



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EFFECTO DE LA CONSANGUINIDAD EN LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE VACAS *Holstein friesian*, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI. ECUADOR

MARLON XAVIER VILLARES JIBAJA

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

Diciembre 2019



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El trabajo de titulación modalidad proyectos de investigación y desarrollo, titulado “EFECTO DE LA CONSANGUINIDAD EN LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE VACAS *Holstein friesian*, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI. ECUADOR”, de responsabilidad del Dr. **Marlon Xavier Villares Jibaja**, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida, PhD.

PRESIDENTE

FIRMA

DrC. Manuel Teodoro Pesántez Campoverde, PhD.

DIRECTOR

FIRMA

Ing. Hermenegildo Díaz Berrones. Mg.

MIEMBRO

FIRMA

Ing. Edgar Washington Hernández Cevallos

MIEMBRO

FIRMA

Riobamba, Diciembre 2019

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, **Marlon Xavier Villares Jibaja**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este 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.



MARLON XAVIER VILLARES JIBAJA

C.I. 0202285037

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Marlon Xavier Villares Jibaja, declaro que el presente Trabajo de Titulación modalidad proyectos de investigación y desarrollo, es de mi autoría y que los resultados del mismo proyecto son auténticos y originales los textos constan 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.

Riobamba, Diciembre 2019.



MARLON XAVIER VILLARES JIBAJA

C.I. 0202285037

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos quienes me han apoyado y han sido un pilar fundamental en mi vida.

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia, por la ayuda en este proyecto.

A la Asociación *Holstein Friesian* del Ecuador, al Sr. Gustavo Navarro en calidad de secretario Ejecutivo

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por los conocimientos impartidos,

Al DrC. Manuel Teodoro Pesántez Campoverde, PhD en calidad de tutor del proyecto.

ÍNDICE

RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
SUMMARY.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Situación problemática	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Preguntas directrices.....	2
1.3.1.1. Pregunta principal	2
1.3.1.2. Preguntas secundarias	3
1.4. Justificación	3
1.4.1. Justificación teórica	3
1.4.2. Justificación metodológica	3
1.4.3. Justificación práctica	4
1.5. Objetivos de la investigación.....	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivos específicos	5
1.5.3. Hipótesis	6
1.5.3.1. Hipótesis general	6
1.5.3.2. Hipótesis específica	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes al problema.....	7
2.2. Bases teóricas	9
2.2.1. Razas de ganado bovino lechero	9
2.2.2. Raza Holstein friesian	10
2.2.2.1. Características físicas de la raza Holstein friesian.....	10
2.2.2.2. Características funcionales de la raza Holstein friesian.....	11
2.2.3. Mejoramiento genético en bovinos	12
2.2.4. Mejoramiento genético en ganado lechero	12
2.2.5. Consanguinidad.....	13
2.2.5.1. Coeficiente de consanguinidad.....	14
2.2.5.2. Causas de consanguinidad	14

2.2.5.3.	<i>Determinación del índice de consanguinidad</i>	15
2.2.5.4.	<i>Parentesco</i>	15
2.2.5.5.	<i>Coeficiente de parentesco</i>	16
2.2.5.6.	<i>Consanguinidad en bovinos</i>	16
2.2.5.7.	<i>Tipos de consanguinidad</i>	17
2.2.5.8.	<i>Apareamiento entre hermanos enteros</i>	17
2.2.5.9.	<i>Apareamiento entre medios hermanos</i>	18
2.2.5.10.	<i>Apareamiento entre progenitores y progenie</i>	18
2.2.6.	<i>Consecuencias de la consanguinidad</i>	19
2.2.7.	<i>Exogamia o exocria</i>	19
2.2.8.	<i>Heredabilidad</i>	20
2.2.9.	<i>Índices reproductivos</i>	21
2.3.	<i>Marco conceptual</i>	22
2.3.1.	<i>Ciclo estral</i>	22
2.3.2.	<i>Días abiertos</i>	22
2.3.3.	<i>Edad del primer parto</i>	23
2.3.4.	<i>Gestación</i>	24
2.3.5.	<i>Inseminación artificial</i>	24
2.3.6.	<i>Servicios por concepción</i>	24
2.3.7.	<i>Pubertad</i>	25
CAPÍTULO III.....		27
3.	<i>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</i>	27
3.1.	<i>Tipos y diseño de investigación</i>	27
3.2.	<i>Métodos de investigación</i>	27
3.3.	<i>Enfoque de la investigación</i>	29
3.4.	<i>Alcance de la investigación</i>	29
3.5.	<i>Población y muestra de estudio</i>	29
3.5.1.	<i>Población</i>	29
3.5.2.	<i>Unidad de análisis</i>	29
3.6.	<i>Técnicas de recolección de datos</i>	29
3.7.	<i>Instrumentos para procesar los datos recopilados</i>	30
3.7.1.	<i>Determinación de la consanguinidad</i>	30
3.7.2.	<i>Determinación de los principales parámetros reproductivos</i>	30
3.8.	<i>Procesamiento estadístico de los resultados</i>	30
CAPÍTULO IV.....		32
4.	<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	32
4.1.	<i>Estadísticos descriptivos de las variables estudiadas</i>	32

4.1.1.	<i>Edad al primer parto</i>	32
4.1.2.	<i>Días abiertos</i>	33
4.1.3.	<i>Número de servicios por concepción</i>	33
4.2.	Cuantificación de la Consanguinidad	34
4.3.	Efecto del grado de consanguinidad sobre los principales parámetros reproductivos..	37
4.3.1.	<i>Efecto de la consanguinidad en edad al primer parto</i>	37
4.3.2.	<i>Efecto de la consanguinidad en días abiertos</i>	38
4.3.3.	<i>Efecto de la consanguinidad en el número de servicios por concepción</i>	38
	CONCLUSIONES	40
	RECOMENDACIONES	41
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2	Antecedentes investigativos determinados en el contexto nacional referentes al análisis de la consanguinidad en ganado bovino.....	9
Tabla 2-2	Pesos del ganado <i>Holstein friesian</i>	12
Tabla 1-4	Estadígrafos de edad al primer parto, días abiertos, número de servicios por concepción.....	32
Tabla 2-4.	Resumen de los resultados de la determinación del grado de consanguinidad de las vacas registradas en la asociación <i>Holstein friesian</i> , en la provincia de Cotopaxi.	36
Tabla 3-4	Agrupación de los resultados de la determinación del grado de consanguinidad de las vacas registradas en la Asociación <i>Holstein friesian</i> , en la provincia de Cotopaxi.....	36
Tabla 4-4	Efecto de la consanguinidad en edad al primer parto	37
Tabla 5-4	Efecto de la consanguinidad en días abiertos.	38
Tabla 6-4	Efecto de la consanguinidad en el número de servicios por concepción.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2	Tendencias de consanguinidad en las razas Holstein y Jersey según el año de nacimiento.....	17
Figura 2-2	Esquema de un pedigrí de apareamiento entre hermanos enteros.....	18
Figura 3-2	Esquema de un pedigrí de apareamiento entre medios hermanos.....	18
Figura 4-2	Esquema de un pedigrí de apareamiento entre progenitores y progenie.....	19
Figura 1-3	Diseño de la investigación.....	28
Figura 1-4	Pedigrí y coeficiente de consanguinidad de vacas de la raza <i>Holstein friesian</i> consanguíneas.....	35

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivos determinar el nivel medio de consanguinidad en vacas *Holstein friesian*, en la provincia de Cotopaxi y evaluar el efecto de la consanguinidad en parámetros reproductivos como son: edad al primer parto, número de servicios por concepción y días abiertos. La consanguinidad es resultado del cruzamiento entre individuos emparentados por ascendencia. Disminuye la heterocigosidad y aumenta la frecuencia de genes recesivos, casi siempre, indeseables provocando en los caracteres fenotípicos reducción en el rendimiento y, la variabilidad. En la provincia de Cotopaxi no existen trabajos relacionados a consanguinidad. La población de estudio estuvo conformada por 373 animales de raza *Holstein friesian*. Se analizaron las distribuciones de los rasgos, por PROC INSIGHT del SAS vw.9.4. Se constató la no normalidad de las mismas, por las pruebas de bondad de ajuste, para la distribución normal (Shapiro-Wilk). Se conoció el tipo de distribución más ajustada a la variable, por el PROC SEVERITY. Se calcularon los estadígrafos descriptivos media, moda, mediana, coeficiente de variación, desviación estándar, error estándar y asimetría de las variables utilizando el PROC MEANS del SAS vw.9.4. En el cálculo de los valores individuales de consanguinidad se utilizaron los softwares Pedigree Viewer y Proc INBREED del SAS v.w. 9.4 en donde se utilizaron la estimación de máxima verosimilitud restringida – REML de componentes de varianza y covarianza. El valor medio de la consanguinidad fue igual a 0,1344 para los animales estudiados, Se verificó que el índice de consanguinidad no influye sobre: la edad al primer parto ($P= 0,1809$), número de servicios por concepción ($P= 0.5915$) y días abiertos ($P= 07113$). Sin embargo, se recomienda mantener el índice de consanguinidad por debajo de los valores establecidos en la presente investigación.

Palabras Claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS>, <GANADERÍA>, <CONSANGUINIDAD>, <PARÁMETROS REPRODUCTIVOS>, <HOLSTEIN FRIESIAN>, <EDAD AL PRIMER PARTO>, <NÚMERO DE SERVICIOS POR CONCEPCIÓN>, <DÍAS ABIERTOS>

ESPOCH - DBRA
PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS
BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL
11/11/2012
REVISIÓN DE RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA
Per: ie Hora: 09:53

SUMMARY

The objective of this study was to determine the average level of consanguinity in Holstein Friesian cows, located in Cotopaxi province, and to evaluate the effect of consanguinity on reproductive parameters such as: age at first birth, number of services per conception and open days. Consanguinity is the result of the cross between individuals related by ancestry. It decreases heterozygosity and increases the frequency of recessive genes, almost always, undesirable causing the phenotypic characters to reduce yield and variability. In Cotopaxi province there are no jobs related to consanguinity. The study population consisted of 373 Holstein Friesian animals. Trait distributions were analyzed, by PROC INSIGHT of SAS v.w.9.4. Their non-normality was verified, by the goodness of fit tests, for the normal distribution (shapiro-Wilk). The type of distribution most adjusted to the variable was known, by PROC SEVERETY. Descriptive statisticians were calculated mean, mode, median, coefficient of variation, standard deviation, standard error asymmetry of the variables using the PROC MEANS of SAS v.w. 9.4. In the calculation of the individual consanguinity values, the software Pedigree Viewer and Proc INBREED of SAS v.w. 9.4 where the estimate of maximum restricted likelihood - REML of variance and covariance components was used. The average consanguinity value was equal to 0.1344 for the animals studied, it was verified that the consanguinity index does not influence: the age at the first birth ($P = 0,1809$), number of services per conception ($P = 0.5915$) and open days ($P = 0.7113$). However, it is recommended to keep the consanguinity index below the values established in the present investigation.

KEYWORDS: TECHNOLOGY AND AGRICULTURAL SCIENCES, LIVESTOCK, CONSANGUINITY, REPRODUCTIVE PARAMETERS, HOLSTEIN FRIESIAN, AGE AT FIRST BIRTH, NUMBER OF SERVICES BY CONCEPTION, OPEN DAYS



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La consanguinidad o endogamia es el resultado del cruzamiento entre individuos emparentados por ascendencia (Falconer y Mackay, 1996). Disminuye la heterocigosidad y aumenta la frecuencia de genes recesivos, casi siempre, indeseables o letales por provocar en los caracteres fenotípicos reducción en el rendimiento y, la variabilidad.

Un indicativo de la rentabilidad de una vaca es su vida productiva influenciada por la edad al primer parto, duración de la lactancia, intervalos entre partos y capacidad de sobrevivir a otra lactancia (Hare *et al.*, 2006); estos parámetros afectan directamente en el éxito reproductivo del rebaño.

La utilización biotecnologías reproductivas sin planificación como la inseminación artificial (IA) durante las últimas décadas en el país ha dado como resultado la conformación de rebaños con individuos que tienen un alto grado de homocigosis, aunque, según varios investigadores éste aumento de la consanguinidad se deba a la presión de selección sobre sementales (Rokouei *et al.*, 2010; Bjelland *et al.*, 2013).

En vacas de la raza *Holstein friesian* estudios realizadas sobre consanguinidad varios investigadores como: Bjelland *et al.*, (2013) encontraron la afectación en los parámetros reproductivos; Thomson *et al.*, (2010) en Estados Unidos, concluyeron que existían diferencias en la edad al primer parto; Ruiz (2009) en el Perú, determinó afectación sobre el número de servicios por concepción y, Aguirre *et al.*, (2013) en Costa Rica, en el número de parto y largo de lactancia.

Hinrichs & Thaller (2011) determinaron en animales *Holstein* Alemán que el riesgo de muerte fetal se incrementa en un 0.22% por aumento de 1% del coeficiente de endogamia. En otras razas de bovinos, investigadores como: Panetto *et al.*, (2010) en Brasil, al evaluar el efecto de la consanguinidad en la raza *Guzerat* determinaron que al cruzar individuos medios hermanos se tiene como resultado retrasos de 6.7 a 14.0 días en la edad al primer parto y, aumentos en los intervalos entre partos de 6.1 a 11.0 días.

1.2. Situación problemática

En el país no existe una planificación técnica de cruzamientos a nivel de rebaños orientados a controlar la consanguinidad o haber sido objeto de estudios relacionados con posibles afectaciones sobre los parámetros reproductivos.

La eficiencia de un hato se la define por el tiempo en el cual la vaca se encuentra sin producción, es decir, sin lactancia o sin preñez, dicho intervalo de tiempo es conocido como días abiertos, el cual influye de manera negativa en la sustentabilidad económica del hato, si la vaca esta sin producir y en periodos prolongados.

En una explotación manejada adecuadamente, los días abiertos de las vacas se encuentran entre 85 a 110 días, valores que se podrían incrementar hasta 145 días (Revelo , 2013) o más, en explotaciones con problemas de manejo, mismos, que podrían estar relacionados a factores genéticos y ambientales.

1.3. Formulación del problema

En el Ecuador los estudios sobre parámetros reproductivos y productivos en ganado bovino lechero, están limitadas a una simple utilización de estadística descriptiva, De igual manera, las bases utilizadas para realizar las determinaciones de parámetros fueron en su número muy limitadas; así, Freire y Villa (2016) calcularon parámetros productivos y reproductivos utilizando 41 animales de la raza *Holstein friesian*; Chanaluiza (2016) determina parámetros de producción y reproducción en el hato ganadero de CADER, del periodo 2010 y 2015, en 62 animales de la raza *Holstein friesian*. Sin embargo, hay que enfatizar que en la provincia de Cotopaxi no se ha realizado un solo trabajo relacionado a consanguinidad.

1.3.1. Preguntas directrices

1.3.1.1. Pregunta principal

- ¿Cuál es el efecto de la consanguinidad en los parámetros reproductivos de vacas *Holstein friesian*, en la provincia de Cotopaxi?

1.3.1.2. Preguntas secundarias

- ¿Cuál es el nivel medio de consanguinidad en vacas *Holstein friesian*, en la provincia de Cotopaxi?
- ¿Qué efecto tiene la consanguinidad en la edad al primer parto, número de servicios por concepción, días abiertos?

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

Las acciones reproductivas que conllevan a una alta consanguinidad con la finalidad de aplicaciones de mejora genética derivan en afectaciones directas en la productividad, pérdida de la vida productiva de los animales y, la subsecuente aparición de patologías de carácter hereditario (Pacheco *et al.*, 2010). La consanguinidad, la cual es derivada principalmente por el apareamiento de animales emparentados, es una condición que se registra inevitablemente en acciones de mejora genética al buscar un tipo específico de animal, donde, pueden aparecer genes indeseables aun utilizando animales puros seleccionados y aplicando biotecnologías reproductivas, como es el caso, de la raza *Holstein friesian* utilizada en el contexto nacional para la producción de la leche.

Los niveles de consanguinidad que pueden presentarse en un hato son complejos de determinar a priori, es por ello que, a pesar de que se evidencien falencias productivas en el hato, no pueden establecerse las razones propiamente dichas. Por lo que, es necesario realizar una valoración inicial del grado de consanguinidad del hato de interés y posteriormente revisar si dichos niveles son suficientemente considerables como para atribuir su incidencia sobre las condiciones adversas productivas en los animales estudiados, con lo cual se justifica la ejecución de la presente investigación, tomando en cuenta que su realización y resultados permite comprender de manera específica en la provincia de Cotopaxi, el grado de consanguinidad que se maneja dentro de la crianza de animales de la raza *Holstein friesian* y, respaldar los efectos que dicha condición pueda influir sobre la productividad de los animales.

1.4.2. Justificación metodológica

Dentro de las bases bibliográficas disponibles actualmente existe un sinnúmero de trabajos investigativos que evidencian la relación existente entre la consanguinidad y la productividad, en función a producción de leche. En la provincia de Cotopaxi no se registran investigaciones donde

se haya estudiado la relación de la consanguinidad y la reproducción en la población de ganado de la raza *Holstein friesian*.

La comprensión de la influencia que pueda presentar cierto grado de consanguinidad sobre la eficiencia reproductiva en un rebaño, se lo establece realizando estudios donde se la determine y se la correlacione con valores productivos y reproductivos utilizando softwares especializados que permitan determinarla con un alto grado de precisión.

En la presente investigación se utilizó la modelación matemática para analizar los datos registrados por la Asociación *Holstein friesian* de Ecuador en función a los objetivos planteados en la investigación con lo cual se garantizaron los resultados, con un alto nivel de precisión, que reflejen, en primer lugar, la realidad genética de los rebaños evaluados, de manera específica, los niveles de consanguinidad de los animales; y, en segundo lugar, si dichos niveles son un factor que afecte el comportamiento reproductivo de las vacas lecheras y, la magnitud de dicha relación.

De acuerdo, a lo expuesto, resulta pertinente la ejecución del presente trabajo investigativo como requisito para obtener el título de Magister en Reproducción Animal, mención Reproducción Bovina, sus resultados permitirán establecer conclusiones referentes al grado de consanguinidad de vacas de raza *Holstein friesian* que se maneja en la provincia de Cotopaxi y su relación con la reproducción de los animales, alcanzándose, de esta manera, la incorporación de una base informativa de referencia para investigaciones relacionadas en Ecuador y Latinoamérica.

1.4.3. Justificación práctica

Las acciones reproductivas que conllevan a una alta consanguinidad derivada de la aplicación de mejora genética en animales productores de leche provocan afectaciones directas en la reproducción y en la reducción de la vida productiva de los animales.

La producción de la leche está afectada por varios factores relacionados al animal, manejo y, condiciones ambientales en que se realiza su crianza. El manejo inadecuado conlleva a elevar los niveles de consanguinidad entre los animales de un rebaño, por lo que, resulta importante aplicar metodologías de evaluación que permitan comprender, bajo una perspectiva científico técnica, la influencia del manejo genético y reproductivo en el hato.

Las explotaciones agropecuarias en general, y con mayor relevancia en el caso de las haciendas de producción de leche, dependen de factores de carácter operativo y económico. Los

componentes de carácter operativo influyen de manera directa con los relacionados con la economía de la actividad agropecuaria, y estos últimos definen la sostenibilidad del negocio, lo cual pone de manifiesto que, si se mejoran las condiciones productivas de la hacienda (como por ejemplo con la disminución de los días abiertos, disminución del número de servicios por preñez, disminución de los porcentajes de mortalidad en las crías, entre otros) paralelamente se presentara un incremento en el rendimiento económico proporcional al grado de la mejora en la productividad.

No obstante, la mejora en la productividad de los hatos resulta un proceso complejo, en vista a que se deben considerar las interacciones entre cada uno de los componentes productivos, por lo cual, al aplicar un programa de mejoramiento animal se debe considerar su impacto sobre el resto de componentes de la producción. Así como también, la relación entre el grado de consanguinidad y los efectos sobre los diferentes indicadores productivos de leche que se podrían presentar en la mejora animal, a causa del apareamiento de animales seleccionados pertenecientes a una raza.

Es pertinente, conocer el grado de consanguinidad en un hato y, si dicho nivel está relacionado con la productividad de los animales, lo cual permitiría establecer si es rentable el manejo de animales de raza con consanguinidad; éste, entre otros razonamientos con anterioridad justifican la ejecución del presente trabajo de investigación, donde su objetivo será la determinación del efecto de la consanguinidad en parámetros reproductivos de vacas *Holstein friesian* en la provincia de Cotopaxi.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. *Objetivo General*

- Determinar el efecto de la consanguinidad en los parámetros reproductivos de vacas *Holstein friesian*, en la provincia de Cotopaxi.

1.5.2. *Objetivos específicos*

- Determinar el nivel medio de consanguinidad en vacas *Holstein friesian*, en la provincia de Cotopaxi.
- Evaluar el efecto de la consanguinidad en edad al primer parto, número de servicios por concepción y, días abiertos.

1.5.3. Hipótesis

1.5.3.1. Hipótesis general

- La consanguinidad registrada en vacas de la raza *Holstein friesian* si afecta a los parámetros reproductivos en la provincia de Cotopaxi, Ecuador.

1.5.3.2. Hipótesis específica

- Las vacas de la raza *Holstein friesian* en la provincia de Cotopaxi, Ecuador, si presentan valores de consanguinidad.
- El nivel de consanguinidad de vacas de la raza *Holstein friesian* en la provincia de Cotopaxi tiene efectos sobre la edad al primer parto, número de servicios por concepción y días abiertos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes al problema

Según Hudson & Van Vleck (1984) a partir de las relaciones entre los padres y los ancestros masculinos maternos, calcularon los coeficientes de endogamia de vacas de raza *Ayrshire*, *Guernsey*, *Holstein friesian*, *Jersey* y *Brown Swiss*, los cuales concluyeron que la endogamia encontrada a la fecha, no es motivo de preocupación, pero tampoco recomiendan la endogamia activa.

Hermas *et al.*, (1987) al estudiar los efectos del coeficiente de endogamia sobre los rendimientos productivos y reproductivos de ganado de raza *Guernsey*, utilizaron registros entre 1958 a 1981, provenientes de dos hatos ganaderos de la estación experimental *Guernsey*, en EEUU y, calcularon valores de coeficientes de endogamia entre 0 a 25.3% y, en promedio 4.1%; en cuanto, a rendimiento productivo evidenciaron reducción en la producción de leche y grasa; también, la endogamia afectó rasgos reproductivos, también, evidenciaron que la edad al primer parto disminuyó 3.7 días por cada punto en el aumento de la consanguinidad.

Thompson *et al.*, (2000) examinaron el efecto de la endogamia en la producción y la longevidad por edad y etapa de lactancia, empleando datos genealógicos provenientes por la Asociación *Holstein friesian* de EE.UU. y, los datos del Centro de Cría de Animales de la Universidad de Cornell; estos autores demostraron que las pérdidas significativas en la productividad y la supervivencia están asociadas con un aumento en los niveles de endogamia. Las pérdidas mayores se registraron en las primeras etapas de la lactancia; en cambio, las pérdidas de grasa y proteína fueron proporcionales a las pérdidas en la producción de leche. Niveles mayores de consanguinidad a 0.10 influyeron en el aumento de la edad de parto en 26 días y, de igual manera, evidenciaron disminución de 2 a 8 días en el largo de lactancia. En tanto, la supervivencia disminuyó en todos los niveles de endogamia.

En otro estudio, Parland *et al.*, (2007) evaluaron el efecto de la endogamia sobre la producción de leche, la fertilidad, células somáticas, supervivencia, rendimiento del parto y, la conformación de vacas lecheras Irlandesas *Holstein friesian*. Concluyeron que la consanguinidad tuvo un efecto negativo en la producción, rendimiento del parto, fertilidad, salud de ubre y supervivencia.

En Perú, Ruiz (2009) evaluó los niveles de consanguinidad de 2 542 animales de la raza *Holstein friesian* en un periodo de 19 años y, su efecto, de ésta, en la producción de leche y parámetros reproductivos, como: edad al parto, intervalos entre parto y, número de servicios por concepción. Determinó que el 66.9 % no presentaron consanguinidad; en la producción de leche no hubo efectos significativos de la endogamia. En lo que se refiere a características reproductivas la consanguinidad no afectó ($P>0.05$) la edad al primer parto. Entre los entre los resultados sobresalientes tenemos: edad al primer parto, 778, 791 y 754 días; intervalo entre partos, 561.79, 449.54 y 391.83 días; número se servicios por concepción al primer parto, 1.58, 1.67, 1.43, con niveles de consanguinidad entre 0- 6.25, 6.35 - 12.5 y mayor a 12.5, respectivamente.

En Colombia, Benjumea *et al.*, (2010) estimaron el coeficiente de endogamia en 1 776 bovinos de la raza *Senepol*, para lo cual utilizaron el Software Pedigree Viewer; estos investigadores, encontraron un promedio de consanguinidad de 0.92%, Sin embargo, fueron focalizados animales con valores de hasta 25.59% de consanguinidad.

De igual manera, Rokouei *et al.*, (2010) encontraron un efecto de la consanguinidad sobre la reproducción, producción, recuento de células somáticas y, rasgos de longevidad; de una base de 852 443 vacas y toros *Holstein friesian* registrados en Irán, en un periodo entre 1971 a 2007. El promedio de consanguinidad fue 2.90%, variando de 0 a 47.03%. La consanguinidad tuvo un efecto negativo en la mayoría de rasgos evaluados.

Otros autores, como Pacheco *et al.*, (2010), en México, manifestaron que el acelerado avance genético ejecutado a base de la selección y aprovechamiento reiterativo de animales superiores y la aplicación extendida de la inseminación artificial ha derivado en niveles de consanguinidad que ocasionan afectaciones sobre las características productivas y reproductivas de los animales. Los autores analizaron los registros de 3160 animales nacidos entre 1990 al 2008, en conjunto con la información reproductiva y productiva de 251 hembras de primer parto y con lactancia en curso, registrando como principal resultado que la depresión endogámica se estima que por cada 1% de consanguinidad disminuye 8.86 kg de leche por lactancia.

En el contexto nacional no se han realizado investigaciones referentes a la determinación de la consanguinidad en ganado bovino de raza *Holstein friesian*, o su relación con las diferentes características productivos de dichos animales, en base a una exhaustiva revisión de las principales bases bibliográficas con que se cuenta a nivel nacional. No obstante, se han encontrado trabajos investigativos referentes a la determinación de la consanguinidad en ganado bovino de

raza diferente a tratada en el presente estudio y que componen los antecedentes para el presente trabajo, los cuales se enlistan en la tabla 1-2.

Tabla 1-2 Antecedentes investigativos determinados en el contexto nacional referentes al análisis de la consanguinidad en ganado bovino.

AUTORES	TÍTULO DE LA PUBLICACIÓN	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO
Luis Cartuche, Napo Vargas, Mariam Pascual	Análisis preliminar del pedigrí de las razas bovinas lecheras <i>Jersey</i> y <i>Brown Swiss</i> en el Ecuador	Artículo de revista científica	2014
Zapata Cando Carolina Lizeth	Determinación de la consanguinidad y diversidad genética mediante el uso del pedigrí de la población bovina registrada en la Asociación Charolais de Morona Santiago	Tesis de pregrado	2018
María Isabel Viamonte Garcés, Alina Ramírez Sánchez, Julio César Vargas Burgos, Diocles Benítez Jiménez	Caracterización genética e indicadores sanguíneos de la raza bovina criolla Macabea en la Amazonía ecuatoriana	Artículo de revista científica	2018

Realizado por: Marlon Villares. 2019

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Razas de ganado bovino lechero

Raza lechera, es toda raza cuyo fin comercial de producción es exclusivamente la leche. Los bovinos lecheros se distinguen por su figura angulosa y un sistema mamario desarrollado, su selección se apunta a lograr animales que transforman el alimento en una gran cantidad de leche. Existen muchas razas de ganado bovino lechero en el mundo, pero solo unas pocas tienen difusión mundial, debido a sus productividades. Entre estas razas, la número uno a nivel mundial es la raza *Holstein friesian*, seguida de la *Pardo suiza* y *Jersey* (Ospina & Aldana, 1995).

2.2.2. Raza *Holstein friesland*

Según la Holstein Association USA (2018) esta raza se originó cuando las tribus europeas migrantes, los batavos y los frisones se asentaron en los Países Bajos hace casi 2 000 años. El ganado negro de los batavos y las vacas blancas de los frisones fueron cruzados y se seleccionaron estrictamente para generar animales que fueran los más eficientes, produciendo la mayor cantidad de leche con recursos limitados de alimentación. Estos animales, al evolucionar genéticamente dieron origen a la eficiente y productora vaca lechera de color blanco y negro, conocida hoy en día como *Holstein friesland*.

2.2.2.1. Características físicas de la raza *Holstein friesland*

La vaca *Holstein friesland* es reconocida por su color distintivo y su extraordinaria producción de leche (Holstein UK, 2018). Los animales *Holstein friesland* son animales grandes y elegantes con patrones de color: blanco y negro o rojo y blanco. Un ternero *Holstein friesland* con buena salud pesa 90 libras o más al nacer. Una vaca adulta puede llegar a pesar alrededor de 1 500 libras y, medir de 145 a 156 cm de alto en el hombro.

Las novillas *Holstein friesland* pueden ser fecundadas a los 13 meses de edad, cuando pesan alrededor de 800 libras. Es deseable que las hembras *Holstein* tengan una edad al primer parto entre los 23 y 26 meses. La gestación dura aproximadamente nueve meses, la vida productiva promedio de una *Holstein friesland* en promedio es de cuatro años (Holstein Association USA , 2018).

La raza *Holandesa* es la más pesada de las razas “lecheras”, presenta dos variantes en cuanto a color de pelaje: el berrendo negro y el berrendo rojo. La variante dominante es el berrendo negro, siendo de carácter recesivo la variante de color rojo. Dentro de la variante berrendo negro la cantidad de negro presenta un gran espectro, encontrándose así animales muy negros con algunas manchas blancas o viceversa, animales casi blancos con algunas pintas negra, sin embargo, un porcentaje elevado de los animales muestra un equilibrio en el color.

No hay animales enteramente blancos ni enteramente negros. Sin embargo, en Norteamérica el color dominante de los animales *Holstein friesland* es blanco con negro, en Holanda abundan los animales de apariencia blanco con rojo, donde se le da tanto peso como al blanco negro y están sujetos a registro, aunque ya empieza a dársele importancia a este color en Norteamérica. Las zonas manchadas son pigmentadas, no así donde está el pelo blanco. Los cuernos están siempre presentes, aunque el descornado es una práctica común (García , 2018).

El ganado lechero *Holstein friesian* domina la industria de producción de leche en los Estados Unidos. Su producción insuperable, mayores ingresos sobre los costos de alimentación, méritos genéticos y adaptabilidad a una amplia gama de condiciones ambientales. Que dan como resultado más ganancias; por lo que, nueve de cada 10 productores lácteos actualmente ordeñan *Holstein friesian* en ese país. Existiendo más de 22 millones de animales registrados en el libro de la Asociación Holstein. La ascendencia de la mayoría de estos animales se remonta a animales originalmente importados de los Países Bajos (Holstein Association USA , 2018).

2.2.2.2. *Características funcionales de la raza Holstein friesian*

La raza *Holstein friesian*, es la más productiva de todas las razas lecheras, ha llegado a un promedio de producción real en el 2017 para todos los hatos *Holstein friesian* de EE. UU. 25 676 libras de leche, 963 libras de grasa y 799 libras de proteína por año. Se sabe que los animales de mayor producción se ordeñan tres veces al día y, producen más de 72 000 libras de leche en 365 días (Holstein Association USA , 2018). Según la Asociación Holstein UK (2018), la raza *Holstein friesian* actualmente en el Reino Unido tiene un promedio de 7 330 litros/año y, animales con pedigrí un promedio de 8 600 litros/lactancia en un promedio de 3 lactancias.

Las vacas *Holstein friesian* en comparación con otras razas, no son tan resistentes al calor y las enfermedades cuando se encuentran en condiciones ambientales adversas, su reacción a tales ambientes es una capacidad de producción reducida. El cruzamiento con otras razas, da como resultado terneros que muestran una mayor tolerancia al calor y mayores valores de producción (SA Holstein Cattle Breeders 'Society , 2018).

En 1992 las 21 000 vacas en lista de honor de la Asociación Holstein USA reportaban promedios de 10 000 a 12 000 kg/lactancia. La tendencia genética actual es de 119 00 kg por año. El peso de los animales varía según sean animales frisonos (Holanda) o *Holstein friesian* (americanos). Al primer parto, la vaquilla de 24 meses debe pesar como mínimo 520 kg de peso vivo, para considerarla con buen desarrollo corporal. Los machos sometidos a engorde están en condición y peso óptimo entre 11 y 12 meses de edad con un peso entre 272 y 320 kg (Blanco, 2016).

Tabla 2-2 Pesos del ganado *Holstein friesian*

Ganado Frisón (Holanda)	Ganado <i>Holstein</i> (Americano)
Toro adulto 950 kg	1 050 kg
Vaca adulta 650 kg	680 kg
Altura promedio (punta de la cruz)	
Toro adulto 1,45 m.	1,52 m.
Vaca adulta 1,35 m.	1,45 m.
Los becerros pesan al nacer entre 38 y 42 kg	
Las becerras pesan al nacer entre 34 y 38 kg	

Fuente: Blanco (2016).

2.2.3. *Mejoramiento genético en bovinos*

La mejora genética animal es la evaluación y selección de animales por su producción; esta mejora genética se logra a través del aumento de la frecuencia de genes favorables, para una característica de interés. La frecuencia génica es posible valiéndose del uso continuo de reproductores superiores no emparentados, cuyo genotipo, aplicado al animal comercial, es la clave para que este mejore a través de las generaciones.

Los avances obtenidos a través de la mejora genética implican que el ambiente debe ser mejorado (Gasque, 2008). En los últimos 50 años, la mejora genética en bovinos especialmente en lecheros de raza ha tenido un avance impresionante debido a tres factores:

- Evaluación genética y selección.
- Uso masivo de la inseminación artificial.
- Avance en el procesamiento de datos.

Otros aspectos zootécnicos, tales como: la alimentación, han permitido que el potencial por generación vaya en ascenso, lo cual se ha traducido en generaciones de animales más productivos y longevos. La evaluación y selección de animales por su producción, ha sido, sin duda, el éxito en los procedimientos de mejora animal (Gasque, 2008).

2.2.4. *Mejoramiento genético en ganado lechero*

Los caracteres productivos están influenciados por un gran número de genes y, la mejora genética es la suma de los efectos aditivos totales de los genes. La selección se hace con animales mejoradores en la característica de interés vía efecto genético aditivo, que, por definición, es el efecto total de todos los genes favorables para el carácter de interés y que están presentes en los

cromosomas, siendo esta la única parte de valor genético total significativa, para la que se puede hacer selección.

Un progenitor no puede contribuir con los efectos de dominancia sobre su progenie, porque, estos efectos dependen de pares particulares de genes y un progenitor solo aporta un gen del par particular y, por otro lado, los efectos epistáticos dependen de combinaciones de genes en diferentes locus que por segregación independiente usualmente no permanecen juntos de una generación a otra.

El empleo de las tecnologías reproductivas ha contribuido al mejoramiento genético poblacional del ganado lechero. Entre estas tecnologías la más utilizada la es la inseminación artificial (Vargas, 2012). Según la Holstein Association USA (2018), la industria de la inseminación artificial ha tenido un gran efecto en el mejoramiento genético.

Los procedimientos de mejora en la congelación del semen a fines de la década de 1940, ha permitido que a través de la IA los criadores de ganado utilicen una amplia gama de toros con valores genéticos altos. Por ejemplo, a través de la inseminación artificial, un solo toro *Holstein friesian* puede procrear a más de 50 000 hijas. La información sobre el tipo y la producción de todas estas hembras hace que sea más fácil predecir el rendimiento de futuros descendientes y evaluar la genética que ha sido transmitida a la progenie (Holstein Association USA , 2018).

2.2.5. Consanguinidad

La consanguinidad es la probabilidad de que dos genes en un mismo locus sean idénticos por ascendencia, así, también puede decirse, que es el resultado del apareamiento entre individuos más emparentados que el parentesco promedio de la población (Rodríguez & Guerra, 2009). En la selección, un número de animales mejoradores están emparentados, esto se debe, a que descienden de las mismas familias de toros, reduciéndose así la variabilidad genética de la población y dando origen a individuos con niveles de consanguinidad.

La consanguinidad se presenta como el resultado del apareamiento de individuos emparentados. Los individuos que están relacionados genéticamente son más parecidos que los que no presentan relación, debido a que comparten alelos. Esto se debe porque tienen un ancestro en común; el ancestro en común transmitió los mismos alelos a la descendencia, que la transmitió nuevamente, de esta manera terminaron ambos animales relacionados. El apareamiento de esos animales crea la probabilidad de que ambos pasen los mismos alelos a su descendencia, lo que da

como resultado, un individuo homocigoto. El grado de consanguinidad en un animal depende del nivel de parentesco entre sus ancestros (Oldenbroek & Liesbeth, 2015).

2.2.5.1. *Coefficiente de consanguinidad*

Este coeficiente de consanguinidad expresa el probable aumento de homocigosis, es decir, la probabilidad de que los dos genes que lleva un individuo en cualquiera de sus locus sean idénticos por ascendencia. Esta probabilidad se refiere a un individuo y expresa el grado de parentesco entre sus padres. Si los padres en cualquier generación presentaron apareamiento al azar, el coeficiente de consanguinidad de sus hijos es la probabilidad de que dos gametos tomados al azar de la generación parental lleven por descendencia genes idénticos en un locus. El coeficiente de consanguinidad se expresa por lo general con la letra F (Falconer y Mackay, 1996).

El nivel de consanguinidad en un animal puede expresarse en el coeficiente consanguinidad y toma valores entre 0 a 1. Es importante tener en cuenta que la consecuencia genética de la consanguinidad es la homocigosis (Oldenbroek & Liesbeth, 2015). En una generación, expresa la magnitud del proceso dispersivo que ha tenido lugar a partir de la población base y compara el grado de parentesco entre los individuos actuales y los de la población base especificada o implícita. Se entiende como población base a la que, en algún momento en el pasado, todos los genes presentes en la población se consideran independientes es decir diferentes por descendencia, y por definición tiene un coeficiente de consanguinidad igual a cero (Falconer y Mackay, 1996).

2.2.5.2. *Causas de consanguinidad*

Existen dos causas para la presencia de consanguinidad: la consanguinidad a causa de la deriva genética y la consanguinidad debida al apareamiento no aleatorio. Es decir: consanguinidad debida a la coincidencia y endogamia a propósito, endogamia inevitable y evitable.

- Deriva genética: provoca pérdida en la diversidad genética debido a la pérdida de alelos, lo que conlleva a un incremento en la homocigosis, conociéndose también como consanguinidad inevitable. Dada la definición, que consanguinidad es el resultado del apareamiento de individuos relacionados, los animales que son homocigotos para el alelo deben ser consanguíneos. La homocigosis en una población es un indicativo del tamaño de las frecuencias alélicas; si todos los animales son homocigotos, los otros alelos pueden perderse de la población. La

consanguinidad resultada a la deriva genética da lugar a una pérdida permanente de la diversidad genética (Oldenbroek & Liesbeth, 2015).

- El apareamiento no aleatorio: puede ser una causa de endogamia, pero esto es evitable. El cruzamiento de animales estrechamente relacionados, como es el caso de hermano y hermana o el de padre e hija, dan como resultado el aumento de la probabilidad de que la descendencia del apareamiento reciba el mismo alelo de ambos padres. Esto resulta en un aumento de la homocigosidad, y por lo tanto en la consanguinidad (Oldenbroek & Liesbeth, 2015).

2.2.5.3. *Determinación del índice de consanguinidad*

En el cálculo de la consanguinidad se utiliza el método desarrollado por Wright (1922), este autor utiliza datos de la genealogía, como son: la información del animal, padre y madre en la fórmula siguiente:

$$F_x = \sum_{CA}^k \left(\frac{1}{2}\right)^{n_1+n_2+1} (1 + F_{CA})$$

Dónde:

CA = un antecesor común del padre y madre de X.

k = el número de antecesores comunes en el pedigrí de X.

n_1 = el número de generaciones que separan el antecesor común del padre de X

n_2 = el número de generaciones que separan el antecesor común de la madre de X.

F_{CA} = el coeficiente de consanguinidad del antecesor común (Wright, 1922).

El cálculo del coeficiente de consanguinidad no requiere más que trazar la genealogía de manera retrospectiva hasta los ancestros comunes de los padres del individuo, entonces, se podrá determinar las probabilidades de cada segregación (Falconer y Mackay, 1996).

2.2.5.4. *Parentesco*

Significa que dos individuos tienen uno o más ancestros en común. Es la probabilidad de que dos individuos presenten genes iguales por ser copias de un mismo gen presente en un ancestro común. Dos animales cualesquiera, que pertenecen a una misma raza tienen muchos genes en común por el hecho de pertenecer a la misma raza (Legates & Warwick, 1992).

2.2.5.5. *Coefficiente de parentesco*

La consanguinidad aumenta la homocigosis, por lo que un animal consanguíneo transmitirá genes similares a cada uno de sus descendientes con más frecuencia que un individuo no consanguíneo. Si dos animales emparentados presentan como ancestro común un individuo consanguíneo, estos tendrán más genes en común y estarán más relacionadas que si el ancestro no lo fuera (Legates & Warwick, 1992).

El coeficiente de parentesco de dos individuos es la probabilidad de que dos gametos tomados al azar, uno de cada individuo, lleven alelos que sean idénticos por descendencia. Este método para el cálculo de los coeficientes de parentesco no difiere de fórmula dada por Wright (1922); pero en lugar de trabajar desde el presente hacia los ancestros comunes, se procede hacia adelante, llevando la cuenta generación a generación y calculando la consanguinidad que resultará de los apareamientos que tienen lugar actualmente.

El coeficiente de consanguinidad de un individuo está en dependencia del grado de parentesco entre sus padres. Así, en vez de pensar en la consanguinidad de los hijos, se puede pensar en el grado de parentesco por descendencia de los padres, y esto se la llama coeficiente de parentesco. Siendo el coeficiente de parentesco entre dos individuos similares al coeficiente de consanguinidad de sus hijos si dichos individuos se aparean (Falconer y Mackay, 1996).

2.2.5.6. *Consanguinidad en bovinos*

Los ganaderos siempre buscan obtener beneficios con el uso de toros superiores, esto puede lograrse siempre y cuando se comprenda de los riesgos y consecuencias que conlleva la aplicación de diferentes sistemas de apareamientos que hacen uso de la consanguinidad.

Algunas veces se realizan apareamientos dirigidos, por lo que en una población puede presentarse el apareamiento entre parientes, así, por ejemplo, apareando medios hermanos, primos, etc. Cuando el tamaño de la población es pequeño resulta inevitable la consanguinidad. Dentro de la crianza de bovinos *Holstein friesian* el grado de consanguinidad ha ido en incremento en los últimos años, como se muestra en la figura 1-2 (Guitou, 2010).

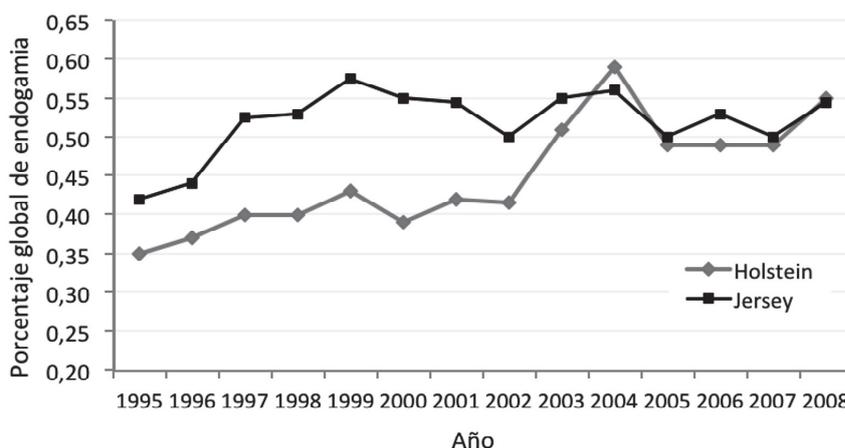


Figura 1-2 Tendencias de consanguinidad en las razas Holstein y Jersey según el año de nacimiento.

Fuente: (Aguirre *et al.*, 2013)

2.2.5.7. Tipos de consanguinidad

Se puede dividir la consanguinidad en distintas categorías, de acuerdo, con el parentesco de los animales apareados y, el propósito de los apareamientos.

- **Consanguinidad estrecha.** Se presenta con el apareamiento de animales muy emparentados, como es el caso del padre con la hija, hijo con madre y, hermano con hermana. Su parentesco es muy cercano, en ella hay un número mínimo de antecesores diferentes (Ospina & Aldana, 1995).
- **Consanguinidad abierta.** Se presenta con el apareamiento de animales menos emparentados; sin embargo, existe un parentesco mayor a la media de la población, donde la descendencia está emparentada en forma cercana con algún antecesor; por ejemplo el apareamiento de medios hermanos o hembra con abuelos y primos (Ospina & Aldana, 1995)

2.2.5.8. Apareamiento entre hermanos enteros

En algunos casos se desea obtener poblaciones altamente consanguíneas, por lo que se realizan los llamados sistemas regulares de apareamiento entre hermanos enteros, aquí se tiene dos ancestros comunes y dos vías independientes de herencia a evaluar; esta es la manera más intensa de endocria donde el coeficiente de consanguinidad es de 0.25 figura 2-2 (Legates & Warwick, 1992).

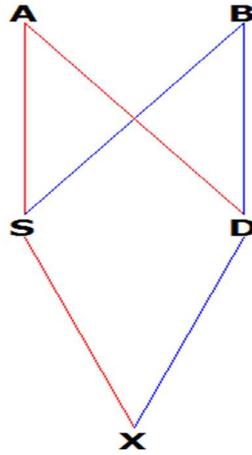


Figura 2-2 Esquema de un pedigrí de apareamiento entre hermanos enteros.

Fuente: (Falconer y Mackay, 1996).

2.2.5.9. *Apareamiento entre medios hermanos*

La Consanguinidad sistemática por apareamiento entre medios hermanos da un coeficiente de consanguinidad es de 0.25, ver figura 3-2 (Legates & Warwick, 1992).

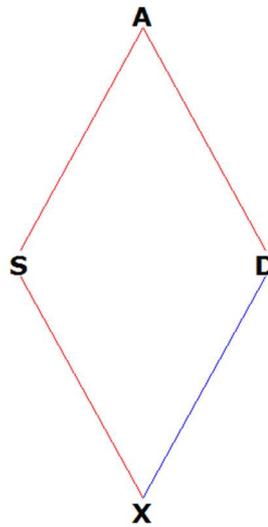


Figura 3-2 Esquema de un pedigrí de apareamiento entre medios hermanos.

Fuente: (Falconer y Mackay, 1996).

2.2.5.10. *Apareamiento entre progenitores y progenie*

Los apareamientos entre padres e hijos son similares al apareamiento entre hermanos enteros. La consanguinidad sistemática por apareamiento entre progenitores y progenie se esquematiza en la figura 4-2 (Legates & Warwick, 1992).

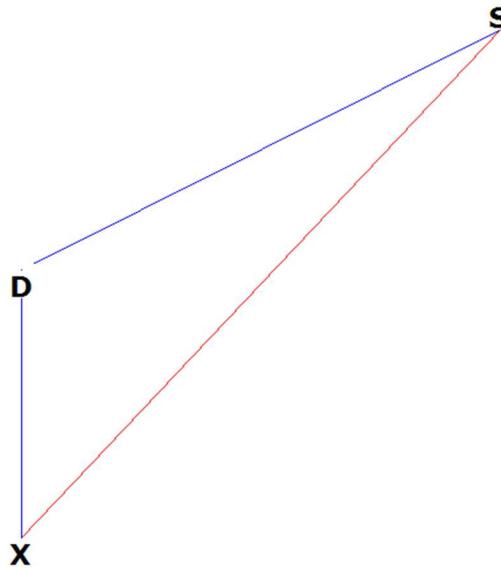


Figura 4-2 Esquema de un pedigree de apareamiento entre progenitores y progenie.

Fuente: (Falconer y Mackay, 1996).

2.2.6. *Consecuencias de la consanguinidad*

Los efectos de la consanguinidad se deben a que los individuos recibirán de sus padres una mayor proporción de genes que provienen de antecesores comunes dando como resultado una mayor homocigosis. El cruzamiento de individuos emparentados da origen a una progenie consanguínea, que presenta problemas en sus características reproductivas y productivas. Pueden expresarse genes recesivos de carácter negativo, que pueden ser letales o causar que el individuo sea económicamente indeseable, estos genes se expresan en bajos porcentajes ya que son recesivos y por lo tanto se esconden en individuos heterocigóticos; por medio del cruce endogámico aparecen en estado homocigótico (Mujica *et al.*, 2012).

2.2.7. *Exogamia o exocria*

La exogamia o exocria es el apareamiento de individuos no emparentados, este tipo de cruzamientos aumenta la heterocigosis y, con esto se manifiesta el vigor híbrido; es frecuente observar que los descendientes de estas parejas son mucho más grandes, fuertes y sanos que sus progenitores. Las cruza entre razas, variedades y líneas son comunes en los programas de mejoramiento.

La utilidad de la exogamia, es obtener aumento en el mérito individual de los animales debido a la dominancia de genes favorables que influyen en la producción, vigor y fertilidad (Legates & Warwick, 1992).

2.2.8. Heredabilidad

Una de las propiedades más importantes de un carácter métrico es la heredabilidad, puesto que esta expresa la proporción de la varianza total atribuible a la acción aditiva de los genes y el grado de semejanza entre parientes, en sentido estrecho. La utilidad de la heredabilidad en los estudios genéticos de los caracteres métricos en poblaciones es su papel predictivo, expresa la relación del valor fenotípico como inferencia del valor de cría.

El valor fenotípico en el individuo puede ser medido directamente, pero es el valor de cría quien determina su influencia en la próxima generación. También se puede tomar a la heredabilidad como el grado de correspondencia entre el valor fenotípico y el valor de cría. El intervalo de este parámetro es de 0 a 1, indicando cerca de cero, un efecto importante del componente ambiental, mientras que valores cercanos a la unidad representan una elevada influencia genética y, un bajo efecto ambiental. Se debe tener presente, que la heredabilidad es una medida específica de la población y, sólo será válida su medición para la población en el ambiente donde se la determinó (Falconer y Mackay, 1996).

La heredabilidad estima qué proporción de las diferencias observadas entre el fenotipo de individuos pueden atribuirse estadísticamente a diferencias genéticas. Las diferencias fenotípicas no explicadas por las diferencias genéticas pueden atribuirse al ambiente. La existencia de un componente genético en los caracteres complejos no significa que el ambiente no sea importante. En los caracteres complejos la influencia ambiental es tan importante como la genética (Plomin *et al.*, 2002).

La heredabilidad es una propiedad del carácter y de la población, como también del ambiente donde los individuos se desarrollan y de la forma en que se evalúa el fenotipo; la varianza ambiental depende de los factores no genéticos; la heredabilidad disminuye cuando las condiciones son más variables y aumenta cuando estas son uniformes (Falconer y Mackay, 1996).

Cuando la heredabilidad es alta, el cambio genético puede ser bastante rápido, y todo lo que se necesita son metodologías de selección. Con una escala creciente de 0 a 1, una heredabilidad de 0.75 significa que el 75 por ciento de la varianza total en un rasgo se controla mediante la acción aditiva de los genes (Freeman, 2017).

Se conoce como heredabilidad en sentido amplio, a la fracción de la variancia fenotípica de un carácter que se debe a diferencias genéticas entre individuos, también llamada coeficiente de determinación genética. La heredabilidad en sentido amplio no es una medida útil en programas

de selección, puesto a que las combinaciones de genes ya sean por efectos de dominancia y epístasis, no se heredan y por lo tanto no se ve reflejado la relación entre el rendimiento de los animales y su potencial como progenitores. Su utilidad radica en marcar la importancia relativa del genotipo como determinante del valor fenotípico (Genghini *et al.*, 2002).

La heredabilidad en sentido amplio se estima a partir del parecido de parientes y se expresa como:

$$H^2 = V_g / V_p$$

Dónde:

H^2 = Es la estimación de la heredabilidad,

V_g = La variación en el genotipo

V_p = La variación en el fenotipo.

En genética cuantitativa, el concepto de heredabilidad se utiliza para dividir la variación fenotípica observable entre individuos en componentes genéticos y ambientales (Meaney & Taylor, 2012).

La heredabilidad en sentido estricto, se define como el cociente de la variancia genética aditiva sobre la variancia fenotípica y se expresa como:

$$H^2 = V_{gA} / V_p$$

h^2 = Es la estimación de la heredabilidad,

V_{gA} = Variancia genética aditiva

V_p = La variación en el fenotipo (Falconer y Mackay, 1996).

2.2.9. Índices reproductivos

Son indicadores del desempeño reproductivo en una finca lechera, para su cálculo es indispensable que los eventos reproductivos en el hato sean registrados. Estos índices nos permiten identificar los aspectos a mejorar, establecer metas reproductivas, monitorear progresos e identificar los problemas en el hato (Ortiz *et al.*, 2005).

Los eventos reproductivos se deben registrar de manera correcta para que ciertos parámetros importantes sean cuantificables por el administrador de la granja, el veterinario o el consultor. La precisión y la valía de estos cálculos dependerán de la cantidad y calidad de los registros. En la

actualidad, los softwares de administración de granjas ofrecen una gran ventaja, para registrar y analizar información sobre el rendimiento de los animales (Fodor & Ózsvári, 2015).

En la toma de decisiones se debe tomar como base a los valores regionales o nacionales de estos índices. Estos son más realistas, más fáciles de alcanzar ya que las diferencias regionales por ejemplo, las condiciones climáticas, hacen que los objetivos sean más complejos de alcanzar para algunos productores (Varner *et al.*, 1989).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Ciclo estral

Al ciclo estral que también se lo denomina ciclo ovárico, se lo puede definir como el ciclo biológico de las hembras, cuyo acontecimiento central es la ovulación o liberación del folículo preovulatorio de un oocito maduro. En los ovarios durante el ciclo estral tienen lugar procesos que comprenden la foliculogénesis. Estos procesos están íntimamente relacionados a la interacción de hormonas junto con factores intra y extra ováricos que van a regular los procesos de biosíntesis esteroide y péptica, en el interior de los folículos, así como el crecimiento y la diferenciación de la población folicular del ovario (Illera, 1994).

En las vacas el ciclo estral es el tiempo comprendido entre dos periodos de estro o calor consecutivo y tiene una duración normal de entre 18 a 24 días, con un promedio de 21 días.

Es el resultado de un aumento progresivo en los niveles de 17β -estradiol producido por un folículo dominante, el cual estimula que en la vaca ocurran cambios morfológicos, endocrinos en ovarios y genitales tubulares a causa del pico ovulatorio de la hormona luteinizante (LH). El ciclo estral está conformado por cuatro fases continuas: proestro, estro, metaestro y diestro, durante las cuales sucede una serie de cambios en las estructuras ováricas y concentraciones de hormonas que interactúan para que la vaca pueda estar ciclando (Guáqueta, 2009).

2.3.2. Días abiertos

Es el número de días desde el parto hasta que la vaca queda preñada o mientras la vaca se mantenga en el hato sin concebir (Cavestany, 1993). Este parámetro es uno de los parámetros más importantes en el ciclo reproductivo de los bovinos, y se considera el factor más limitante en la eficiencia reproductiva. Los días abiertos son los que transcurren desde el día del parto de una

vaca hasta cuando inicia una nueva preñez. El intervalo entre partos que muestra el periodo transcurrido entre un parto y otro está constituido por la sumatoria de los días abiertos más los días de duración de la gestación que en los bovinos podríamos considerar 285 días (Velásquez, 2010).

El período de días abiertos no debe exceder entre 80 a 85 días si se quiere lograr un intervalo de parto de 12 meses. Esto requiere el restablecimiento de la actividad ovárica poco después del parto y altas tasas de concepción; la duración de este período está influenciada por la nutrición, la estación, el rendimiento de la leche, el parto, lactancia y la involución uterina (Mukasa, 1989).

Un promedio de 85 días o menos para Días Abiertos en un rebaño indica que las vacas se están preñando demasiado pronto en la lactancia. Valores entre 85 y 115 días son considerados adecuados. Valores entre 116 y 130 días, indican problema. Un valor entre 131 a 145 días indica un problema moderado y, valores mayores a 145 días indican un problema grave (Varner *et al.*, 1989).

2.3.3. Edad del primer parto

La edad al primer parto es el tiempo entre el nacimiento hasta reproducirse por primera vez, este refleja la velocidad de crecimiento de la hembra y la edad a la pubertad, cuyo retardo en presentarse reduce el valor económico del animal al disminuir el número potencial de crías y por ende de lactancias a presentarse en su vida útil. Esta edad al primer parto puede verse influenciada por el tamaño corporal y el inicio de la actividad hormonal del sistema reproductivo. Aunque se considera que la edad a la pubertad está determinada por condiciones fisiológicas que resultan de un peso dado (Salazar *et al.*, 2013).

El primer parto marca el comienzo de la vida productiva de una vaca; este está relacionado con el intervalo generacional y, por lo tanto, influye en la respuesta a la selección; las novillas generalmente se aparean cuando son lo suficientemente maduras para soportar el estrés del parto y la lactancia. Esto aumenta la probabilidad de una concepción temprana después del parto.

La edad promedio al primer parto en el ganado *Bos indicus* es de 44 meses y en el ganado *Bos Taurus* de 34 meses, aproximadamente (Mukasa, 1989).

2.3.4. *Gestación*

La gestación en bovinos es el periodo que sigue a la fertilización encontrándose comprendido entre la formación del cigoto hasta el momento del parto, proceso que dura aproximadamente 283 días (Yasser *et al.*, 2014).

La gestación inicia con la unión del ovocito y el espermatozoide en el Ámpula del oviducto materno. Se la puede dividir en dos fases el período embrionario, que va desde la fertilización hasta los 45 días, y el período fetal, desde los 46 días hasta el momento parto. La duración de la gestación está influenciada por factores maternos, fetales, genéticos y ambientales. Las vaquillas pueden tener una gestación más corta que las vacas adultas, y las gestaciones en macho son más largas que la de mellizos y hembras. Vacas con alimentación deficiente o con estrés calórico acortan su gestación (Bartolomé, 2009).

2.3.5. *Inseminación artificial*

Podemos definir a la inseminación artificial como la introducción de semen dentro del sistema genital femenino sin que exista contacto entre el macho y la hembra. Esta metodología debe practicarse en el momento más oportuno, dentro del estro de la hembra, para así asegurar un mejor grado de fecundidad. En la vaca se dice que el tiempo óptimo para inseminar es a las 12 a 24 horas de la aparición del estro, así nos aseguramos que los espermatozoides introducidos habrán tenido tiempo de capacitarse antes de que ocurra la ovulación y posterior contacto del oocito (Illera, 1994).

2.3.6. *Servicios por concepción*

El número de servicios por concepción es una medida de la eficiencia reproductiva y puede también ser empleada como un indicador de fertilidad. Este índice puede ser afectado con factores como: salud general, fertilidad de la hembra, salud reproductiva y sobre todo el estado nutricional; también puede verse afectada por la calidad del semen, fertilidad del toro, momento de la inseminación, técnica de inseminación y eficiencia de la detección de celos. Factores en la hembra pueden incluir alimentación inadecuada o infecciones. Factores del macho incluyen fertilidad inherente a cada animal, o indirectamente si se utiliza inseminación artificial, manejo del semen, inseminador y técnica de la inseminación. Factores de manejo se ven influenciado por la detección de celo y el momento de la inseminación. Servicios muy tempranos luego del parto son de menor fertilidad (Cavestany, 1993).

El número de servicios por concepción puede calcularse ya sea utilizando el número de vacas preñadas o el número total de vacas inseminadas como denominador. Se debe dar el número total de inseminaciones para cada vaca preñada, luego estos valores deben resumirse y luego dividirse por el número de vacas preñadas. En este enfoque, las vacas no preñadas no se incluyen en los cálculos. Los servicios por concepción empleando todas las vacas son un mejor índice para evaluar la concepción en el rebaño, porque incluye todas las inseminaciones, ya sea que la vaca finalmente se haya quedado o no preñada.

Cuando se presentan valores de servicios por concepción menores a 1.75 pueden considerarse que el nivel de fertilidad es bueno, valores de 1.8 a 2.0 se consideran como un nivel adecuado de fertilidad, si el número de servicios por concepción es de 2.1 a 2.3 se considera la presencia de un problema de fertilidad moderado y valores de servicios por concepción encima de los 2.3 se consideran ya como un problema grave (Varner *et al.*, 1989).

2.3.7. Pubertad

Etapa donde la hembra inicia su madurez sexual presentando capacidad para reproducirse; la pubertad se alcanza cuando los órganos genitales incrementan de tamaño, acelerándose su tasa de desarrollo. El aparato reproductivo de la hembra antes de la Pubertad presenta un lento crecimiento sin actividad funcional. La Pubertad en las novillas se inicia cuando se presenta su primer estro acompañado de una ovulación espontánea; es en este periodo donde por primera vez se hace factible la reproducción finalizando con la madurez sexual; caracterizado por un marcado incremento de la secreción de gonadotropinas especialmente de LH, presencia de caracteres sexuales secundarios y desarrollo de los genitales (Araujo, 2004).

La edad en que se presenta la pubertad es un determinante importante de la eficiencia reproductiva. Muchas novillas, pueden alcanzar la pubertad y reproducirse de manera bastante satisfactoria a la edad de un año. Sin embargo, lograr esto varía entre las razas y entre las novillas dentro de la misma raza. Las novillas con la capacidad innata de llegar a la pubertad temprano alcanzan la pubertad y se reproducen a un costo menor que aquellas con una edad inherente posterior a la pubertad.

Los principales factores que controlan el inicio de la pubertad son el peso corporal y el crecimiento en lugar de la edad. Las novillas con una dieta alta en proteínas a menudo son más jóvenes y más pesadas en la pubertad que las que tienen una dieta baja en y son más fértiles después de la

pubertad. Sin embargo, aunque una mala nutrición retrasa la pubertad, los niveles muy altos de alimentación no necesariamente dan como resultado una pubertad más temprana que los niveles adecuados (Mukasa, 1989).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipos y diseño de investigación

Con base al análisis de la problemática, formulación de objetivos y revisión de literatura de investigaciones que anteceden al presente trabajo, la investigación presenta un enfoque cuantitativo, ya que los trabajos investigativos estructurados bajo esta modalidad se basan en investigaciones previas, están diseñados bajo un proceso sistemático de experimentación y se ejecutan bajo un modelo de operaciones de investigación sucesivas.

La investigación formulada bajo un enfoque cuantitativo permite describir, explicar, comprobar y, predecir los fenómenos (causalidad); generar y probar teorías, lo cual se ajusta con los objetivos planteados para la ejecución del presente trabajo. Donde, se busca establecer el efecto del grado de consanguinidad de vacas de la raza *Holstein friesian* sobre parámetros reproductivos.

3.2. Métodos de investigación

En la presente investigación se utilizó el método cuantitativo, el mismo que, busca ampliar el conocimiento mediante el análisis de datos (para el caso de la presente investigación se analizaron registros genealógicos y reproductivos de la población de animales de la raza *Holstein friesian* de la provincia de Cotopaxi) y principios teóricos, en los cuales se fundamentan los antecedentes investigativos (para el presente caso investigaciones anteriores en otras regiones afirman la incidencia negativa de la consanguinidad sobre los parámetros reproductivos)



Figura 1-3 Diseño de la investigación

Realizado por: Marlon Villares. 2019

3.3. Enfoque de la investigación

La presente investigación se enmarco bajo un enfoque correlación, dado a que su estructura, tiene como finalidad conocer la relación de asociación que exista entre más de dos variables en una población, lo cual se ajusta a los objetivos y formulación de hipótesis, donde el interés de la investigación será evaluar la influencia de la consanguinidad de vacas de la raza *Holstein friesian* sobre los parámetros reproductivos en la provincia de Cotopaxi.

3.4. Alcance de la investigación

La presente investigación se limitó al estudio de los registros reproductivos de animales productores de leche (específicamente vacas de raza *Holstein friesian*) En la provincia de Cotopaxi, por lo cual, se estableció que la investigación mantenga un alcance de tipo descriptivo.

3.5. Población y muestra de estudio

3.5.1. Población

La población de estudio estuvo conformada por 373 animales de raza *Holstein friesian* en la provincia de Cotopaxi, cuyos datos genealógicos y reproductivos están registrados en el repositorio documental de la Asociación *Holstein friesian* de Ecuador. Para mejorar la precisión de los resultados a obtenerse se estableció que la muestra fuera igual a la población de animales registrados.

3.5.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo representada por cada vaca de la raza *Holstein friesian* manejados en la provincia de Cotopaxi, cuyos datos genealógicos y reproductivos han sido registrados por la Asociación *Holstein friesian* de Ecuador.

3.6. Técnicas de recolección de datos

En vista a que la fase experimental estuvo representada principalmente por la revisión, procesamiento y análisis de los datos genéticos, reproductivos de las vacas *Holstein friesian* registradas En la Asociación *Holstein friesian* del Ecuador, la recolección de los datos fue ejecutada de manera directa, es decir, se tomaron los datos de los repositorios de animales de la

raza *Holstein friesian* registrados por la Asociación *Holstein friesian* del Ecuador, los cuales, fueron depurados, analizados y evaluados.

3.7. Instrumentos para procesar los datos recopilados

3.7.1. Determinación de la consanguinidad

Para la determinación de la consanguinidad de los animales analizados se tabularon los datos referentes al pedigrí de cada vaca (los cuales provinieron de los datos reproductivos Asociación *Holstein friesian* del Ecuador para la provincia de Cotopaxi) en el software de manejo Pedigree Viewer y Proc INBREED del SAS v.w. 9.4, los cuales calculan de manera directa el grado de consanguinidad de cada línea reproductiva.

3.7.2. Determinación de los principales parámetros reproductivos

Los parámetros reproductivos fueron calculados para cada animal con base a los datos disponibles en la Asociación *Holstein friesian* del Ecuador para la provincia de Cotopaxi referentes a edad al primer parto, número de servicios por concepción y días abiertos.

3.8. Procesamiento estadístico de los resultados

Los datos extremos como: edad al primer parto, animales que tuvieron más de 49.5 meses; número de servicios por concepción las vacas que tenían más de 5.67, días abiertos, 380 días; fueron eliminados por el programa.

Se analizaron las distribuciones de los rasgos, por PROC INSIGHT del SAS vw.9.4 (2014). Se constató la no normalidad de las mismas, por las pruebas de bondad de ajuste, para la distribución normal (Shapiro-Wilk). Se conoció el tipo de distribución más ajustada a la variable, por el PROC SEVERITY. Se calcularon los estadígrafos descriptivos media, moda, mediana, coeficiente de variación, desviación estándar, error estándar y asimetría de las variables utilizando el PROC MEANS del SAS vw.9.4 (2014).

En la determinación del índice de consanguinidad se utilizó la metodología desarrollada Wright que utiliza datos de la genealogía, es decir, la identidad del individuo, padre y madre aplicando la siguiente fórmula:

$$F_x = \sum_{CA}^k \left(\frac{1}{2}\right)^{n_1+n_2+1} (1 + F_{CA})$$

Dónde:

CA = un antecesor común del padre y madre de X.

k = el número de antecesores comunes en el pedigrí de X.

n_1 = el número de generaciones que separan el antecesor común del padre de X

n_2 = el número de generaciones que separan el antecesor común de la madre de X.

F_{CA} = el coeficiente de consanguinidad del antecesor común.

En el cálculo de los valores individuales de consanguinidad se utilizaron los softwares Pedigree Viewer y Proc INBREED del SAS v.w. 9.4 en donde se utilizaron la estimación de máxima verosimilitud restringida – REML (Wolfinger y O'Connell, 1993) de componentes de varianza y covarianza.

El efecto de la consanguinidad en edad al primer parto, número de servicios por concepción y días abiertos se utilizó un modelo lineal general, para lo cual se utilizó el procedimiento Modelo lineal General - GLM del SAS v.w. 9.4 cuya formulación matemática se la describe a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + PP_j + SC_k + DA_l + e_{ijkl}$$

Dónde:

Y_{ijkl} = $f(\mu)$ valor esperado de los parámetros, según la consanguinidad

μ = media o intercepto de la población.

C_i = efecto de la i -ésima vaca ($i=1, \dots$ y 373).

PP_j = efecto fijo de j -ésima edad al primer parto ($j=23.4, \dots$ y 49.5).

SC_k = efecto fijo de k -ésimo número de servicios por concepción ($k=1, 2, 3$ y 4).

DA_l = efecto fijo del l -ésimo días abiertos ($l=47, \dots$ 379).

e_{ijkl} = error aleatorio debido a cada observación $NID \sim (0, s^2e)$.

Se utilizó la dócima de Tukey-Kramer (Kramer, 1956) para realizar la comparación de medias mínimas cuadráticas.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estadísticos descriptivos de las variables estudiadas

Con base a registros 373 animales de raza *Holstein friesian* nacidos en la provincia de Cotopaxi desde los años 2005 al 2018; se obtuvieron los valores de los tres parámetros reproductivos: edad al primer parto, días abiertos y, número de servicios por concepción, ver tabla 1-4.

Tabla 1-4 Estadígrafos de edad al primer parto, días abiertos, número de servicios por concepción.

Parámetro	N	Media	DS	E.E	CV	Min	Max
Edad al primer parto (mes)	351	34.18	5.31	0.28	15.54	23.40	49.50
Días abiertos	323	203.48	82.42	4.56	40.51	47.00	379.00
Número de servicios por concepción	356	2.20	0.93	0.05	42.32	1.00	5.66

Realizado por: Marlon Villares. 2019

4.1.1. Edad al primer parto

Pirlo *et al.*, (2010) manifiestan que los programas de crianza de hembras de reemplazo tienen como objetivo reducir la edad al primer parto a 24 meses, disminuyendo así los costos de producción; esta edad ideal es diferente a los resultados presentados en el presente estudio, donde, la edad al primer parto en vacas de la raza *Holstein friesian* en la provincia de Cotopaxi fue de 34.18 ± 0.28 meses.

Resultados inferiores encontraron otros autores, así por ejemplo Hare *et al.*, (2010) registraron valores de 26.9 meses de vacas con registros que pasaron evaluaciones genéticas en Estados Unidos; de igual manera, Heise *et al.*, (2018) estimaron valores inferiores de 25.97 meses empleando datos que provinieron de evaluaciones genéticas en ganado *Holstein friesian* en Alemania; En otro estudio, Gandini *et al.*, (2007) describieron valores de 24.67 meses para edad al primer parto; También, Salazar *et al.*, (2014) en Costa Rica en vacas de la raza *Holstein friesian* cuantificaron valores de 30.7 meses para la edad al primer parto.

En Ecuador, Ortiz (2008) determinó 31.83 meses para la edad al primer parto en vacas de la raza *Holstein friesian*, valores que resultan ser inferiores y, que puede deberse a que los datos empleados en su estudio correspondieron a un solo hato lechero y de un periodo de 4 años; sin embargo, son similares los resultados descritos por Analuiza (2004) quién al evaluar vacas *Holstein friesian* durante el periodo de enero 1999 a diciembre del 2001 calculó valores de 31.94 meses para edad al primer parto.

4.1.2. Días abiertos

Risco (2005) manifiesta que para tener una eficiencia reproductiva en el rebaño el número de días abiertos debe ser de 125 días, sin embargo, en vacas de la raza *Holstein friesian* en la provincia de Cotopaxi se determinó el promedio de días abiertos en 203.48 ± 4.56 días; estos valores resultan ser superiores a los reportados por Schaeffer y Henderson (2010) quienes obtuvieron valores de 101 días analizando los registros lecheros de vacas de la raza *Holstein friesian* en la Universidad de Cornell, Nueva York. En otro estudio, Rios *et al*, (2010) calcularon valores de 102 días abiertos en 171 vacas de la raza *Holstein friesian* criadas en condiciones subtropicales en México; también, Lopez *et al*, (2009) en condiciones similares al estudio anterior describen valores de 112.2 días abiertos; de igual manera, Gonzalez y WingChing (2018) en Costa Rica, registraron 141.34 días abiertos al analizar datos de vacas *Holstein friesian* en ganaderías especializadas.

En el Ecuador Analuiza (2004) determinó 157.98 días abiertos; Alvear (2010) al realizar una caracterización productiva y reproductiva en un hato lechero durante el periodo 2003 al 2008 determinó un valor de 141.77 días abiertos; ambos estudios presentan resultados inferiores a los descritos en este trabajo; No obstante, Ortiz (2008) reportó valores superiores de 247.09 días abiertos.

4.1.3. Número de servicios por concepción

El promedio de número de servicios por concepción en vacas de la raza *Holstein friesian* en la provincia de Cotopaxi fue de 2.20 ± 0.05 servicios. Estos resultados difieren a los de Rios *et al*, (2010) quienes describieron valores inferiores de 2.18 servicios por concepción.

También Gandini *et al*, (2007) compararon la fertilidad, longevidad, ordeñabilidad y rentabilidad de vacas de las razas *Reggiana* y *Holstein friesian* en el Norte de Italia y reportaron valores de 1.7 inseminaciones por concepción en la raza *Holstein friesian*.

En Ecuador en estudios realizados en vacas de la raza *Holstein friesian* por algunos autores como Guilcapi (2015) en un estudio caracterizando el comportamiento productivo y reproductivo de hatos lecheros, ubicados en las parroquias de San Juan y Quimiag, determinó, en cada localidad mayor número de servicios por concepción 2.47 y 2.49 servicios por concepción, respectivamente. De igual manera, en otro estudio realizado Analuiza (2004) describe valores de 2.53 servicios por concepción; sin embargo, Alvear (2010) reporto valores inferiores de 1.53 servicios por concepción; al igual que Ortiz (2008) quien determinó 1.73 servicios por concepción.

4.2. Cuantificación de la Consanguinidad

En la ejecución de la presente investigación, se estableció como principal objetivo la determinación del grado de consanguinidad de una muestra de 373 vacas de raza *Holstein friesian* en la provincia de Cotopaxi, Ecuador para generar la posterior correlación de dichos datos con los parámetros reproductivos de mayor relevancia de los animales.

Para la cuantificación del grado de consanguinidad, en primer lugar, se realizó un análisis inicial de los 373 registros reproductivos de los animales objeto de estudio, para ello se examinaron los registros manejados en la Asociación *Holstein friesian* del Ecuador, organismo a cargo de dar seguimiento reproductivo a los animales, asesoría reproductiva y mantener un esquema del pedigrí de las vacas de dicha raza a nivel nacional. En los registros de cada animal se recopiló la información de mayor relevancia que permitió la cuantificación del grado consanguinidad de la muestra de los 373 animales.

Se puede observar que, en promedio de entre todos los animales el valor del índice de consanguinidad fue igual 0.13%. Los valores estadísticos descriptivos mencionados responden al hecho que del total de los 373 animales analizados, únicamente dos de ellos presentaron un índice de consanguinidad diferente de cero, es decir que, del total de la población de vacas estudiadas, cuyos registros reproductivos fueron mantenidos la Asociación *Holstein friesian* del Ecuador únicamente dos animales presentan índices de consanguinidad mayores a cero, lo cual representa únicamente al 0.54% de la población total de animales.

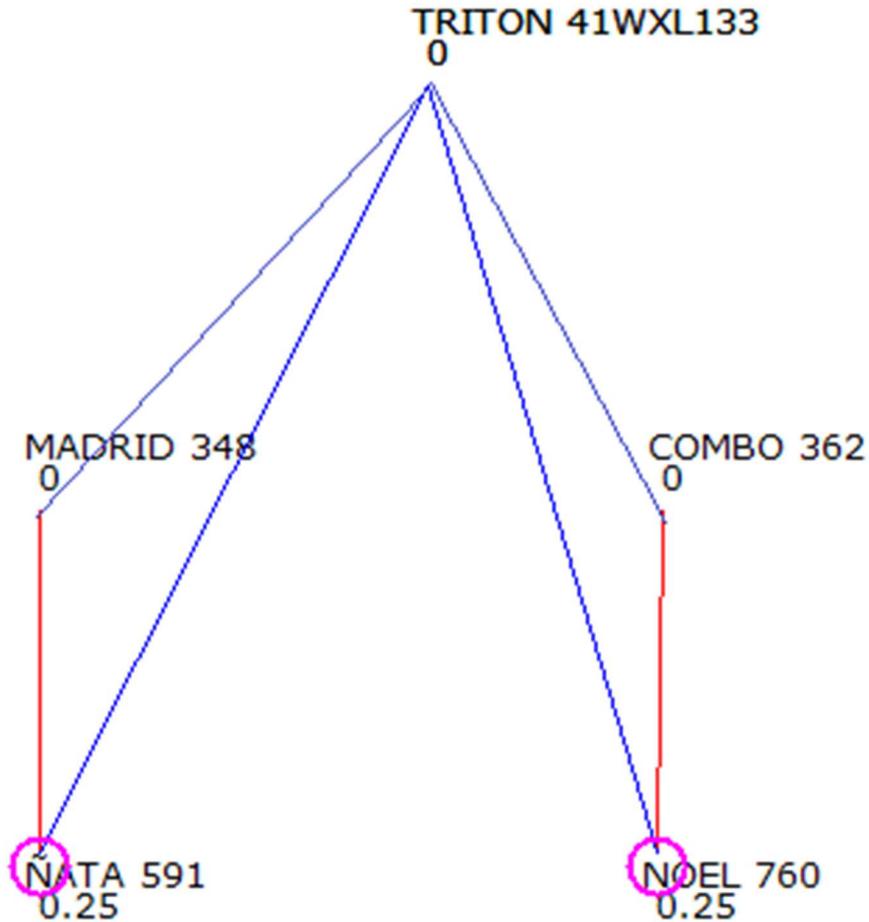


Figura 1-4 Pedigrí y coeficiente de consanguinidad de vacas de la raza *Holstein friesian* consanguíneas.

Realizado por: Marlon Villares. 2019

Cabe recalcar que, como se muestra en la tabla 2-4, los animales que presentaron un índice de consanguinidad diferente de cero, en promedio, registraron un valor igual a 25% en dicho parámetro, lo cual representa que, en las explotaciones ganaderas de la provincia de Cotopaxi, en la explotación de vacas lecheras de raza *Holstein friesian* el índice de consanguinidad entre los animales es relativamente bajo, en base a lo especificado por los autores Pacheco *et al.*, (2010), quienes ponen de manifiesto que, los animales que se encuentran en rango de consanguinidad de hasta 25% son los más comunes en una explotación ganadera que presentan vacas con parámetros de consanguinidad diferentes de cero.

Tabla 2-4. Resumen de los resultados de la determinación del grado de consanguinidad de las vacas registradas en la asociación *Holstein friesian*, en la provincia de Cotopaxi.

CRITERIO	VALORACIÓN
Total, animales analizados	373
Total, animales que registran un índice de consanguinidad diferente de cero	2
Porcentaje de animales con índice de consanguinidad diferente de cero	0.54%
Promedio del índice de consanguinidad entre los animales que registraron dicho índice diferente de cero	25%

Realizado por: Marlon Villares. 2019

Como se ilustra En la tabla 3-4, se pudo verificar que, al agrupar la cantidad de animales que presentan un índice de consanguinidad en la cuatro rangos de relevancia ($0 \leq I_c \leq 20$, $20 \leq I_c \leq 40$, $40 \leq I_c \leq 80$ y $80 \leq I_c \leq 100$), el 99,46% de los animales presentaron un índice de consanguinidad entre 0 y 20% y el restante 0.54% de los mismos se agruparon en el rango de 20 a 40% de dicho índice. En contraste, en los restantes rangos el porcentaje de frecuencia fue igual a 0%, para el rango desde 40 a 80% y 80 a 100% del índice de consanguinidad.

Tabla 3-4 Agrupación de los resultados de la determinación del grado de consanguinidad de las vacas registradas en la Asociación *Holstein friesian*, en la provincia de Cotopaxi.

RANGO	NÚMERO DE ANIMALES	FRECUENCIA PORCENTUAL
$0 \leq I_c \leq 20$	373	99.46%
$20 \leq I_c \leq 40$	2	0.54%
$40 \leq I_c \leq 80$	0	0.00%
$80 \leq I_c \leq 100$	0	0.00%

Realizado por: Marlon Villares. 2019

4.3. Efecto del grado de consanguinidad sobre los principales parámetros reproductivos

4.3.1. Efecto de la consanguinidad en edad al primer parto

La consanguinidad no fue un efecto significativo sobre la edad al primer parto ($P= 0,1809$); de vacas de la raza *Holstein friesian*, ver tabla 4-4. Al comparar los promedios de la edad al primer parto de manera descriptiva se observa diferencias, pero sus medias no son significativamente diferentes; esto puede deberse a que en la presente investigación sólo dos animales presentaron niveles de consanguinidad diferente a 0. En estudios realizados por otros autores, como: Parland *et al.*, (2007), Rokouei *et al.*, (2010) y Thomson *et al.*, (2010) el número de animales consanguíneos analizados fueron mayores al número de observaciones de animales consanguíneos de este estudio.

Tabla 4-4 Efecto de la consanguinidad en edad al primer parto

Consanguinidad	n	Medias	E.E.	Sig $P>0.05$
0	349	34.12	0.29	A
0.25	2	39.25	0.68	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0.05$)

Realizado por: Marlon Villares. 2019

Los resultados presentados en este estudio son diferentes a los reportados por Thomson *et al.*, (2010), quienes al evaluar la respuesta de vacas *Holstein friesian* a varios niveles de consanguinidad empleando datos de pedigrí suministrados por la Asociación *Holstein* de los Estados Unidos, manifiestan que niveles de consanguinidad por encima de 0.10 tuvieron claros efectos dando como resultado edades mayores al momento del parto; de igual manera, Rokouei *et al.*, (2010) con la información de pedigrí recopilada de animales *Holstein friesian* del Centro de cría animal de Irán en el periodo entre 1971 a 2007, calcularon los coeficientes de consanguinidad y, su efecto en la producción y reproducción, en donde, afirman que la edad al primer parto aumento 0.45 días por cada aumento del 1% en la consanguinidad

De igual manera, Parland *et al.*, (2007) informaron un aumento en la edad al primer parto en 0.20 días al aumentar en 1% la consanguinidad de los animales *Holstein friesian* Irlandeses. Por otro lado, los resultados de Ruiz (2009) resultan ser similares a los descritos en el presente estudio, al evaluar el efecto de la consanguinidad en parámetros productivos y reproductivos de animales de la raza *Holstein friesian* en el establo Montegrande de la cuenca lechera de Lima, Perú, los mismos que resultaron no tener un efecto significativo en la edad al primer parto.

4.3.2. Efecto de la consanguinidad en días abiertos

Según las pruebas estadísticas realizadas la consanguinidad no afectó a los días abiertos ($P=0.7113$), ver tabla 5-4.

Tabla 5-4 Efecto de la consanguinidad en días abiertos.

Consanguinidad	n	Medias	E.E.	Sig $P>0.05$
0	322	203.38	4.60	A
0.25	2	234.00	8.25	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P>0.05$).

Realizado por: Marlon Villares. 2019

Los resultados determinados en el presente estudio sobre el efecto de la consanguinidad en los días abiertos no fue significativo ($P>0.05$), los cuales se corresponden a los resultados obtenidos por Aguirre *et al.*, (2013) al analizar el efecto de los niveles de consanguinidad en vacas *Holstein* y *Jersey* en hatos lecheros especializados en Costa Rica, comparando animales con alta y baja consanguinidad no encontraron efecto significativo con un incremento de 0.55 días abiertos para animales con baja consanguinidad.

Sin embargo, otros autores como Hermas *et al.*, (1987) al evaluar el efecto de la consanguinidad en el rendimiento productivo y reproductivo describieron un incremento de 2 días abiertos en animales que presentaron consanguinidad, de igual manera, Gandini *et al.*, (2007) en su estudio para evaluar el efecto de la consanguinidad en la producción, la reproducción y, algunos otros rasgos funcionales de animales de la raza *Holstein friesian* en Italia encontraron un aumento en 0,31 días abiertos más en animales que presentan consanguinidad.

Resultados similares fueron reportados por Hoeschele (2010) al analizar los registros de reproducción proporcionados por el Centro de Procesamiento de Registros Lecheros en Raleigh, Estados Unidos, determinaron 0.13 días abiertos más en animales que presentaron consanguinidad.

4.3.3. Efecto de la consanguinidad en el número de servicios por concepción

No hubo efecto significativo de la consanguinidad sobre el número de servicios por concepción ($P=0.5915$) ver tabla 6-4.

Tabla 6-4 Efecto de la consanguinidad en el número de servicios por concepción

Consanguinidad	n	Medias	E.E.	Sig P>0.05
0	354	1.83	0.05	A
0.25	2	2.19	0.66	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

Realizado por: Marlon Villares. 2019

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Ruiz (2009) quien concluye que la consanguinidad no tuvo efectos significativos en el número de servicios por concepción en vacas de la raza *Holstein friesian* en Perú.

Otros autores, como Hermas *et al.* (1987) obtuvieron resultados diferentes a los de la presente investigación; estos autores determinaron efectos perjudiciales de la consanguinidad sobre el rendimiento reproductivo, así describe, que por cada 1% en el incremento del coeficiente de consanguinidad el número de servicios por concepción se incrementaría en 0.17 servicios.

De igual manera, Aguirre *et al.* (2013) encontraron efectos de la consanguinidad sobre el número de servicios por concepción, así determinaron valores de 0.08 servicios por concepción más en animales con consanguinidad baja que en vacas con consanguinidad alta.

CONCLUSIONES

- Los parámetros reproductivos estudiados no fueron influenciados por la consanguinidad en la población de vacas *Holstein friesian* de la provincia de Cotopaxi, Esto puede ser a causa que en el presente estudio sólo se tuvieron dos vacas con niveles de consanguinidad de 25 %.
- El nivel medio de consanguinidad en vacas *Holstein friesian*, en la provincia de Cotopaxi fue igual a 0,1344 para los animales estudiados, verificándose además que, del total de animales, solo el 0,54% registraron un índice de consanguinidad diferente de cero.
- Se verificó que el índice de consanguinidad no influye sobre los valores de los principales parámetros reproductivos, como es el caso de la edad al primer parto ($P= 0,1809$), número de servicios por concepción ($P= 0.5915$) y días abiertos ($P= 07113$), con lo cual se pone de manifiesto que el grado de consanguinidad de las vacas *Holstein friesian* representativas de las explotaciones ganaderas de la provincia de Cotopaxi presentan un índice de consanguinidad con un valor que no influencia sobre el comportamiento reproductivo; pudiendo atribuirse las diferencia matemáticas observadas entre animales consanguíneos y no consanguíneos a factores ambientales y de manejo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones similares a la presente en diversos sectores del contexto nacional o en diversas razas lecheras, en vista a que en la revisión bibliográfica se verificó que no se han realizado evaluaciones relevantes respecto a la valoración del índice de consanguinidad de las vacas en otras provincias o de otras castas.
- Actualizar los valores establecidos en la presente investigación con una frecuencia no mayor a dos años, en vista a que, por las actividades de mejora genética y la predilección de un tipo único de características en las explotaciones, los índices de consanguinidad pueden variar ampliamente respecto al tiempo.
- Mantener el índice de consanguinidad por debajo de los valores establecidos en la presente investigación, ya que, con base a estudios realizados y mencionados en la revisión bibliográfica, en hatos con valores de consanguinidad muy altos se registran problemáticas veterinarias y productivas de relevancia a razón de dichos parámetros.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J., Vargas, B., & Romero, J. J. (2013). Efectos de la endogamia sobre parámetros reproductivos en vacas Holstein Y Jersey De Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2):245–255.
- Alvear , E. (2010). Caracterización productiva y reproductiva de la Hacienda San Jorge para recomendar un programa de inseminación artificial. Tesis Ingeniero Zootecnista, 96 p
- Araujo, A. (2004). Pubertad en la hembra bovina. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. CEAD Valledupar, Colombia. *Sitio argentino de producción animal*. p 7
- Bartolomé, J. (2009). Endocrinología y fisiología de la gestación y el parto en el bovino. Conferencia dictada en el Curso de Postgrado de Manejo Reproductivo en Bovinos Lecheros. *Taurus*, Bs. As, 11(42):20-28.
- Analuiza, A. (2004). Evaluación de la eficiencia productiva y reproductiva de diez hatos lecheros de Aloag, Aloasi, Machachi y Tambillo en la Provincia Pichincha. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba
- Blanco, M. (2016). *Zootecnia De Bovinos Productores de Leche*. recuperado 10 de noviembre 2018 de:
http://infolactea.com/wpcontent/uploads/2015/04/unidad_3_bovinosleche.pdf
- Bjelland, D. W., Weigel, K. A., Vukasinovic, N., & Nkrumah, J. D. (2013). Evaluation of inbreeding depression in Holstein cattle using whole-genome SNP markers and alternative measures of genomic inbreeding. *Journal of Dairy Science*, 96(7) 4697–4706.
- Benjumea, M. Cristancho, F. Restrepo, P. (2010). Coeficiente de consanguinidad del ganado Senepol en Colombia. recuperado 8 de noviembre 2018 de
http://asosenepolcolombia.com/portal2/wpcontent/archivos/CONSANGUINIDAD_DEL_GANADO_SENEPOL_EN_COLOMBIA-Mary-FAC-PAR2608101.pdf
- Cavestany, D. (1993). Eficiencia reproductiva en vacas lecheras. Montevideo, Uruguay : INIA.
- Cabell, E. (2007). Bovine abortion: aetiology and investigations. *In Practice*, 29(8), 455–463. doi:10.1136/inpract.29.8.455
- Cartuche, L; Vargas, N; Pascual, M. (2014). Análisis preliminar del pedigrí de las razas bovinas lecheras Jersey y Brown Swiss en el Ecuador. IX Congreso de Ciencia Y tecnología ESPE 2014. 1-3
- Chanaluiza , P. (2016). Evaluación de índices en producción y reproducción del hato ganadero del CADER, durante el período 2010-2015 . Tesis de Grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito: UCE. 100 p.
- Falconer, D. S., & Mackay, T. (1996). *Introduction to quantitative genetics*. 4th ed Harlow,

England .

- Freire, M., & Villa, G. (2016). Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en ganaderías bovinas de la provincia de Chimborazo afiliadas a la Asociación Holstein Friesian del Ecuador. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba
- Fodor, I., & Ózsvári, L. (2015). The evaluation of reproductive performance in dairy herds, pp. 461–466. <https://doi.org/10.17626/dBEM.ICoM.P00.2015>. p 85.
- García, D. (2018). Ganadería del siglo XXI. Recuperado 10 de noviembre 2018 de Blogger: <http://hdaavidgarciam.blogspot.com/2011/04/origen-esta-raza-se-origino-en-dos.html>
- Gasque, R. (2008). *Enciclopedia Bovina*. Mejoramiento Genético en bovinos. 1th ed. México. Universidad Nacional de México
- Gandini, G., Maltecca, C., Pizzi, F., Bagnato, A., & Rizzi, R. (2007). Comparing local and commercial breeds on functional traits and profitability: the case of Reggiana dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 2004–2011. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-204>
- Geneticabioterio. (2012). *Endogamia y Exogamia*. *Geneticabioterio*, 1-4. recuperado 10 de noviembre 2018 de: <https://geneticabioterio.files.wordpress.com/2012/09/endo-y-exo.pdf>
- Genghini, R., Bonvillani, A., Wittouck, P., Echeverria, A. (2002). Introducción al Mejoramiento Animal. Curso de introducción a la producción animal.
- González , J. P., & WingChing, R. (2018). Producción y reproducción de vacas Holstein, Jersey y sus cruces en cinco localidades de Costa Rica. *UNED Research Journal*, 10(2), 422. <https://doi.org/10.22458/urj.v10i2.2171>
- Guilcapi , C. (2015). Caracterización del comportamiento productivo y reproductivo de dos hatos lecheros en la provincia de Chimborazo. (Tesis de grado. Ingeniero Zootecnista). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. 81.
- Guáqueta , H. (2009). Ciclo Estral: Fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos. *Rev. Med. Vet. Zoot*, 163-183.
- Guitou, H. (2010). Coeficiente de consanguinidad de un individuo. Sistemas de apareamiento. *AnGus*, 31-37. Recuperado 05 de noviembre 2018 de: <http://www.angus.org.ar/docs/Revistas/248/Coeficientedeconsanguinidad.pdf>
- Freeman, A. (2017). Animal breeding. *Encyclopædia Britannica*. Recuperado el 15 de Octubre de 2018, de <https://www.britannica.com/science/animal-breeding>
- Hare, E., Norman, H. D., & Wright, J. R. (2010). Trends in calving ages and calving intervals for dairy cattle breeds in the United States. *Journal of Dairy Science*, 89(1):365–370. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72102-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72102-6)
- Heise, J., Stock, K. F., Reinhardt, F., Ha, N.-T., & Simianer, H. (2018). Phenotypic and genetic relationships between age at first calving, its component traits, and survival of heifers up to second calving. *Journal of Dairy Science*, 101(1), 425–432.

<https://doi.org/10.3168/jds.2017-12957>

- Hermas, S. A., Young, C. W., & Rust, J. W. (1987). Effects of mild inbreeding on productive and reproductive performance of Guernsey cattle. *Journal of Dairy Science*, 70(12): 712–715.
- Hinrichs, D., & Thaller, G. (2011). Pedigree analysis and inbreeding effects on calving traits in large dairy herds in Germany. *Journal of Dairy Science*, 94(9):4726–4733.
- Hoeschele, I. (2010). Additive and Nonadditive Genetic Variance in Female Fertility of Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 74(5), 1743–1752. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(91\)78337-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(91)78337-9)
- Holstein Association USA . (2018). Holstein Breed Characteristics. Recuperado el 16 de Octubre de 2018, de: http://www.holsteinusa.com/holstein_breed/breedhistory.html
- Holstein UK. (2018). Education Dairy cow. Recuperado el 15 de Octubre de 2018, de: http://ukcows.com/holsteinUK/publicweb/Education/HUK_Edu_DairyCows.aspx?cmh=66
- Hudson, G. F., & Van Vleck, L. D. (1984). Inbreeding of artificially bred dairy cattle in the northeastern United States. *Journal of Dairy Science*, 67(1):161–170.
- Illera, M. (1994). *Reproducción de los animales domesticos*. Barcelona: AEDOS, SA.
- Kramer, C.Y. 1956. Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. *Biometrics* 12:307
- Legates, J., & Warwick, E. (1992). *Cria y Mejora del Ganado*. Mexico DF: Nueva Editorial Interamericana.
- Lopez, R., Castillo, H., & Montaldo, H. H. (2009). Genetic and phenotypic covariances for days open and lactation curve characteristics in Holstein cows from northern Mexico. *Veterinaria Mexico*, 40(4): 343–356.
- Meaney, J., & Taylor, C. (2012). Heritability. *Encyclopaedia Britannica*. Recuperado el 14 de Octubre de 2018, de <https://www.britannica.com/science/heritability>
- Mujica, F., Latrille, L., & Vergara, C. (2012). Estimation of inbreeding in a dual-purpose dairy herd and its relationship with milk production and reproductive performance: A case study in Southern Chile. *Agro sur*, 40(1).
- Mukasa, M. (1989). *A review of a productive performance of female Bos indicus (zebu) cattle*. ILCA Monograph 6. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia
- Oldenbroek, K., & Liesbeth, v. d. (2015). Textbook Animal Breeding and Genetics for BSc students. Centre for Genetic Resources The Netherlands and Animal Breeding and Genomics Centre. Netherlands. Recuperado el 14 de Octubre de 2018, de https://www.wur.nl/upload_mm/d/b/b/614bcc19-036f-434e-9d40-609364ab26da_Textbook%20Animal%20Breeding%20and%20Genetics-v17-20151122_1057.pdf

- Ospina J, & Aldana , H. (1995). *Producción Pecuaria*. Enciclopedia Agropecuaria Terra Nova . Bogota : Terra Nova .
- Ortiz, J. (2008). Evaluación reproductiva del hato lechero *Holstein friesian* en la hacienda San Luis. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Pecuaria. Escuela Superior Politécnica del Ejercito.
- Ortiz Jorge, J., García, O., & Morales , G. (2005). Manejo de bovinos productores de leche. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, 1-57.
- Overton, M. (2009). Using reproductive records:basics of monitoring. Proceedings 46th Florida Dairy Production Conference, Gainesville.
- Panetto, J. C. C., Gutiérrez, J. P., Ferraz, J. B. S., Cunha, D. G., & Golden, B. L. (2010). Assessment of inbreeding depression in a Guzerat dairy herd : Effects of individual increase in inbreeding coefficients on production and reproduction. *Journal of Dairy Science*, 93(10) 4902–4912.
- Pacheco, P., Hernández , R., & Magaña, F. (2010). Efecto de Consanguinidad sobre la Producción Láctea en Vacas Holstein en el Establo “La Estrella”, León, Gto., México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 9:71-75
- Parland, S. M., Kearney, J. F., Rath, M., & Berry, D. P. (2007). Inbreeding effects on milk production , calving performance , fertility , and conformation in Irish Holstein-Friesians. *Journal of Dairy Science*, 90(9) 4411–4419.
- Pirlo, G., Miglior, F., & Speroni, M. (2010). Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 83(3):603–608. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)74919-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)74919-8)
- Plomin, R., DeFries, J., McClearn, J., & McGuffin, G. (2002). *Genética de la conducta*. Grupo Planeta (GBS).
- Rios, A., Calderon , R. C., Rosete , J. ., & Lagunes, J. (2010). Análisis genético de características reproductivas de vacas Holstein criadas en un ambiente subtropical. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2), 245–253.
- Risco, F. (2005). Eficiencia reproductiva del ganado lechero Volver a: Producción bovina de leche. 1–5. Recuperado el 14 de Octubre de 2018, de www.produccion-animal.com.ar
- Rokouei, M., Torshizi, R. V., Shahrabak, M. M., Sargolzaei, M., & Sørensen, A. C. (2010). Monitoring inbreeding trends and inbreeding depression for economically important traits of Holstein cattle in Iran. *Journal of Dairy Science*, 93(7) 3294–3302.
- Revelo, G. (2013). Evaluación del desempeño reproductivo del hato lechero de la Hacienda “Sandial” localizada en el cantón Montufar, provincia del Carchi en el período 2011 – 2013. (Tesis de Ingeniería). Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Ruiz , B. M. (2009). “Efectos de la Consanguinidad en la Producción y Reproducción el Establo

- Monte grande de la Cuenca Lechera de Lima”. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado. Maestría en Producción Animal
- Salazar, M., Castillo, G., Murillo, J., Hueckmann, F., & Romero, J. J. (2014). Edad al primer parto en vacas Holstein de lechería especializada en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 233. <https://doi.org/10.15517/am.v24i2.12522>
- Schaeffer, L. R., & Henderson, C. R. (2010). Effects of days dry and days open on Holstein milk production. *Journal of Dairy Science*, 55(1), 107–112. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(72\)85439-0](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(72)85439-0)
- SA Holstein Cattle Breeders 'Society . (2018). The *Holstein* breed - a series of characteristics. Recuperado el 23 de Octubre de 2018, de <http://www.saholstein.co.za/Breed-Technical.htm>
- SAS. 2014. User's guide: Statistics. v.w. 9.3. De SAS Institute. INC, Cary, N.C., USA.
- Salazar, M., Castillo, G., Murillo, J., Hueckmann, F., & Romero, J. (2013). Edad al primer parto en vacas *Holstein* de lechería especializada en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, p. 233-243
- Thompson, J. R., Everett, R. W., & Hammerschmidt, N. L. (2000). Effects of inbreeding on production and survival in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 83(8) 1856–1864.
- Vargas, F. (2012). Mejoramiento genético del ganado lechero el contexto global y local. Escuela de Medicina Veterinaria Universidad Nacional. Recuperado el 14 de Octubre de 2018, de: <https://www.medvet.una.ac.cr/posgrado/gen/invest/ArtInfoHolstein2012mejgen.pdf>
- Varner, M. A., Manspeaker, J. E., Russek-Cohen, E., Cassel, E. K., Majeskie, J. L., & Erdman, R. A. (1989). Impact of intensive integrated reproductive management education programs upon dairy producers in maryland. *Journal of Dairy Science*, 72(6), 1620–1626. doi:10.3168/jds.s0022-0302(89)79274-2
- Velásquez, J. (2010). Reducción de los días abiertos en un hato lechero mediante el manejo reproductivo planificado. Informe de práctica empresarial como requisito parcial para optar al título de industrial Pecuario
- Viamonte, M; Ramírez, J; Vargas, D. (2018). Caracterización genética e indicadores sanguíneos de la raza bovina criolla Macabea en la Amazonía ecuatoriana. *Revista Amazónica y Ciencia y Tecnología*, 7 (1): 1-11
- Wolfinger, R. and O'Connell, M. 1993. Generalized linear models: a pseudo- likelihood approach. *J. Statist. Computo Simul.* 48:233-243
- Wright , S. (1922). Coefficients of Inbreeding and Relationship. *The American Naturalist*, 56(645): 330-338.
- Yasser, L., Maldonado , J., Carillo, D., & Rodríguez , N. (2014). *Reproducción de la vaca*. Manual didáctico sobre la reproducción, gestación, lactancia y bienestar de la hembra bovina, desarrollo fetal, gestación y parto en la vaca. Colombia. Produmedios

Zapata, C. (2018). Determinación de la consanguinidad y diversidad genética mediante el uso del pedigrí de la población bovina registrada en la Asociación Charolais de Morona Santiago (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito.

ANEXOS

Anexo A. Resultados de la determinación del grado de consanguinidad, por medio del software de manejo genético Pedigree Viewer v 6.5.

SeqID	SeqSire	SeqDam	ID	Inbreeding
557	200	298	Abispa	0
454	33	323	Ada 601	0
558	8	254	Aida	0
425	66	323	Alba 495	0
497	46	323	Alexia 688	0
526	416	301	Alexis 750	0
486	385	263	Alma 660	0
524	170	323	Angela 746	0
567	7	252	Antonia	0
332	0	0	Antonia 1012	0
577	7	252	Antonietta	0
366	5	234	Arena 287	0
461	85	230	Aruba-r 617	0
561	135	254	Asia	0
596	558	255	Aymara 8136	0
385	14	323	Azul 302	0
697	186	323	Baqui 596	0
352	17	245	Barceloneta 215	0
498	212	230	Belen 692	0
357	21	281	Belgica 257	0
655	27	234	Bianca 525	0
698	68	323	Blanqui 002	0
531	429	320	Blanquita 529	0
626	25	264	Bolita ii 484	0
348	17	278	Bolivia 195	0
632	26	264	Bonela 494	0
571	23	252	Bonita	0
527	413	230	Brandi 752	0

500	101	323	Brasil 691	0
622	28	264	Brasilia 471	0
575	19	254	Brenda	0
376	156	265	Britni 222	0
503	182	323	Budabi 697	0
342	30	322	Caleña 156	0
663	39	280	Camila 538	0
553	52	311	Canchera	0
343	41	260	Canela 157	0
545	330	0	Canela-r	0
590	553	323	Cantinera 8137	0
413	101	238	Capuli 442	0
614	42	278	Caricia 441	0
556	59	295	Caridad 637	0
446	402	323	Cariño 576	0
459	405	230	Carioca 614	0
604	545	255	Carisma	0
362	350	281	Carlota 273	0
608	0	244	Carlota 366	0
691	171	230	Carmela 539	0
539	58	268	Carola 539	0
350	0	245	Cartagena 203	0
397	66	322	Cava 366	0
460	45	233	Cebita 472	0
387	69	323	Celta 326	0
555	142	297	Cenicienta -gem	0
393	191	280	Cereza 306	0
412	127	238	Chala 430	0
356	341	250	Charlotte 251	0
349	48	305	Chavelita 6-572	0
388	56	323	Chela 331	0
341	49	262	Chilena 155	0
335	0	0	Chimbita 209	0

424	0	280	Chiquily 358	0
370	0	228	Chiquita 237	0
541	370	275	Chispa-r 545	0
432	143	296	Cielo 511	0
537	82	323	Ciruela 772	0
593	55	255	Colombia 6417	0
395	13	184	Combo 362	0
399	206	282	Concha 379	0
568	34	266	Coqueta 0710	0
375	211	261	Coqueta 218	0
576	555	254	Coraima	0
398	3	0	Coralia 311	0
421	69	238	Cosita 485	0
440	226	231	Costa 552	0
380	0	261	Costeña 240	0
439	178	230	Crecida 537	0
559	57	254	Cristal	0
436	150	232	Cristina 528	0
610	185	0	Dafne 794	0
519	9	323	Daniela 738	0
518	89	323	Dayuma 730	0
402	209	238	Desire 402	0
583	61	256	Diana 1412	0
383	76	323	Dina 300	0
611	214	269	Dinamarca 802	0
535	126	323	Domenica 768	0
386	20	230	Dora 308	0
339	0	249	Dorila 138	0
609	62	291	Doris 393	0
613	220	306	Dulcamara 811	0
408	374	238	E.e.u.u. 421	0
68	0	0	Elena 721	0
536	156	323	Eliana 769	0

615	74	270	Eloiza 444	0
444	70	309	Elvita 400	0
657	74	234	Emilia 527	0
382	123	282	Eros 257	0
347	73	313	Esmeralda 189	0
506	20	323	Espuma 704	0
360	73	289	Estopa 266	0
643	74	302	Eugenia 508	0
74	0	0	Eunice 386	0
365	90	289	Fabiola 283	0
595	91	255	Fabula 8138	0
616	77	284	Famosa 448	0
548	31	292	Fanny	0
476	379	323	Fara 640	0
403	69	238	Fausta 404	0
514	120	323	Fernanda 725	0
373	15	280	Fhara 228	0
547	136	292	Filomena	0
417	152	287	Flaca 464	0
488	167	323	Florencia 672	0
353	84	280	Florida 239	0
407	88	247	Franca 325	0
401	207	261	Franca 394	0
603	78	255	Francisca	0
367	86	234	Francisca 289	0
621	38	280	Gabarra 879	0
92	0	0	Gabriela 147	0
330	0	0	Gacela	0
358	100	250	Gala 262	0
594	565	255	Galicia 8139	0
345	92	239	Garza 180	0
623	0	243	Gertrudis 891	0

597	96	255	Gisella 8140	0
620	99	251	Gloria 461	0
565	102	254	Goyita	0
464	80	231	Gracia 624	0
625	63	280	Haba 900	0
627	0	321	Habito 905	0
693	216	231	Haiti 562	0
450	165	323	Hilda 590	0
394	166	323	Hi-lux 361	0
628	18	321	Hipo 913	0
629	0	321	Hoja 914	0
540	108	320	Honey 541	0
471	173	230	Iara 635	0
384	66	323	Ida 0303	0
633	38	321	Imaginacion 927	0
635	43	267	India 928	0
472	47	323	Ines 636	0
636	0	267	Intriga 933	0
364	114	316	Irene 281	0
474	388	300	Irene 637	0
637	37	267	Iris 934	0
473	54	230	Isis 638	0
114	0	0	Italia 230	0
573	112	252	Ivana	0
638	0	250	Jabi 940	0
639	29	250	Jacinta 942	0
415	107	287	Jaiba 462	0
640	219	267	Jamaica 946	0
338	0	0	Jana 947	0
400	115	282	Jazmin 380	0
641	93	321	Jengibre 954	0
642	94	321	Jeque 955	0
644	0	321	Jerarquia 956	0

645	71	321	Jerga 957	0
647	0	318	Jirafa 960	0
562	119	271	Jocosa	0
648	81	318	Jordana 961	0
494	116	324	Joya 492	0
517	410	323	Juana 729	0
354	340	279	Juanita 244	0
346	340	246	Judia 181	0
483	165	300	Judy 655	0
601	122	255	Julia	0
340	0	253	Julia 60525	0
378	168	261	Juncal 236	0
410	151	238	Kanora 424	0
433	111	232	Karen 518	0
591	125	323	Karina 6416	0
510	225	241	Katty 509	0
487	201	323	Kendra 666	0
458	160	233	Kiwi 468	0
650	97	321	Labradora 965	0
651	36	321	Laca 966	0
653	6	321	Lagartija 967	0
654	83	288	Lampara 969	0
656	629	288	Lanolina 972	0
658	219	288	Lapiz 977	0
660	94	288	Lava 982	0
564	136	271	Laverda	0
662	98	288	Lazara-r 983	0
646	619	238	Leñadora 513	0
418	113	319	Leona 473	0
423	0	293	Leticia 353	0
619	130	284	Leticia 459	0
496	403	230	Libertad 682	0
468	152	231	Libia 629	0

445	172	274	Lida 405	0
618	131	251	Linaza 457	0
696	11	323	Linda 588	0
404	56	238	Lisa 413	0
631	132	264	Lista 493	0
507	139	276	Londres 505	0
422	0	293	Loren 352	0
138	0	0	Lorenza 481	0
587	129	258	Lucero	0
469	183	231	Lucero 632	0
470	226	323	Lucia 633	0
661	619	280	Luciana 537	0
414	371	323	Lupe 444	0
669	138	302	Lupe 547	0
544	140	285	Lupita 0405	0
489	409	230	Luz 676	0
664	227	288	Madona-r 988	0
390	211	323	Madrid 348	0
665	44	288	Madrid-r 989	0
666	638	288	Madriral-r 990	0
667	117	259	Magia 992	0
668	72	299	Magma 993	0
670	60	259	Magnolia 995	0
671	95	259	Maicena 996	0
672	635	259	Majestad 998	0
673	104	259	Malaria 999	0
675	110	259	Mallorca 1002	0
674	641	259	Malta 1000	0
481	415	300	Maltona 647	0
676	644	259	Mani 1005	0
659	148	0	Manuela 531	0
578	336	323	Marcia 0711	0
482	109	323	Mari 654	0

699	0	257	Maria 004	0
336	0	0	Maria 809	0
652	147	250	Maria elena 521	0
549	153	328	Mariela	0
437	64	232	Mariela 532	0
581	144	304	Marilyn 0612	0
369	146	273	Marimba 297	0
396	2	0	Marimba 310	0
677	118	259	Marina 1007	0
495	396	324	Mariposa-r 493	0
592	336	323	Martha 0214	0
678	106	259	Martinica 1008	0
434	0	280	Maruyama 383	0
679	105	259	Mascota 1009	0
680	628	259	Maya 1010	0
478	145	276	Mayrita-r 481	0
585	549	290	Medusa 6411	0
528	330	301	Melani-r 753	0
372	0	261	Menta 139	0
534	198	323	Mercy 767	0
563	149	271	Mi longa	0
419	380	319	Miel 479	0
582	563	258	Milena	0
453	413	323	Mini 594	0
490	141	300	Miranda 678	0
529	1	288	Mishell 527	0
599	196	255	Moscu 8141	0
155	0	0	Muñeca 331	0
692	113	230	Musa 548	0
681	648	259	Nafta 1011	0
465	372	323	Nair 625	0
600	551	255	Namibia 7338	0
466	416	300	Natali 626	0

682	121	259	Natalia 1013	0
521	384	300	Natalia 740	0
683	0	314	Negra 1015	0
700	65	236	Nena 005	0
580	159	326	Nena 0412	0
607	157	317	Nena 362	0
684	637	299	Nieve 1019	0
467	414	230	Nina 627	0
617	161	251	Ninfa 453	0
685	103	315	Nirvana 1022	0
686	636	315	Nispero 1023	0
542	160	268	Nispero 551	0
532	395	323	Noel 760	25
551	543	240	Noemi	0
435	79	232	Nora 525	0
687	627	315	Noria 1026	0
479	208	324	Norita-r 482	0
543	10	0	Norma	0
688	658	315	Norma 1027	0
689	128	237	Nube 1031	0
452	390	323	Ñata 591	25
477	374	323	Ofelia 643	0
359	163	289	Olga 263	0
455	377	323	Olga 605	0
630	164	250	Olimpia 492	0
690	629	237	Onda 1042	0
513	32	323	Ortencia 723	0
515	4	323	Paloma 727	0
634	169	0	Paola-n 495	0
533	155	324	Paquita 530	0
462	331	233	Patricia 475	0
484	412	323	Paula 656	0
355	179	308	Paulina 245	0

411	16	238	Pavita 426	0
694	51	323	Payasa 580	0
448	408	230	Pepita 587	0
588	180	307	Pequeña 0113	0
427	162	323	Perica 500	0
176	0	0	Perla-n	0
374	32	0	Pia	0
409	175	238	Picosa 423	0
538	181	268	Pino 538	0
695	67	230	Pinta 584	0
602	176	255	Pirula	0
392	154	323	Pita 358	0
443	133	323	Playas 561	0
420	374	263	Prima 483	0
554	142	297	Princesa -gem	0
586	193	258	Real	0
363	187	289	Regia 277	0
331	0	0	Regina	0
379	51	261	Ritmo 238	0
368	344	310	Rocio 294	0
612	194	291	Romelia 407	0
649	612	0	Rondeña 516	0
344	190	312	Roxana 166	0
381	189	287	Rubia 247	0
351	195	245	Ruleta 206	0
505	218	323	Rusia 703	0
442	192	274	Ruskaya 393	0
550	22	328	Salome	0
449	35	323	Sapa 589	0
377	127	0	Sasha 232	0
200	0	0	Selena	0
485	209	323	Sheila 657	0
441	75	263	Sierra 553	0

520	177	323	Silva 739	0
574	203	254	Silvana	0
416	182	323	Sirena 463	0
480	213	230	Siria 648	0
204	0	0	Sofia	0
492	188	286	Sol 485	0
426	383	230	Sol 496	0
501	370	235	Solar-r 499	0
570	204	252	Soledad	0
312	0	0	Sonia 0211	0
499	387	230	Soraya 690	0
438	197	232	Subasta 534	0
523	414	231	Sueca 742	0
508	199	323	Tacoma 705	0
430	202	323	Talia 508	0
451	40	323	Tamara 592	0
405	375	238	Tati 415	0
522	209	323	Tomasa 741	0
552	215	277	Tropical 120	0
389	209	323	Tula 337	0
475	134	323	Urania 639	0
509	87	276	Uvilla-r 507	0
605	217	255	Valeria	0
457	170	230	Valiosa 612	0
589	566	290	Valle	0
491	417	230	Vanesa 677	0
569	0	254	Vasca	0
701	695	236	Vero 006	0
371	158	261	Verona 104	0
333	0	0	Veronica 224	0
584	24	290	Vicenta	0
516	45	276	Vicky 512	0
361	222	327	Victoria 269	0

391	210	323	Vida 352	0
566	221	254	Viena	0
406	47	238	Viña 417	0
447	0	272	Viñedo 410	0
606	223	248	Violeta 354	0
502	126	230	Violeta 694	0
598	579	255	Vivi 8144	0
579	221	252	Viviana	0
493	224	235	Xime 489	0
428	174	229	Yambal 360	0
560	215	303	Yoga 127	0
429	50	294	Yuliza 361	0
337	0	0	Zorzal 380	0
431	53	325	Zuleta 367	0

Anexo B. Pedigrí de vacas analizadas.

