoyesis o lactopoyesis es el término que se usa para describir el establecimiento y mantenimiento de la lactación. Este proceso involucra una larga lista de hormonas y otras citoquinas cuyas funciones todavía no han sido completamente estudiadas. En las especies productoras de leche, el mantenimiento de la lactación depende de la interacción entre la secreción continua de hormonas, factores de regulación local y de la remoción continua de la leche, provocada por la liberación de la oxitocina en la hipófisis o pituitaria posterior (Marnet *et al.*, 1998).

Para mantener la producción lechera, a nivel celular debe existir un equilibrio tanto entre la proliferación y la apoptosis de las células epiteliales mamarias, como en el nivel de la síntesis de los componentes de la leche (Hurley, 2010; Akers, 2002; Neville *et al.*, 2001).

En el control hormonal de la galactopoyesis, el mantenimiento de la producción de leche a lo largo del periodo de lactación interviene dos elementos claves estrechamente relacionados: el primero, la secreción continuada de las hormonas lactogénicas y, el segundo, la extracción periódica de la leche presente en la glándula mamaria (Hurley, 2010; Tucker, 2000).

En algunas investigaciones Squires (2006) y Knight (1987) han comprobado que la inhibición de la secreción de alguna de las hormonas lactogénicas deprimía la producción de leche en diferente grado dependiendo de la especie, la etapa de lactación y la hormona suprimida.

Por el contrario, Boutinaud *et al.* (2003) mencionan, que la administración exógena de hormona del crecimiento (GH) mejora la producción de leche debido, probablemente, a una hipertrofia de las células epiteliales mamarias, que podría afectar al balance entre la actividad secretora y el número de células en proceso de apoptosis en lactación avanzada.

Además, de las hormonas implicadas en la galactopoyesis, el vaciamiento frecuente de la glándula mamaria es indispensable para el mantenimiento de la lactación, debido a que algunos de los componentes de la leche tienen importantes efectos inhibitorios sobre su secreción (Burgoyne y Wilde, 1994; Knight, 1988).

## **2.7 Involución de la glándula mamaria**

La involución de la glándula mamaria es el proceso mediante el cual ésta vuelve a una morfología similar a la de la pubertad. Durante esta etapa las células epiteliales mamarias que sobreviven, retornan a un estado de baja actividad metabólica (senescencia) (Akers, 2002; Jammes *et al.*, 1988).

La propia dinámica celular de la glándula mamaria a lo largo del período de lactación determina la necesidad de establecer una etapa de reposo o período seco entre lactaciones, ya que es una condición necesaria para que haya un reemplazo de las células viejas y la restauración de la matriz extracelular, así como el completo restablecimiento de los complejos enzimáticos.

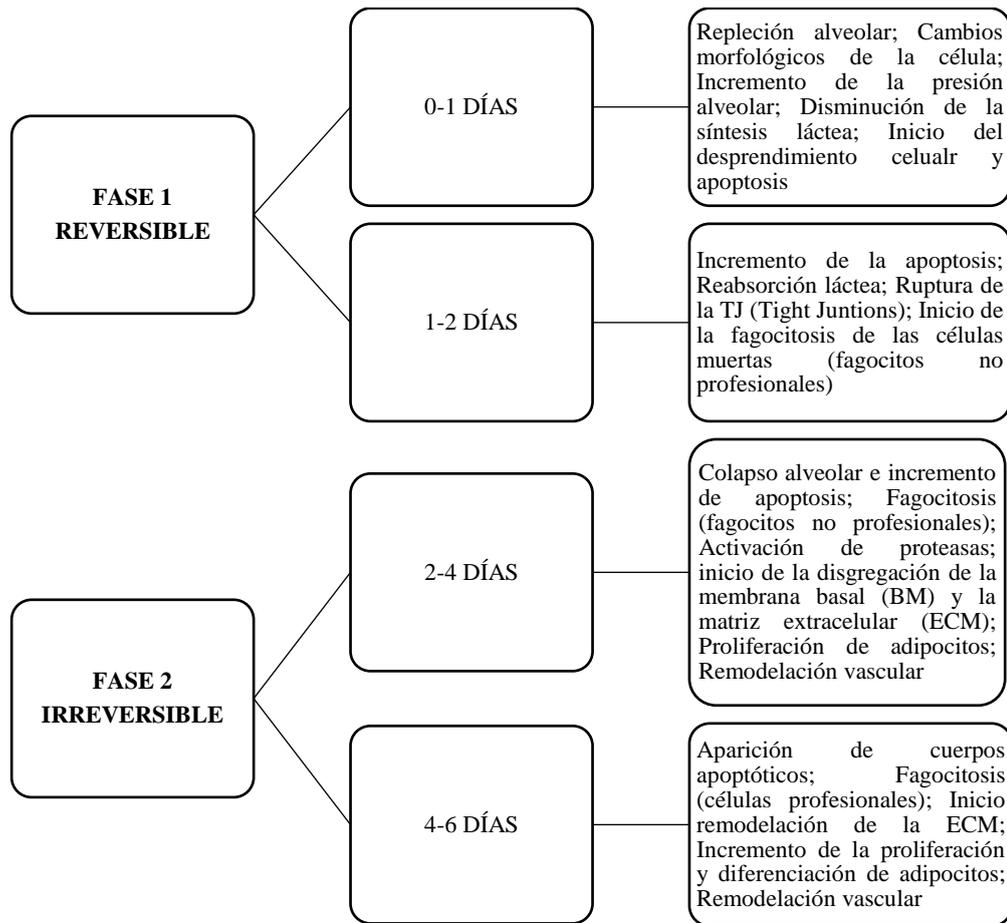
En la involución mamaria, el complejo sistema de factores que regulan la homeostasis del proceso de lactación y, por otra, situaciones como el destete o la estasis láctea sostenida, en las que se ha podido comprobar que ocurre una aceleración de la involución de la glándula mamaria (Pai y Horseman, 2011; Stefanon *et al.*, 2002).

Aunque los mecanismos que regulan la involución de la GM no han sido todavía completamente aclarados, ésta ha sido asociada, principalmente, con la apoptosis de las células epiteliales mamarias (Hernandez *et al.*, 2011; Stein *et al.*, 2007).

En este sentido, Capuco y Akers, (1999) mencionan que en los rumiantes productores de leche (vacas, cabras y ovejas) la involución mamaria se caracteriza por una tasa de proliferación y diferenciación celular continua pero insuficiente para compensar la tasa de apoptosis, que se acentúa conforme avanza el período de lactación.

La reducción del tejido secretor como consecuencia de la apoptosis va acompañada de un aumento temporal en la actividad secretora del mismo, lo que podría atribuirse a una respuesta celular compensatoria (Sørensen *et al.*, 2006; Capuco y Akers, 1999).

Por otra parte, se han estudiado una gran cantidad de procesos biológicos para tratar de explicar de una forma integral la involución mamaria, en la cual podrían estar implicados desde mecanismos endocrinos hasta cambios moleculares que ocurren como consecuencia de modificaciones en la regulación de la expresión génica. Todos ellos deben de suceder de forma armónica para que cumplan su función biológica. La involución mamaria, habitualmente, es dividida en dos fases, que dependiendo de los cambios que se producen a nivel celular son denominadas: 1) fase reversible y 2) fase irreversible (Figura 1-2).



**Figura 1-2.** Fases de la involución de la glándula mamaria

**Fuente:** Pai y Horseman (2011).

Los principales procesos que intervienen en la involución de la glándula mamaria pueden ser divididos en estasis de la leche e inhibición de la síntesis láctea y regresión celular vía apoptosis (Pai y Horseman, 2011):

## 2.8 Apoptosis

En el proceso de involución de la glándula mamaria y debido a la muerte celular programada o apoptosis se observa una pérdida de hasta un 80% de las células epiteliales mamarias (Pulido, 2017; Watson *et al.*, 2009; Baxter *et al.*, 2007; y Marti *et al.*, 1994;).

Según, Cornejo (2007) la muerte celular programada o apoptosis, es un proceso activo que involucra gasto energético y control génico desencadenado tanto por agentes internos como producto de señales externas a la célula, las cuales inducen a desviar el transcurso normal de desarrollo mediante la ejecución de un nuevo programa genético optando por el suicidio celular.

Los cambios en la morfología de la glándula mamaria durante la involución son el reflejo de la falta de actividad secretora. Además, durante este periodo 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 (Cornejo, 2007).

Entre otras medidas de manejo, para alcanzar una óptima producción de leche, existe consenso en la necesidad de contar con un periodo no lactante (o seco) previo al parto; se considera que éste debería tener una duración de 40-60 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 (Cornejo, 2007).

Calvinho (2013) menciona que, al producirse la interrupción del ordeño, la glándula mamaria (GM) continúa secretando leche con el consiguiente aumento de la presión intramamaria hasta el tercer día aproximadamente. Después, de la primera semana de secado la producción láctea se reduce significativamente, el volumen de secreción comienza a disminuir y, por tanto, la presión intramamaria llega a niveles mínimos a los 30 días de secado.

A las 24 horas de la interrupción de la lactación se observa una reducción en la fusión de las vesículas secretoras con la membrana apical de las células epiteliales mamarias y un cúmulo de vesículas secretoras y gotitas de grasa dentro de las células alveolares; lo cual es coherente con una inhibición de la secreción previa a la inhibición de la síntesis de leche. Al cuarto día de involución disminuye marcadamente la concentración de grasa, caseína, lactosa y citrato; mientras que a los 15 días la mayoría de las células epiteliales mamarias muestran una marcada reducción de su capacidad secretora. Sin embargo, las células se mantienen viables y con capacidad para sintetizar algunos componentes como la lactoferrina (Lf) (Calvinho, 2013).

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 periodo 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 (Calvinho, 2013).

Entre los días 25 a 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. Entre los 20 a 15 días preparto comienza la neolactogénesis (Calvinho, 2013).

Este es un periodo de transición en el que predominan los procesos formativos y en el que la función prioritaria de la GM es la síntesis de caseína, grasa y lactosa, así como la acumulación de calostro. El número de células del sistema inmunitario comienza a descender, al igual que las proteínas defensivas, como la Lf; aunque la concentración de inmunoglobulinas, fuente de protección para el ternero, aumenta significativamente (Calvinho, 2013).

A los 15 días preparto, la proporción de células activas se incrementa y, a los siete días preparto casi todas las células alveolares muestran las características típicas que indican preparación para la síntesis y secreción.

Cabe destacar que durante el período seco no se evidencia una pérdida neta de células mamarias, lo que indica un equilibrio entre apoptosis y proliferación celular orientado al reemplazo de las células epiteliales senescentes previo al inicio de la lactación. La máxima expresión de genes anti apoptóticos se observa hacia el final del periodo seco, cuando aumenta la proliferación celular y disminuye la apoptosis (Calvinho, 2013).

## **2.9 Persistencia de la lactancia (*Per*)**

Se define a la persistencia (*Per*) como la capacidad de la vaca para mantener la producción de leche después de lograr la máxima producción (Cobuci *et al.*, 2003). La persistencia es considerada como una característica de la actividad fisiológica de la glándula mamaria de hembras en lactancia que está regulada por el número de lactocitos y su actividad de secreción láctea (Orman *et al.*, 2011; Dijkstra *et al.*, 2010; Safayi, 2009; Capuco *et al.*, 2001, 2003) así como por el proceso de apoptosis celular mamario (Zarzynska y Motyl 2008).

Para, Gengler (1996), la persistencia se puede definir como la habilidad de una hembra lechera, para mantener más o menos constante su producción durante la lactancia. Se considera, como la tasa de descenso en la producción de leche después de alcanzar el pico de producción de leche (Togashi y Lin, 2004). Según, Spina (2003) y Soares *et al.*, (2001) es satisfactoria una disminución de la producción de leche alrededor del 10% de un mes a otro.

Por otra parte, Gasque (2007) menciona que la *Per* lechera es una medida de la tasa de cambio de la producción de leche entre las campañas productivas del hato lechero, o denominada como el grado de declinación de la producción de leche después del pico, es calculada dividiendo la leche producida en el mes entre la cantidad de leche producida en el mes anterior y expresada como porcentaje y en promedio, debe ser de 94 a 95 por ciento.

Según, Dekkers *et al.* (1997), la *Per* se define típicamente como la tasa de disminución de la producción después de que se alcanza el pico de producción de leche. La persistencia de la lactancia alta se asocia con una tasa lenta de disminución de la producción, mientras que la persistencia de la lactancia baja se asocia con una tasa de disminución rápida. Las vacas con mayor persistencia de la lactancia son más rentables que las vacas promedio, cuando el rendimiento y la persistencia de la lactancia están correlacionados, aunque las diferencias son relativamente pequeñas a menos que el desempeño reproductivo sea muy deficiente.

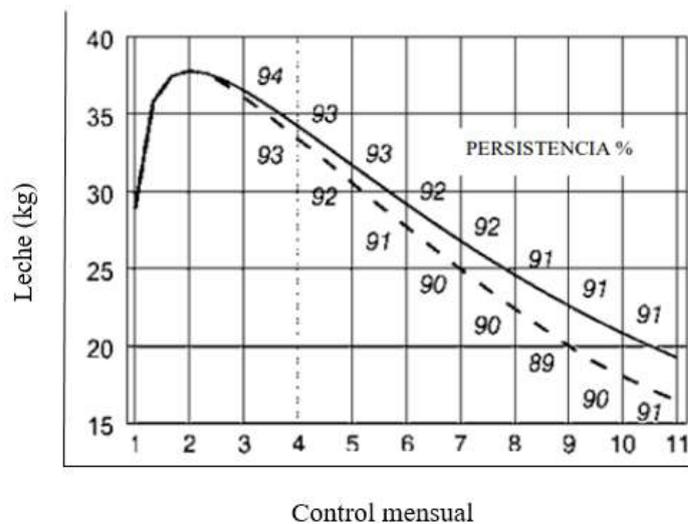
La persistencia está directamente relacionada con los aspectos económicos de la producción de leche, ya que, una vez determinada puede permitir la reducción de los costos de producción de leche (Tekarli *et al.*, 2000) al disminuir tanto los costos de alimentación como los relacionados con la salud y reproducción de las vacas.

Esta característica también puede ser usada como criterio de selección de acuerdo con Akin y Turker, 2005; Pala y Sabas, 2005; Silva *et al.*, 2005; y Tekarli *et al.*, 2000. Su correlación es favorable con la salud (Jakobsen *et al.*, 2002) y la fertilidad de la hembra (Andersen y Jensen, 2011 y Muir *et al.*, 2004) reduciendo el estrés metabólico (Harder *et al.*, 2006 y Tamminga, 2000). Su mejoramiento puede disminuir los costos en los sistemas de producción (Vicario *et al.*, 2008 y Cobuci *et al.*, 2003, 2007), por lo que en algunos países se trabaja en función de evaluar la persistencia para estimar los valores genéticos (Mark, 2004).

Existen algunos indicios de diferencias genéticas en la persistencia de la producción de leche entre las vacas (Cobuci *et al.*, 2004; Dorneles *et al.*, 2009) y, por lo tanto, la selección para este rasgo puede ser ventajosa, ya que la persistencia es el componente principal de la curva de lactancia de ganado lechero (Wood, 1967). A pesar de las ventajas demostradas de la selección para la producción de leche, existen pocos estudios que evalúen la variabilidad genética de las vacas en la persistencia de la producción de leche, grasas o proteínas.

La mayoría de los estudios previos sobre la persistencia de la lactancia se han centrado en sus relaciones con los rasgos de rendimiento, pero las vacas persistentes pueden tener menores costos de atención médica y reproductivos debido a la reducción del estrés en la lactancia máxima (Zimmermann y Sommer, 1973).

Entre los numerosos estudios realizados sobre causas que afectan la persistencia de la lactancia sobresalen la edad, número de partos y orden del parto, caracteres que han sido estudiados y validados separadamente, según, Danell (1982).



**Figura 2-2.** Persistencia de la lactancia

Fuente: WCDHIS (2001); Vásquez (2007)

#### 2.4.2 Aspectos económicos de la persistencia

Además de la esperada relación entre la persistencia y reducción de la probabilidad de enfermedades, puede haber algunas ventajas adicionales de la selección para una mayor persistencia. Dekkers *et al.* (1998) investigaron el impacto de la persistencia de la lactancia en los costos de alimentación y obtenidos de la leche. Los resultados sugieren que el aumento de la persistencia tendió a reducir los costos de alimentación por unidad de los rendimientos de leche en las vacas multíparas. Una mayor persistencia está relacionada a una distribución de la producción durante el período de lactancia, que estaba más en línea con la capacidad de consumo de materia seca. Como resultado, una mayor porción de las necesidades de energía en toda la lactancia podría satisfacerse de forrajes menos costosos comparándolos con los concentrados, lo que reduce el costo de alimentación.

La persistencia puede tener implicaciones significativas para las decisiones de inseminación y del sacrificio. Para vacas de alta producción con lactancias muy persistentes, el momento óptimo de desecho voluntario y la primera inseminación se puede retrasar (Appuhamy, 2006). |

Según, Dekkers et al., (1998) el mejoramiento de la persistencia de la lactancia puede contribuir a la reducción de los costos en los sistemas de producción, porque esta característica está relacionada con la disminución de los gastos derivados de una mayor eficiencia alimentaria, menos problemas de salud y reproductivos, así como con una mayor resistencia a las enfermedades.

### **2.9.1 Determinación de la persistencia**

La mejor predicción de la persistencia de la lactancia se calcula en función de las curvas de lactancia y de las regresiones lineales de las desviaciones obtenidas de los días de producción de leche en estudio. Debido a que los coeficientes de regresión son desviaciones de un punto de inflexión seleccionado para hacer que el rendimiento y la persistencia de la lactancia no estén correlacionados fenotípicamente, siendo posible utilizar el rendimiento real de 305 días y la persistencia de la lactancia para predecir el rendimiento de las lactaciones hasta el final.

Druet *et al.* (2005) y, Togashi y Lin, (2006) han descrito medidas de persistencia de la lactancia basadas en vectores propios de matrices de covarianza genética de modelos de regresión aleatoria, aunque su interpretación biológica se mantenga en investigación, es así que, para una lactancia determinada, el rendimiento diario individual se puede modelar como el valor esperado de un grupo de manejo más una desviación de esa media:

$$y_i = E(y_i) + t_i$$

Donde  $y_i$  es un rendimiento individual en el día de prueba  $i$ ,  $E(y_i)$  es el rendimiento esperado para un animal en el mismo grupo de manejo, en el mismo día de prueba, y  $t_i$  es una desviación del grupo de manejo en el mismo día de la prueba (Wiggans *et al.*, 1988).

Para Cole *et al.* (2009), el valor de  $\mu$  es un vector de valores esperados para cada día de la lactancia para un solo rasgo,  $\frac{t}{365 \times 1}$  es un vector de desviaciones de 365 días de prueba para el rasgo, y  $\frac{t_m}{ntd \times 1}$  es un vector de solo las desviaciones medidas ( $ntd$ ). Las medias y varianzas de  $t$  y  $t_m$  se suponen conocidas con  $V(t) = \frac{V}{365 \times 365}$ , y  $V(t_m) = \frac{V_m}{ntd \times ntd}$ , la covarianza entre  $t$  y  $t_m$ , se asume conocida y se calcula utilizando una función matemática con relación al error diario de medida, cambios biológicos sobre tiempo y el parto.

Los elementos de  $t$  se calculan utilizando curvas de lactancia específicas del hato cuyos rendimientos promedio son variables. Los vectores y matrices están dimensionados para 365 días en lugar de 305 días, ya que los días de prueba que se encuentran entre los 305 y 365 días se utilizan para mejorar la predicción del rendimiento de 305 días (Cole *et al.*, 2009).

Según, Cobuci *et al.* (2002) los procedimientos para medir la persistencia de la lactancia se agrupan en cuatro métodos (Tabla 2.1) que se basan en:

1. Razones entre producciones de leche en diferentes etapas de la lactancia.
2. Variación de la producción de leche el día del control, a través, de la lactación.
3. Estimaciones de parámetros de funciones matemáticas que describen la curva.
4. Valores obtenidos por coeficientes aleatorios de las funciones de regresión aleatoria (MRA) indicados por (Cobuci *et al.*, 2003 y Gengler, 1996).

No obstante, otros autores han considerado que las hembras multíparas, aunque alcanzan picos más altos comparadas con las primíparas, con alta persistencia de la producción de leche (Cole y Van Raden, 2006 y Strabel y Jamrozik, 2006) y moderadas heredabilidades según, Togashi y Lin (2006).

La primera tasa de persistencia fue propuesta por Sturtevant (1886) citado por Ludwick y Peterson (1943), donde expresaron a la persistencia como un porcentaje de declive medio y constante en la producción de leche, estimada aproximadamente en 9% o más. Gaines (1927) determino la persistencia mediante la ecuación propuesta  $\frac{dy}{dt} = ae^{-kt}$ , donde  $y$  es el rendimiento de la producción en libras,  $t$  el tiempo en meses desde el parto, y,  $\frac{dy}{dt}$ , es la tasa de rendimiento en libras por mes.

Otras medidas de persistencia se han determinado por funciones matemáticas, como las de Nelder (1966)  $TP = \sqrt{\frac{a_0}{a_2}}$ ;  $PP = (2\sqrt{a_0a_2} + a_1)^{-1}$ ; Wood (1967) mediante la ecuación propuesta  $S = c^{-(b+1)}$ , Bianchi Sobrinho (1984 y 1988) mediante  $TP = \sqrt{\frac{a_0}{a_2}}$ ;  $PP = a_0 + 2\sqrt{a_1a_2}$

Otras medidas, como la de Sanders (1930), dividen la lactancia en fases y la persistencia se calcula como una parte entre ellas, expresándola como el declive de producción de leche, comparada con la producción máxima alcanzada. Johansson y Hansson (1940), dividieron a la lactación en tres periodos iguales de 100 días y establecieron algunas medidas de persistencia conocidas en la literatura como P2:1 y P3:1 que fueron ampliamente usadas. P2:1, es la producción acumulada en

el segundo periodo de 100 días (100 a 200 días), en relación con la producción acumulada del periodo de 100 días de inicio, la cual expresa de manera práctica el declive de la producción. De igual manera, P3:1 representa la producción acumulada en el tercer periodo de 100 días (200 a 300 días) en relación con la producción acumulada en el primer periodo, pero no se usa como la P2:1.

**Tabla 1-2:** Modelos matemáticos para estimar la persistencia de la lactancia en bovinos

| FUNCIÓN MATEMÁTICA   | AUTOR                         |
|--|-------------------------------|
| $Per = \left\{ \frac{Y_{(1-300 \text{ días})} - YMx_{(1-45 \text{ días})}}{YMx_{(1-45 \text{ días})}} \right\}$  | Balaine <i>et al.</i> (1970)  |
| $Per = [Y_{(91 - 180 \text{ días})} / Y_{(1 - 90 \text{ días})}] \times 100$ $Per = [Y_{(121 - 210 \text{ días})} / Y_{(31 - 120 \text{ días})}] \times 100$ | Danell (1982)                 |
| $Per = [Y_{(1 - 150 \text{ días})} / YMx]$   | Weller <i>et al.</i> (1987)   |
| $\sqrt{\frac{1}{P} \sum_{i=1}^P (PCD_i - \mu PCD)^2}$  | Sölkner y Fuchs (1987)        |
| $P_{YV} = - \left\{ \frac{1}{305} \left[ \frac{M_1^2}{100} + \frac{M_2^2}{100} + \frac{M_2^2}{105} + \frac{M_1^2}{305} \right] \right\}^{0.25}$              | Gengler <i>et al.</i> (1995)  |
| $Per = [Y_{(1 - 305 \text{ días})} / YMx_{(1 - 305 \text{ días})} \times 305] \times 100$  |                               |
| $Per = -(b + 1) \log_n c$  | Ossa <i>et al.</i> (1997)     |
| $Per = \sum_{t=60}^{280} (Vg_t - Vg_{60}) \quad Per = (Vg_{280} - Vg_{60})$  | Jamrozik <i>et al.</i> (1997) |
| $Per = \left( \frac{1}{305 - 1} \sum_{t=1}^{305} (Vg_t - Vg_{(1-305 \text{ días})})^2 \right)^{0.5}$   | Lindauer y Mäntysaari (1999)  |
| $Per = (Vg_{290} - Vg_{90})$   | Cobuci (2002)                 |

**Leyenda:** Per= persistencia; Y= producción de leche; YMx= producción de leche máxima; pi= producción inicial; k y t= tiempo; M= mes; PDC= producción día de control; vg= valor genético

### **2.9.2 Análisis genético de la persistencia**

La mejor predicción (BP) (VanRaden, 1997; VanRaden, 1998) es un método computacional derivado del índice de selección (Cameron, 1997) que permite predecir los rendimientos faltantes a partir de los rendimientos medidos y la condensación de los datos del día de prueba, en el rendimiento y la persistencia de la lactancia, y fue aprobado en 2002 para el cálculo del récord de lactancia por el International Comité de Registro de Animales (ICAR, 2006).

La persistencia de la producción de leche, se define generalmente en relación con la distribución del rendimiento a lo largo de la lactancia. Cuanto más uniforme sea la distribución, mayor será la *Per*, es así, que numerosos estudios han analizado el rendimiento de la *Per* (Gengler, 1996), quien indica que al ser más alto el valor se considera ventajoso debido a la menor relación entre la producción máxima y la media. Esto permite una mejor conversión alimenticia (Solkner y Fuchs, 1987), y la reducción del estrés en el pico de producción (Zimmermann y Sommer, 1973). Para las lactancias individuales de 305 días, la *Per* afectó solo los costos de alimentación, pero para otras lactancias, la *Per* tuvo un mayor impacto en la producción de leche por lactancia que en los costos de alimentación. Ferris *et al.* (1985) primero consideró la posibilidad de modificar la curva de lactancia por selección. Grossman *et al.* (1986) concluyeron que la posibilidad de cambiar la forma de la curva de lactancia es baja, pero con la posibilidad de una selección conjunta para la producción de leche y la *Per* (Togashi y Lin, 2003, 2004a, b).

Muchos estudios han demostrado una relación antagónica entre la producción de leche, especialmente en el pico, y la fertilidad de la vaca (Weller *et al.*, 2006; citado por Muir *et al.*, 2004). Bar-Anan y Wiggans (1985) demostraron por primera vez una correlación genética positiva entre la *Per* y la fertilidad de la hembra. Muir *et al.*, (2004) sugirieron que la selección para la *Per* incrementada podría incrementar los rendimientos totales sin aumentar la ocurrencia de enfermedades o fallas reproductivas, con una correlación genética de 0,32 entre la *Per* de primer parto y la tasa de no retorno de 56 días. Jakobsen *et al.* (2003) también encontraron una correlación negativa entre la presencia de enfermedades y la *Per*; es decir, una *Per* más baja se asoció con una mayor probabilidad de enfermedades.

Se han utilizado muchos criterios diferentes para estimar la *Per*. Swalve y Gengler (1999) clasificaron los criterios en 4 grupos, pero ninguno es óptimo o generalmente aceptado. Recientemente, también se han aplicado modelos de regresión aleatoria (Jamrozik *et al.*, 1998; Kistemaker, 2003; de Roos *et al.*, 2004).

Los modelos de regresión aleatoria permiten un mejor ajuste de los efectos ambientales, la posibilidad de incluir lactancias con solo unos pocos registros y curvas de lactancia de formas diferentes para cada animal.

Muir *et al.*, (2004) propusieron la regresión de la curva de lactancia después del pico, derivada de la función de lactancia de Wilmink (Wilmink, 1987). Este método tiene la ventaja de que todos los días de prueba se utilizan para estimar la *Per* y, por lo tanto, debe ser relativamente estable, a diferencia de las medidas de *Per* que se basan en solo valores de 1 o 2 días de prueba (por ejemplo, Bar-Anan y Wiggans, 1985). Tiene las desventajas de que es necesario calcular coeficientes de regresión a partir de un pequeño número de puntos de datos y se supone que se conoce el momento del pico de producción. Muir *et al.*, (2004) no ajustaron su medida de *Per* para las diferencias en la producción máxima.

Todos los estudios que han considerado paridades múltiples coinciden en que la *Per* disminuye con un aumento de los partos (Gengler, 1996). Las correlaciones fenotípicas entre partos, aunque positivas, son generalmente bajas (Gengler, 1996). Varios estudios han estimado correlaciones genéticas entre número de partos y *Per*, y todas las estimaciones fueron positivas. Las correlaciones entre *Per* y de primer y segundo parto variaron de 0.37 a 0.77, y las correlaciones entre *Per* y de segundo y tercer parto variaron de 0.60 a 0.94 (Jamrozik *et al.*, 1998; van der Linde *et al.*, 2000; Gengler *et al.*, 2001; De Roos *et al.*, 2004).

## **2.10 Eficiencia reproductiva**

Una eficiencia reproductiva alta es un requisito para el éxito económico de la ganadería. Por el contrario, una baja eficiencia reproductiva implica caídas en la producción de leche y obtención de terneros. Es decir, que tanto la eficiencia reproductiva como la rentabilidad, se maximizan cuando se obtiene un parto por año. Desafortunadamente, los índices del actual desempeño reproductivo, muestran intervalos entre partos que exceden dicha meta (Fricke, 2001).

En lo que se refiere a la eficiencia reproductiva del hato, los parámetros reproductivos son determinantes, además de ser parte de los eventos más importantes en la ganadería por el hecho de tener impacto directo sobre los costos de producción (Hernández, 2010). En este aspecto, es necesario que cada hembra presente una regresión rápida a un nuevo ciclo reproductivo después del parto, siendo esta situación la que determina el rendimiento económico de la cría de ganado vacuno (Hernández, 2011).

El nacimiento de suficientes terneras que servirán de reemplazo permite mantener el tamaño del hato e incluso incrementarlo (Carvazos, 2013). Por otro lado, el manejo reproductivo en cualquier finca se basa en un programa de diagnóstico, control reproductivo y registros adecuados, con visitas periódicas del veterinario para la toma de decisiones.

Cabe señalar que, cuando los animales han sufrido problemas de salud o se encuentran en balance energético negativo se prolonga el retorno al ciclo reproductivo. Además, para maximizar la eficiencia en los sistemas de producción se debe lograr un ambiente armónico entre los animales y el medio circundante, complementado por los aspectos sanitarios, nutricionales, climáticos y de manejo. La supresión de las funciones reproductivas, es el resultado de que ha ocurrido algún inconveniente entre dichas interacciones. El medio externo, ya sea el clima o la nutrición, frecuentemente perjudica la reproducción (Sánchez, 2010).

Adicional, la baja fertilidad en el hato probablemente es más costosa que la esterilidad debido a que la esterilidad puede ser determinada y eliminada, mientras que la baja fertilidad produce una pérdida menos aparente pero más constante (Alvear, 2010).

Para realizar un buen trabajo de evaluación reproductiva, es necesario contar con registros individuales completos a fin de que se puedan analizar y evaluar todas las vacas (Casares, 2003); se debe enfatizar que un solo registro de partos es insuficiente para cualquier evaluación.

Los registros individuales brindan la posibilidad de evaluar la eficiencia reproductiva utilizando parámetros rigurosos, que son indicadores de los períodos reproductivos y proveen información sobre la fertilidad del hato. Mediante la evaluación de parámetros reproductivos, es posible examinar el desempeño reproductivo del hato sin tener que esperar largos períodos.

### ***2.10.1 Edad al primer parto (EPP)***

La definición en términos reproductivos de la EPP es: Intervalo o periodo transcurrido desde la fecha del nacimiento hasta la fecha del primer parto de una vaca individual, medida en meses.

La meta de todo programa reproductivo es lograr que las hembras tengan su primer parto a los 24 meses de edad o antes si tienen el tamaño suficiente y luego una cría cada 12 meses. Para que el productor logre sus metas de rentabilidad con sus animales, es necesario el funcionamiento reproductivo normal de los animales, ya que éste repercute directamente en la producción diaria, progreso genético, tasa de reemplazo, etc. Teóricamente, un primer parto temprano tiene varias

ventajas: reduce la vida no productiva de las vaquillas (nacimiento a la primera lactación), se obtiene un retorno más rápido de ingresos por leche, se cuenta con más vaquillas de reemplazo, y se acorta el intervalo intergeneracional acelerando el mejoramiento genético (Fonseca, 1983; Bath, 1987).

Olivera (2001) afirma que para lograr que una vaquilla llegue al parto con suficiente talla y peso a los dos años hay que criarla bien, y que muchos productores fallan en este aspecto porque toman la crianza de la recria como si fuera un gasto, cuando es totalmente lo contrario. Es una inversión y de la mejor que se puede hacer, pues se está criando vacas hacia el futuro, aquellas que reemplazan a las vacas viejas cuando se desechan.

Además, no criar bien a la recria significa desperdiciar la estructura genética de los animales, puesto que las vaquillas no estarán en condiciones de demostrar su potencial genético productivo. Además, de disminuir la vida productiva futura por un primer parto atrasado, el hecho de mantener más tiempo del necesario a las vaquillas antes de parir, significa, una carga económica significativa para el rebaño (Olivera, 2001).

La tendencia mundial de crianza de bovinos lecheros tiende a producir el primer parto de las vaquillas a una edad y tamaño que maximicen su producción lechera por periodo de vida y minimicen las dificultades al momento de parir. Las vaquillas bien desarrolladas pueden parir con seguridad entre los 22 y 24 meses de edad, por ende, la edad a la primera fecundación debe estar entre los 13 y 15 meses, con pesos en *Jersey* de 363 a 408 kg (Ferguson, 1995).

En un estudio realizado por Gill y Allaire (1976) concluyó que la EPP se correlaciona positivamente con la producción lechera en la primera campaña. Demostraron también que mientras más se incrementa la EPP por encima de 25 meses, el ingreso neto relativo por vaca decrecía y el costo variable de la producción se incrementaba. Finalmente, determinaron que la edad económicamente más viable para el primer parto está entre 22.5 y 25.5 meses (Gill y Allaire, 1976) La salida de vacas de primer parto no debe ser mayor de un 10 a 12% del total del hato, si este porcentaje es más alto, significa que no hay un buen manejo de las vaquillas al parir, o que se está criando mal a las vaquillas pues llegan muy disminuidas al parto. Además, se tendrá una pérdida elevada por la cantidad de vacas que salen sin producir y amortizar la inversión en su crianza (Olivera, 2001).

Mellisho (1998) en una investigación realizada en Perú, determinó valores para EPP de 26,6 meses; Monzón (2002) reporta 30,7 meses; Parreño (1991) indica 28,7 meses; Salas (1983) con 28,5 meses; Altamirano (1977) con 29,4 meses; Pimentel (1994) en Arequipa reporta 29,9 meses; Almeyda (1998) con 26,5 meses en vacas criollas y 35,8 meses en vacas cruzadas.

A nivel de la industria láctea la crianza de vacas representa del 15 al 20% del costo total de producción de leche. Los costos totales de crianza son difíciles de predecir, ya que parecen estar fuertemente influenciados por el crecimiento (Bach y Ahedo, 2008), el estro (Gabler *et al.*, 2000) y la mortalidad (Tozer y Heinrichs, 2001) en las novillas. De estos, el crecimiento es quizás el rasgo más importante, ya que con frecuencia se muestra que se correlaciona tanto con el peso corporal como con la edad al primer parto EPP (Le Cozler *et al.*, 2008). Hutchison *et al.* (2017) mencionan un costo de \$ 2.50 por día para criar vaquillas, los beneficios directos para reducir la EPP podrían llegar a \$ 75 por animal por mes. Dado que la EPP más baja permite que un animal genere ingresos, correlacionados de igual manera a los rasgos de producción en el ganado lechero (Do *et al.*, 2013; Moho Nor *et al.*, 2013).

Un estudio anterior mostró una disminución estimada en los costos de crianza del 18% cuando la edad de parto se redujo de 25 a 21 meses (Tozer y Heinrichs, 2001). Aunque, por otro lado, Ettema y Santos (2004); Curran *et al.* (2013) encontraron que una reducción en la EPP se correlacionó con aumentos en mortinatos y menor producción de leche de primera lactancia, relacionada a la rentabilidad en general, sobre todo las vacas que paren a los 24 meses tienen una producción más baja, e informaron que la EPP óptimo en términos de producción de leche en la primera lactancia y producción de por vida varía con las características de manejo del hato, lo que sugiere que la EPP óptima puede variar de un hato a otro. Parece que la selección para la EPP debe equilibrarse con la reducción de producción de leche en la primera lactancia (Mohd Nor *et al.*, 2013).

Según, Hutchison *et al.* (2017) en un estudio de evaluación genética de la EPP, indican que al utilizar el procedimiento de modelos lineales generales de SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC), que permitió definir que la EPP media en el hato lechero fue de  $24,5 \pm 2,73$  meses para *Holstein friesian*;  $22,9 \pm 2,74$  meses para *Jersey* (Je) y  $26,3 \pm 3,13$  meses para *Brown Swiss* (Bs). Esto fue más bajo que lo que Nilforooshan y Edriss (2004) encontraron en su población *Holstein friesian* (26,8 meses) y Hare *et al.* (2006) hallaron para Ho, Je y Bs (26,9, 25,6 y 28,0 meses, respectivamente), lo que sugiere una mayor selección o un mejor manejo que ha dado lugar a reproducciones más tempranas en los últimos años.

De hecho, al comparar la EPP promedio entre 1997 a 2012, los porcentajes más altos de vacas Ho y Je parieron más pronto en años más recientes en comparación con 1997. Encontrándose 4 veces en el porcentaje de vaquillas Ho que parieron a los 22 meses en 2012. Se observó un aumento similar en la categoría más temprana de EPP en Je (a los 21 meses). La Bs mostró pocos cambios en el porcentaje de reproducciones por grupo EPP de 1997 a 2012 ( $r$  de Pearson = 0.5388;  $P > 0.10$ ), con una ligera tendencia hacia partos más tempranos para 2012 (Hutchison *et al.*, 2017). La eficiencia en la reproducción es un conjunto de parámetros reproductivos de beneficio económico e involucran el más costoso problema que debe enfrentar la ganadería lechera (Román, 2008). En los rebaños dedicados a la lechería buscan, como objetivo principal, producir en lactancias consecutivas; las cuales se relacionan directamente con el número de partos de las vacas que forman parte del hato (Velázquez, 2010).

### **2.10.2 Periodo parto-concepción (PPC)**

La definición en términos reproductivos del PPC es: Intervalo o periodo transcurrido desde la fecha del último parto hasta la fecha de concepción de una vaca individual, medida en meses.

Este parámetro se lo puede identificar como los días vacíos y, corresponde al tiempo promedio que va desde el parto más reciente hasta la fecha de servicio en que se consigue la preñez confirmada (Sierra, 2002). Hay un error inherente asociado a este parámetro, al igual que sucede con el IEP, y es que su cálculo se basa sólo en vacas gestantes que permanecen en el hato y no considera el nivel de saca por fallas reproductivas ni las vacas sin servicio. Es decir, al evaluar dos establos se puede encontrar IEP semejantes, pero sus tasas de deshecho muy diferentes ya que uno de ellos puede estar eliminando animales con problemas reproductivos en un alto porcentaje (Stevenson, 1995).

El intervalo prolongado desde el parto hasta la concepción (IPC) puede aumentar las pérdidas económicas en el ganado bovino, pudiendo relacionarse al efecto anormal postparto en tracto reproductivo en vacas lecheras, siendo muchos de estos efectos negativos por la presencia de secreción o enfermedades en el aparato reproductor después del parto.

En estudios realizados por Hay *et al.* (2019) determinaron que la presencia o ausencia de enfermedades postparto tienen efectos directos e indirectos sobre el IPC con una incidencia hasta del 16%, así como la puntuación de la condición corporal (CC), la temperatura ambiente y la producción de leche.

Se ha descubierto que minimizar la duración del IPC de las vacas lecheras es económicamente beneficioso debido a una variedad de factores. Estos incluyen una mayor producción de leche en relación con los costos de trabajo y alimentación (Abdullah *et al.*, 2014; Shanks *et al.*, 1979), un mayor número de terneros (Cabrera, 2014; Ózsvári *et al.*, 2007) y días productivos de por vida (González-Recio, 2004), así como menores costos de reproducción (Cabrera, 2014; González-Recio, 2004; Roodbari *et al.*, 2015).

La salud uterina posparto es un factor crítico al considerar la fertilidad de las vacas lecheras y la consecuente duración del IPC (Sheldon y Dobson, 2004; Opsomer, 1996).

El efecto perjudicial de las enfermedades reproductivas a nivel del útero sobre el rendimiento reproductivo, medido como un aumento del IPC, se produce debido a efectos adversos directos en el entorno uterino, así como a la interrupción de las vías hormonales involucradas en el tracto reproductivo hipotalámico (GnRH) -pituitario (FSH y LH) (progesterona, estrógeno, inhibina y prostaglandina) y los efectos posteriores sobre la ovulación, la concepción y la supervivencia del embrión (Sheldon y Dobson, 2004; Gilbert, 2012; Sheldon *et al.*, 2009).

Estos efectos están mediados por productos bacterianos como los lipopolisacáridos, por mediadores inflamatorios como el óxido nítrico y las citocinas, y por el estrés oxidativo, que puede afectar la funcionalidad del hipotálamo, la hipófisis, el ovario, el útero y los espermatozoides (Sheldon y Dobson, 2004 y Gilbert, 2012).

Además, también existen factores de riesgo distintos a las enfermedades uterinas para el IPC prolongado, como la retención de membranas fetales y la enfermedad metabólica. Estos factores de riesgo también pueden contribuir a la aparición de endometritis. Por ejemplo, las membranas fetales retenidas son un factor de riesgo de endometritis (Kim y Kang, 2003; Benzaquen *et al.*, 2007) y se ha encontrado una asociación entre la hipocalcemia y una mayor incidencia y gravedad de endometritis (Whiteford y Sheldon, 2005; Mee, 2014). La hipocalcemia contribuye a la disfunción de las células inmunitarias periparturientas (Kimura *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2014), lo que puede limitar la capacidad de la vaca para resolver la contaminación uterina. Además, la hipocalcemia puede provocar una reducción de las contracciones uterinas durante el parto y, posteriormente, un retraso en la involución uterina posparto, que son ambos factores de riesgo de endometritis (Sheldon y Dobson, 2004; Ghavi y Ardalán, 2011; Roche, 2006). Un estudio de Bacha y Regassa (2010) también encontró una asociación entre mastitis y endometritis subclínica.

La puntuación de la condición corporal (BCS), el déficit energético y la alta producción de leche influyen en el IPC (Roche, 2006; Bacha y Regassa, 2010; Zhang *et al.*, 2010).

Existe una correlación positiva entre los altos rendimientos de leche en la lactancia actual o anterior y un intervalo prolongado hasta el primer servicio (Hillers *et al.*, 1985). El déficit de energía en el período posparto puede conducir a una respuesta inmune desregulada (Abuelo *et al.*, 2014) y una involución uterina retrasada, lo que puede aumentar la probabilidad de presentar enfermedades uterinas (Adnane *et al.*, 2017; Mee, 2014; LeBlanc, 2013).

Los factores ambientales y de manejo como la temporada, la detección del estro y la inseminación artificial también influyen en el IPC. Las temporadas más cálidas dieron como resultado una reducción de la expresión del estro y, en consecuencia, una reducción de las tasas de concepción en algunos estudios (Badinga *et al.*, 1958; Rensisy Scaramuzzi, 2003). Por último, las tasas de concepción de las vacas lecheras varían entre los técnicos de inseminación artificial (Siddiqui *et al.*, 2013) y la capacidad inadecuada para detectar el estro tiene una fuerte asociación con un aumento del IPC (Hultgren y Svensson, 2010).

En general, hay muchos factores que influyen en el IPC, ya sea directa o indirectamente, y es difícil determinar la importancia relativa de estos factores. Para lo que Hay *et al.* (2019) mencionan que el IPC también es influenciado por la paridad y la producción máxima de leche. De acuerdo con estos hallazgos, Hillers *et al.* (1985) encontraron que las vacas con  $\geq 3$  partos tenían un rendimiento reproductivo reducido en comparación con las de partos más bajos y tanto este último estudio como Inchaisri *et al.* (2010) encontraron que los altos niveles de producción de leche reducían el desempeño reproductivo. Es probable que esto se deba a que las vacas con mayores demandas metabólicas necesitan movilizar más tejido adiposo para apoyar la lactancia, lo que predispone a las vacas a eventos de salud negativos (Chapinal *et al.*, 2011; Ospina *et al.*, 2010a) y pérdida del éxito reproductivo (Ospina *et al.*, 2010b, Garverick *et al.*, 2013).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

El presente trabajo cuasiexperimental y aplicada; se desarrollará con datos registrados y validados de animales de raza *Jersey* por la Asociación Holstein Friesian del Ecuador, de tipo descriptivo; al periodo de recolección de la información es retrospectivo; Se utilizaron 7831 registros de las producciones de leche en el día de control, provenientes de más de siete pesajes mensuales de 197 lactancias, correspondientes a 244 vacas de raza *Jersey* de Ecuador, durante el período de 2010 a 2018. El diseño del estudio fue observacional, y retrospectivo.

Fueron evaluados los registros de edad al primer parto (EPP), Intervalo Parto- concepción (IPC) y la producción lechera hasta la octava lactancia, consignados en tarjetas individuales de vacas *Jersey* con registro desde el año 2010 hasta el 2018. Las lactancias fueron ajustadas a 305 días con base en la normalización para lactancias incompletas, con controles lecheros 2X, según lo que se recomienda el sistema ICAR. Además, se determinó la persistencia de la lactancia (razón entre la producción del día 280 con la producción máxima alcanzada en el pico que es alrededor del día 60 y multiplicado por 100).

La presente investigación se limitó al estudio de los registros reproductivos y productivos en la población de vacas de la raza *Jersey* en Ecuador, hasta identificar los factores reproductivos y la persistencia de la producción de leche de vacas de la raza *jersey*, para plantear un sistema de selección. Técnicas de recolección de datos primarios y secundarios.

#### 3.1 Procedimientos para estimación de la producción de leche

Se estimó la producción de leche total (hasta 300 días), a partir de las producciones de día de control (PDC), por el método de Fleischmann (1945) con la fórmula  $\sum \frac{(p_i + p_{i+1})}{2} * (d_{i+1} + d_i)$ , metodología recomendada por el International Committee for Animal Recording (ICAR, 2018).

Los datos fueron analizados en modelos lineales mixtos generales a través de PROC MIXED, PROC GLIMMIX de SAS vw. 9.4 (2014).

La descripción de variables en producción de leche fue, a través de medidas de tendencia central

(media, mediana y moda) y dispersión (desviación estándar y coeficiente de variación).

La comparación de medias mínimo cuadráticas se realizó con la dócima de Tukey-Kramer (1956).

### 3.2 Procedimientos para el análisis de efectos genéticos y ambientales en la producción de leche

Los modelos matemáticos a utilizar fueron dos:

Modelo I

$$Y_{ijkl} = \mu + H_i + C_j(H_i) + AP_k + EP_l + e_{ijkl}$$

Dónde:  $Y_{ijkl} = f(\mu)$  valor fenotípico esperado de la Per según, la función de enlace específica;  $H_i$  = efecto fijo del  $i$ -ésimo rebaño ( $i=1, \dots, 245$ );  $C_j(H_i)$  = efecto aleatorio de la  $j$ -ésima vaca dentro del  $i$ -ésimo rebaño;  $AP_k$  = efecto fijo de la  $k$ -ésimo año de parto ( $k=2000, \dots, 2018$ ),  $EP_l$  = efecto fijo de la  $m$ -ésima época de parto ( $m$ =lluviosa y poco lluviosa);  $e_{ijkl}$  = error aleatorio debido a cada observación  $NID \sim (0, s^2e)$ .

Modelo II

$$Y_{ijklm} = \mu + H_i + C_j(H_i) + AP_k + E_{mo1} + e_{ijklm}$$

Dónde:  $Y_{ijklm} = f(\mu)$  valor fenotípico esperado de la Per según, la función de enlace específica;  $H_i$  = efecto fijo del  $i$ -ésimo rebaño ( $i=1, \dots, 245$ );  $C_j(H_i)$  = efecto aleatorio de la  $j$ -ésima vaca dentro del  $i$ -ésimo rebaño;  $AP_k$  = efecto fijo de la  $k$ -ésimo año de parto ( $k=2000, \dots, 2018$ );  $E_{mo1}$  = efecto fijo de la  $l$ -ésima época de monta ( $l=E_{mo1}, \dots, E_{mo5}$ );  
;  $e_{ijklmno} =$  error aleatorio debido a cada observación  $NID \sim (0, s^2e)$ .

### 3.3 Procedimiento para estimación de la persistencia de la producción lechera

La Persistencia se estimó según, los criterios de Johansson y Hansson (1940), y su fórmula para el cálculo fue la siguiente:

Para el cálculo de la persistencia, la lactación se ajustó a 200 días en cada animal y se dividió en dos períodos, de 100 d cada uno. A partir de estas condiciones se evaluaron las relaciones entre

estos. Se analizarán dos medidas de persistencia:

$$P1 (2: 1) = \left( \frac{(L200 - L100)}{L100} \right) * 100$$

$$P2 (2: Total) = ((L200 - L100) / L200) * 100$$

Dónde:

L100 = Producción parcial del día 1 al 100.

L200 = Producción total del día 1 al 200.

El modelo mixto utilizado (PROC MIXED del SAS v.w. 9.4 (2014)).

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + a(\alpha)_i + \alpha_i * \beta_j + \alpha_i * \gamma_k + \beta_j * \gamma_k + \alpha_i * \beta_j * \gamma_k + e_{ijklm}$$

Dónde:

$Y_{ijklm}$  = Valor para cada una de las observaciones de los indicadores evaluados de persistencia.

$\mu$  = Media de la población.

$\alpha_i$  = Efecto fijo de rebaño (i= 1, 2,...,6)

$\beta_j$  = Efecto fijo de año de parto (i= 1, 2,...,9)

$\gamma_k$  = Efecto fijo de época de parto (i= 1, 2)

$a(\alpha)_i$  = Efecto aleatorio del arete de cada animal l anidado dentro de cada rebaño i.

$e_{ijklm}$  = Error residual, normal e independientemente distribuido  $NID \sim (0, s^2e)$

### 3.4 Procedimiento para determinación de la edad al primer parto

Se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$EPP = \text{Intervalo de tiempo (meses) entre fecha de nacimiento} \\ + \text{fecha de primer parto}$$

### 3.5 Procedimiento para determinación del Periodo parto-concepción

Se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$PPC = \text{días abiertos (puerperio + servicio)}$$

Por otro lado, el término días abiertos (DA) hace referencia al intervalo desde que la vaca pare hasta que se preñe (Prentice,2013).

### 3.6 Procedimiento para correlación entre factores reproductivos y persistencia de lactación

Se determinó las correlaciones fenotípicas entre las tres medidas de persistencia y cuatro indicadores productivos (producción de leche a 100 y 200 d (L100 y L200), leche total (Ltot) y duración de la lactancia (DL) y los factores productivos (Edad al primer parto; Índice parto-concepción).

Se evaluó mediante la siguiente función:

$$Y_{fj} = \mu + P_f + EPP_j + e_{fj}$$

$$Y_{kl} = \mu + P_k + PPC_l + e_{kl}$$

Dónde:

$Y_{fj} = f(\mu)$  efecto esperado según, la función de enlace específica;  $\mu$  = media o intercepto;  $P_f$  = efecto aleatorio % Persistencia;  $EPP_j$  = efecto fijo de la Edad al Primer Parto (Baja, media, alta);  $e_{fj}$  = error aleatorio debido a cada observación  $NID \sim (0, s^2e)$ .

$Y_{kl} = f(\mu)$  efecto esperado según, la función de enlace específica;  $\mu$  = media o intercepto;  $P_k$  = efecto aleatorio % Persistencia;  $PPC_l$  = efecto fijo del Intervalo Parto- Concepción (Baja, media, alta);  $e_{kl}$  = error aleatorio debido a cada observación  $NID \sim (0, s^2e)$ .

### **3.7 Pasos para recolección de datos primarios y secundarios**

Para realizar esta investigación, se inició con la recolección de datos de un archivo de vacas de raza *Jersey* con controles de leche, en las que se encontró la identificación de cada vaca, número de parto y producción/día del control de leche, fecha de nacimiento, a los cuales se adicionarán los datos de producción y reproducción.

Se registró la siguiente información:

#### **Base de datos de controles de leche (PDC):**

Identificación de la vaca (N° de arete).

Producción de leche de controles lecheros.

Número de lactación (del primero en adelante).

#### **Base de datos de vacas (V):**

Identificación de la vaca (N° de arete)

Fecha de nacimiento (día, mes y año).

Fecha de parto (días, mes y año).

Número de lactación (del primero al séptimo).

Días de lactación (días).

Edad (meses).

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Variables de análisis reproductiva

##### 4.1.1 Edad al primer parto (EPP)

En el presente estudio se determinó la edad al primer parto (EPP) en vacas de la raza Jersey, fue  $30.61 \pm 0.67$  meses (tabla 2-4), valor inferior a lo reportado por Wing Chin-Jones et al. (2008) quienes calcularon un valor de  $38.8 \pm 7.7$  meses, estos autores realizaron su estudio en condiciones tropicales de la zona baja de Turrialba- Costa Rica, valores alcanzados debido a las condiciones ambientales, manejo y alimentación a que tuvieron los animales, de igual manera es inferior a  $34.5 \pm 0.42$  meses, reportado por Lemma et al. (2010) de animales Jersey al Sur de Etiopía y a  $40.13 \pm 0.41$  meses, estudiado por Vinothraj et al. (2016) en la India en la raza Jersey.

Por otra parte, resultan ser superiores a los valores reportados por Ortiz (2009) de  $27.2 \pm 0.2$  meses, en Perú, en las dos primeras lactancias ( $P < 0.0001$ ). De igual manera, es superior a lo manifestado por Marini y Di Masso (2019) en Argentina con un promedio de  $25.72 \pm 0.56$  meses, quienes concluyen que la decisión de comenzar la vida productiva de un animal se basa principalmente en el peso, el tamaño corporal y la edad.

La variación entre estudios es biológicamente explicable por la diferencia existente entre el potencial genético de las vacas usadas en los diferentes hatos ganaderos, así como los ambientes en que se han desarrollado los estudios y finalmente por la posible interacción genético-ambiental cuya importancia ha sido comprobada (Brown et al., 1993; Arthur et al., 1999).

Es por ello, que en estudios realizados en Colombia entre grupos raciales (Bolívar et al., 2009) se evidenció que la EPP presenta diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), entre las razas *Holstein friesian*, Jersey y F1, siendo así que determinaron valores de 26.72, 22.90 y 21.68 meses, respectivamente.

En los resultados identificados se evidencia que las vacas de la raza Jersey, alcanzan más rápido su madurez fisiológica, presentando a más temprana edad su máxima producción de leche, considerando que los valores tienden a variar cuando las razas puras no están bien adaptadas a las condiciones ambientales donde se encuentran, relacionando así, al valor nutricional de los pastos,

utilización de balanceados y concentrados con niveles adecuados de nutrientes que cubran los requerimientos nutricionales, temperaturas ambientales adecuadas; se atribuye los mencionados criterios a los resultados determinados (Bolívar *et al.*, 2009).

En múltiples estudios, de enfoque reproductivo, la EPP puede ser influenciado por el peso corporal y el inicio de la actividad hormonal del sistema reproductivo (Moore, 1991) y al ser considerado la EPP como un importante indicador del desempeño reproductivo del hato, ya que una avanzada edad para el inicio de la vida productiva, constituye una limitante de importancia económica (Bolívar, 2009).

No obstante, como consecuencia de un escaso desarrollo corporal de las terneras por múltiples factores se deduce la relación directa con la EPP (Ettema, 2004); pero, en bovinos lecheros la búsqueda de una mayor eficiencia, tanto biológica como económica, requiere una elevada producción de leche por lactancia, así como de un buen desempeño reproductivo (Marini, 2009).

Para, Sessarego (2017), la EPP cercana al valor recomendado (24 meses) indicaría que los establos logran preñar a la mayoría de sus vaquillas alrededor de 14 a 15 meses; lo cual señala que el manejo de la recría es homogéneo y adecuado, tomando en cuenta que este manejo es una inversión que al estar controlada no genera una carga económica inútil para el hato.

En el presente estudio, se deduce que al ser alta la EPP, las vacas evaluados presentaron una baja ganancia de peso en el desarrollo de las terneras para que de esta manera incida en el aumento de la edad al primer servicio.

**Tabla 1-4:** Estadígrafos de Edad al Primer Parto de vacas *Jersey* del Ecuador

| <b>Edad al Primer Parto (EPP)</b> |              |             |             |              |              |              |
|-----------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>N°</b>                         | <b>Media</b> | <b>DE</b>   | <b>EE</b>   | <b>CV</b>    | <b>Mín.</b>  | <b>Máx.</b>  |
| <b>88</b>                         | <b>30,61</b> | <b>6,25</b> | <b>0,67</b> | <b>20,41</b> | <b>18,52</b> | <b>49,11</b> |

**Leyenda:** DE= desviación estándar; EE= error estándar; CV= coeficiente de variación; Mín= valor mínimo; Máx= valor máximo

**Elaborado por:** Culcay, I. (2021)

#### **4.1.2 Periodo parto concepción (PPC)**

El periodo parto concepción (PPC) en vacas *Jersey* se determinó en 120.00 ±4.96 días con un coeficiente de variación de 42.55% (tabla 3-4). Valores superiores fueron observados por Loaiza

*et al.* (2019) en Costa Rica,  $136.6 \pm 84.2$  días.

Sin embargo, son valores superiores a los reportados por Sisay (2015) de  $79.2 \pm 3.00$  días, estudiado en ganado Jersey en Etiopía.

Por otro lado, resultan ser valores inferiores a lo determinados por Marini y Di Masso (2019) en Argentina, quienes obtuvieron el PPC en razas especializadas de leche de  $199.0 \pm 19.90$  días.

De igual manera, resultan ser inferiores a los calculados por Soydan y Kuran (2017) en Turquía, en vacas de la raza *Jersey* de  $151.2 \pm 8.7$  días en época de verano y superior a  $116.4 \pm 6.7$  días en época de invierno, considerando en forma general, que los estudios realizados por Soydan y Kuran en promedio en las distintas épocas es de  $90.6 \pm 1.7$  días, inferior a lo estudiado en la presente investigación

Cabe recalcar que el periodo parto concepción puede verse afectado por el tipo de parto que haya tenido el animal, ya sea distócico o cesárea; de igual manera, el nivel productivo que tengan las vacas incide en los días que transcurren entre el parto y la concepción.

En otro estudio realizado por Ortiz (2009) reporta valores de  $184.5 \pm 5.6$  días en verano y  $176.7 \pm 5.2$  días en invierno, resultados que son superiores a los obtenidos en el presente estudio, considerando que la variación puede verse afectada por las condiciones ambientales existentes en las dos zonas de estudio, Costa Rica y Ecuador.

El PPC prolongado, tiende a variar por el aumento en la producción de leche, ya que incrementa los requerimientos nutricionales de la vaca; durante el posparto temprano se presenta de forma natural un balance energético negativo (BEN) que está en función de la producción de leche, y que según varios autores está correlacionado negativamente con los días a la primera ovulación posparto, atribuyendo así a un mayor número de días abiertos postparto (Galvis, 2005).

Para (Galvis, 2005), el mérito genético de los distintos grupos genéticos como en el caso de la raza *Jersey*, afecta el patrón de cambio de las concentraciones plasmáticas de metabolitos y hormonas, las cuales tienen efecto sobre la actividad ovárica posparto, a pesar de que diversos autores reconocen que la fertilidad más baja se correlaciona con el alta producción de leche, tomando en cuenta que la producción de leche no es el principal factor que limita la reactivación ovárica y que el desempeño reproductivo parece estar más influenciado por el balance de energía que reciben los animales en estudio (Galvis, 2005).

Las pérdidas económicas por problemas reproductivos son atribuidas principalmente a intervalos de parto concepción prolongados, incremento en los costos de inseminación, pocos terneros por vaca por año, incremento de descarte de animales, elevados costos de reemplazo y menor vida productiva de las vacas (Wall *et al.*, 2003 y Camargo, 2012).

Los rasgos reproductivos como la capacidad de la vaca para reanudar y expresar celo posparto, establecimiento y mantención de la preñez, salud uterina de la vaca, pueden proporcionar una mayor comprensión del rendimiento reproductivo, regulados de forma directa por los niveles hormonales (Royal *et al.*, 2002a; Berry *et al.*, 2012a)

Amplios estudios han documentado la relación genética entre la producción de leche y los rasgos reproductivos (Berry *et al.*, 2014b). La mayor producción de leche se ha asociado con una reducción en la ciclicidad posparto (Royal *et al.*, 2002b; Fitzgerald *et al.*, 2014b) y una mayor probabilidad de ambas estructuras quísticas (Hooijer *et al.*, 2001; Zwald *et al.*, 2004; Fitzgerald *et al.*, 2014) y la ovulación múltiple (Fitzgerald *et al.*, 2014); aunque, se limita a los rasgos reproductivos, las correlaciones genéticas entre la reproducción y otros caracteres como, por ejemplo, tipo y peso vivo (Berry *et al.*, 2014). Según, Eaglen *et al.* (2013) existe un mérito genético inferior para el intervalo de parto en vacas lecheras genéticamente predispuestas a un mayor riesgo de dificultad al parto.

**Tabla 2-4:** Estadígrafos del Periodo Parto Concepción de vacas *Jersey* del Ecuador

| <b>Periodo Parto Concepción (PPC)</b> |               |              |             |              |              |               |
|---------------------------------------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| <b>N°</b>                             | <b>Media</b>  | <b>DE</b>    | <b>EE</b>   | <b>CV</b>    | <b>Mín.</b>  | <b>Máx.</b>   |
| <b>106</b>                            | <b>120,00</b> | <b>51,07</b> | <b>4,96</b> | <b>42,56</b> | <b>43,00</b> | <b>264,00</b> |

**Leyenda:** DE= desviación estándar; EE= error estándar; CV= coeficiente de variación; Mín= valor mínimo; Máx= valor máximo

**Elaborado por:** Culcay, I. (2021)

## 4.2 Variables de análisis productiva

### 4.2.1 Producción de Leche ( $P_{total}$ )

La media de la producción de leche total ( $L_{total}$ ) en la presente investigación fue de  $2977.55 \pm 64.44$  kg de leche por lactancia (tabla 4-4) y  $3009.52 \pm 151.24$  kg de leche ajustada a los 305 días ( $L_{305}$ ) (ver tabla 5-4).

Estos resultados son similares a los reportados por Bravo (2018) en Perú, de  $2997.76 \pm 111.33$  kg de leche total por lactancia y  $3150.73 \pm 107.20$  kg de leche ajustada con una producción diaria en promedio de  $10.57 \pm 0.81$  kg/día.

Según, Alqaisi *et al.* (2020) en el estudio que realizaron la producción de leche diaria de las vacas de la raza *Jersey* fue de  $11,7 \pm 0,8$  kg/vaca/día, con una diferencia significativa ( $P < 0,001$ ) con la *Holstein Friesian* que determinaron una producción de  $17,6 \pm 0,4$  kg/vaca/día, en el reporte indican que la mayor producción diaria de leche fue en la tercera y cuarta lactancia de las vacas *Holstein Friesian* y en la segunda y tercera lactancia de las vacas *Jersey*; corroborando lo mencionado se menciona  $2315.90 \pm 43.85$  en la segunda lactancia (Beneberu *et al.*, 2020).

Por el otro lado, el rendimiento lechero que en general se mide determinando la producción total de leche por lactancia en la presente investigación es superior a lo identificado por Beneberu *et al.* (2020) por el valor reportado de  $2166.82 \pm 26.70$  kg, a Direba *et al.* (2015) un valor de  $2155 \pm 16.4$  kg y a Yosef (2006) un valor de  $2200,25 \pm 112$  kg.

De igual manera, en otro estudio realizado en Irlanda por Coffey *et al.* (2016), la media de  $L_{total}$ , observada es inferior a  $13.87$  kg/leche/día,  $4230$  kg de  $L_{total}$ , donde los animales tuvieron un sistema de manejo de producción estaciona con pastoreo libre. Jeangros y Thomet, (2004); Baumont *et al.*, (2014) y Taube *et al.* (2014) resaltan que el potencial para la producción de leche debe basarse en el tipo de alimentación, puesto que las características de cada alimento están en relación a la producción de los animales.

Si bien internacionalmente se practica una amplia gama de sistemas de pastoreo, muchos de los cuales son económicamente competitivos (Soder y Rotz, 2001; Dillon *et al.*, 2005; Roche *et al.*, 2009), representando solo una pequeña minoría de la producción mundial de leche. Además, la eficiencia biológica y financiera de la producción de leche en sistemas de pastoreo predominan, en países desarrollados.

Cabe mencionar que según lo reportado por Juárez y Marsan (2013), en la evaluación productiva y reproductiva realizada de vacas *Jersey* en Honduras la producción promedio por lactancia fue de 3905 kg y la  $L_{305}$  fue de 3816 kg.

**Tabla 3-4:** Estadígrafos de Producción de leche total ( $L_{total}$ ) de vacas *Jersey* de Ecuador

| <b>Producción de leche total (<math>L_{total}</math>)</b> |                |               |              |               |                |  |
|---|----------------|---------------|--------------|---------------|----------------|--|
| N°  | Media          | DE            | EE           | Mín.          | Max.           |  |
| <b>163</b>  | <b>2977,54</b> | <b>822,78</b> | <b>64,45</b> | <b>714,55</b> | <b>4528,51</b> |  |

**Leyenda:** DE= desviación estándar; EE= error estándar; CV= coeficiente de variación; Mín= valor mínimo; Máx= valor máximo

**Elaborado por:** Culcay, I. (2021)

**Tabla 4-4:** Estadígrafos de Producción de leche Ajustada ( $L_{305}$ ) de vacas *Jersey* de Ecuador

| <b>Producción de leche Ajustada (<math>L_{305}</math>)</b> |                 |                 |                 |              |                |                 |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|-----------------|
| N°   | Media           | DE              | EE              | CV           | Mín.           | Máx.            |
| <b>85</b>  | <b>3009,518</b> | <b>1394,349</b> | <b>151,2384</b> | <b>42,56</b> | <b>2070,11</b> | <b>6151,984</b> |

**Leyenda:** DE= desviación estándar; EE= error estándar; CV= coeficiente de variación; Mín= valor mínimo; Máx= valor máximo

**Elaborado por:** Culcay, I. (2021)

#### 4.2.2 Duración de la Lactancia (DL)

La duración de la lactancia (DL) de vacas de la raza *Jersey* se determinó en  $306.52 \pm 15.58$  días (tabla 6-4), estos valores son superiores a los observados por WingChing y Conejo (2020), que oscilan entre  $138.64 \pm 87.21$  días y  $183.25 \pm 122.42$  días, estudios efectuados de igual manera en la raza *Jersey*, pero en condiciones climáticas y pisos altitudinales de Costa Rica, (1800 y 600 msnm, respectivamente) distintos al Ecuador (superior a 2800 msnm), y a  $282.38 \pm 6.49$  días (Bravo, 2018) quien evaluó los índices productivos y reproductivos en vacunos *Jersey* en Perú.

Por otro lado, presenta similitud con  $301.7 \pm 1.1$  días observados por Soydan y Kuran (2017) al analizar el efecto del ambiente en el parto y rendimiento reproductivo de las vacas *Jersey* en

Turquía, las razas de ganado lechero especializado bajo condiciones climáticas variables se enfrentan a problemas de adaptación, expresándose en bajos desempeños productivos y reproductivos, por lo que se asume que la DL dependerá de la correcta selección de la raza o cruce que posea una compatibilidad adecuada entre genotipo y ambiente.

En base a los estudios revisados se identifica que los animales de la raza *Jersey* se caracteriza por soportar altas y bajas temperaturas, por la capacidad de producción y control del calor metabólico relacionado a su menor tamaño, están adaptados a estas condiciones desde su nacimiento. El clima en cada zona de producción afecta en forma directa al actuar sobre la fisiología productiva del animal (Berman, 2011) y de una manera indirecta afecta la productividad (Pezzopane *et al.*, 2016) como: calidad del forraje (Sánchez *et al.*, 2000), adicional, a lo mencionado, la temperatura, la humedad, radiación solar, velocidad del viento, duración del día y la precipitación afectan la productividad láctea de los animales (Wing Ching-Jones *et al.*, 2008).

**Tabla 5-4:** Estadígrafos de Duración de la Lactancia (DL) de vacas *Jersey* del Ecuador

| <b>Duración de la Lactancia (DL)</b> |               |                 |                 |                 |                 |                |
|--------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| <b>N°</b>                            | <b>Media</b>  | <b>DE</b>       | <b>EE</b>       | <b>CV</b>       | <b>Mín.</b>     | <b>Máx.</b>    |
| <b>89</b>                            | <b>306,52</b> | <b>175,3295</b> | <b>15,58489</b> | <b>1,824527</b> | <b>239,0164</b> | <b>646,885</b> |

**Leyenda:** DE= desviación estándar; EE= error estándar; CV= coeficiente de variación; Min= valor mínimo; Máx= valor máximo

**Elaborado por:** Culcay, I. (2021)

#### **4.2.3 Persistencia (*Per*)**

La *Per* es una característica importante para caracterizar la producción de leche en los animales en producción; se la estima como el porcentaje de producción de leche que es posible establecer con los máximos aportes de leche por lactancia, la metodología aplicada en el presente estudio reporto una *Per* igual a  $41.79 \pm 0.74\%$  (tabla 7-4) que resultan ser valores superiores a lo reportado por Mohanty *et al.* (2019) determinada mediante la metodología ( $Per_{ratio} = 305 \text{ días de producción de leche} / \text{Rendimiento máximo semanal}$ ) de 37.27 % en la primera lactancia, a 34.49 % en la segunda lactancia, a 33.54 % y 33.03 % en la tercera y cuarta lactancia, respectivamente.

Mohanty *et al.* (2019) mencionan que la *Per* calculada por el coeficiente y los métodos de Weller ( $Per_{Weller} = \frac{\text{Producción de leche durante 270 días}}{\text{Producción de leche durante 90 días}} \times 100$ ) indicaron que la *Per* en la primera paridad era mayor que en la segunda paridad, reportan bajo la metodología mencionada reportan 75.62%, 73.93%, 71.19% y 70.47%, desde la primera hasta la cuarta lactancia, respectivamente.

En contraste, Elmaghraby (2009) sugirió que las vacas en el primer parto tuvieron la *Per* más baja y los de la cuarta lactancia tuvieron más alta. Según Prasad (2007), las vacas en la tercera lactancia tienen mayor persistencia.

La *Per* encontrada es inferior a la calculada por Torshizi (2016), en 89.82% quien indica además que la *Per* de la lactancia entre 101 días y 200 días es superior a la de 201 a 305 días, criterio similar al presente estudio ya que se determinó una producción de 1383.59 ±34.49kg en los primeros 100 días (tabla 8-4) y 1342.86 ±30.00kg, a partir de los 101 días hasta el secado del animal (tabla 9-4); y según lo estudiado por Cañas *et al.* (2009), la *Per* y el tiempo al pico no demuestran diferencias significativas entre grupos raciales (P>0.05).

Según, Tekerli *et al.*, 2000 y Muir, 2004, la correlación fenotípica indica que las vacas que logran altos rendimientos tienden a demostrar una pronunciada disminución del rendimiento diario después del pico siendo así, menos persistente, los resultados obtenidos en la presente investigación indican que las vacas con mayor *Per* alcanzan su pico de producción más tarde que las vacas con menor *Per*. Tendencias similares se encontraron en Canadá (Muir, 2004) y Turquía (Tekerli *et al.*, 2000).

La *Per* es una parte esencial para caracterizar la forma de la curva de lactancia, al proporcionar información valiosa para evaluar la biología, la economía, eficiencia del animal o del hato ganadero y al ser útil para la evaluación genética, el control de la salud de los semovientes, la alimentación, decisiones de manejo y propósitos de planificación.

**Tabla 6-4:** Estadígrafos de Persistencia de vacas *Jersey* de Ecuador

| <b>Persistencia (<i>Per</i>)</b> |              |             |             |              |              |
|----------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| <b>N°</b>                        | <b>Media</b> | <b>DE</b>   | <b>EE</b>   | <b>Mín.</b>  | <b>Máx.</b>  |
| <b>244</b>                       | <b>41,79</b> | <b>9,46</b> | <b>0,74</b> | <b>17,08</b> | <b>76,28</b> |

**Leyenda:** DE= desviación estándar; EE= error estándar; CV= coeficiente de variación; Mín= valor mínimo; Máx= valor máximo

**Elaborado por:** Culcay, I. (2021).

**Tabla 7-4:** Estadígrafos de producción de leche de los 100 primeros días de producción de vacas *Jersey* del Ecuador ( $L_{100}$ )

| <b>Estadígrafos de producción de leche de los 100 días (<math>L_{100}</math>)</b> |                |               |              |              |              |
|---|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>N°</b>   | <b>Media</b>   | <b>DE</b>     | <b>EE</b>    | <b>Mín.</b>  | <b>Máx.</b>  |
| <b>190</b>  | <b>1383,59</b> | <b>475,44</b> | <b>34,49</b> | <b>17,08</b> | <b>76,28</b> |

**Leyenda:** DE= desviación estándar; EE= error estándar; CV= coeficiente de variación; Mín= valor mínimo; Máx= valor máximo

**Elaborado por:** Culcay, I. (2021).

**Tabla 8-4:** Estadígrafos de producción de leche después de los 200 días de producción de vacas *Jersey* del Ecuador ( $L_{200}$ )

| <b>Estadígrafos de producción de leche de los 200 días (<math>L_{200}</math>)</b> |                |               |              |               |                |
|---|----------------|---------------|--------------|---------------|----------------|
| <b>N°</b>   | <b>Media</b>   | <b>DE</b>     | <b>EE</b>    | <b>Mín.</b>   | <b>Máx.</b>    |
| <b>190</b>  | <b>1342,86</b> | <b>413,56</b> | <b>30,00</b> | <b>350,00</b> | <b>2829,57</b> |

**Leyenda:** DE= desviación estándar; EE= error estándar; CV= coeficiente de variación; Mín= valor mínimo; Máx= valor máximo

**Elaborado por:** Culcay, I. (2021).

### 4.3 Variables de correlación

#### 4.3.1 Correlación entre Variables de análisis reproductiva (EPP, PPC) y Variables de análisis productiva ( $L_{total}$ , DL, Per)

Los resultados obtenidos de las variables evaluadas en el presente estudio muestran una correlación negativa (-0.5421) entre *Per* y EPP demostrados en el Anexo J, identificando semejanza a los estudios realizados por Chegini *et al.* (2015) quienes mencionan que la EPP tuvo correlaciones genéticas negativas con *Per* (-0.31 ±0.12); y una correlación positiva (0.43±0.14) entre *Per* y PPC.

Según, Koloj y Mandal (2020) mediante las metodologías aplicadas para determinar la persistencia mediante índices de persistencia  $P21 = 2do\ 100\ días\ producción\ de\ leche / 1ro\ 100\ días\ producción\ de\ leche$  (Danell, 1982);  $P31 = 3ro\ 100\ días\ producción\ de\ leche / 1ro\ 100\ días\ producción\ de\ leche$  (Johansson y Hansson, 1940);  $P32 = 3ro\ 100\ días\ producción\ de\ leche / 2do\ 100\ días\ producción\ de\ leche$  (Johansson y Hansson, 1940),  $P4 = 305\ días\ de\ producción\ de\ leche / 50\ días\ de\ producción\ de\ leche$  y  $P5 = 182\ días\ de\ producción\ de\ leche - 70\ días\ de\ producción\ de\ leche) / 70\ días\ de\ producción\ de\ leche$  (Mahadevan, 1951), mencionan que las correlaciones fenotípicas en la raza Jersey entre *Per* y PPC fueron de 0.36 ±0.04, 0.88 ±0.15, 0.41 ±0.12, 0.25 ±0.06 y 0.42 ±0.06 en base a los índices, respectivamente.

Resultados que indican que las diferencias en las correlaciones sean estas negativas o positivas puede deberse a diferencias en la conformación de la raza, ambiente, métodos de estimación y precisión de los componentes de varianza y covarianza, aunque investigadores como Chegini *et al.* (2015) afirman que puede ser una indicación del conjunto de genes que afectan a estos rasgos difieren entre poblaciones y también puede tener diferentes valores genéticos aditivos.

Las correlaciones ambientales entre EPP y los períodos de producción de leche de 100 días indican que las vacas con mayor EPP poseen una producción de leche más elevada, principalmente en las etapas iniciales de producción, lo que podría deberse a una mejor condición corporal y una reducción del balance energético negativa (BEN) en comparación con vacas con menor EPP (Loker *et al.*, 2012).

Por lo que, Tamminga (2000) manifiesta que, al inicio de la lactancia, las vacas suelen tener un BEN, lo que significaría movilizar las reservas adiposas corporales, para cumplir con las necesidades de nutrientes para la producción de leche.

Según, Nilforooshan y Edriss (2004) y Froidmont *et al.* (2013), la representación de la tendencia de la producción de leche a los 305 días y el PPC sobre EPP, indica que, debido al aumento de la edad al primer parto de 20 a 23 meses, aumenta la producción de leche diaria, de igual forma estudios efectuados en Irán, revelaron que la producción de leche aumenta con el aumento de la EPP de 20 a 36 meses, aunque, Pirlo *et al.* (2000) mencionan que una reducción de la EPP a 24 y 23 meses de edad parecía ser más rentable que reducirlo a 22 meses de edad.

#### ***4.3.2 Efecto de los factores reproductivos sobre la persistencia de la producción lechera de Jersey***

En la presente investigación mediante los modelos matemáticos utilizados (I y II) para el análisis de los efectos genéticos y ambientales sobre la *Per* están de acuerdo, a los efectos fijos y aleatorio que intervienen, se estimó un valor fenotípico de la *Per* según el PPC de  $-0.0626 \pm 0.0957$  y de acuerdo a la EPP de  $-0.6968 \pm 0.4502$  (ver anexo K).

En general, la modelación matemática para el análisis de la influencia de factores reproductivos y ambientales sobre la *Per* de la producción lechera de la raza *Jersey* es similar a los modelos que estudian los rasgos productivos lecheros, por tanto, un efecto con significación estadística implica diferencias entre hatos como tal, con respecto a la alimentación y manejo. Otros efectos son: el número de parto, la edad al parto, la época del parto y la gestación.

Con relación al número de parto, se ha encontrado que las primeras lactaciones son más persistentes que las últimas. Por lo tanto, si se analiza en conjunto, este efecto es de suma importancia. Una explicación de este efecto podría ser que el rendimiento generalmente más alto en las últimas lactaciones (las vacas de primera lactancia aún están creciendo) está provocando picos más agudos de la curva de lactancia que obviamente están asociados con persistencias más bajas, criterio corroborado con lo enunciado por Gengler (1996).

## CONCLUSIONES

La edad al primer parto es de  $30.61 \pm 0.67$  meses, indicando que se mantiene la tendencia a nivel nacional para la raza *Jersey* de iniciar a los animales en la vida reproductiva a edad tardía; el PPC de  $120.00 \pm 4.96$  días, lo cual indica una ineficiencia reproductiva, debiendo ser afectados por el tipo de manejo reproductivo que se aplica en los animales en estudio.

En relación a las características productivas se evidencio una producción total observada de  $2977.55 \pm 64.44$  kg de leche total por lactancia y la producción ajustada de  $3009.52 \pm 151.24$  kg de leche, con una duración de la lactancia de  $306.52 \pm 15.58$  días, con una Persistencia de  $41.79 \pm 0.74\%$ , estos valores se diferencian claramente de los resultados reportados en la literatura con relación a la persistencia de la lactancia en vacas lecheras especializadas otras zonas climáticas, con una correlación negativa ( $-0.5421$ ) entre *Per* y EPP; y una correlación positiva ( $0.43 \pm 0.14$ ) entre *Per* y PPC.

La persistencia de la producción de leche de vacas *Jersey* es afectada por algunos factores que incluyen directamente sobre ella, como la EPP y el PPC, siendo menos persistente al ser la EPP superior a 26 meses, y a un PPC superior a 82 días, obteniendo un valor fenotípico del PPC sobre la *Per* de  $-0.0626 \pm 0.0957$  y de la EPP sobre la PPS de  $-0.6968 \pm 0.4502$ .

## RECOMENDACIONES

Se sugiere estudiar mediante la correlación genética con otros aspectos reproductivos a la raza *Jersey*, para así tener una mejor perspectiva de los programas de selección, y basarse en los reportes de producción y reproducción del presente estudio para la selección adecuada de vacas de reemplazo y descarte de los hatos lecheros estudiados.

Realizar una evaluación de parámetros genéticos en la raza *Jersey* en el país, al existir escasa investigación en lo referente, con la incorporación de un criterio acerca del uso de modelos matemáticos para el análisis de la producción pecuaria.

Utilizar modelos matemáticos en el análisis de factores ambientales que pueden estar afectando en la producción pecuaria, para obtener resultados con alta precisión y confiables, con el uso de valores genéticos (BLUP-BLUE) para realizar índices de selección animal, la respectiva utilización de la metodología propuesta en la determinación de valores genéticos a partir de valores fenotípicos, para desarrollar propuestas de selección animal en cualquier especie.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah M., Mohanty T.K., Kumaresan A., Mohanty A.K., Madkar A.R. y Baithalu R.K. (2014). Early pregnancy diagnosis in dairy cattle: economic importance and accuracy of ultrasonography. *Adv Anim Vet Sci.* (2):464–7. doi: 10.14737/journal.aavs/2014/2.8.464.467.
- Abuelo A., Hernandez J., Benedito J.L. y Castillo C. A. (2014). Comparative study of the metabolic profile, insulin sensitivity and inflammatory response between organically and conventionally managed dairy cattle during the periparturient period. *Animal.* (8):1516–25. doi: 10.1017/S1751731114001311.
- Adnane M, Kaidi R, Hanzen C. y England G.C.W. (2017). Risk factors of clinical and subclinical endometritis in cattle: a review. *Turk J Vet Anim Sci.* (41):1–11. doi: 10.3906/vet-1603-63.
- Akers, R. M. (2002). Lactation and the mammary gland (1st ed.). Ames, Iowa: Iowa State University Press. *Journal of Dairy Science.*
- Akers, R. M.; Heald, C. W.; Bibb, T. L. y McGilliard, M. L. (1977). Effect of prepartum milk removal on quantitative morphology of bovine lactogenesis. *Journal of Dairy Science,* 60(8), 1273-1282.
- Akin, P. y Turker, S. (2005). Persistency within and between lactations in morning, evening and daily test day milk in dairy goats. (comunicación corta). *Arch. Tierz., Dummerstorf.* 48(4):396-403.
- Alvarez, J., y WingChing, R. (2019). Selección de vacas Jersey y Holstein durante la lactancia según características fenotípicas: producción y reproducción. *Research Journal UNED,* 11(3). doi:<https://doi.org/10.22458/urj.v11i3.2579>.
- Alqaisi, O., Al-Abri M., Al-Abri, A., y Al-Marzooqi, W. (2020). A comparison of milk production from Holstein Friesian and Jersey cattle breeds under hot climate of Oman. *Tropical animal Meath and production,* 52(3), 1503-1506.
- Alvear, E (2010). Caracterización productiva y reproductiva de la hacienda San Jorge para Recomendar un Programa de Inseminación Artificial. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.* Riobamba, Ecuador.
- Andersen, F. and Jenssen, M. 2011. Use of the lactation curve in the production management of Norwegian dairy cattle. Norwegian School of Veterinary Science. Disponible en: <<http://www.nvh.no/en/Home/News/News-stories/Use-of-the-lactation-curve-in-the-production-management-of-Norwegian-dairy-cattle/le> >.

- Appuhamy, J. (2006). Phenotypic relationships between lactation persistency and common health disorders in dairy cows. *Virginia Polytechnic Institute and State University*:19-47.
- Bacha B, y Regassa F.G. (2010). Subclinical endometritis in Zebu x Friesian crossbred dairy cows, its risk factors, association with subclinical mastitis and effect on reproductive performance. *Trop Anim Health Prod.* (42):397–403. doi: 10.1007/s11250-009-9433-5.
- Badinga L., Collier R.J., Thatcher W.W. y Wilcox C.J. (1985). Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. *J Dairy Sci.* 68:78–85. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(85)80800-6.
- Bach A. y Ahedo J. (2008). Record keeping and economics of dairy heifers. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, 24 , pp. 117-138. doi: 10.1016/j.cvfa.2007.10.001
- Bailey K. W., Jones C. M. y Heinrichs A. J., (2005). Economic Returns to Holstein and Jersey Herds Under Multiple Component Pricing. *Journal of Dairy Science*, 88 (6), 2269-2280. Obtenido de: <http://jds.fass.org/cgi/reprint/88/6/2269>
- Bar–Anan R.; Ron M. y Wiggans GR. (1985). Associations among milk yield, yield persistency, conception and culling of Israeli Holstein dairy cattle. *J Dairy Sci* ;68(2):382–386.
- Barrington, G. M.; McFadden, T. B.; Huyler, M. T. y Besser, T. E. (2001). Regulation of colostrogenesis in cattle. *Livestock Production Science*, 70(1–2), 95-104.
- Bath, D. (1987). Ganado lechero. Editorial Interamericana, España.
- Baumrucker, C. R.; Stark, A.; Wellnitz, O.; Dechow, C. y Bruckmaier, R. M. (2014). Short communication: Immunoglobulin variation in quarter-milked colostrum. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3700-3706.
- Baumrucker, C. R., Burkett, A. M., Magliaro Macrina, A. L., y Dechow, C. D. (2010). Colostrogenesis: Mass transfer of immunoglobulin G1 into colostrum. *Journal of Dairy Science*, 93(7), 3031-3038.
- Baxter F., Neoh, K. y Tevendale, M. (2007). The beginning of the end: Death signaling in early involution. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 12(1), 3-13.
- Beneberu, N., Shibabaw, W., Getahun, K., y Alemayehu, K. (2020). Effect of Non-genetic Factors on Milk Production Traits of Pure Jersey Dairy Cattle in Central Highland Ethiopia.
- Benzaquen M.E., Risco C.A., Archbald L.F., Melendez P., Thatcher M.J. y Thatcher W.W. (2007). Rectal temperature, calving-related factors, and the incidence of puerperal metritis in postpartum dairy cows. *J Dairy Sci.* 90:2804–14. doi: 10.3168/jds.2006-482.
- Bianchi Sobrinho, E. (1988). Estimativa da Produção Total de leite de vacas da raça *Gir*, baseada em controles semanais, quinzenais, mensais e bimestrais. Obtenção de factores multiplicativos. Tese de Livre Docência, USP, Ribeirão Preto. p. 92.

- Bianchi Sobrinho, E. (1984). Estudio da curva de lactação de vacas da raça *Gir*. Tese de Doutorado, USP, Ribeirão Preto, p. 84.
- Bolivar, D., Echeverry, J., Restrepo, L., y Cerón, M. (2009). Productividad de vacas Jersey, Holstein y Jersey\*Holstein en una zona de bosque húmedo montano bajo (Bh-MB). *Livestock Research for Rural Development*, 21(6). Obtenido de <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd21/6/boli21080.htm>.
- Boutinaud, M.; Rousseau, C.; Keisler, D. H. y Jammes, H. (2003). Growth hormone and milking frequency act differently on goat mammary gland in late lactation. *Journal of Dairy Science*, 86(2), 509-520.
- Burgoyne, R. D. y Wilde, C. J. (1994). Control of secretory function in mammary epithelial cells. *Cellular Signalling*, 6(6), 607-616.
- Cabrera VE. (2014). Economics of fertility in high-yielding dairy cows on confined TMR systems. *Anim Int J Anim Biosci*. 8:211–21. doi: 10.1017/S1751731114000512.
- Cameron, N.D. (1997). Selection Indices and Prediction of Genetic Merit in Animal Breeding. CAB International, Willingford, U.K
- Campos, G.R.; Cubillos, C. y Rodas, A.G. (2007). Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales en Colombia. *Acta Agronómica*, v.56, n.2, p.85-92.
- Campos M. S., Wilcox C. J., Becerril C. M. y Díaz A. (1994). Genetic Parameters for Yield and Reproductive Traits of Holstein and Jersey Cattle in Florida. *Journal of Dairy Science*, 77 (3), 867-873. Recuperado de: <http://jds.fass.org/cgi/reprint/77/3/867>.
- Cankaya S., Unalan A., y Soydan E. (2011). Selection of a mathematical model to describe the lactation curves of Jersey cattle. *Archives animal breeding*, 54(1), 27- 35. doi:10.5194/aab-54-27-2011.
- Cañas, J., Restrepo, L., Ochoa, J., Echeverria A., y Cerón M. (2009). Estimación de las curvas de lactancia en ganado Holstein y BON x Holstein en trópico alto colombiano. *Revista Lasallista de Investigación*, 6(1), 35-42. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/695/69514350006.pdf>.
- Capuco A., Ellis S., Hale S., Long E.; Erdman R.; Zhao X. y Paape M. (2003). Lactation persistency: Insights from mammary cell proliferation studies. Sixth international workshop on the biology of lactation in Farm Animals. *J. Anim. Sci.* 81(3): 18-31.
- Capuco A.C., Wood D. L.; Baldwin R., Mcleod K. y Paape M. J. (2001). Mammary cell number, proliferation, and apoptosis during a bovine lactation: relation to milk production and effect of bST1. *American Dairy Science Association J. Dairy Sci.* 84: 2177–2187.
- Capuco A. y Akers R. M. (1999). Mammary involution in dairy animals. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 4(2), 137-144.

- Caraviello D. Z., Weigel K. A., Shook G. E., y Ruegg P. L. (2005). Assessment of the Impact of Somatic Cell Count on Functional Longevity in Holstein and Jersey Cattle Using Survival Analysis Methodology. *Journal of Dairy Science*, 88 (2): 8704-811 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/88/2/804>
- Carvazos, F. (2013). Criterios actuales para evaluar la eficiencia reproductiva en las explotaciones bovinas. *Artículos Técnicos ABS*. México.
- Casares, D. (2003). Evaluación de la eficiencia reproductiva en ganado bovino del sistema doble propósito, en condiciones de semiestabulación en la granja Santiago del Municipio de Santiago de Tolú – Sucre. *Universidad de Sucre*. Sincelejo, Colombia.
- Cedeño D. A. y Vargas B. (2004). Efecto de la raza y el manejo sobre la vida productiva del bovino lechero en Costa Rica. *Archivos de Zootecnia*, 53, 129-140. Doi: [http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/17\\_14\\_21\\_02Cedeno.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/17_14_21_02Cedeno.pdf).
- Cerón-Muñoz M.F., Tonhati H. y Costa D. (2004). Interação genotipo-ambiente em bovinos da raça holandesa brasileiros e colombianos. *Arch. Zootec*, v.53, p.239- 248-
- Chapinal N., Carson M., Duffield T., Capel M., Godden S. y Overton M. (2011). The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. *J Dairy Sci*. 94:4897–903. doi: 10.3168/jds.2010-4075
- Chegini A., Shadparvar A. A., y Ghavi Hossein-Zadeh N. (2015). Genetic parameter estimates for lactation curve parameters, milk yield, age at first calving, calving interval and somatic cell count in Holstein cows. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 5(1), 61-68
- Cobuci J., Euclides R., Napolis C., Almeida R., Savio P. y Silva C. (2007). Genetic evaluation for persistency of lactation in *Holstein* cows using a random regression model. *Genet Mol. Biol.* 30(2): 349-355.
- Cobuci, J., Euclides R., Pereira C., De Almeida R., Costa C. y López, P. (2003). Persistência na lactação - uma revisão. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 11: 163-173.
- Cobuci, J., Euclides R.; Verneque, R.; Teodoro, R. e Silva, M. (2002). Uso de modelos de regressão aleatória an avaliação da persistên na lactação na Raça *holandesa*. Tese Doutorado em Zootecnia. *Universidad Federal de Vicosa*, Vicosa. p.99.
- Cole, J. y Van Raden, P. (2006). Genetic evaluation and best prediction of lactation persistency. *Journal of Dairy Science*,89: 2722-2728.
- Convey, E. M. (1974). Serum hormone concentration in ruminants during mammary growth, lactogenesis, and lactation: A review. *Journal of Dairy Science*, 57(8), 905- 917.
- Cornejo, R. (2007). Apoptosis en células mamarias transfectadas con el oncogen ras. *Revista chilena de obstetricia y ginecología*, 72(6), 362-365.

- Cuatrin, A. (2007). Curva de producción y composición de leche bovina. *Idia XXI. revista de información sobre investigación y desarrollo agropecuario*, 7(9), 76-79. Recuperado el 19 de septiembre de 2019.
- Curran R.D., Weigel K.A., Hoffman P.C., Marshall J.A, Kuzdas C.K. y Coblenz W.K. (2013). Relationships between age at first calving; herd management criteria; and lifetime milk, fat, and protein production in Holstein cattle. *Prof. Anim. Sci.*, (29), pp. 1-9.
- Danell, B. (1982). Studies on lactation yield and individual test-day yield of *Swedish* dairy cows. III Persistency of milk yield and its correlation with lactation yield. *Acta Agric. Scand.* 32: 93-101.
- Dekkers, J.; Ten Hag, J.; Weersink, A. (1998). Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 53(3), 237-252.
- Dijkstra, J.; López, S.; Bannink, A.; Dhanoa, M.S.; Kebreab, E.; Odongo, N. E.; Fathi, H.; Behera, U.K.; Hernández-Ferrer, D. y France, J. (2010). Modelling animal systems paper evaluation of a mechanistic lactation model using cow, goat and sheep data. *J. Agri. Sci.*, 148: 249–262.
- Direba Hunde, Gábor Mészáros, Tadelle Dessie, Getnet Assefa, M. T. and J. Sölkner (2015). Milk Yield and Reproductive Performance of Pure Jersey Dairy Cattle in the Central Highlands of Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*.
- Do C., Wasana N., Cho K., Choi Y., Choi T., Park B., y Lee D. (2013). The effect of age at first calving and calving interval on productive life and lifetime profit in Korean Holsteins. *Asian-australas. J. Anim. Sci.*, (26), pp. 1511-1517. doi: 10.5713/ajas.2013.13105
- Echeverri, J., Salazar, V., & Parra, J. (2011). Análisis comparativo de los grupos genéticos Holstein, Jersey y algunos de sus cruces en un hato lechero del Norte de Antioquia en Colombia. *Zootecnia Tropical*, 29(1), 49-59.
- El Faro, L. (1996). Estudo da curva lactação de um rebaho da raça *Caracu*. Tese da Doutorado. Jaboticabal. *UNESP Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Jaboticabal*. p.179.
- Ettema J.F. y Santos J.E.P. (2004). Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *J. Dairy Sci.*, (87), pp. 2730-2742. Doi: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73400-1
- Falconer, D.S. y Mackay, T.F.C. (2006). Introducción a la Genética Cuantitativa. Ed. Cuarta. Editorial, Acribia. Zaragoza-España. p. 469.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2017). FAO statistical yearbook. Recuperado el 19 de Septiembre de 2019, de <http://www.fao.org/statistics/es/>.
- Farhangfar H. y Naeemipour H. (2006). Estimates of genetic and phenotypic parameters for productive and reproductive traits in Holstein cows in Iran. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Res.* 11(1), 431-440.

- Ferris, T.; Mao, I. y Anderson, C. (1985). Selection for lactation curve and milk yield in cattle. *Journal of Dairy Science*. 68(6): 1438-1448.
- Ferguson, J. (1995). Estructuración de programas de reproducción y de salud del hato. Hoard's dairyman en español. México: 329 – 330 pp.
- Fonseca, J. (1983). Reproductive traits of Holstein and Jerseys. *Journal of Dairy Science*, 66:1128-1140.
- Fricke, P. (2004). Estrategias agresivas de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de vacas lecheras en lactancia. Disponible desde: <http://www.cals.wisc.edu>.
- Froidmont E., Mayeres P., Picron P., Turlot A., Planchon V. and Stilmant D. (2013). Association between age at first calving, year and season of first calving and milk production in Holstein cows. *Animal*. 7, 665-672.
- Gabler M.T., Tozer P.R. y Heinrichs A.J. (2000). Development of a cost analysis spreadsheet for calculating the costs to raise a replacement dairy heifer. *J. Dairy Sci.*, 83, pp. 1104-1109
- Gaines, W. (1927). Persistence of lactation in dairy cows. *Agriculture Experiment Station*. 288: 112-118.
- Galvis, R. D., Múnera, E. A., y Marín, A. M. (2005). Relación entre el mérito genético para la producción de leche y el desempeño metabólico y. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarías*, 18(3), 228-239. Recuperado el 19 de septiembre de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295022964004.pdf>.
- Garcia-Peniche T. B., Cassell B. G., Pearson R. E. y Misztal I. (2005) Comparisons of Holsteins with Brown Swiss and Jersey Cows on the Same Farm for Age at First Calving and First Calving Interval. *Journal of Dairy Science*, 88 (2), 790-796. Recuperado de <http://jds.fass.org/cgi/reprint/88/2/790>.
- Garverick H, Harris M, Vogel-Bluel R, Sampson J, Bader J, Lamberson W. (2013). Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *J Dairy Sci*. 96:181–8. doi: 10.3168/jds.2012-5619
- Gasque, R. (2007). Detalles sobre lactación y persistencia de lactación. Boletín Técnico Virtual. *Órgano de difusión del Departamento de Producción Animal de Rumiantes FMVZ - UNAM*. Editorial Boletín. Vol. 13. Recuperado el 19 de septiembre de 2019. Disponible en: <http://fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgZooD001.htm>.
- Gengler, N. 1996. Persistency of lactation yields: A review. Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in cattle. *Interbull Bulletin*, 12: 97-102.

- Ghavi Hossein-Zadeh N, Ardalan M. (2011). Cow-specific risk factors for retained placenta, metritis and clinical mastitis in Holstein cows. *Vet Res Commun* 35:345–54. doi: 10.1007/s11259-011-9479-5
- Gilbert RO. (2012). The effects of endometritis on the establishment of pregnancy in cattle. *Reprod Fertil Dev.* 24:252–7. doi: 10.1071/RD11915
- González-Recio O, Pérez-Cabal MA, Alenda R. (2004). Economic value of female fertility and its relationship with profit in Spanish dairy cattle. *J Dairy Sci.* 87:3053–61. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73438-4
- Gooch, M. (1935). An analysis of the time change in milk production in individual lactations. *Jour. of Agr. Sci.* 25: 71-100.
- Gressler M.G.M., Pereira J.C.C., Bergmann J.A.G., Andrade V.J., Paulino M.F. and Gressler S.L. (2005). Genetic aspects of weaning weight and some reproductive traits in Nelore cattle. *Arquivo Brasileiro Med. Vet. Zootec.* 57, 533-538.
- Gross, J. J.; Kessler, E. C.; Bjerre-Harpoth, V.; Dechow, C.; Baumrucker, C. R. y Bruckmaier, R. M. (2014). Peripartal progesterone and prolactin have little effect on the rapid transport of immunoglobulin G into colostrum of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2923-2931
- Grossman, M. y Koops, W. (1988). Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 71: 1598-1608.
- Grzesiak W, Wojcik J y Binerowska B. (2003). Prediction of 305-day first lactation milk yield in cows with selected regression models. *Arch Tierz*, 46, 215-226.
- Harder, B.; Bennewitz, J.; Hinrichs, D. y Kalm, E. (2006). Genetic parameters for health traits and their relationship to different persistency traits in *German Holstein* dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89(8): 3202-3212.
- Hare E., Norman H.D y Wright J.R. (2006). Trends in calving ages and calving intervals for dairy cattle breeds in the United States. *J. Dairy Sci.*, 89 (2006), pp. 365-370. Doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72102-6
- Heins B. J., Hansen L. B., Seykora A. J., Johnson D. G., Linn J. G., Romano J. E. y Hazel A. R., (2008). Crossbreds of Jersey x Holstein compared with pure Holsteins for production, fertility, and body and udder measurements during first lactation. *Journal of Dairy Science*, 91: 1270-1278 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/91/3/1270>.
- Hay, M. J., Gunn, A. J., Abuelo, A., y Brookes, V. J. (2019). The effect of abnormal reproductive tract discharge on the calving to conception interval of dairy cows. *Frontiers in veterinary science*, 6, 374.
- Hazel, L.N. (1943). The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*. 28: 476.

- Hernández, M. (2010). Incorporación y primer parto en novillas Siboney en una empresa ganadera en Cuba. *Revista electrónica de Veterinaria*- Vol.11, No. 12. Villa Clara, Cuba.
- Hernández, M. (2011). Intervalos interpartales, total de partos y duración de la vida reproductiva en vacas mestizas siboney de Cuba en una empresa ganadera. *Revista electrónica de Veterinaria* - Vol.12, No. 11. Villa Clara, Cuba.
- Hillers JK, Senger PL, Darlington RL, Fleming WN. (1985). Effects of production, season, age of cow, days dry, and days in milk on conception to first service in large commercial. *J Dairy Sci.* 67:861–7. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(84)81378-8
- Hultgren J. y Svensson C. (2010) Calving interval in dairy cows in relation to heifer rearing conditions in southwest Sweden. *Reprod Domest Anim.* 45:136–41. doi: 10.1111/j.1439-0531.2008.01273.x
- Hutchison, J. L., VanRaden, P. M., Null, D. J., Cole, J. B., y Bickhart, D. M. (2017). Genomic evaluation of age at first calving. *Journal of Dairy Science*, 100(8), 6853-6861.
- Hurley, W. L. (2010). Lactation biology website. <http://ansci.illinois.edu/static/ansc438/>
- Inchaisri C., Hogeveen H., Vos P.L., Van der Weijden G.C., Jorritsma R. (2010). Effect of milk yield characteristics, breed, and parity on success of the first insemination in Dutch dairy cows. *J Dairy Sci.* 93:5179–87. doi: 10.3168/jds.2010-3234
- Jakobsen, J.; Madsen, P.; Jensen, J.; Pederson J.; Christensen, L. y Sorensen, D. (2002). Genetic parameters for milk production and persistency for *Danish Holstein* estimated in random regression models using REML. *J. Dairy Sci.*, 85: 1607-1616.
- Jammes, J. D. (1988). Le développement de la glande mammaire et son contrôle hormonal dans l'espèce bovine. *INRA-Unité d'Endocrinologie Moléculaire 78350 Jouy- EnJosas*, 1(5), 299.
- Johansson, I. y Hansson, A. (1940). Causes of variation in milk and butterfat yield in dairy cows. *Kungl. Landtbr. Akad. Tidskr.* 79: 1-127.
- Kehoe, S. I., Heinrichs, A. J., Moody, M. L., Jones, C. M., y Long, M. R. (2011). Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum. *The Professional Animal Scientist*, 27(3), 176-180.
- Kim I.H. y Kang HG. (2003). Risk factors for postpartum endometritis and the effect of endometritis on reproductive performance in dairy cows in Korea. *J Reprod Dev.* 49:485–91. doi: 10.1262/jrd.49.485
- Kimura K., Reinhardt T.A., Goff J.P. (2006). Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle. *J Dairy Sci.* 89:2588–95. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72335-9
- Knight, C. H. y Wilde, C. J. (1987). Mammary growth during lactation: Implications for increasing milk yield. *Journal of Dairy Science*, 70(9), 1991-2000.

- Knight C. H., Wilde C. J. y Peaker M. (1988). 1 - Manipulation of milk secretion. In P.C. Garnsworthy (Ed.), *Nutrition and lactation in the dairy cow* (pp. 3-14) Butterworth-Heinemann.
- Koloi, S. y Mandal A. (2020). Genetic analysis of persistency indices of milk yield in Jersey crossbred cattle. *Journal of Dairy Research*, 87(3), 330-333.
- LeBlanc S. (2013). Managing transition period health for reproductive performance in dairy cows. *Cattle Pract.* 21:209–15.
- Le Cozler Y., Lollivier V., Lacasse P. y Disenhaus C. (2008). Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifers: A review *Animal*, 2, pp. 1393-1404. doi: 10.1017/S1751731108002498
- Lemma, H., Belihu, K., & Sheferaw, D. (2010). Study on the reproductive performance of Jersey cows at Wolaita Sodo dairy farm, Southern Ethiopia. *Ethiopian Veterinary Journal*, 14(1), 53-70.
- Loaiza, A. L. R., Leitón, B. V., Sandoval, J. C., Badilla, G. C., y Zúñiga, J. J. R. (2019). Intervalo Parto-Concepción en Ganado Lechero Especializado de Costa Rica. *Ciencias Veterinarias*, 37(1), 27-45.
- Loker S., Bastin C., Miglior F., Sewalem A., Schaeffer L.R., Jamrozik J., Ali A. and Osborne V. (2012). Genetic and environmental relationships between body condition score and milk production traits in Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 95, 410- 419.
- Ludwick, T. y Petersen, W. (1943). A measure of persistency of lactation in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 26: 439-445.
- Malven, P. V., Head, H. H., & Collier, R. J. (1987). Secretion and mammary gland uptake of prolactin in dairy cows during lactogenesis. *Journal of Dairy Science*, 70(11), 2241-2253.
- Mark, T. (2004). Applied genetic evaluations for production and functional traits in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*; 87:2641-2652.
- Marnet, P.; Negrao, J. y Labussière, J. (1998). Oxytocin release and milk ejection parameters during milking of dairy ewes in and out of natural season of lactation. *Small Ruminant Research*, 28(2), 183-191.
- Marini, P. R., & Di Masso, R. J. (2019). Age at the first calving and efficiency indicators in dairy cows with different productive potential in grazing systems. *La Granja*, 29(1), 84.
- Marti, A.; Jehn, B.; Costello, E.; Keon, N.; Ke, G.; Martin, F., et al. (1994). Proteinkinase A and AP-1 (c-Fos/JunD) are induced during apoptosis of mouse mammary epithelial cells. *Oncogene*, 9(4), 1213-1223.
- Martinet, J.; Houdebine, L. y Head, H. H. (1999). In INRA (Ed.), *Biology of lactation* (1a ed.). Paris: INRA.

- Martinez N, Sinedino LDP, Bisinotto RS, Ribeiro ES, Gomes GC, Lima FS, et al. (2014). Effect of induced subclinical hypocalcemia on physiological responses and neutrophil function in dairy cows. *J Dairy Sci.* 97:874–87. doi: 10.3168/jds.2013-7408
- McGill1, D.; Thomson, P.; Mulder, H. and Lievaart, J. (2014). Strategic test-day recording regimes to estimate lactation yield in tropical dairy animals. *Genetics Selection Evolution.* 46:78.
- Méndez, M., Fraga, L. M., & Mora, M. (2013). Persistencia de lactación en rebaños bubalinos de Granma, Cuba. Resultados preliminares. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(3), 237-241.
- Mee JF. (2014). Risk factors for reproductive disorders (metritis, endometritis, cystic ovaries, anovulation, low conception rate, embryonic mortality) in dairy cows. *Cattle Pract.* 22:42–53.
- Mohanty, B. S., Verma, M. R., Sharma, V. B., y Patil, V. K. (2019). Effect of parity on the shape of lactation curves in purebred Jersey cows in Indian conditions. *Biological Rhythm Research*, 1-14.
- Mohd Nor N., Steeneveld W., Van Werven T., Mourits M.C.M. y Hogeveen H. (2013). First-calving age and first-lactation milk production on Dutch dairy farms. *J. Dairy Sci.*, (96), pp. 981-992. doi: 10.3168/jds.2012-5741
- Muir, B.; Fatehi, J. y Schaeffer, L. (2004). Genetic relationships between persistency and reproductive performance in first lactation *Canadian Holsteins. J. Dairy. Sci.*, 87(9): 3029 - 3037.
- Nelder, J. (1966). Inverse polynomials a useful group of multifactor response function. *Biometrics.* 22: 128 –141.
- Neville, M. C.; Morton, J., y Umemura, S. (2001). Lactogenesis: The transition from pregnancy to lactation. *Pediatric Clinics of North America*, 48(1), 35-52.
- Nilforooshan M.A. y Edriss M.A. (2004). Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan province. *J. Dairy Sci.* 87, 2130-2135. Doi: 10.3168/jds.S0022-0302(04)70032-6
- Olivera, S. (2001). Índices de producción y su repercusión económica para un establo lechero. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 12(2):49-54
- Opsomer G, Mijten P, Coryn M, FKruif AD. (1996). Post-partum anoestrus in dairy cows, a review. *Vet Q.* 2:68–75. doi: 10.1080/01652176.1996.9694620
- Orman, A.; Günay, A.; Balci, F. y Koyuncu, M. (2011). Monitoring of somatic cell count variations during lactation in primiparous and multiparous Turkish *Saanen* goats (*Capra hircus*) *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 35(3): 169-175.

- Ortíz Alejos, D. F. (2009). Índices reproductivos del ganado vacuno en la cuenca lechera de Lima. Tesis de investigación. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*: 5- 50.
- Ospina P, Nydam D, Stokol T, Overton T. (2010). Evaluation of nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: critical thresholds for prediction of clinical diseases. *J Dairy Sci.* 93:546–54. doi: 10.3168/jds.2009-2277.
- Ospina P, Nydam D, Stokol T, Overton T. (2010). Associations of elevated nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *J Dairy Sci.* 93:1596–603. doi: 10.3168/jds.2009-2852 b
- Österman, S.; Bertilsson, J. (2003). Extended calving interval in combination with milking two or three time per day: Effects on milk production and milk composition. *Livestock Production Science.* 82(2-3): 139-149.
- Ózsvári L, Tóth F, Gábor G, Szenci O. (2007). The economic importance of reproductive management in dairy herds. *Rev Română Med Vet.* 17:37–46.
- Pai, P. V. y Horseman, N. (2011). Mammary gland involution: Events, regulation and influences on breast disease. In J. Carrasco, y M. Mota (Eds.), *Endothelium and epithelium*: pp. 247-284.
- Pala, A. and Savas, T. (2005). Persistency within and between lactations in morning, evening and daily test day milk in dairy goats. *Arch. Tierz., Dummerstorf.* 48(4): 396-403
- Pennington, J. A., y Malven, P. V. (1985). Prolactin in bovine milk near the time of calving and its relationship to premature induction of lactogenesis. *Journal of Dairy Science*, 68(5), 1116-1122.
- Pesantez, M. y Hernández, A. (2013). F-031. *Influencia del ambiente en la producción de leche de cabras Criollas y Anglo Nubia en Ecuador*. Memorias del XXIII reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. pp. 2655-2658.
- Pirlo G., Miglior F. and Speroni M. (2000). Effect of age at first calving on production traits and on different between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 83, 603-608.
- Quintero, J.; Serna, J.; Hurtado, N.; Rosero, R. y Cerón-Muñoz M. (2007). Mathematical models for lactation curves of dairy cattle. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 149–156.
- Rensis FD, Scaramuzzi RJ. (2003). Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. *Theriogenology.* 60:1139–51. doi: 10.1016/S0093-691X(03)00126-2
- Requelme, N. y Bonifaz, N. (2012). Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador. *La Granja*, 15(1), 55-69. doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n15.2012.05>.

- Roche JF. (2006). The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Anim Reprod Sci.* 96:282–96. doi: 10.1016/j.anireprosci.2006.08.007
- Román, B. (2008). Causas de infertilidad en vacas lecheras. *Universidad Nacional de Cajamarca*. Perú.
- Roodbari AR, Kohram H, Dirandeh E. (2015). Evaluating economic losses associated with delayed conception in dairy cows. *Iran J Anim Sci.* 46:151–8.
- Safayi, S. (2009). Mammary remodelling and metabolic activity in dairy goats: Role of parity, dry period and nutrient supply. This dissertation is to fulfill the requirements for obtaining a PhD degree from *Department of Basic Animal and Veterinary Sciences, Faculty of Life Sciences, University of Copenhagen*, Denmark. p.175.
- Sánchez, A. (2010). Parámetros reproductivos en bovinos en regiones tropicales de México. *Universidad Veracruzana*. México.
- Sanders, H. (1930). The analysis of the lactation curve into maximum yield and persistency. *J. Agri. Sci.*, 20: 145-149.
- Shanks RD, Freeman AE, Berger PJ. (1979). Relationship of reproductive factors with interval and rate of conception. *J Dairy Sci.* 62:74–84. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(79)83205-1
- Sheldon I.M. y Dobson H. (2004). Postpartum uterine health in cattle. *Anim Reprod Sci.* 295:82–3. doi: 10.1016/j.anireprosci.2004.04.006
- Sheldon IM, Price SB, Cronin J, Gilbert RO, Gadsby JE. (2009). Mechanisms of infertility associated with clinical and subclinical endometritis in high producing dairy cattle. *Reprod Domest Anim.* 44 (suppl. 3):1–9. doi: 10.1111/j.1439-0531.2009.01465.x
- Shook GE. (2006). Major advances in determining appropriate selection goals. *J Dairy Sci* ;89(4):1349–1361.
- Siddiqui M.A., Das Z.C., Bhattacharjee J., Rahman M.M., Islam M.M., Haque M.A., et al. (2013). Factors affecting the first service conception rate of cows in smallholder dairy farms in Bangladesh. *Reprod Domest Anim.* 48:500–5. doi: 10.1111/rda.12114
- Silva, H.; Pires, A.; Silva, F.; Veloso, C.; Carvalho, G.; Cezario, A. y Santos, C. (2005). Effects of feeding cocoa meal (*Theobroma cacao L.*) and palm kernel cake (*Elaeis guineensis, Jacq*) on milk intake and yield for lactating goats. *Rev. Bras. Zootec.* 34(5): 1786-1794.
- Sisay Eshetu Dabi. (2015). Productive and reproductive performance of dairy cows (Horro, Horro X Friesian and Horro X Jersey) at Bako agricultural research center, A Thesis Submitted to Department of Animal and Range Sciences, School of Graduate Studies, in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of master of science in agriculture (animal production), *Haramaya University*, Ethiopia.
- Smith, T.H. y Graser, H.V. (1936). Estimating variance components in a class of mixed models by restricted maximum likelihood. *J. Dairy Sci.* 60:1156.

- Soares, F.; Macmanus, C. y Mariante, A. (2001). Fatores genéticos e ambientais que influenciam algumas características de reprodução e produção de leite em cabras no Distrito Federal. *Rev. Bras. Zootec.* 30(1): 133-140.
- Sorensen, M. T.; Norgaard, J. V.; Theil, P. K.; Vestergaard, M. y Sejrsen, K. (2006). Cell turnover and activity in mammary tissue during lactation and the dry period in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4632- 4639.
- Soydan, E., y Kuran, M. (2017). The effect of calving season on reproductive performance of Jersey cows. *Mljekarstvo/Dairy*, 67(4).
- Spina, J.R. (2003). Efeito da orden de lactação e exigencias nutricionais para cabras *Saanen*. Trabalho de graduação (Graduação em Zootecnia)- Faculdade de Ciências Agrarias e Veterinarias, Universidad de Estadual Paulista, Jaboticabal. p. 122.
- Stefano, B.; Colitti, M.; Gabai, G.; Knight, C. y Wilde, C. (2002). Mammary apoptosis and lactation persistency in dairy animals. *J. Dairy Res.* 69(1): 37-52.
- Statistical Analysis System. (2015). *Visual Analytics 7.3: User`s Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc. p. 666.
- Stevenson J. (2012). What holds A.I. back these days. *Hoards Dairymen*. 17, 659
- Strabel, T. y Jamrozik, J. (2006). Alternative measures of lactation persistency from random regression test day models with Legendre polynomials. p. 1-33.
- Squires, E. J. (2006). Endocrinología animal aplicada. Zaragoza, (sp): Acribia,.
- Tamminga, S. (2000). Issues arising from genetic change: Ruminants. In: Hill WG, Bishop SC, Mc Guirk B, Mc Kay JC, Simm G, Webb AJ. Ed. The challenge of genetic change in animal production. *Br. Soc. Anim. Sci. Occ. Publ.* 27: 55-62.
- Tekerli, M.; Akinci, Z.; Dogan, I. y Akcan, A. (2000). Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. *Journal of Dairy Science*, 1381-1386. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)75006-5.
- Teodoro R. L. y Madalena F. E. (2005). Evaluation of crosses of Holstein, Jersey or Brown Swiss sires x Holstein-Friesian/Gir dams. 3. Lifetime performance and economic evaluation. *Genetics and Molecular Research*, 4 (1): 84-93. Recuperado de: [http://www.fernandomadalena.com/site\\_arquivos/002.pdf](http://www.fernandomadalena.com/site_arquivos/002.pdf)
- Thompson, R.; Brotherstone, S. and White, I. (2005). Estimation of quantitative genetic parameters. *Phil. Trans. Royal. Soc. B.* 360, 1469–1477.
- Togashi, K. and Lin, C. (2006). Selection for milk production and persistency using eigenvectors of the random regression coefficient matrix. *Journal of Dairy Science*, 89: 4866-4873.
- Togashi, K. and Lin, C. (2004). Efficiency of different selection criteria for persistency and lactation milk yield. *Journal of Dairy Science*. 87(5): 1528-1535.

- Togashi, K. and Lin, C. (2003). Modifying the lactation curve to improve lactation milk and persistency. *Journal of Dairy Science*, 86(4): 1487-1493.
- Tozer P.R. y Heinrichs A.J. (2001). What affects the costs of raising replacement dairy heifers: a multiple-component analysis. *J. Dairy Sci.*, 84, pp. 1836-1844. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74623-1
- Tozer, P.R y Huffaker R.G (1999) Mathematical equations to describe lactation curves for Holstein-Friesian cows in New South Wales. *Agric Res.* 50, 431-440.
- Torshizi, M. E. (2016). Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *Journal of animal science and technology*, 58(1), 8.
- Tucker, H. A. (2000). Hormones, mammary growth, and lactation: A 41-year perspective. *Journal of Dairy Science*, 83(4), 874-884.
- Tucker, H. A. (1981). Physiological control of mammary growth, lactogenesis, and lactation. *Journal of Dairy Science*, 64(6), 1403-1421.
- Urbano D., Rodriguez A., Dávila C., Verde O., Crroz R., Rodríguez M. E. y Berbin W., (2000). Comportamiento de hembras Holstein, Jersey y mestizas en el Estado de Mérida. *Fonaiap Divulga*, 67, 35-37.
- VanRaden P. M., Tooker M. E., Cole J. B., Wiggans G. R. y Megonigal J. H., (2007). Genetic Evaluations for Mixed-Breed Populations. *Journal of Dairy Science*, 90 (5): 2434–2441. Recuperado de <http://jds.fass.org/cgi/reprint/90/5/2434>.
- VanRaden P. M. y Sanders A. H. (2003). Economic Merit of Crossbred and Purebred US Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 86 (3): 1036–1044. Recuperado de <http://jds.fass.org/cgi/reprint/86/3/1036>.
- Vargas, F. y Quintero, D. (2014). Evaluación técnica de la mejora genética en la producción lechera en hatos ganaderos. Tesis presentada con opción al grado de Licenciado en Agronomía. Zamorano- Honduras. p. 57.
- Vásquez, A. (2017). Curva de Lactancia en ganado bovino lechero con modelos no lineales en un establo del Huaura. *Tesis de grado de Magister en producción animal*, 12- 23.
- Velásquez, J. (2010). Reducción de los días abiertos en un hato lechero mediante el manejo reproductivo planificado. *Corporación Universitaria Lasallista*. Colombia.
- Vergara O.D., Elzo M.A. and Cerón-Muñoz M.F. (2009). Genetic parameters and genetic trends for age at first calving and calving interval in an Angus-Blanco Orejinegro Zebu multibreed cattle population in Colombia. *Livest. Sci.* 126, 318-322.
- Vicario, D.; Cappio-Borlino, A.; L. Degano, L. y Macciotta, N. (2008). Genetic Evaluations of Lactation Persistency for Italian *Simmental* Cows Based on Multivariate Principal Component Analysis. *Italian J. Animal Sci.* 6: 224.

- Vinothraj, S., Subramaniyan, A., Venkataramanan, R., Joseph, C., y Sivaselvam, S. N. (2016). Genetic evaluation of reproduction performance of Jersey× Red Sindhi crossbred cows. *Veterinary world*, 9(9), 1012.
- Washburn S. P., White S. L., Green J. T. y Benson G. A., (2002). Reproduction, mastitis, and body condition of seasonally calved Holstein and Jersey cows in confinement or pasture systems. *Journal of Dairy Science*, 85(1), 105-111  
<http://jds.fass.org/cgi/reprint/85/1/105?ck=nck>.
- Watson, C., y Kreuzaler, P. (2009). The role of cathepsins in involution and breast cancer. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 14(2), 171-179.
- WCDHIS (Western Canadá Dairy Herd Improvement Services). (2001). Herd improvement report. *Western Canadá Dairy Herd Improvement Services* Edmonton, AB.
- Whiteford LC, Sheldon IM. (2005). Association between clinical hypocalcaemia and postpartum endometritis. *Vet Record*. 157:202–4. doi: 10.1136/vr.157.7.202
- WingChing-Jones, R., y Conejo-Morales, J. F. (2020). Estimación de la producción láctea del ganado Jersey usando variables temporales, intrínsecas y ambientales. *Cuadernos de Investigación UNED*, 12(1), 1-13.
- Wing Ching-Jones, R., R. Pérez, E. Salazar. (2008). Condiciones ambientales y producción de un hato de ganado Jersey en el Trópico Húmedo: el caso del módulo lechero SDA/UCR. *Agr. costarr.*, 32: 87-94.
- Wood, P. (1967). Algebraic Model of the lactation curve cattle. *Nature Lond*. 216: 164- 165.
- Yosef Tadesse. (2006). Genetic and Non-Genetic analysis of fertility and production traits in Holetta and Ada'a Berga Dairy herds. MSc. Thesis, *Alemaya University*, Ethiopia, 143 pp.
- Zarzynska, J. y T. Motyl, T. (2008). Apoptosis and autophagy in involuting bovine mammary gland. *Journal of Physiology and Pharmacology*. 59: 275-288.
- Zhang J, Deng LX, Zhang HL, Hua GH, Han L. (2010). Effects of parity on uterine involution and resumption of ovarian activities in postpartum Chinese Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*. 95:1979–86. doi: 10.3168/jds.2009-2626

## ANEXOS

### ANEXO A: Estadígrafos del cálculo de la persistencia

---

---

|                            |                    |
|----------------------------|--------------------|
| <i>41,78654301</i>         |                    |
| MEDIA                      | <i>41,78654301</i> |
| ERROR ESTANDAR             | 0,743551421        |
| MEDIANA                    | 48,87776844        |
| DESVIACION ESTANDAR        | 9,46386453         |
| VARIANZA                   | 89,56473183        |
| CURTOSIS                   | 1,041016424        |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA   | 0,1045898          |
| MÍNIMO                     | 17,08729749        |
| MÁXIMO                     | 76,28287841        |
| MENOR                      | 17,08729749        |
| NIVEL DE CONFIANZA (95,0%) | 1,468371362        |

---

**ANEXO B:** Estadígrafos del cálculo de la producción de leche total

---

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| MEDIA                    | 2977,5475   |
| ERROR TÍPICO             | 64,445099   |
| MEDIANA                  | 2798,883    |
| MODA                     | #N/D        |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR      | 822,779945  |
| VARIANZA DE LA MUESTRA   | 676966,837  |
| CURTOSIS                 | -0,3800723  |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA | -0,26538383 |
| RANGO                    | 3813,968    |
| MÍNIMO                   | 714,5465    |
| MÁXIMO                   | 4528,5145   |
| SUMA                     | 444698,017  |
| CUENTA                   | 163         |

---

**ANEXO C:** Estadígrafos del cálculo de la producción de leche hasta los 100 días (L100)

---

|                     |            |
|---------------------|------------|
| MEDIA               | 1383,59649 |
| ERROR TÍPICO        | 34,4923976 |
| MEDIANA             | 1433,33333 |
| MODA                | 1533,33333 |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | 475,44489  |
| CURTOSIS            | -0,6214886 |
| RANGO               | 2283,33333 |
| MÍNIMO              | 300        |
| MÁXIMO              | 2583,33333 |
| CUENTA              | 190        |
| NIVEL               | DE         |
| CONFIANZA (95,0%)   | 68,0395338 |

---

**ANEXO D:** Estadígrafos del cálculo de la producción de leche hasta los 200 días (L200)

---

|                     |    |                  |
|---------------------|----|------------------|
| MEDIA               |    | <u>1342,8571</u> |
| ERROR TÍPICO        |    | 30,0027409       |
| MEDIANA             |    | 1314,28571       |
| MODA                |    | 1535,71429       |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR |    | 413,559243       |
| VARIANZA            | DE | LA               |
| MUESTRA             |    | 171031,247       |
| CURTOSIS            |    | -0,2756474       |
| COEFICIENTE         | DE | -                |
| ASIMETRÍA           |    | 0,06838585       |
| RANGO               |    | 1978,57143       |
| MÍNIMO              |    | 350              |
| MÁXIMO              |    | 2328,57143       |
| SUMA                |    | 245935,714       |
| CUENTA              |    | 190              |
| NIVEL               | DE |                  |
| CONFIANZA(95,0%)    |    | <u>59,183259</u> |

---

**ANEXO E:** Estadígrafos del cálculo de la producción de leche hasta los 300 días (L300)

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| Media                       | 3009,518 |
| Error típico                | 151,2384 |
| Mediana                     | 2926,819 |
| Moda                        | #N/D     |
| Desviación estándar         | 1394,349 |
| Curtosis                    | 1,002366 |
| Coeficiente de<br>asimetría | -0,18734 |
| Mínimo                      | -2070,11 |
| Máximo                      | 6151,984 |
| Suma                        | 255809   |
| N° VACAS                    | 85       |

**ANEXO F:** Estadígrafos del cálculo de la Duración de la Lactancia

---

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| Media                      | 306,5205 |
| Error típico               | 18,58489 |
| Mediana                    | 234,0984 |
| Moda                       | 227,2131 |
| Desviación estándar        | 175,3295 |
| Curtosis                   | 6,73917  |
| Coficiente de<br>asimetría | 1,824527 |
| Mínimo                     | 239,0164 |
| Máximo                     | 646,885  |
| Nº VACAS                   | 89       |

---

**ANEXO G:** Correlaciones de la persistencia (per) y leche ajustada a 300días (Lajust), duración de la lactancia (DLAC) y época (1=lluviosa, 2=seca).

| Estadísticos simples |     |           |           |           |            |          |
|----------------------|-----|-----------|-----------|-----------|------------|----------|
| Variable             | N   | Media     | Dev std   | Suma      | Mínimo     | Máximo   |
| Lajust               | 86  | 3021      | 1390      | 259777    | -2070      | 6152     |
| DLAC                 | 90  | 305.68306 | 174.52264 | 27511     | -239.01639 | 1147     |
| epoca                | 360 | 1.50000   | 0.50070   | 540.00000 | 1.00000    | 2.00000  |
| PER2                 | 191 | 9.85349   | 3.11829   | 1882      | 4.11765    | 25.21595 |

| Coeficientes de correlación Pearson<br>Prob >  r  suponiendo H0: Rho=0<br>Número de observaciones |                          |
|---|--------------------------|
|   | PER2                     |
| Lajust  | -0.17189<br>0.1135<br>86 |
| DLAC  | 0.25266<br>0.0163<br>90  |
| epoca   | -0.08745<br>0.4124<br>90 |

**ANEXO H:** Estadígrafos del cálculo de la Edad al primer parto (EPP)

| <b>Procedimiento MEANS</b>       |              |                           |                                |   |               |               |
|----------------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------------|---|---------------|---------------|
| <b>Variable de análisis: EPP</b> |              |                           |                                |   |               |               |
| <b>N°</b>                        | <b>Media</b> | <b>Error<br/>estándar</b> | <b>Desviación<br/>estándar</b> | <b>Coeficiente<br/>de<br/>variación</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> |
| 88                               | 30,61        | 0,67                      | 6,25                           | 20,41                                   | 18,52         | 49,11         |

**ANEXO I:** Estadígrafos del cálculo del periodo parto-concepción (PPC)

| <b>Procedimiento MEANS</b>       |              |                           |                                |  |               |               |
|----------------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------------|--|---------------|---------------|
| <b>Variable de análisis: PPC</b> |              |                           |                                |  |               |               |
| <b>N°</b>                        | <b>Media</b> | <b>Error<br/>estándar</b> | <b>Desviación<br/>estándar</b> | <b>Coficiente<br/>de<br/>variación</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> |
| 106                              | 120,00       | 4,96                      | 51,07                          | 42,56                                  | 43,00         | 264,00        |

**ANEXO J:** Correlación entre la persistencia y edad al primer parto

| Estadísticos simples |    |          |          |           |          |          |
|----------------------|----|----------|----------|-----------|----------|----------|
| Variable             | N  | Media    | Dev std  | Suma      | Mínimo   | Máximo   |
| PER1                 | 65 | 48.83997 | 10.18960 | 3175      | 22.12298 | 76.28288 |
| FPP                  | 6  | 30.97268 | 4.36367  | 185.83607 | 25.50820 | 38.06557 |

| Coeficientes de correlación Pearson<br>Prob >  r  suponiendo H0: Rho=0<br>Número de observaciones |                         |
|---|-------------------------|
|   | FPP                     |
| PER1  | -0.54210<br>0.2665<br>6 |

**ANEXO K:** Correlación entre la persistencia y periodo parto-concepción

| Estadísticos simples |    |          |          |      |          |           |
|----------------------|----|----------|----------|------|----------|-----------|
| Variable             | N  | Media    | Dev std  | Suma | Mínimo   | Máximo    |
| PER1                 | 65 | 48.83997 | 10.18960 | 3175 | 22.12298 | 76.28288  |
| PPC                  | 68 | 99.77941 | 33.77266 | 6785 | 43.00000 | 159.00000 |

| Coeficientes de correlación Pearson<br>Prob >  r  suponiendo H0: Rho=0<br>Número de observaciones |                         |
|---|-------------------------|
|   | PPC                     |
| PER1  | 0.10817<br>0.3911<br>65 |

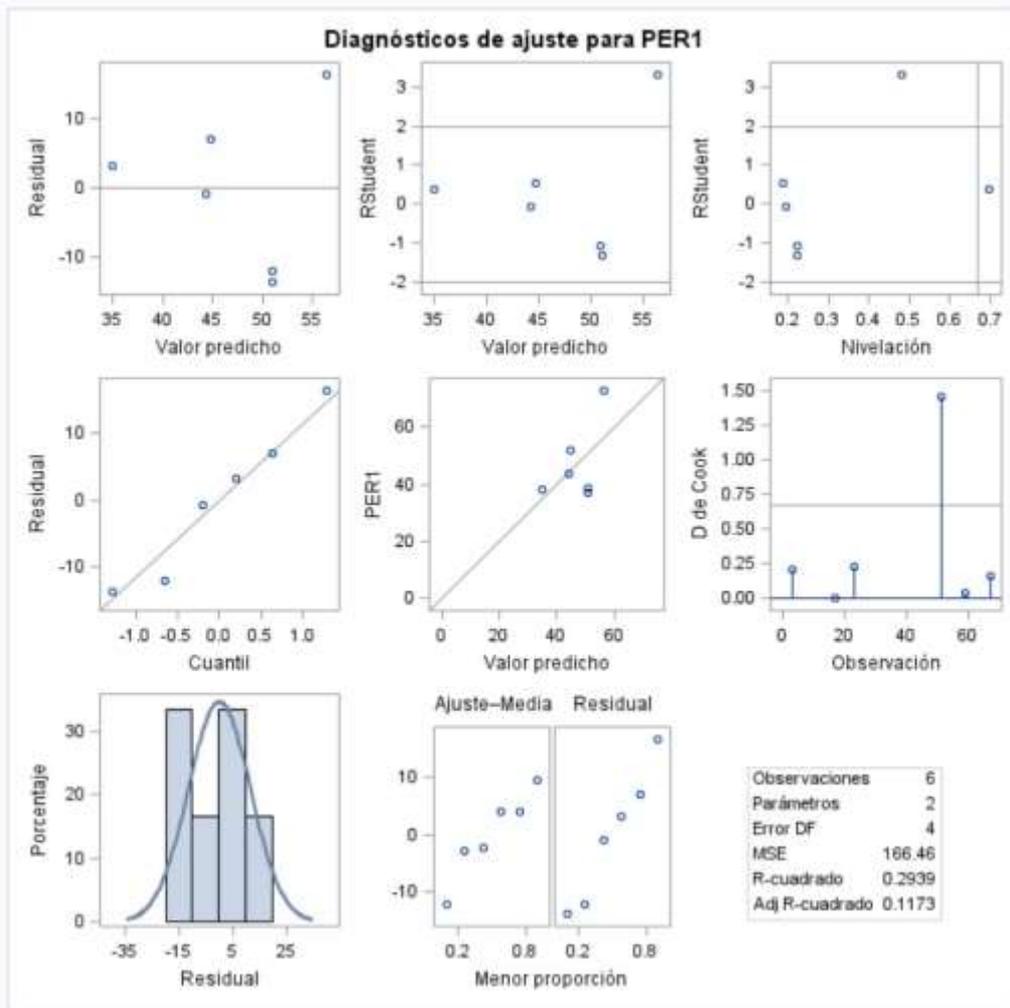
**ANEXO L:** Estadígrafo de regresión entre persistencia y edad al primer parto

| Análisis de la varianza |    |                   |                      |         |        |
|-------------------------|----|-------------------|----------------------|---------|--------|
| Fuente                  | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
| Modelo                  | 1  | 277.10927         | 277.10927            | 1.66    | 0.2665 |
| Error                   | 4  | 665.83985         | 166.45996            |         |        |
| Total corregido         | 5  | 942.94912         |                      |         |        |

|                   |          |            |        |
|-------------------|----------|------------|--------|
| Raiz MSE          | 12.90194 | R-cuadrado | 0.2939 |
| Media dependiente | 47.06733 | R-Sq Ajust | 0.1173 |
| Coef Var          | 27.41166 |            |        |

| Estimadores de parámetros |    |                         |                |         |         |
|---------------------------|----|-------------------------|----------------|---------|---------|
| Variable                  | DF | Estimador del parámetro | Error estándar | Valor t | Pr >  t |
| Intercept                 | 1  | 99.90788                | 41.29136       | 2.42    | 0.0728  |
| FPP                       | 1  | -1.70604                | 1.32226        | -1.29   | 0.2665  |

ANEXO M: Dispersión de residuos de parámetros estimados de la persistencia



**ANEXO N: Efecto de la persistencia en parámetros reproductivos (EPP, PPC)**

| Fuente | DF | Tipo I SS   | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------|----------------------|---------|--------|
| PPC    | 1  | 6.65908728  | 6.65908728           | 0.35    | 0.5979 |
| FPP    | 1  | 46.13458539 | 46.13458539          | 2.40    | 0.2194 |

| Fuente | DF | Tipo III SS | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------|----------------------|---------|--------|
| PPC    | 1  | 8.24311878  | 8.24311878           | 0.43    | 0.5596 |
| FPP    | 1  | 46.13458539 | 46.13458539          | 2.40    | 0.2194 |

| Parámetro  | Estimador   | Error estándar | Valor t | Pr >  t |
|------------|-------------|----------------|---------|---------|
| T. indepen | 39.60383182 | 19.00750567    | 2.08    | 0.1286  |
| PPC        | -0.06262857 | 0.09573013     | -0.65   | 0.5596  |
| FPP        | -0.69675600 | 0.45018322     | -1.55   | 0.2194  |

## **ANEXO O:** Metodología para la selección de vacas de la raza *Jersey* utilizando la persistencia de la producción de leche en Ecuador

### **Introducción**

Los índices de selección aplicados primero por Smith (1936) a las plantas y, luego por Hazel (1943) a los animales, permiten determinar el valor genético de un individuo (Cameron 1997) para un carácter o varios caracteres, utilizando diversas fuentes de información disponibles. El objetivo de la siguiente metodología está dirigido a hacer referencia a los pasos a seguir para el cálculo de la Capacidad de Producción Más Probable\_ CPMP de rebaños de vacas de la raza *Jersey* a las cuales se les ha determinado la persistencia\_ Per. En este método los valores de CPMP se obtendrán a partir de los mejores predictores lineales insesgados\_ BLUP (Falconer y Mackay 2006). Estos valores conllevan una información ya ajustada a los efectos ambientales a través del modelo matemático y por tanto nos permiten categorizar a los animales con una alta precisión.

Según, esta metodología de cálculo con el uso de modelos mixtos (efectos fijos y efectos aleatorios), los efectos fijos resultarían como los mejores estimados lineales insesgados\_ BLUE y los aleatorios como BLUP (Thompson *et al.* 2005). En la salida del procesamiento (Proc Glimmix) se obtienen los valores retransformados de los efectos de rebaño (BLUE) donde está ubicada cada animal y de los BLUP asociados al valor genético de cada animal.

### **Obtención de la CPMP**

Realizar la toma y registro de datos relacionados con los valores de la producción día de control\_ PDC individuales (McGill *et al.* 2014), bien codificados a través de sistemas que garanticen la identificación del animal a través del tiempo.

Los valores de producción de leche deben ser obtenidos a partir de la fórmula propuesta por Fleishmann (1945) utilizando pesajes mensuales.

$$Producción\ leche = \sum \frac{(p_i + p_{i+1})}{2} * (d_{i+1} - d_i)$$

Dónde:  $p_i$ , es la producción de leche en el control número  $i$ , donde  $i$  va desde uno hasta diez;  $d_i$ , son los días que la cabra lleva en lactancia cuando se le realiza el control número  $i$ .

Esta información asentada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel deberá contener el máximo posible de efectos de interés para ser considerados en el modelo final a utilizar. Se importará la base de datos al Statistical Analysis System\_ SAS v.w. 9.4 (2014), para ser analizadas.

Se deberá analizar el cumplimiento de la normalidad de los datos correspondiente a la variable objeto de interés, así como el tipo de distribución asociada a dicha variable para su procesamiento con PROC GLIMMIX donde se incluyen los efectos fijos y aleatorios considerados. El efecto animal debe estar anidado dentro de rebaño como efecto aleatorio. Con el modelo matemático siguiente es una ejemplificación, no siempre debe ser similar al mostrado:

$$Y_{ijklmnov} = \mu + A_j(H_i) + H_i + YP_k + EP_l + EC_m + O_n + L_o + e_{ijklmnov} \text{ (Pesántez y Hernández 2013)}$$

Dónde:  $Y_{ijklmnov} = f(\mu)$  valor fenotípico esperado de la persistencia\_ *Per* de la producción de leche atendiendo a la función de enlace específica;  $\mu$  = media o intercepto;  $A_j(H_i)$  = efecto aleatorio de la  $j$ -ésimo animal anidada en el  $i$ -ésimo rebaño;  $H_i$  = efecto fijo del  $i$ -ésimo rebaño ( $i=1\dots, 10$ );  $YP_k$  = efecto fijo de  $k$ -ésimo año de pesaje ( $k=2010\dots, 2018$ );  $EP_l$  = efecto fijo de  $l$ -ésima época de pesaje ( $l$ =lluviosa y seca);  $EC_m$  = efecto fijo de  $m$ -ésima época de parto ( $m$ = lluviosa y seca);  $O_n$  = efecto fijo del  $n$ -ésimo orden del pesaje ( $n=1\dots, 10$ );  $L_o$  = efecto fijo de  $o$ -ésima lactancia ( $o=1$  y  $2$ );  $e_{ijklmnov}$  = error aleatorio debido a cada observación  $NID \sim (0, s^2_e)$ .

En los resultados de salida se obtienen: El BLUE de cada rebaño; el BLUP de cada animal y, las covarianzas entre y dentro de cada animal, las mismas que servirán para el cálculo de la

repetibilidad a través de la fórmula siguiente: 
$$r = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_B^2 + \sigma_W^2}$$

Dónde:  $\sigma_B^2$  = varianza entre los animales;  $\sigma_W^2$  = varianza residual dentro de cada animal.

A partir de los valores determinados de la persistencia, se procederá al cálculo de las CPMP con el uso de la siguiente fórmula:

$$CPMP = \frac{BLUP * r + \bar{X}_R}{\bar{X}_R} * 100$$

Dónde: CPMP = capacidad de producción más probable; BLUP = predictores individuales de la persistencia de la producción de leche;  $r$  = repetibilidad de la variable considerada;  $\sigma^2_{\epsilon}$  = BLUE de la persistencia de la producción de leche.

Como los valores se encuentran expresados relativamente (%), se pueden obtener valores superiores a 100 (mejoradores) e inferiores (desestabilizadores) así como los equivalentes o similares a 100 (estabilizadores), ver tabla 1.

Tabla 1. CPMP utilizando persistencia de la producción de leche de vacas Jersey

| TATUAJE   | FINCA | NL | BLUP   | EE±Sig   | CPMP   |
|-----------|-------|----|--------|----------|--------|
| ALEXA_01  | 16    | 3  | 0,3182 | 0,045*** | 101,20 |
| OLIMPA_1  | 22    | 2  | 0,2378 | 0,024*** | 101,19 |
| ADELA     | 3     | 2  | 0,2971 | 0,019*** | 100,00 |
| MANI 073  | 6     | 2  | 0,1418 | 0,045*   | 101,11 |
| ESTELA500 | 7     | 1  | 0,1992 | 0,050**  | 101,01 |

Fuente: El Autor (2021).

Lo anterior significa, que los valores iguales o similares a cien (100) representan a los animales estabilizadores, mientras que los superiores representarían a los mejoradores y los menores a los emperadores.

Los valores de significación asociados a los BLUP pueden servir de guía en el reconocimiento de los verdaderos mejoradores o empeoradores o simplemente estabilizadores. Los no significativos se consideran como estabilizadores en referencia al promedio del rebaño en cuestión.

Las variables con bajas repetibilidades no tienen interés en el cálculo de las CPMP (valores inferiores a 0.15). Aunque, este elemento depende del interés del productor y de las características del rasgo a través de sus heredabilidades conocidas. Los valores de CPMP, representan indicadores del valor genético (Vargas y Quintero, 2014), calculado en este caso, a partir de informaciones individuales y por tanto contienen un sesgo superior al obtenido cuando se considera la genealogía, en la matriz A de los modelos mixtos más complejos.

La metodología puede aplicarse a otras especies de interés zootécnico en inicios de programas de mejora animal, sin perder el rigor científico de la selección.