

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**“ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE CONSANGUINIDAD Y
SU EFECTO SOBRE PESO AL NACIMIENTO EN OVINOS DE LA
RAZA CORRIEDALE”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. GIOVANI GODOFREDO MAMANI MAQUERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Médico Veterinario y Zootecnista

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TESIS

“ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE CONSANGUINIDAD Y SU EFECTO
SOBRE PESO AL NACIMIENTO EN OVINOS DE LA RAZA CORRIEDALE”

PRESENTADA POR:

Bach. GIOVANI GODOFREDO MAMANI MAQUERA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA



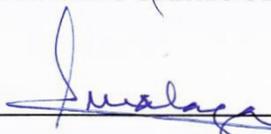
APROBADA POR:

PRESIDENTE:



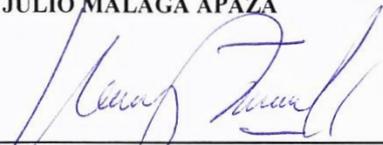
Dr. CEFERINO UBERTO OLARTE DAZA

PRIMER MIEMBRO:



Dr. JULIO MALAGA APAZA

SEGUNDO MIEMBRO:



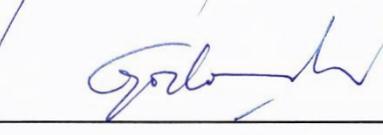
Mag. FRANCISCO HALLEY RODRIGUEZ HUANCA

DIRECTOR:



MVZ. ROLANDO G. ALENCASTRE DELGADO

ASESOR:



MVZ. GERARDO G. MAMANI CHOQUE

Área : Mejora genética animal
Tema : Efecto de la consanguinidad sobre el peso al nacimiento en ovinos

Fecha de Sustentación: 13 de Mayo de 2019

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Objetivos de la Investigación.....	10
1.1.1. Objetivo General.....	10
1.1.2. Objetivos Específicos.....	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
2.1. El Origen de los Ovinos.....	11
2.1.1. Producción Ovina en el Perú.....	11
2.1.2. La Raza Corriedale.....	12
2.2. Consanguinidad y coeficiente de consanguinidad.	13
2.2.1 Consecuencias de la Consanguinidad.....	16
2.2.2. Depresión consanguínea.....	17
2.2.3. Depresión consanguínea en animales domésticos.....	23
2.3 Factores que Influyen en el Coeficiente de Consanguinidad en una Población. ...	33
2.3.1 Tamaño de la Población.....	33
2.3.2 Tamaño efectivo de la Población.	33
2.3.3 Selección.....	33
2.4 Factores que Afectan el Peso de las Crías al Nacimiento.	34
2.4.1 Sexo de la Cría.....	34
2.4.2 Número de Crías Nacidas.....	34
2.4.3 Estado Nutricional de la Madre.....	35
2.5 Análisis de Regresión.....	36
2.5.1 Coeficiente de Correlación.....	36
III. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1 Lugar de ejecución.....	37
3.1.1. Vegetación del área experimental	37
3.1.2 Animales y base de datos:.....	37
3.1.2 Número de Crías Nacidas:.....	39
3.1.3 Numero de Crías por Padre:.....	39
3.2. Métodos:.....	41
3.2.1 Software para Calcular el Coeficiente de Consanguinidad.....	41
3.2.1.1 ENDOG Versión 4.8.....	41
3.2.2. Análisis estadístico:.....	42

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 Coeficiente de Consanguinidad Estimado en Ovinos Corriedale:	44
4.2. Efecto de la Consanguinidad sobre el Peso al Nacimiento.	47
V. CONCLUSIONES	53
VI. RECOMENDACIONES	54
VII. REFERENCIAS	55
Anexos	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Código de Padres.....	40
Tabla 2: Padres Utilizados por Año.....	40
Tabla 3: Número de Animales Consanguíneos por Padre.....	44
Tabla 4: Promedios del peso vivo al nacimiento (kg), según sexo, de las crías consanguíneas de la raza Corriedale en el Centro Experimental Chuquibambilla.....	47
Tabla 5: Promedios del peso vivo al nacimiento (kg), según código del carnero utilizado en el programa de inseminación artificial, de las crías consanguíneas de la raza Corriedale en el Centro Experimental Chuquibambilla.....	48
Tabla 6: Promedios del peso vivo al nacimiento (kg), según coeficiente de consanguinidad presentado, de las crías consanguíneas de la raza Corriedale en el Centro Experimental Chuquibambilla.....	49
Tabla 7: Promedio y desviación estándar (Prom \pm DE), coeficiente de regresión del coeficiente de consanguinidad (b), error estándar de b (ES) y su resultado de la prueba de significación (p), a un intervalo de confianza de 95% para el del peso vivo al nacimiento(Kg), de las crías consanguíneas de la raza Corriedale en el Centro Experimental Chuquibambilla.....	50
Tabla 8: Análisis de varianza para peso al nacimiento de las crías consanguíneas de la raza Corriedae en el Centro Experimental Chuquibambilla.....	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Animal con 12.5% de Consanguinidad..... 45

Figura 2: Animal con 25% de Consanguinidad..... 45

Figura 3: Animal con 37.5% de Consanguinidad..... 46

RESUMEN

En la actualidad, información acerca de la consanguinidad y su efecto sobre el peso al nacimiento en ovinos de la raza Corriedale, a partir de información de registro genealógico, para el monitoreo del progreso genético de programas de selección, son escasos. La finalidad fue cuantificar el nivel de consanguinidad y su efecto sobre el peso al nacimiento en ovinos de la raza Corriedale. Los objetivos de este trabajo fueron: 1) estimar el coeficiente de consanguinidad de la población de ovinos de la raza Corriedale; y, 2) Estimar el efecto de la consanguinidad sobre el peso al nacimiento en ovinos de la raza Corriedale. Se recolectó información existente de la población de ovinos de la raza Corriedale del Centro Experimental Chuquibambilla, perteneciente a la Universidad Nacional del Altiplano. Se obtuvo una base de datos de 3141 individuos nacidos entre el año 2010 hasta el 2017, el cálculo de la consanguinidad se realizó con el programa ENDOG Versión 4.8, mientras que el análisis estadístico de los resultados se realizó usando el programa estadístico SAS. El coeficiente de consanguinidad promedio fue de 1.14%, para toda la población, solo 4.17% de los ovinos tuvieron un coeficiente de consanguinidad mayor a 0, con un valor mínimo de 6.25% y un máximo de 37.5%. El efecto de 1% de consanguinidad resulta en -0.00418 Kg para peso al nacimiento, con valores de $p=0.530$ (no significativo). Además, se observó un incremento promedio del coeficiente de consanguinidad en la población menor a 1% por generación (0.23%). Estos resultados muestran que la consanguinidad en esta población es muy baja y el incremento de la consanguinidad es menor al 1%, lo cual es bajo y que las prácticas de apareamiento fueron adecuadas durante el periodo evaluado. Es importante contar con mayor información genealógica para una mejor estimación de coeficientes de consanguinidad y su efecto sobre caracteres productivos en ovinos.

PALABRAS CLAVE: Chuquibambilla, consanguinidad, Corriedale, peso al nacimiento, ovinos.

ABSTRACT

Currently, information about inbreeding and its effect over birth weight in sheep of the Corriedale breed, from genealogical record information for monitoring the genetic progress of selection programs, are scarce. The purpose was to quantify the level of consanguinity and its effect on birth weight in sheep of the Corriedale breed. The objectives of this work were: 1) to estimate the inbreeding coefficient of the sheep population of the Corriedale breed; and, 2) Estimate the effect of inbreeding on birth weight in sheep of the Corriedale breed. Information was recolected of the population of sheep of the Corriedale breed of the Chuquibambilla Experimental Center, belonging to the National University of the Altiplano. A database was made of 3141 individuals born between 2010 and 2017, was analyzed and processed with the ENDOG Program Version 4.8; and for the statistical analysis of the results, the SAS statistical program was executed. The average inbreeding coefficient was 1.14%, for the entire population, only 4.17% of the sheep had a coefficient of consanguinity greater than 0, with a minimum value of 0.0625% and a maximum of 37.5%. The effect of 1% of consanguinity results in -0.00418 Kg for weight at birth, with values of $p = 0.530$ (not significant). In addition, an average increase in the coefficient of consanguinity was observed in the population of less than 1% per generation (0.23%). These results show that the consanguinity in this population is very low and the increase of consanguinity is less than 1%, which is low and that the mating practices were adequate during the period evaluated. It is important to have more genealogical information for a better estimation of inbreeding coefficients and its effect on productive characters in sheep.

KEYWORDS: Chuquibambilla, Inbreeding, Corriedale, Birth weight, Sheep.

I. INTRODUCCIÓN

Consanguinidad es la acumulación de homocigosis, a partir de una población base, como consecuencia de cruzamientos entre parientes. En poblaciones pequeñas es inevitable la acumulación de consanguinidad la cual puede deprimir características de interés en animales domésticos.

En la actualidad, son escasos los estudios sobre los niveles de consanguinidad en las poblaciones de ovinos, que nos permitan estimar la magnitud del efecto del incremento de estos índices, en los parámetros productivos y reproductivos, a fin de optar medidas correctivas respectivas. Por otra parte, los niveles de consanguinidad están aumentando en los rebaños ovinos debido a un mayor uso de tecnologías reproductivas, como la inseminación artificial, donde se utilizan muy pocos carneros, ya que se eligen a los que tienen un mayor mérito de acuerdo al objetivo productivo, con lo que se acentúan los efectos perjudiciales de este tipo de cruzamiento.

La mayor importancia que tiene la generación de consanguinidad en una población, es la disminución del vigor, y la aparición de características indeseables en los animales consanguíneos (Lasley, 1970). De hecho, la mayoría de los productores de ganado están familiarizados con los efectos de la consanguinidad y los evitan, porque la experiencia ha demostrado que nacen animales con defectos genéticos, alteraciones del comportamiento, menor rendimiento productivo, reproductivo y con mayor susceptibilidad ambiental (Falconer y Mackay, 2001).

Por estas razones, considerando la gran importancia de lograr la mayor productividad sostenible en la crianza de ovinos, principalmente de la raza Corriedale, el estudio de los efectos de consanguinidad sobre caracteres productivos es relevante. En el caso de peso al nacimiento su importancia radica en la sobrevivencia de las crías que

tienen mejor peso, reduciendo la probabilidad de la mortalidad pre-destete, lo cual se traducirá posteriormente en mayor tasa de crías logradas al destete, cantidad de lana y animales para saca.

El objetivo general del presente trabajo fue estimar el coeficiente de consanguinidad y su efecto sobre el peso al nacimiento en los ovinos de la raza Corriedale en el Centro Experimental Chuquibambilla y los objetivos específicos fueron: a) Estimar el coeficiente de consanguinidad de la población de ovinos de la Raza Corriedale, y, b) Estimar el efecto de la consanguinidad sobre el peso al nacimiento en ovinos de la Raza Corriedale.

1.1. Objetivos de la Investigación.

1.1.1. Objetivo General.

Cuantificar el nivel de consanguinidad y su efecto sobre el peso al nacimiento en ovinos de la raza Corriedale.

1.1.2. Objetivos Específicos.

- Estimar el coeficiente de consanguinidad de la población de ovinos de la Raza Corriedale del Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla de la UNA Puno.
- Estimar el efecto de la consanguinidad sobre el peso al nacimiento en ovinos de la Raza Corriedale del Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla de la UNA Puno.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El Origen de los Ovinos.

Los ovinos fueron, aparentemente con los caprinos, los primeros animales domesticados por el hombre en el período neolítico. Por su difusión en las más variadas condiciones ambientales que ofrecen los distintos países de los cinco continentes, los ovinos son los animales más cosmopolitas. Desde Asia Central, posible centro originario, se esparcieron gradualmente en todas las direcciones. De esta forma llegaron por etapas a todos los puntos del planeta, y alcanzando así una distribución mundial que guarda cierta correlación con las condiciones del clima, suelo y sistemas de explotación del ganadero (Helman, 1952).

Existen actualmente más de 1200 millones de ovinos en el mundo, en primer término viene Asia y luego África, en tercer lugar en cantidad se encuentra Oceanía, luego viene Sud América, siendo los últimos Norte América y Europa. Este último continente es el menos poblado y al mismo tiempo, donde los ovinos son criados en mayor cantidad por kilómetro cuadrado (FAO, 1996).

2.1.1. Producción Ovina en el Perú.

La producción animal en el altiplano peruano está basada en la crianza de ovinos. La población de ganado ovino se concentra en la Sierra con 8 972,2 cabezas, que representa el 94.2% del total. Considerando las razas, son la raza Criolla las que tienen mayor participación (80,5%), seguidos por la raza Corriedale (11, 3%). En la Costa, la raza predominante es la Criolla (con 79,8%) y finalmente en la Selva la raza predominante es criolla con 71,3% (CENAGRO, 2012).

La crianza ovina constituye la mayor actividad para el sustento de las familias en la región altiplánica del país. Sin embargo, el sistema de producción actual utilizado por la

mayoría de productores tiene muchas deficiencias de manejo tecnificado lo que trae como consecuencia la disminución de la productividad, debido a una alta tasa de mortalidad de crías y bajo peso al nacimiento, entre otros factores. (MINAGRI, 2013)

Además, dentro de los múltiples factores que influyen en la producción ovina, está el sistema de empadre que se utiliza, el cual, si no es adecuado, podría traer como consecuencia un incremento de los niveles de consanguinidad en la población, el cual podría generar descendencia con problemas congénitos y/o disminución de los valores genéticos que controlan los parámetros productivos (peso al nacimiento, peso al destete, peso de vellón, longitud de la mecha, etc.) y reproductivos. La consanguinidad o consanguinidad es definida como el resultado del apareamiento de individuos que están emparentados (relacionados) el uno con el otro por algún ancestro en común, al ser parientes genéticos las crías producidas serán consanguíneas. Cuanto más cercanos y relacionados estén genealógicamente, esta probabilidad será más alta. (Falconer y Mackay, 1996).

2.1.2. La Raza Corriedale.

Originaria de Nueva Zelanda, creada entre los años 1880 y 1910, por James Little, a partir de la cruce entre carneros de raza de lana larga como el Lincoln con hembras Merino; del Lincoln heredaron una buena conformación para carne y del Merino un denso vellón de buena calidad. Su idea era forjar un ovino de esqueleto sólido, parecido al de las caras negras, de fuerte constitución y con la resistencia suficiente para bregar contra las inclemencias del clima y del suelo, precoz para el rápido engorde y con un vellón de lana cruce fina de la mejor calidad posible (Alencastre, 1997.; García, 2000).

2.2. Consanguinidad y coeficiente de consanguinidad.

La consanguinidad es una medida de diversidad genética y se define consanguinidad como emparente entre individuos con uno o más ancestros comunes conocidos o emparentados. En especies diploides, los individuos consanguíneos llevarán dos copias del mismo alelo que son idénticos por descendencia, a través de la replicación del ADN (Carrillo y Siewerdt, 2010; Márquez *et al.*, 2010; Akhtar *et al.*, 2000).

Más específicamente, se define consanguinidad cerrada o cercana a un emparente entre hermanos enteros o entre padres e hijos, resultando en una progenie con un coeficiente de consanguinidad de 0.25, y consanguinidad moderada o lejana, como el emparente de medios hermanos, tío y sobrina, tía y sobrino, abuelo y nieta o primos cercanos, resultando en una progenie con coeficientes de consanguinidad aproximado de 0.125 (Tabla 3) (Márquez *et al.*, 2010; Marshall *et al.*, 2002).

La consanguinidad acompañada con la selección puede ser usada para el mejoramiento genético de animales de granja. Sin embargo, varios estudios en plantas y animales, demuestran que la consanguinidad está usualmente asociada con la aparición de defectos genéticos y sobre todo en la disminución del vigor o rendimiento animal conocido también como depresión consanguínea. Esta disminución en el vigor es debida a la manifestación de genes recesivos perjudiciales a través del incremento de la homocigosis (Keller *et al.*, 2011; Akhtar *et al.*, 2000; Dale *et al.*, 1993).

El coeficiente de consanguinidad es la probabilidad de que dos alelos en un mismo locus sean idénticos por descendencia (Calboli *et al.*, 2008; Simm, 1998; Falconer y Mackay, 1996). Esta probabilidad se refiere a un solo individuo y expresa el grado de parentesco entre sus padres. Se denota el coeficiente de consanguinidad como F de Sewell Wright, el cual se obtiene mediante la siguiente fórmula (Spike, 2009):

$$F_z = 1/2 \sum (1/2)^n (1 + F_A)$$

Siendo:

F_z = Coeficiente de consanguinidad del individuo z

Σ = La sumatoria de las contribuciones de todas las rutas que deberían ser sumadas

n = Numero de segregaciones en una ruta que causa un parentesco entre el padre y la madre de Z .

F_a = Coeficiente de consanguinidad del ancestro común de cada ruta de parentesco.

Como se puede apreciar, el coeficiente de consanguinidad de una cría es un medio de la relación del numerador aditivo entre sus padres, por lo tanto, el numerador promedio de parentesco entre candidatos padres son útiles para predecir consanguinidad futura, también conocido como coeficiente de coancestría (Márquez *et al.*, 2010).

En recientes años, la intensidad de selección, un factor contribuyente al nivel de consanguinidad, se ha intensificado en línea con el progreso en tecnología reproductiva, tales como transferencia embrionaria y fertilización in vitro, las cuales usan pocos padres que proveen a la siguiente generación. La posibilidad de co-seleccionar animales emparentados es también mejorado a través de métodos estadísticos empleados por criadores de animales, tal como modelo BLUP (McParland *et al.*, 2007)

En programas de mejoramiento genético, el coeficiente de consanguinidad y la tasa de consanguinidad anual deberían ser monitoreados debido a su impacto en la producción y en la estimación de parámetros genéticos. Además, la tasa de incremento de

consanguinidad es un indicador de cómo muchos años un rebaño puede ser mantenido antes de que alcance un nivel crítico de consanguinidad (Alsheikh, 2005).

Es recomendable conocer la tasa de consanguinidad de una población antes de escoger un programa de mejoramiento genético. Esto requiere de un método para predecir tasas de consanguinidad en la población que puede hacerse mediante el uso del BLUP, lo cual no es muy común (Bijma y Woolliams, 2000).

Se encontró que en aves silvestres y mamíferos, la consanguinidad cerrada o cercana, generalmente ocurre a una frecuencia de 0 a 6% con más de 50% de publicaciones mostrando una frecuencia menor al 2%. Además se sugiere que algunos pequeños mamíferos pueden tolerar muy altos niveles de consanguinidad cerrada, por lo que se puede concluir que mientras la consanguinidad cerrada puede ser rara en la mayoría de aves y mamíferos, una frecuencia relativamente alta de consanguinidad cerrada puede ocurrir si hay una falta de empadre alternativo o un alto costo de dispersión (Marshall *et al.*, 2002).

Estudios hechos por Keller (1998), reportaron que 51 de 671 parejas (7.6%) de una población isleña de loros cantantes estaba cercanamente o moderadamente emparentados mientras que en perros de pradera cola negra se reportó que 36 de 770 empadres (4.7%) provenían de parejas cercanas o moderadamente emparentadas. En ambas especies, es probable que la real tasa de consanguinidad sea más alta, debido a que los registros genealógicos están incompletos (Marshall *et al.*, 2002).

En humanos, una categoría de consanguinidad moderada, unión tío-nieta, toma en cuenta para 21% de matrimonios hindúes y 10.2% de matrimonios cristianos en la región de Karnataka del sur de india, e incluso entre musulmanes en Karnataka, para quienes los

matrimonios tío-nieta están prohibidos por el Koran, 3.7% de los matrimonios son de este tipo (Marshall *et al.*, 2002)

La causa de alta consanguinidad promedio puede ser ampliamente atribuida a tamaño de población pequeña más que a la práctica de emparente consanguíneo (Calboli *et al.*, 2008). Estudios hechos en terneros demuestran que se requiere niveles mayores de consanguinidad, alrededor de 19%, para anular la ganancia genética de la selección (Carrillo y Siewerdt, 2010). Sin embargo, según estudios realizados en ovejas francesas, por Danchin-Burge *et al.* (2010), se consideran animales con valores de consanguinidad mayores a 6.25%, como altamente consanguíneos.

La consanguinidad ha mostrado tener en la actualidad cierta ventaja en el estudio como modelo animal de humanos, para el estudio de ciertas enfermedades. Por ejemplo, se ha estudiado a perros de raza pura usados como modelos para desordenes mendelianos humanos, tales como Narcolepsia, cáncer de riñón, enfermedad intersticial del pulmón, enfermedad de Addison o el quiste dermoide en perros Ridgeback Rodhesian (Calboli *et al.*, 2008).

2.2.1 Consecuencias de la Consanguinidad.

La consanguinidad ha sido por mucho considerada una herramienta importante a ser usada en el desarrollo de hatos con núcleos genéticos con alta prepotencia para resaltar y por lo tanto hacen posible la eliminación de defectos genéticos ocultos y el incremento de la frecuencia de genes deseables en la población. Desafortunadamente, el proceso incrementa la homocigosidad para cualquier gen que esté presente, incluyendo los menos deseables, lo que trae como consecuencia que el mérito genético se reduce en algunos caracteres. Por lo tanto, la habilidad para usar la consanguinidad en forma efectiva que permita mejorar el mérito en animales domésticos, depende mucho de la oportunidad de

uno para seleccionar dentro de la población consanguínea. La oportunidad para seleccionar, en cambio, depende críticamente de la tasa de reproducción de la población. En una población que está siendo mantenida a un tamaño constante, una disminución en la tasa de reproducción reduce no solamente la habilidad para seleccionar eficazmente sino también el valor total de la producción (Panetto *et al.*, 2010; Gómez *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2007; Ercanbrack y Knight, 1991).

En el largo plazo, la consanguinidad representa una importante desviación de la panmixia y tiene efectos importantes que pueden afectar fuertemente cantidades de biodiversidad. Primero la alta homocigosidad reduce el tamaño efectivo de la población (N_e). Segundo, reduce la frecuencia efectiva de recombinación en todo el genoma y finalmente incrementa la separación entre individuos y poblaciones (Charlesworth, 2003).

Los efectos negativos de la consanguinidad puede ser resumido entonces como: Depresión consanguínea, perdida de la variabilidad genética y aumento en la frecuencia de genes recesivos detrimentales en estado de homocigosis (König, *et al.*, 2010)

A continuación se describirán diferentes casos de efectos de la consanguinidad en animales domésticos y silvestres, siendo la depresión consanguínea el principal efecto sobre la productividad y el que tiene mayor relevancia en la presente investigación.

2.2.2. Depresión consanguínea

La práctica de consanguinidad resulta en depresión consanguínea, la cual es descrita como una reducción en el rendimiento fenotípico de animales consanguíneos, particularmente en caracteres reproductivos, de rendimiento, crecimiento y sobrevivencia reduciendo la rentabilidad pecuaria. La depresión consanguínea es también una seria preocupación en los programas de selección, en el mantenimiento de especies en peligro

y en la protección del cuidado humano (McParland *et al.*, 2008; Norberg y Sorensen, 2007; Muasya *et al.*, 2006; Falconer y Mackay, 1996; Gilbert *et al.*, 1988).

La depresión consanguínea es una combinación de dos causas a nivel de locus. La primera causa es la reducción de la cantidad de heterocigosis, lo cual directamente afecta la habilidad para explotar los efectos genéticos directos de la dominancia genética. La segunda causa es la consecuencia negativa de homocigosis en algún loci, ya que la falta de un alelo podría tener consecuencias desfavorables si ese alelo codifica la síntesis de una enzima que juega un rol crítico en una ruta bioquímica que afecta el fenotipo, ya sea este productivo, reproductivo o de salud (Carrillo y Siewerdt, 2010; Davis y Simmen, 2010; Gómez *et al.*, 2009).

Es probable que la primera causa sea usualmente más importante debido a la acumulación de muchas pequeñas pérdidas que tienen un impacto inmediato en el fenotipo debido a la falta de heterocigosis. La última causa tendrá un impacto inmediato si se presenta a través de la letalidad o supresión completa de reproducción o si es solamente expresado en grandes niveles de consanguinidad, como un total de efectos acumulativos expresados como interacciones epistáticas, por lo tanto, puede esperarse que estos efectos deberían ser menos frecuentes a niveles de consanguinidad reducidos. Se ha sugerido que los efectos de la sobredominancia epistática compleja puedan ser perdidos debido a la depresión consanguínea, más como una pérdida en el aprovechamiento de la heterosis que en la expresión de alelos que son desfavorables al rendimiento o producción (Carrillo y Siewerdt, 2010; Brown *et al.*, 2009).

Se ha encontrado efectos de la consanguinidad en animales domésticos, de laboratorio y en muchas poblaciones de animales silvestres en cautiverio. En poblaciones silvestres, la evidencia empírica de la depresión consanguínea ha probado ser más elusiva,

parcialmente debido a los mecanismos naturales dispersos que han evolucionado para minimizar el empareamiento entre parientes, pero también debido a las dificultades de adquirir una base de datos de mejoramiento a largo plazo e historia sobre los individuos necesarios para calcular la consanguinidad y prueba para la depresión consanguínea (Brekke *et al.*, 2010).

La consanguinidad y sus consecuencias han sido de gran interés en medicina, mejoramiento genético animal, mejoramiento genético de plantas, biología evolucionaria y conservación. Muchos estudios de animales silvestres y plantas han demostrado una asociación negativa entre consanguinidad y componentes de rendimiento tales como sobrevivencia, resistencia a enfermedades, habilidades para eludir a depredadores, crecimiento o reproducción, y un estudio de mariposas *Glanville Firtillary* (*Melitea cinxia*) sugiere que la depresión consanguínea puede ser suficiente para causar extinción de la población local (Marshall *et al.*, 2002; Keller *et al.*, 2011; Reid *et al.*, 2007; Dale *et al.*, 1993; MacNeil *et al.*, 1989).

Según varias teorías, la explicación teórica considera que la depresión consanguínea es una consecuencia de los efectos de los genes dominantes, y por lo tanto caracteres con un componente de dominancia más alto son más sensibles a la depresión consanguínea (Curik *et al.*, 2003). Entonces, para que la depresión consanguínea ocurra, algún grado de dominancia debe existir en los loci correspondiente al carácter. La dominancia puede ser parcial o completa o incluso puede incluir sobredominancia (Michalczyk *et al.*, 2010; Whitlock, 2002; Davis y Brinks, 1983).

De acuerdo a Ballou (1997) y Keller *et al.* (2011), dos principales hipótesis han sido supuestas para explicar el efecto de la depresión consanguínea. Ambos relacionan la disminución de heterocigotos durante el proceso de mutación. La hipótesis de la

dominancia parcial se concentra en el rol de la homocigosidad de mutaciones deletéreas parciales raras. Las mutaciones deletéreas constantemente surgen en la población y la selección rápidamente purga la mayoría de los aditivos y dominantes, dejando el conjunto segregado de mutaciones deletéreas, enriquecidas con recesivos, parcialmente debido a que la selección contra mutaciones recesivas es ineficiente. Cuando tales mutaciones se reúnen en forma homocigota, como es el caso de la consanguinidad, sus efectos deletéreos son entonces expuestos. Alternativamente, la hipótesis de la sobredominancia establece que la depresión consanguínea es causada por una reducción en la heterocigosidad de alelos en común mantenidos en equilibrio, en loci que exhiben superioridad cuando se encuentran en forma heterocigota. Ambos mecanismos pueden jugar un rol importante en la depresión consanguínea, pero la hipótesis de la dominancia parcial es la más aceptada hasta la fecha (Keller *et al.*, 2011).

La depresión consanguínea ha sido reportada que influencia caracteres relacionados al rendimiento en varias especies y puede ser definida a nivel poblacional o individual como un decline en el rendimiento de las crías como consecuencia directa del incremento de parentesco entre los padres. En concordancia, el grado de parentesco entre los padres puede tener consecuencias de rendimiento indirecta y pueden inducir una presión de selección para evitar el emparejamiento entre parientes, aunque la evidencia en vertebrados es conflictiva (Keller *et al.*, 2011; Holand *et al.*, 2007; Halverson *et al.*, 2006).

Existe muchas investigaciones del efecto de la depresión consanguínea sobre caracteres que son cercanamente relacionados a rendimiento (fecundidad y sobrevivencia) en animales silvestres, domésticos y de laboratorio (cabras, babuinos y marmotas) (Frere *et al.*, 2010). Según Falconer y MacKay (1996), la consanguinidad tiene un efecto de reducción sobre caracteres de rendimiento más que en caracteres morfológicos.

De igual forma, Gómez *et al.* (2009) y Halverson *et al.* (2006) mencionan que la depresión consanguínea tiene más oportunidad de ocurrir en caracteres relacionados a reproducción, sobrevivencia y rendimiento, mientras que caracteres de producción o morfológicos, tales como medidas corporales o carcasa, típicamente muestran poco o ningún cambio frente a la consanguinidad, aunque pueden existir excepciones (Kaeuffer *et al.*, 2008; Culbertson *et al.*, 1997; Gilbert *et al.*, 1988).

Dicho de otra forma, la depresión consanguínea generalmente muestra una relación inversa con la heredabilidad de caracteres, es decir, caracteres con baja heredabilidad muestran mayor depresión consanguínea y caracteres con alta heredabilidad muestran menor depresión consanguínea (Carrillo y Siewerdt, 2010; Davis y Simmen, 2010). Sin embargo, la consanguinidad ha sido mostrada tener efectos no lineales sobre caracteres de producción en vacuno lechero y vacunos de carne como Charolais, Hereford y Angus (McParland *et al.*, 2008).

Cuando la carga genética recesiva es desigualmente distribuida entre fundadores de genoma o cuando las líneas de fundadores están expuestas a cantidades variables de selección, los descendientes de diferentes fundadores pueden ser diferencialmente afectados por la depresión consanguínea (Casellas *et al.*, 2012).

La consideración de efectos de depresión consanguínea de fundadores específicos e interacción epistática podría tener un impacto relevante en el manejo de la consanguinidad entre la selección actual y los programas de conservación en animales domésticos (Casellas *et al.*, 2012).

El nivel de depresión consanguínea de una población es una función del mecanismo genético de depresión consanguínea así como del sistema de empadre y la historia demográfica de la población. De esta forma, un animal consanguíneo con ancestros

consanguíneos debería ser menos susceptible a la depresión consanguínea que un animal consanguíneo con ancestros no consanguíneos debido a que la sobrevivencia y reproducción de ancestros consanguíneos son menos probables que sean portadores de alelos deletéreos (Ballou, 1997).

La selección artificial trae progreso genético, pero también incrementa la tasa de consanguinidad, la cual resulta se traduce en depresión consanguínea del carácter seleccionado. Hoy el problema es más grave ya que la respuesta de la selección en el corto plazo esta maximizado por el uso del modelo animal BLUP (Best Linear Unbiased Predictor) para realizar las evaluaciones genéticas. Existe un consenso de que el BLUP es el mejor método disponible para evaluación genética ya que incrementa la precisión de selección mediante el uso de toda la información disponible de parientes, en la evaluación de candidatos a la selección. Sin embargo, el nuevo uso del BLUP puede también incrementar la consanguinidad y la pérdida de variabilidad genética, debido a que los individuos emparentados tienden a ser seleccionados juntos, ya que ellos comparten la mayoría de su información familiar (Sanchez *et al.*, 1999; Quinton *et al.*, 1992).

La variabilidad de la depresión consanguínea entre ancestros comunes puede ser debido a diferencias en proporción inicial de loci heterocigoto. Por lo tanto la depresión consanguínea puede ser determinada por relativamente pocos genes recesivos y la depresión consanguínea en los descendientes puede depender sobre aquellos alelos que son presentes en la población inicial o fundadora (Miglior *et al.*, 1994)

Se ha estipulado que la decisión de selección debería incluir un diferencial de selección débil para aquellos caracteres que son más influenciados por la depresión consanguínea, además debe de tomarse en cuenta el efecto conjunto que la consanguinidad directa y maternal pueda ejercer sobre otros caracteres (Carrillo y Siewerdt, 2010).

2.2.3. Depresión consanguínea en animales domésticos.

Se han realizado algunos estudios en ovinos lanados para caracteres de crecimiento y vellón, debido a su importancia económica. También muchos estudios se han realizado en ungulados y otras especies domésticas con respecto a caracteres productivos y reproductivos, de las cuales se dará una reseña de los principales efectos en la depresión consanguínea.

Ercanbrack y Knight (1991) analizaron el efecto de la consanguinidad, en las razas ovinas Rambouillet, Targhee y Columbia. Aunque la finura del vellón para Rambouillet y Columbia fue significativamente mayor con la consanguinidad de la oveja, los cambios fueron demasiado pequeños para ser económicamente importantes pero si se observó un efecto más importante en la reducción del peso de vellón, el cual fue bajo en las tres razas.

El efecto de la depresión consanguínea en la raza Columbia no fue importante a niveles de consanguinidad menores de 20% pero se convirtió curvilíneamente más importante a niveles más elevados. La disminución del peso del vellón en las 3 razas por cada 1% de consanguinidad (0.17, 0.12, 0.009 kg para Rambouillet, Targhee y Columbia, respectivamente) puede ser atribuido parcialmente a disminución concomitante en el peso al nacimiento el cual fue significativo en las tres razas (0.08, 0.14 y 0.002 Kg por cada 1% de consanguinidad). Esto demuestra que el peso al nacimiento, similar al peso de vellón en Columbia, no fue apreciablemente afectado a niveles más bajos de consanguinidad, aunque la disminución se inició inmediatamente en las otras dos razas. Además, se encontró que la consanguinidad de la oveja tuvo un pequeño efecto sobre el peso de la camada destetada, existiendo una disminución de 0.59 kg por cada incremento de 1% de consanguinidad (Ercanbrack y Knight, 1991).

Dado estos resultados obtenidos en el detrimento de peso de vellón, y otros caracteres productivos y reproductivos, conforme aumenta el coeficiente de consanguinidad en el individuo o la madre, y debido a que la efectividad de la selección es, a la par, reducido por la disminución de la reproducción neta (Borg *et al.* 2009), el uso de la consanguinidad como herramienta para el mejoramiento genético en ovejas parece altamente imprudente.

Aunque las pérdidas económicas no son tan serias a bajos niveles de consanguinidad, los beneficios deseables de la consanguinidad también son bajos a tales niveles. (Ercanbrack y Knight, 1991).

En la mayoría de investigaciones se estudia el efecto que puede tener el coeficiente de consanguinidad directa sobre los caracteres evaluados, pero la consanguinidad maternal o la combinación de estos dos, deben ser también tomados en cuenta. Estudios hechos en ovinos, reportan que la correlación entre coeficientes de consanguinidad del individuo y el coeficiente de consanguinidad de la madre es de 0.10, lo cual permite calcular separadamente la depresión consanguínea directa y maternal (Norberg y Sorensen, 2007).

De acuerdo a estudios revisados en ovinos por Lamberson *et al.* (1982), un incremento de 1% en la consanguinidad de la madre resultó en una disminución de 0.007 Kg en peso de vellón a los 6 meses. Incluso cuando se midió el peso de vellón al año, el efecto fue de - 0.022 Kg/1% de consanguinidad reportado por investigadores de Merino Australiano y - 0.010 Kg/1% de consanguinidad reportado por investigadores de Estados Unidos en ovejas locales. Un incremento de 1% de la consanguinidad de la madre resulto en una disminución de 0.272 Kg en el peso corporal de la oveja al empadre. Este coeficiente es mayor que el de otros reportado por otros investigadores (-0.134 Kg/1%).

De igual forma, la consanguinidad del feto y oveja tuvieron el efecto de demorar la fecha de parto tanto debido a un periodo más largo de exposición al carnero a la

concepción o debido a un intervalo gestacional más largo. Aunque parece improbable que un aumento de la consanguinidad incremente el periodo de gestación, esto puede deberse a un incremento del peso debido a un pequeño incremento de la consanguinidad (Lamberson *et al.*, 1982).

Asimismo, en ovinos de la raza Hampshire, por cada 1% de incremento de la consanguinidad de la madre, el peso al nacimiento de corderos disminuye aproximadamente en 0.007 Kg, lo que demuestra que la consanguinidad de la madre tuvo un efecto pequeño pero no significativo en sobrevivencia de corderos (Lamberson *et al.*, 1982).

En estudios hechos en corderos Hissardale, por Akhtar *et al.* (2000) se ha observado que el coeficiente de consanguinidad tuvo un efecto significativo directo sobre peso al nacimiento y mortalidad de camada. Por cada incremento en 1% de consanguinidad individual o directa, el peso al nacimiento, peso al destete y mortalidad de camada variaron en -6g, -15g y +0.006% respectivamente, mientras que un incremento de 1% de la consanguinidad de la madre estuvo asociado con un cambio en peso al nacimiento, peso al destete y mortalidad de camada en -6g, -3g y +0.24%, respectivamente.

Estos resultados son similares a los encontrados anteriormente por Ercanbrack y Knight, (1991), en donde se sabe que el efecto combinado de consanguinidad de cordero y de la madre reduce el peso de la camada destetada en aproximadamente 0.5 kg por cada 1% de incremento en la consanguinidad.

De acuerdo a estudios hechos por Ercanbrack y Knight (1991), en corderos de las razas Targhee y Columbia, los efectos combinados de consanguinidad tanto del cordero como de la madre reducen la tasa de reproducción neta en más de 1% por cada incremento de 1% de consanguinidad. Asimismo la tasa de fertilidad de las borregas se reduce en 1.2%

por cada incremento de 1% de consanguinidad, además de que también se observó un efecto negativo sobre la prolificidad.

También es sabido que la consanguinidad afecta la producción de leche y esto repercute negativamente en el peso al destete del cordero. Según Ercanbrack y Knight (1991), la consanguinidad de la madre disminuyó significativamente la producción de leche en ovinos.

El efecto de la consanguinidad del cordero en la reducción del peso al destete fue de un mínimo de 3.5 veces más importante que el de la consanguinidad de la madre. El efecto combinado de consanguinidad promedio del cordero y de la madre reduce el peso al destete en aproximadamente 2.2 a 3.5 Kg en ovinos, lo cual representa entre 6 a 10%. La consanguinidad también causó una disminución significativa en peso al nacimiento para las razas Targhee y Columbia en aproximadamente 6%. También se encontró efecto negativo entre 0.7 a 7.2 %, de efecto de la consanguinidad del cordero sobre la sobrevivencia del mismo de 3 a 5 meses y una disminución de 1.2% de fertilidad por cada 1% de consanguinidad (Ercanbrack y Knight, 1991).

Estudios hechos en ovinos Texel, Shropshire y Oxford Down, para todas las razas, la consanguinidad afectó los promedios de los caracteres significativamente. La disminución en peso al nacimiento debido a un 10% de incremento en la consanguinidad para el cordero estuvo en el rango de 82 a 112 g, o de 2 a 2.6% de la media. También se ha reportado que el efecto combinado de 20% de consanguinidad en las madres y 25% de consanguinidad en los corderos, redujo el peso al nacimiento en aproximadamente 6%. Se demostró que en las tres razas la consanguinidad afecta negativamente el peso al nacimiento, ganancia diaria promedio y el tamaño de camada de las tres razas. Asimismo

se observó un incremento de alrededor de 1% de consanguinidad por generación (Norberg y Sorensen, 2007).

Algunos estudios reportan efectos desfavorables del coeficiente de consanguinidad sobre el peso al nacimiento en vacunos, encontrándose una reducción de 0.38 kg por cada 1% consanguinidad o una reducción de 5.8 Kg por cada 1% consanguinidad en peso al nacimiento en vacunos Brown Swiss. De estos resultados se ha determinado que un promedio de coeficiente de consanguinidad por encima de 11% es perjudicial para el peso al nacimiento (Santana *et al.*, 2012).

Una investigación realizada en vacas Guernsey mostró que el peso al nacimiento de los terneros disminuyó cuando la consanguinidad se hizo más intensa. Incluso se observaron muchas muertes y malformaciones de los órganos reproductivos (Bartlett *et al.* 1942).

Estudios hechos en ganado Hereford demostraron que las madres consanguíneas afectaron significativamente la mortalidad perinatal. Los terneros consanguíneos son más pequeños al nacimiento lo cual potencialmente los predispone a una mayor probabilidad de mortalidad perinatal, debido a que terneros muy pequeños pueden ser más propensos a mortalidad. Sin embargo, también se reportó una correlación positiva, aunque no significativa, entre mortalidad perinatal y peso al nacimiento. La asociación entre peso al nacimiento y mortalidad perinatal tiene probablemente una relación no lineal, tanto en los casos de terneros muy grandes y muy pequeños, los cuales son más predispuesto a mortalidad perinatal, quizá por problemas de abortos, partos distócicos o problemas de nacimientos con malformaciones congénitas (McParland *et al.*, 2008; Mumtaz *et al.*, 2007).

En estudios hechos en terneros Angus, el coeficiente de consanguinidad de la madre tuvo un efecto significativo sobre el peso al nacimiento de la progenie y tuvo una tendencia a tener efecto negativo en ganancia de peso pos destete. Muchos estudios de consanguinidad reportaron que la consanguinidad de la madre disminuye los pesos al destete y al año en 0.30 y 0.21 Kg respectivamente, por cada incremento de 1% de consanguinidad, sugiriendo disminución de la producción de leche en madres consanguíneas, mientras que el efecto de consanguinidad de la madre sobre el peso al nacimiento fue inconsistente y cercano a cero. En otros estudios también se concluyó que la consanguinidad de la madre tuvo un pequeño efecto sobre peso al nacimiento de terneros, pero tuvo un efecto detrimental en ganancia de peso pre destete y peso al destete (Davis y Simmen, 2010).

Según McParland *et al.* (2008), los animales consanguíneos son más pequeños al nacimiento y tienen menor peso al destete y peso vivo adulto. Esto se obtiene de estudios hechos en las razas Charolais, Limousin y Simmental, en donde la consanguinidad afecta casi todo los caracteres esqueléticos y musculares con animales consanguíneos siendo más pequeños y menor desarrollo muscular. Además, se observó que disminuye la circunferencia escrotal en sólo la raza Hereford a pesar de reportes previos de efectos en Angus negro y rojo.

Resultados similares de depresión consanguínea se observaron en vacunos de la raza Bonsmara, en donde se observó que un coeficiente de consanguinidad promedio mayor a 20% o mayor a 4.25% de incremento de consanguinidad promedio en la población, afectan negativamente el peso al destete (Santana *et al.*, 2012)

De acuerdo a estudios hechos por McParland *et al.* (2007), la depresión consanguínea fue expresada como una reducción en ganancia pos destete de 240 g por cada incremento

en 1% de consanguinidad en poblaciones de ganado Limousine americano y como una reducción en el pico de producción de leche de 0.06 a 0.12 kg por día por incremento de 1% de consanguinidad en vacas Holstein en Estados Unidos. Resultados similares fueron encontrados por Gilbert *et al.* (1988) para el carácter peso al destete.

Además, según Mc Parland *et al.* (2008), la consanguinidad afectó muy poco el peso de carcasa y porcentaje de grasa, lo cual podría ser explicado por el efecto de las frecuencias alélicas. Según refieren, la magnitud de depresión consanguínea es dependiente de la frecuencia alélica. En comparación con los alelos en elevadas frecuencias, los alelos en frecuencia intermedias tienen mayor efecto y estas últimas no son comunes de encontrar en las razas seleccionados como el Hereford, Angus y Simmental.

Efectos desfavorables de incremento de consanguinidad han sido reportados en caracteres de rendimiento pre-destete de las razas Angus, Hereford y Shorthorn, y se ha encontrado que en los caracteres reproductivos los efectos de la consanguinidad fueron más pronunciados en individuos más jóvenes. Además, la consanguinidad de la madre ha sido negativamente relacionada a rendimiento pre destete y positivamente relacionado a rendimiento pos destete de la progenie (McCurley *et al.*, 1984).

De estudios hechos en Angus, un incremento de 1% de consanguinidad causa una disminución de 2 Kg sobre el peso corporal. Asimismo, de acuerdo con estudios en Shorthorn, los valores de consanguinidad altos están asociados con un menor peso adulto mientras que la consanguinidad de la madre conlleva a un incremento de peso (McCurley *et al.*, 1984).

También en terneros Angus, de acuerdo a estudios hechos por Davis y Simmen (2010), por cada 1% de incremento de consanguinidad ocurre una disminución de 0.06, 0.44, 0.69

y 1.30 Kg en peso al nacimiento, peso al destete, peso al año y peso adulto, respectivamente. Similarmente, en la raza Alentejana, los caracteres con mayor porcentaje de impacto de consanguinidad individual fueron número total de crías en la vida productiva de la vaca y peso al nacimiento de terneros.

En otros estudios realizados en vacunos de carne, se encontró una disminución de 2 kg en peso vivo adulto asociado con incremento de consanguinidad de 1% en vacuno de carne. En ganado Limousin, la ganancia de peso vivo pos-destete se estimó en una reducción de 0.24 kg por cada 1% de incremento de consanguinidad y en vacuno lechero, los efectos de consanguinidad demostraron ser acumulativos, disminuyendo la vida productiva (Marquez *et al.*, 2010).

Estudios realizados en vacas Holstein, por Gonzales-Recio *et al.* (2007), han demostrado que la dificultad al parto se incrementó en 0.92 y 0.66% para terneros machos y hembras, respectivamente, cuando la consanguinidad promedio se incrementa de 1.5 a 3.7%. Un coeficiente de consanguinidad mayor a 10% incrementa la edad al primer parto en 27 días en vacunos. Resultado similares de pérdida de la eficiencia reproductiva también se observó en burras (Gutiérrez *et al.*, 2005).

De acuerdo a estudios en ocho razas españolas locales de vacunos de carne, la consanguinidad muestra tener un efecto adverso de todos los caracteres de rendimiento, aunque los efectos de la depresión consanguínea fueron más severos en población desarrollada bajo sistema de apareamientos emparentados, y particularmente en animales con coeficientes de consanguinidad mayores a 20% (Gutiérrez *et al.*, 2003)

De acuerdo a estudios realizados por McParland *et al.* (2008) La consanguinidad de la madre no afectó significativamente la distocia de las razas Charolais, Limousin, Simmental o Hereford. El incremento de la consanguinidad de la madre fue

significativamente asociada con un incremento de distocia en madres de raza Angus de primer parto. Una razón potencial para tal efecto puede ser que la consanguinidad demore el inicio de madurez resultando en vacas más pequeñas que son naturalmente más predispuestas a distocia. Tal como lo demostraron, la consanguinidad afectó la conformación de hembras (-0.018 / 1% consanguinidad) más que en todos los toretes (0.026/1%) o toros (0.016/1%).

En estudios de aves recopilados y citados por König *et al.* (2010), se ha encontrado que la depresión consanguínea fue mínima para caracteres de producción de huevo (número de huevos, peso de huevo, o masa de huevo), pero un incremento en la consanguinidad estuvo asociado con una demora en la madurez sexual. Ligera depresión consanguínea ha sido reportada también para caracteres de peso al nacimiento, peso promedio del huevo, edad a la primera postura y porcentaje de huevos fertilizados.

En estudios hechos en caballos andaluces, la consanguinidad promedio de 8.48% fue más alta que otros con alto tamaño poblacional reportados como en caballo italiano Haflinger (6.59%) o para caballo francés (desde 2.4 a 7.1 %). Sin embargo, el resultado de coeficientes de consanguinidad individuales mediante el uso del pedigrí es muy sensible a su profundidad y cantidad de información completa, por lo tanto, solo debe de compararse con genealogías similares (Valera, *et al.*, 2005).

Estudios hechos en caballos por Sevinga *et al.* (2004) concluyeron que la incidencia de retención placentaria en yeguas es al menos parcialmente explicada por el efecto de la consanguinidad y para poder evitar un mayor incremento en la incidencia de retención de placenta en yeguas, una disminución de la tasa de consanguinidad por incremento del tamaño de población efectiva es lo más recomendable.

De acuerdo a estudios hechos en porcinos raza Yorkshire, aunque la camada y particularmente los efectos de la consanguinidad de la madre tuvieron generalmente un efecto negativo en peso al nacimiento y de acuerdo con los estimados de literatura, estos efectos no son significativos. Esta situación fue atribuida primariamente a un rango limitado de coeficiente de consanguinidad calculado dentro de las subclases de líneas de año-parición. Los efectos de la consanguinidad de la madre fueron menos severos para tamaño de camada de madres de segundo parto que para camadas de madre de primer parto (Leymaster y Swiger, 1981).

A pesar de que es conocido que existen muchas investigaciones que refieren el efecto negativo de la consanguinidad sobre caracteres productivos, también existen algunos resultados favorables a causa de incremento en los niveles de consanguinidad de una población. Tal es el caso de estudios realizados en ratones de laboratorio en donde líneas consanguíneas son reproducidas exitosamente, pero ello no implica que efectos no deletéreos se esperen de otros mamíferos consanguíneos (Ralls y Ballou., 1982).

De igual forma, se pueden encontrar varias investigaciones que refieren la influencia favorable de la consanguinidad maternal sobre el peso al nacimiento y otros caracteres, incluso se ha sugerido una interacción entre los efectos de consanguinidad maternal y directa puede ser la fuente de algunas inconsistencias (Carrillo y Siewerdt, 2010).

De acuerdo a estudios en vacuno lechero Guzerat, realizados por Panetto *et al.* (2010), el uso de sistemas de empadre consanguíneos y selección simultanea permitió la obtención de animales genéticamente superiores en términos de producción de leche dentro de los animales consanguíneos, posiblemente debido a que los animales seleccionados pueden estar libres de la mayoría de alelos deletéreos, pero dicho incremento solo se logró hasta un nivel de consanguinidad del 20%, después del cual el

aumento de la consanguinidad no incrementó significativamente la producción de leche. Sin embargo, la obtención por consanguinidad de vacas con alta producción de leche, conllevó a afectar el rendimiento de leche promedio en toda la población así como también el incremento de la edad al primer parto y el intervalo entre partos.

2.3 Factores que Influyen en el Coeficiente de Consanguinidad en una Población.

2.3.1 Tamaño de la Población.

Resulta importante mencionar que los riesgos de la depresión productiva-reproductiva por consanguinidad son más altos en pequeños rebaños, característicos de sistemas de escasos recursos; sin embargo esto se puede sobrellevar utilizando un esquema con machos de referencia, tal como refieren Lewis y Simm (2000), quienes encuentran, en ovinos bajo dicho esquema durante una evaluación de 15 años de selección, una tasa de 0.3/año (menos de 1 % por generación).

2.3.2 Tamaño efectivo de la Población.

Cada generación nueva hereda la mitad de sus genes de sus machos y la otra mitad de sus hembras, esto es significativo en caso de que la proporción de machos y hembras que se usan para la reproducción sea desigual (Rojas, M., 2005). El tamaño efectivo de la población es importante en relación al aumento de la consanguinidad, en poblaciones con pocos animales, todos estarán emparentados entre sí, en unas pocas generaciones.

2.3.3 Selección.

Al utilizar información del individuo y también la información familiar, usualmente los animales tienen valores de cría similares, por lo que tienden a ser seleccionados o eliminados en grupo, aumentando el parentesco entre los individuos y la raza, disminuyendo la varianza genética y la respuesta a la selección (Quinton *et al.*, 1992; Mackinnon, 2003).

El uso de tecnologías de reproducción como la inseminación artificial y el trasplante de embriones aumenta la intensidad de selección, además de que incrementa el coeficiente de parentesco dentro de algunas razas a través de la reducción del número efectivo de padres (McDaniel, 2001; MacKinnon, 2003).

2.4 Factores que Afectan el Peso de las Crías al Nacimiento.

2.4.1 Sexo de la Cría.

En promedio, las crías macho son más grandes en aproximadamente 400-500 gramos, que las crías hembras, en ovinos. (Robinson *et al.* 1977, de Zegher *et al.* 1999, Cruickshank *et al.* 2005). El efecto del cromosoma Y, y los andrógenos, tienen efectos específicos en el desarrollo fetal. (Haqq *et al.*, 1994).

Los machos se desarrollan más rápidamente, en comparación a las hembras, dentro del útero (de Zegher *et al.* 1999, Loos *et al.* 2001). No se reportó diferencias significantes en cuanto al peso, en los nacimientos múltiples de sexos diferentes, en respecto al promedio general del peso al nacimiento para cada sexo (Fraser y Stamp 1987).

2.4.2 Número de Crías Nacidas.

Diversos estudios establecen que a medida que aumenta el número de crías nacidas por parto disminuye el peso al nacimiento (Robinson *et al.*, 1977; Rodríguez *et al.*, 1999; Quesada *et al.*, 2002), que los corderos provenientes de partos simples presentan una mayor tasa de crecimiento pre y post-destete con respecto a aquellos provenientes de partos gemelares (Dimsoski *et al.*, 1999; González *et al.*, 2002).

Con respecto al tamaño de la camada, Quesada *et al.* (2002) no encontraron diferencia en el peso al destete entre corderos provenientes de parto simple, doble y triple mientras que otros autores mencionan que después del destete los corderos de parto gemelar

alcanzan ganancias de peso diarias superiores a las de los corderos de parto sencillo (Daza, 1997; González *et al.*, 2002).

2.4.3 Estado Nutricional de la Madre.

La relación entre la nutrición materna y el peso al nacimiento de la cría, ha sido investigada a fondo, en el ovino. En general, los estudios han sido de carácter pecuario, con el fin de obtener el mejor resultado (peso de la cría), con el menor costo (alimentación y pastoreo) (Russel 1971, Russel y Foot 1973, Robinson 1977, Mellor y Matheson 1979).

El peso al nacimiento es un indicador importante del crecimiento fetal, hasta el término de la gestación, lo que puede darnos información acerca de la morbilidad y mortalidad neonatal. El consejo de Investigación en Agricultura y Alimentos (AFRC 1993), basó sus cálculos sobre la eficiencia de transformación de energía en ovinos, para producir una cría de tamaño apropiado (~4.5 kg), aunque esto no necesariamente satisface todas las demandas nutricionales de una oveja preñada, ya que se espera que algo de peso se pierda durante la gestación.

El consumo de energía materna desde el periodo temprano, hasta el periodo medio de la gestación, tuvo poco impacto en el peso al nacimiento de la cría, pero el consumo de energía materna durante el periodo tardío de la gestación, tuvo un impacto positivo en el peso al nacimiento de la cría, ya que el crecimiento durante esta etapa es más significativo (Gardner *et. al.*, 2007). El poco desarrollo durante la etapa temprana y media de la gestación, se debe a un efecto de “buffering” o amortiguación materno, en respuesta a la condición de la madre, previa a la gestación. De hecho, la condición corporal de la madre en la cópula, que es un reflejo del consumo de energía de 6 a 8 semanas antes de la concepción, tiene un efecto significativo en el peso al nacimiento de la cría.

2.5 Análisis de Regresión.

El análisis de regresión es usado para expresar una relación entre dos o más variables de forma matemática (Zea, 1995). El objetivo de un modelo de esta naturaleza, es poder estimar el valor de una variable independiente (X), y una variable dependiente (Y), en función a una línea de regresión de Y en X. El procedimiento de determinación de a y b se conoce como regresión simple (Flores, 2011).

2.5.1 Coeficiente de Correlación.

La correlación simple estudia la variación simultánea de dos variables, existiendo una relación directa entre dichas variables. Cuando dos variables cambian juntas, en tal forma que el aumento de una de ellas va asociado con un incremento de la otra se dice que las variables están relacionada positivamente. Si el aumento de una variable coincide con la disminución de la otra, se dice que estas variables están correlacionadas negativamente. Si no hay relación entre las dos variables, se dice que son independientes, o que no están relacionadas (Reyes, 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución.

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Chuquibambilla, perteneciente a la Universidad Nacional del Altiplano, ubicado en el distrito de Umachiri, provincia de Melgar, región Puno, el mismo que cuenta con una extensión de 3,216 Has y está localizado a una distancia de 156 Km. de la Ciudad de Puno por la carretera Puno Cusco, situado a una altitud de 3,970m, latitud sur 14°47'37" y longitud este 70°47'50" (SENAMHI 2013).

3.1.1. Vegetación del área experimental

Presentan una cobertura vegetal similar, formada por extensos pastizales, siendo la composición botánica las siguientes: *Trifolium amabile* (layo), *Mulenbergia peruviana* (llapa pasto), *Hypochoeris estenocephala* (Miskipilli), *Acianne pulvinata* (Pacupacu), *Azorella compacta* (Puna yareta), *Alchemilla pinnata* (Sillusillu). En áreas de bofedal se tiene la siguiente composición *Distichia muscoides* (kuncuna), *Estilitis andicola* (Ccancahui), *Hipochoeris taraxacoides* (Ojhopilli); *Calamagrostis eminens* (Sora). La composición de pajonales esta por *Festuca orthophilla* (Iruichu), *Stipa ichu* (Ichu); *Calamagrostis rígida* (Huayllaichu), (MINAG, 2007).

La precipitación pluvial en el CIP Chuquibambilla es de 2.2 mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se forma, a causa de la precipitación, sobre una superficie plana de acuerdo al año y varia en relación al tiempo en que duran las lluvias en el altiplano. (SENAMHI, 2013).

3.1.2 Animales y base de datos:

Se utilizó los registros de nacimientos del Centro Experimental Chuquibambilla de ovinos desde el año 2010 hasta el 2017. Esta información fue sometida a un proceso de

edición, en donde se eliminó información de animales sin identificación, doble identidad (el mismo animal nacido en dos periodos diferentes), y con número de identificación no entendible o dudoso. Toda la información fue editada y corregida con herramientas de trabajo del archivo de Excel.

Los datos para realizar el primer objetivo el cual consistió en calcular el coeficiente de endogamia del rebaño Corriedale, se obtuvieron de los documentos de registros de parición y empadre del Centro Experimental Chuquibambilla. Estos documentos contienen los datos de identificación de los progenitores así como de las crías, fecha de nacimiento de su progenie, peso al nacimiento y sexo de las crías. Para el cálculo se necesitaron todos estos datos. Se trabajó con información de pedigree de los animales nacidos durante ocho años: 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. Anualmente fueron inseminadas en promedio 400 borregas. Teniendo en cuenta que en el rebaño existen animales que han perdido su arete de identificación, se utilizaron los registros que contenían información del padre, de la madre y de la progenie.

La siguiente información fue ingresada en una base de datos según categoría:

- Fecha de Nacimiento.
- Información de la madre, ésta lleva un número de identificación (número de arete), fecha de nacimiento.
- Información del padre, éste lleva un número de identificación (número de arete), fecha de nacimiento
- Identificación del Individuo, éstos tienen fecha de nacimiento, el sexo, su arete correspondiente.

El peso al nacimiento de cada cría se registró dentro de las primeras 24 horas de nacido, y se usó una balanza portátil con capacidad de 10 kg y con precisión de 50 g. Esta labor fue realizada por los pastores y registrada en documentos de campo.

3.1.2 Número de Crías Nacidas:

El promedio de hembras que nacieron fue de 192, el promedio de machos que nacieron fue de 200, y el promedio del total fue de 392 por año.

3.1.3 Numero de Crías por Padre:

El número de padres que se usó por año no fue mayor a 4, ya que fue usado el método de inseminación artificial con semen fresco, se pudo llevar un registro de las borregas que fueron inseminadas.

Fue necesario codificar a los padres, asignándoles valores, desde el 1, hasta el 11, ya que en los documentos de parición, se asigna a los padres códigos de rayas, para dar un ejemplo conciso, al macho de nombre “Chico”, fue seleccionado para ser usado en las campañas de los años 2011, 2013, 2014, 2015, sin embargo, en los años 2011 y 2013, se le asignó el código “Raya Roja Vertical” (-R); y en las campañas de los años 2014 y 2015 se le asignó el código “Cruz Roja” (+R).

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, fue necesario asignar nuevos códigos a los padres, utilizando los registros de empadre, en los que se podía conseguir la información en base al nombre de cada animal, para poder identificar el código de raya que se había usado en esa campaña.

Tabla 1: Código de Padres.

Nombre	Código
Tira Comilla	1
Lz 07	2
Chico (221-09)	3
Eddy (P06.11)	4
P 22.11	5
Corbata(P08.10)	6
Coco	7
Marawa	8
Juan	9
Popeye	10
-N	11

Considerando esto, podemos observar en la siguiente tabla, los años en que participaron en el empadre.

Tabla 2: Padres Utilizados por Año.

Padre	Código	2010	2011	2013	2014	2015	2017
Tira Comilla	1	X	X				
Lz 07	2	X					
Chico (221-09)	3		X	X	X	X	
Eddy (P06.11)	4			X			
P22.11	5			X			
Corbata(P08.10)	6			X			
Coco	7				X		
Marawa	8				X	X	
Juan	9						X
Popeye	10						X
-N	11	X	X				

3.2. Métodos:

3.2.1 Software para Calcular el Coeficiente de Consanguinidad.

3.2.1.1 ENDOG Versión 4.8

ENDOG Versión 4.8 es un programa computacional de genética de poblaciones que conduce muchos análisis demográficos y genéticos sobre la información del pedigrí y puede descargarse gratuitamente mediante el siguiente enlace: http://www.ucm.es/info/prodanim/html/JP_Web.htm#_Endog_3.0:_A. ENDOG ha sido escrito en lenguaje VisualBasic™ y corre en plataforma de versiones Windows 95/98/2000/NT/XP. Las funciones primarias llevadas a cabo con ENDOG son la computación de coeficientes de consanguinidad individual mediante el algoritmo propuesto por Meuwissen y Luo (1992; Gutiérrez y Goyache, 2005; Gutiérrez *et al.*, 2003).

Uno de los métodos para calcular el coeficiente de endogamia es el descrito por Meuwissen y Luo (1992).

$$F_z = (1/2) (A_zs \ zd)$$

Donde:

F_z = Coeficiente de Consanguinidad de un Individuo

$1/2$ = Parentesco entre los padres del animal

A = Parentesco entre individuos

ZS = Padre de “Z”

ZD = Madre de “Z”

Luego de editar los datos, estos serán analizados usando el programa computacional ENDOG v4.8.

3.2.2. Análisis estadístico:

Para la estimación del efecto de la consanguinidad sobre el peso al nacimiento se realizó el análisis de la información mediante un modelo lineal, se usó el software SAS (Statistical Analysis System) versión [8] de SAS System para Windows, Copyright© 1999, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA. Se consideraron los efectos fijos de sexo de la cría, edad de la madre, año de nacimiento de la cría. Todos estos como variables de clase. Para peso al nacimiento se incluyó el coeficiente de consanguinidad individual como variable continua del modelo lineal. Para el cálculo de diferencias significativas de los parámetros estimados se usó la prueba de Significación Múltiple de Duncan con $\alpha = 0.05$.

Se usó un modelo lineal que se detalla a continuación:

$$Y_{ijklmn} = u + S_i + E_k + A_l + F_{xn} + e_{ijklmn}$$

Y_{ijklmn} = Peso al nacimiento (kg) del animal de sexo i , del año l .

u = Efecto constante de la media poblacional

S_i = Efecto del sexo i ; ($i=1,2$)

E_k = Edad de la madre del j – ésimo animal (años)

A_l = Efecto del año de nacimiento k ; ($l=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$)

F_{xn} = Coeficiente de consanguinidad estimado del m -ésimo animal (%)

e_{ijklmn} = efecto residual aleatorio

Para evaluar el efecto del coeficiente de consanguinidad sobre el peso al nacimiento, se utilizó un modelo de regresión lineal. El modelo de regresión lineal simple tiene la siguiente expresión:

$$Y = a + bX$$

Y = Variable predicha.

a = Termino independiente.

b = Pendiente.

X =Variable dada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Coeficiente de Consanguinidad Estimado en Ovinos Corriedale:

Se usó el programa estadístico ENDOG para estimar el coeficiente de consanguinidad usando la información del padre, la madre, la cría, el sexo y la fecha de nacimiento. El resultado para el promedio de coeficiente de consanguinidad para la población, estimado por ENDOG, fue de 1.14%.

El número de Animales consanguíneos que se encontró fue de:

Tabla 3: Número de Animales Consanguíneos por Padre.

Código de Padres	6.25%	12.5%	25%	37.5%	Total general
1	2	3	62	3	70
2		6	18		24
3		1	37		38
5			1		1
Total general	2	10	118	3	133

El total de animales consanguíneos encontrados fue de 133, siendo solo el 4.17% de la población muestreada, que consistía en 3140 individuos registrados durante el periodo de tiempo entre el 2010 y el 2017.

Se estimó que el coeficiente de consanguinidad de 8 animales fue de 12.5%, 120 animales tuvieron un coeficiente de consanguinidad de 25%, y 3 animales tuvieron un coeficiente de consanguinidad de 37.5%.

En las figuras 1, 2 y 3 podemos observar ejemplo de animales con diferentes coeficientes de consanguinidad, estos son los resultados que nos otorga el programa ENDOG.

Figura 1: Animal con 12.5% de Consanguinidad.

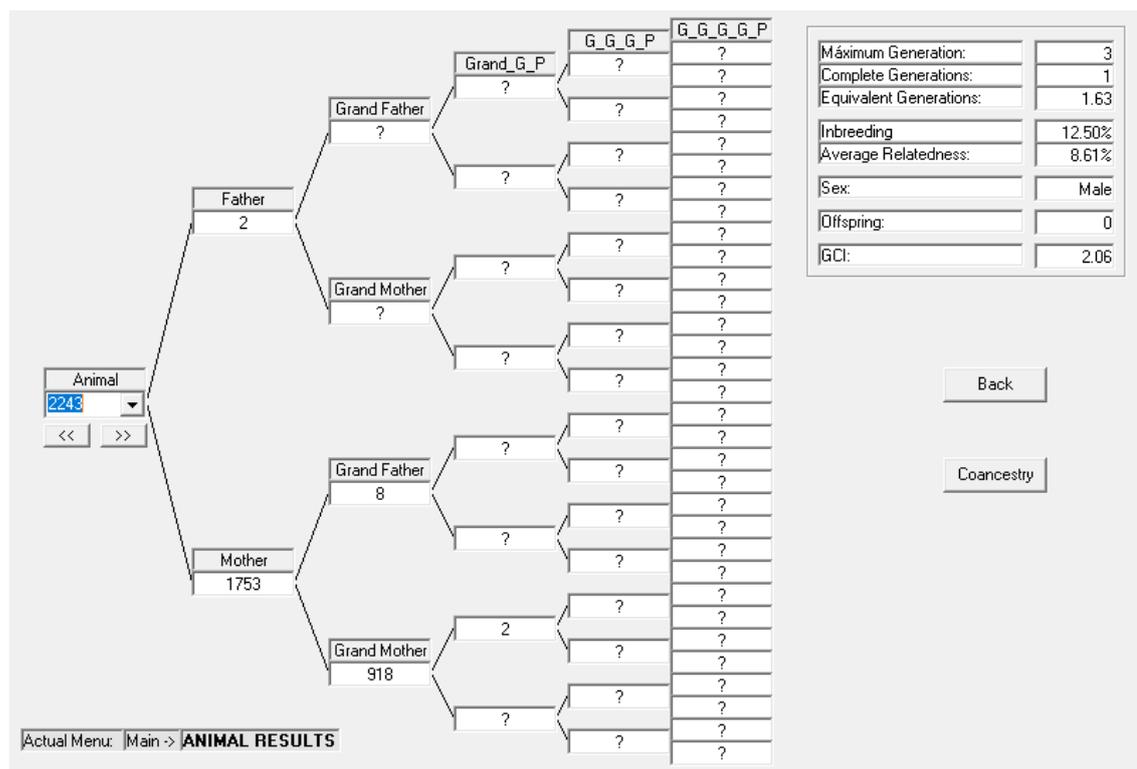


Figura 2: Animal con 25% de Consanguinidad.

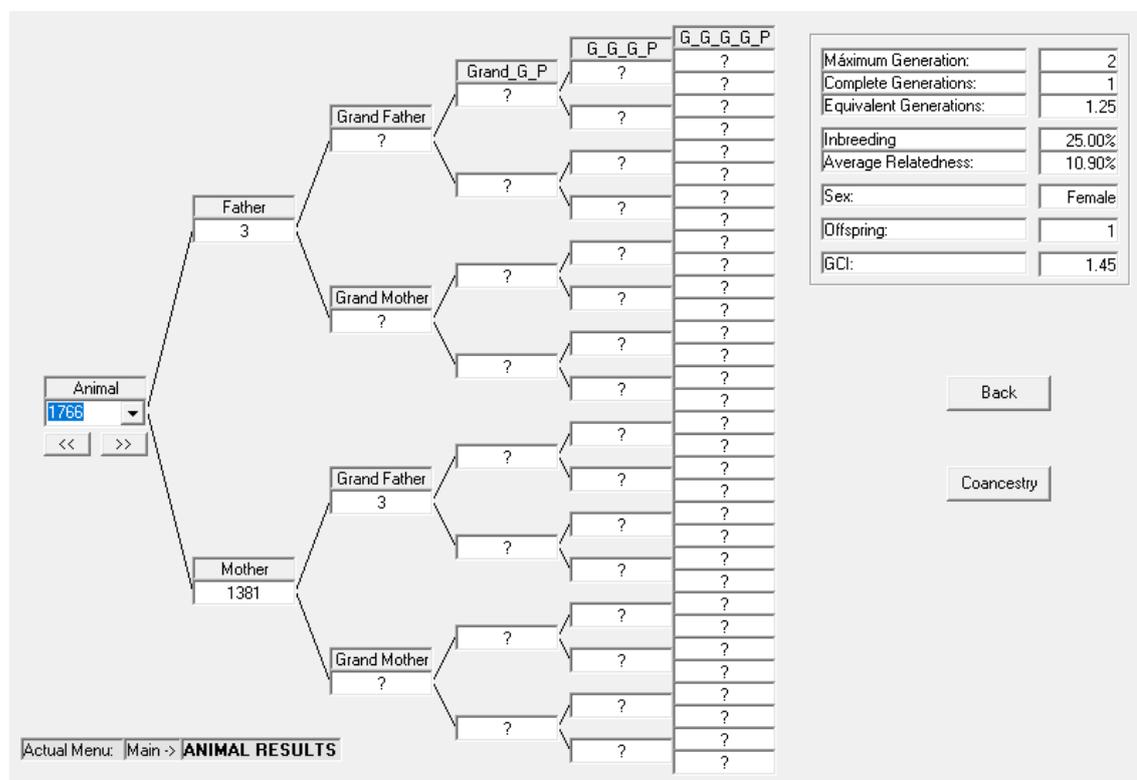
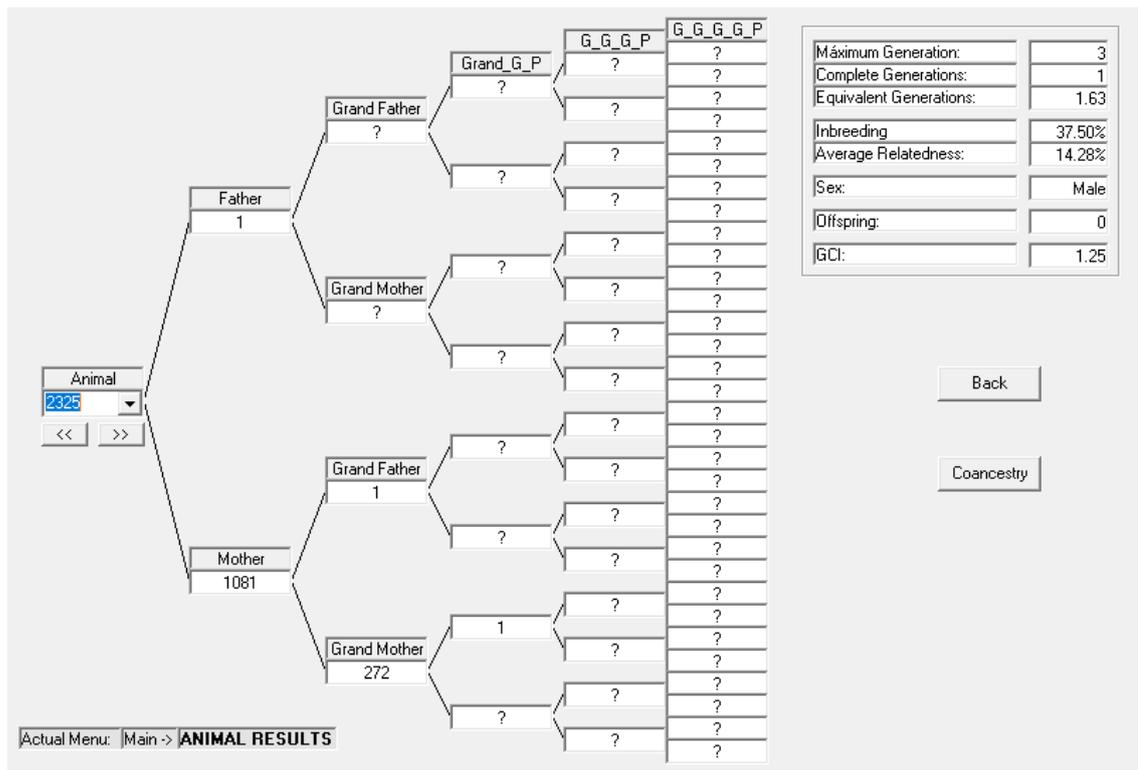


Figura 3: Animal con 37.5% de Consanguinidad.



El programa ENDOG calcula el coeficiente de endogamia para cada animal, utilizando la información de la genealogía, y así estima el coeficiente de consanguinidad para la población

El promedio de coeficiente de parentesco fue de 5.78% .El promedio ara las generaciones máximas fue de 1.35, con un tamaño de población efectiva (Ne) de 19.51, lo que indica, un incremento en la consanguinidad de 2.56% por generación si las mismas condiciones son repetidas.

4.2. Efecto de la Consanguinidad sobre el Peso al Nacimiento.

Los datos se analizaron preliminarmente con base en un modelo estadístico de efectos fijos que incluyó como fuentes de variación el efecto del sexo de la cría (1 para machos y 2 para hembra), efecto del padre (con los códigos 1, 2, 3 y 5), efecto de la madre (con los aretes 13, 23,37, 45, 49,..., 1753, 2234), efecto de los coeficientes de consanguinidad encontrados (6.25%, 12.5%, 25% y 37.5%). La Tabla 4 muestra los valores promedio de los pesos al nacimiento según sexo de la cría:

Tabla 4: Promedios del peso vivo al nacimiento (kg), según sexo, de las crías consanguíneas de la raza Corriedale en el Centro Experimental Chuquibambilla.

Sexo	n	Promedio \pm DS
Hembra	72	3.9444 \pm 0.66 ^a
Macho	61	4.0115 \pm 0.53 ^a

^aLiterales diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), Duncan

Al análisis estadístico, por efecto sexo de la cría no hubo diferencias; aunque aritméticamente las crías machos tienen mayores pesos al nacimiento que las hembras. Entonces, existe evidencia de que los estimados para los parámetros del modelo no son significativos, por lo tanto no tiene efecto sobre diferencias en el peso al nacimiento de los individuos.

Lo hallado en el presente estudio confirma lo encontrado por García y Leyva (2007), en alpacas, donde no encontraron efecto del sexo sobre el peso al nacimiento. Apaza y Quispe (1996) en el CIP La Raya - Puno, en la especie llamas, registran pesos vivos al nacimiento similares entre machos (10.19 \pm 1.50 kg) y hembras (9.71 \pm 1.84 kg); es decir, estos autores, sugieren la temprana aparición del dimorfismo sexual para esta característica. Sin embargo, difiere del reporte de Sumar y Leyva (1982) en alpacas, quienes señalan que crías machos son más pesados que las hembras (11.72 y 11.10 kg,

respectivamente); por otra parte, Apaza (2001) reporta valores ligeramente más pesadas para crías hembras (10.36 ± 1.33 kg) que para machos (10.33 ± 1.32 kg) pero no significativas ($p > 0.05$).

La Tabla 5 muestra los valores promedio de los pesos al nacimiento según el código del carnero utilizado en el programa de inseminación artificial, de las crías consanguíneas de la raza Corriedale en el Centro Experimental Chuquibambilla.

Tabla 5: Promedios del peso vivo al nacimiento (kg), según código del carnero utilizado en el programa de inseminación artificial, de las crías consanguíneas de la raza Corriedale en el Centro Experimental Chuquibambilla.

Padre	n	Promedio \pm DS
Código 1	70	3.9614 ± 0.083^a
Código 2	24	3.8875 ± 0.053^a
Código 3	35	4.0684 ± 0.044^a
Código 5	3	3.5000 ± 0.075^a

^a Literales diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), Duncan

Al análisis estadístico, por efecto del padre utilizado en el programa de inseminación artificial no hubo diferencias; aunque aritméticamente las crías del carnero identificado con el código 3 tienen mayores pesos al nacimiento que las crías de los carneros identificados con los códigos 1, 2 y 5. Estos resultados hacen suponer que los carneros utilizados tuvieron similar valor genético para peso de las crías al nacimiento y no se tiene tampoco información sobre sus coeficientes de consanguinidad individual.

La Tabla 6 muestra los valores promedio de los pesos al nacimiento según el coeficiente de consanguinidad presentado por los ovinos del Centro Experimental Chuquibambilla:

Tabla 6: Promedios del peso vivo al nacimiento (kg), según coeficiente de consanguinidad presentado, de las crías consanguíneas de la raza Corriedale en el Centro Experimental Chuquibambilla.

Coeficiente de consanguinidad	n	Promedio \pm DS
0%	2659	4.0046 \pm 0.51 ^a
6.25%	2	5.1000 \pm 0.082 ^a
12.5%	10	4.2100 \pm 0.053 ^a
25%	118	3.9246 \pm 0.024 ^a
37.5%	3	4.4333 \pm 0.025 ^a

^a Literales diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), Duncan

Al análisis estadístico, por efecto del coeficiente de consanguinidad presentado por los ovinos del Centro Experimental Chuquibambilla, no hubo diferencias; aunque aritméticamente las crías que presentaron 6.25% de consanguinidad presentan mayores pesos al nacimiento que las crías que presentan 12%, 25% y 37.5% de consanguinidad. Este resultado es contrario a lo encontrado en ovinos Merino, Targhee y Columbia por Ercanbrack y Knight (1991), en donde si existió un efecto significativo del coeficiente de consanguinidad individual sobre el peso al nacimiento pero bastante bajo. Sin embargo, es de considerar que dicho efecto fue encontrado con coeficientes de consanguinidad mayores a 20%. Esto puede deberse a que en el presente estudio se encontró poca cantidad de animales con coeficientes de consanguinidad mayores a cero (6.25%) y un coeficiente de consanguinidad individual máximo de 37.5%.

En resumen, en la Tabla 8 (anexo) se muestran los resultados del análisis de varianza para el efecto del sexo de la cría (1 para machos y 2 para hembra), efecto del padre (con los códigos 1, 2, 3 y 5), efecto de la madre (con los aretes 13, 23,37, 45, 49, ..., 1753, 2234), efecto de los coeficientes de consanguinidad encontrados (6.25%, 12.5%, 25% y 37.5%), ninguno de estos factores afectó significativamente al peso vivo al nacimiento de la cría ($P > 0,05$).

Con la finalidad de describir el efecto de la consanguinidad, de acuerdo a estudios realizados por Miglior *et al.* (1994), el modelo de regresión lineal de rendimiento productivo sobre la consanguinidad es el método más común usado para medir la depresión consanguínea. Esto es debido principalmente a que es más fácil de ajustar y sus parámetros tienen una interpretación bastante sólida (Carrillo y Siewerdt, 2010).

En base a ello, para estimar el efecto de la depresión consanguínea sobre el peso al nacimiento de las crías, se efectuó un análisis de regresión lineal simple del coeficiente de consanguinidad sobre el peso al nacimiento de las crías.

Tabla 7: Promedio y desviación estándar (Prom \pm DE), coeficiente de regresión del coeficiente de consanguinidad (b), error estándar de b (ES) y su resultado de la prueba de significación (p), a un intervalo de confianza de 95% para el del peso vivo al nacimiento(Kg), de las crías consanguíneas de la raza Corriedale en el Centro Experimental Chuquibambilla.

Carácter	Prom \pm DE	Coeficiente de Regresión	ES	p
Peso al nacim. (Kg)	3.975 \pm 0.823	- 0.00609	0.00470	0.1976

$$^a Y=0.26479 - 0.00609X$$

Estos resultados ayudan a describir el efecto de la consanguinidad, es decir, para medir la depresión consanguínea de crías consanguíneas de la raza Corriedale en el Centro Experimental Chuquibambilla. Cabe resaltar que la principal razón de la importancia del peso al nacimiento radica en la alta correlación con el peso al destete y consecuentemente con la sobrevivencia de las crías (García y Leyva, 2007), lo cual en el futuro puede obtenerse más crías logradas destetadas y gracias a ello, mayor producción de carne y de lana.

El efecto fue casi nulo sobre el peso al nacimiento, debe de tomarse en cuenta que el coeficiente de regresión puede tener valor de cero ($p=0.1976$), quizá debido a la poca cantidad de información que permita obtener resultados concluyentes. Para el coeficiente de regresión del coeficiente de consanguinidad sobre el peso al nacimiento ($b = -0.00609$), se observó que por cada 1% de incremento de la consanguinidad el peso al nacimiento disminuyó en 0.00609 Kg o 6.09 gramos (Tabla 7). En porcentaje esto representa una disminución de 0.07%, sin embargo, no se puede afirmar que el coeficiente de consanguinidad tenga efecto en el peso al nacimiento, debido al bajo valor de p .

Resultados similares fueron encontrados en ovinos donde por cada 1% de consanguinidad individual el peso al nacimiento de los corderos se redujo solo en 0.9 gramos (Akhtar *et al.*, 2000). Estos resultados son contrarios a los presentados por McParland *et al.* (2008), donde mencionan que en ovinos, los caracteres en el momento temprano de la vida, como peso al nacimiento, son más susceptibles de sufrir depresión consanguínea, en comparación a los caracteres pos destete.

Entre las explicaciones para no encontrar efecto de depresión consanguínea en peso al nacimiento puede ser debido al bajo promedio de los caracteres (menores a 4 kg) combinado con una baja cantidad de información genealógica y variación en la consanguinidad. También puede sugerirse el efecto del ambiente en donde se crían estos animales, ya que se sabe que en condiciones adversas, los caracteres productivos sufren mayor depresión consanguínea, (McParland *et al.*, 2008; Lamberson *et al.*, 1982), sin embargo, en la zona de donde se obtuvieron los datos, el uso eficiente de corrales, conservación de pastos naturales y uso de pastos cultivados, pueden haber influido a generar un ambiente menos severo y por consiguiente los efectos de la depresión consanguínea podrían ser menos significativos.

Otra razón puede ser que en el peso al nacimiento responde a una selección correlacionada con el peso de vellón a largo plazo y en combinación con un buen ambiente nutricional, podría haber enmascarado cualquier efecto negativo de la consanguinidad, tanto en caracteres de crecimiento como en producción, tal como se observó en ovinos Hampshire Down por Lamberson *et al.* (1982).

Estudios hechos por Akhtar *et al.* (2000) en ovejas pakistanís, observaron que los caracteres de crecimiento pre y pos destete disminuyeron con el incremento de la consanguinidad pero la disminución no alcanzó un nivel de significancia del 5%. (Por cada 1 % de consanguinidad se observaron una disminución de 0.0013 Kg y 0.0009 Kg para peso de vellón y peso al nacimiento, respectivamente).

V. CONCLUSIONES

- El coeficiente de consanguinidad estimado para la población de ovinos Corriedale del Centro Experimental Chuquibambilla fue de 1.14%, como promedio general de la población. Se estimó que 133 animales (4.17% de la población) tienen un grado de consanguinidad diferente a cero. El coeficiente más bajo de consanguinidad fue de 6.25%, mientras que el mayor fue de 37.5%, sin embargo el mayor número de animales tenía un coeficiente de consanguinidad de 25%.
- Al utilizar un modelo de regresión lineal, se encontró un valor de p de 0.1976, lo que indica que no se puede afirmar de que el coeficiente de consanguinidad tenga efecto sobre el peso al nacimiento. Si el valor de p no fuese tan elevado, el coeficiente de regresión indicaría que por cada 1% de coeficiente de consanguinidad, existe una disminución en el peso al nacimiento de 0.00609 Kg. ó 6.09 gramos, sin embargo esto no puede afirmarse, debido a que existe mucha variabilidad.

VI. RECOMENDACIONES

Consideramos que la estimación del coeficiente de consanguinidad en la población Merino, así como en la población Criolla, puede darnos una perspectiva útil de la consanguinidad que se ha alcanzado en otras poblaciones de ovinos en el centro experimental, teniendo en cuenta que se usan técnicas reproductivas, en este caso, la inseminación artificial y la selección de animales para la reproducción.

Los datos se escriben en cuadernos, y con el tiempo el papel se vuelve frágil, lo que dificulta la lectura de los datos. Es necesario cambiar el sistema de registro, el sistema actual es ineficiente y existe pérdida de datos. Se debe modernizar la recolección de datos y usar registros virtuales.

La identificación de animales debe mejorar, ya que se no se encontró dos documentos de empadre, de los años 2012 y 2016, así como el documento de parición del año 2009, por lo que los datos consignados fueron considerados desde el año 2010. También se encontró animales que perdieron el arete, por lo que se recomienda modernizar los métodos de identificación de los animales.

VII. REFERENCIAS

- Akhtar, P., Khan, M., Mohiuddin, G., Abdullah. (2000). Effect of inbreeding on different performance traits of Hissardale sheep in Pakistan. *Pakistan Veterinary Journal*. 20 (4): 169 – 191.
- Alencastre, R. (1997). *Producción de ovinos 1ra Edición* Editorial A & R Panamericana E.I.R.L. Puno –Perú.
- Aliaga, J. (2006) *Producción de ovinos. 1ra Edición*. Editorial, Juan Gutenberg, Lima.
- Alsheikh S. (2005). Effect of inbreeding on birth and weaning weights and lamb mortality in a flock of egyptian barki sheep. En: XII Congreso ISAH. Varsovia: International Society for Animal Hygiene. (Vol. 1) p 187 – 191.
- Arbiza, S. (1964). *Manejo de lanares. III Volumen*, Editorial J.A. Montevideo, Uruguay. 33 p.
- Ballou, J. (1997). Ancestral inbreeding only minimally affects inbreeding depression in mammalian. *Journal of Heredity*. 88: 169 – 178.
- Barczak, E., Wolc, A., Wojtowski, J. (2009). Inbreeding and inbreeding depression on body weight in sheep. *Poznan University of Life Sciences*. Poznan. Poland.
- Barlett, M., J. B. Haldane. (1935). The theory of inbreeding with forced heterocigosis. *J. Genet.* 31:327-340.
- Bartlett, J., Reece, R., Lepard, O. (1942). The influence of inbreeding on birth weight, rate of growth and type of dairy cattle. *Journal of Animal Science* 1: 206 – 212.
- Barrientos, V. (2010). *Estimación del Nivel de Consanguinidad en dos Rebaños Ovinos de la raza Austral, Utilizando Metodologías de Genética Molecular y Cuantitativa*. Universidad Austral de Chile.

- Bijma, P., Van Arendonk, J., Woolliams, J. (2000). A general procedure for predicting rates of inbreeding in populations undergoing mass selection. *Genetics*. 154: 1865 – 1877.
- Bijma, P. Woolliams, J. (2000). Prediction of rates inbreeding in populations selected on best linear unbiased prediction of breeding value. *Genetics*. 156: 361 – 373.
- Bijma, P., Van Arendonk, J., Woolliams, J. (2001). Predicting rates of inbreeding for livestock improvement schemes. *Journal of Animal Science*. 79: 840 – 853.
- Bogart, R. (1966). *Crianza y mejora del ganado*. Ed. Herreros. México.
- Bradford, G. E., Taylor, J. F. Quirke, R. (1974). An egg-transfer study of litter size, birth weight and lamb survival. *Anim. Prod* 18: 249-263.
- Brekke, P., Bennett, P., Wang, J., Pettorelli, N., Ewen, J. (2010). Sensitive males: inbreeding depression in an endangered bird. *Proceedings of the Royal Society*. 277: 3677 – 3684.
- Brown, A., Hosken, D., Balloux, F., Bickley, L., Le Page, G., Owen, S., Hetheridge, M., Tyler, C. (2009). Genetic variation, inbreeding and chemical exposure – combined effects in wildlife and critical considerations for ecotoxicology. *Philosophical Transactions of The Royal Society*. 364: 3377 – 3390.
- Calboli, F., Sampson, J., Fretwell, N., Balding, J. (2008). Population structure and inbreeding from pedigree analysis of purebred dogs. *Genetics*. 179: 593 – 601.
- Carrillo, J., Siewerdt, F. (2010). Consequences of long-term inbreeding accumulation on preweaning traits in a closed nucleus Angus herd. *Journal of Animal Science*. 88: 87 – 95.

- Casellas, J., Varona, L., Noguera, J. L. (2012). Efecto de la Consanguinidad sobre la Longevidad de las Cerdas Landrace. *Genética y Mejora Animal*. España. 2008.
- CENAGRO. (2012). Censo Nacional Agropecuario 2012.
- Charlesworth, D. (2003). Effects of inbreeding on the genetic diversity of populations. *Philosophical Transactions of The Royal Society*. 358: 1051 – 1070.
- Clifford, J. (1986). *Introduction to natural selection*. Ed. University Park Press. Baltimore. United States of America.
- Coop, Y. (1982). *Sheep and goat production*. Ed. Elsevier Scientific. Amsterdam. Germany.
- Crow, J. (1965). *Genetics notes*. Ed. Burgess Publishing Company. Minneapolis. United States of America.
- Crow, J., Kimura, M. (1979). *An introduction to population genetics theory*. Ed. Harper & Row, Publishers. New York. United States of America.
- Cruickshank, J.K., Mzayek, F., Liu, L., Kieltyka, L., Sherwin, R. (2005). Origins of the “Black/White” Difference in Blood Pressure Roles of Birth Weight, Postnatal Growth, Early Blood Pressure, and Adolescent Body Size. *Tulane Center for Cardiovascular Health and the Departments of Epidemiology and Biostatistics*. New Orleans.
- Culbertson, R., Mabry, J., Misztal, I., Bertrand, J. (1997). Effects of inbreeding and outbreeding in purebred Hampshire and Durco swine. *The Professional Animal Scientist*. 13: 194 – 197.

- Curik, I., Zechner, P., Solkner, J., Archmann, R., Bodo, I., Dovc, P., Kavar, T., Marti, E., Brem, G. (2003). Inbreeding, microsatellite heterozygosity, and morphological traits in Lipizzan horses. *Journal of Heredity*. 94 (2): 125 – 132.
- Dale, V., Swartz, H., Massey, J. (1993). Inbreeding: Its meaning, uses and effects on farm animals. Agricultural Publication G02911. University of Missouri, Missouri. Disponible en: <http://extension.missouri.edu/p/G2911>
- Danchin-Burge, C., Palhière, I., Francois, D., Bibé, B., Leroy, G., Verrier, E. (2010). Pedigree analysis of seven French populations and implications for the management of rare breeds. *Journal of Animal Science*. 88: 505 – 516.
- Davis, M., Brinks, J. (1983). Selection and concurrent inbreeding in simulated beef herds. *Journal of Animal Science*. 56: 40 – 51.
- Davis, M., Simmen, R. (2010). Estimates of inbreeding depression for serum insulinlike growth factor I concentrations, body weight and body weight gains in Angus beef cattle divergently selected for serum insulin-like growth factor I concentration. *Journal of Animal Science*. 88: 552 – 561.
- Daza, A. (1997). Reproducción y sistemas de explotación del ganado ovino. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 384 p.
- De Alba, J. (1964). Reproducción y Genética Animal. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., Primera Edición. Turrialba. Costarrica. 1964.
- De Zegher, F., Devlieger, H., Eeckels, R. (1999). Fetal Growth: Boys before Girls. *Horm Res*; 51:258-259.

- Dickerson, G. E., Blunn, C. T., Chapman, A. B., Kottma, R. M., Krider, J. L., Warwick, E. J., Whatley, J. A. (1954). Evolution of selection in developing inbred lines of swine. *Agric. Exp. .* 551.
- Dimoski, P., Tosh, J.J., Clay, J.C., & Irvin, K.M. (1999). Influence of management system on litter size, lamb growth, and carcass characteristics in sheep. *J. Anim. Sci.*, 77: 1037-1043.
- Donald, H. P., Russell, W. S. (1970). The relationship between live weight of ewe at mating and weight of newborn lamb. *Anim. Prod.* 12: 273-280.
- Eltawil, E., Hazel, L. N., Sidwell, G. M., Terrill, C. E. (1970). Evaluation of environmental factors affecting birth, weaning and yearling traits in Navajo sheep. *J. Anim. Sci.* 3J; 823-825
- Ercanbrack, S., Knight, A. (1991). Effects of inbreeding on reproduction and wool production of Rambouillet, Targhee and Columbia ewes. *Journal of Animal Science.* 69: 4734 – 4744.
- Everitt, G. (1964). Maternal undernutrition and retarded foetal development in Merino Sheep. *Nature.* 201: 1341-1342.
- Falconer, D. S., Mackay, F. C. (1996). Introduction to quantitative genetics. Ed. Logman Scientific yTechnical. England
- FAO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LAS NACIONES PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN. (1996). Anuario de la Producción: 50. Roma. Italia.
- FAO. (2003). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Base estadística. Disponible en IFT <<http://www.fao.org>. > Accesado en 15 de abril del 2016

- Fisher, R.A. (1949). *The theory of inbreeding*. Academic Press. N.Y and London. England.
- Flores, E., Flores, L. (2011). *Métodos Estadísticos para la Investigación*. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Agrícola. Puno. Perú. 2011.
- Fraser, A., Stamp, J. T. (1987). *Sheep husbandry and diseases*. Londres. 6° Edición.
- Frère, C., Krützen, M., Kopps, A., Ward, P., Mann, J., Sherwin, W. (2010). Inbreeding tolerance and fitness costs in wild bottlenose dolphins. *Proceedings of the Royal Society B*. 277: 2667 – 2673.
- García, G. (2000). Como debe ser el Corriedale. Circular de extensión del Departamento de Producción Animal. Universidad de Chile. 26: 21-29 p.
- García, X. (1980). *Mejoramiento genético de ovinos*. Departamento de Ganadería y Producción Pratense. Publicación Docente N° 6. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago. Chile.
- Gardner, D. S., Buttery, P. J., Daniel, Z., Symonds, M. E. (2007). Factors affecting birth weight in sheep: maternal environment. *Schools of Veterinary Medicine and Science, University of Nottingham*.
- Gilbert R, Gaskins C, Hillers J, Brinks J, Denhan A. (1988). Inbreeding and immunoglobulin G, concentrations in cattle. *Journal of Animal Science*. 66: 2490 – 2497.
- Gizaw, S., Komen, H., & Van Arendonk, J.A.M. (2010). Participatory definition of breeding objectives and selection indexes for sheep breeding in tradicional systems. *Livestock Science* 168: 67 - 74.

- Glembokii, J. L. (1956). Inbreeding in study work with fine-wooled sheep. *Byull. most. Obsch. Ispyt. Prir. Ltd. brol.*, 61(4): 23-36. (A.B.A. ,25, N° 1321).
- Gómez, M., Valera, M., Molina, A., Gutiérrez, J., Goyache, F. (2009). Assessment of inbreeding depression for body measurements in Spanish purebred (Andalusian) horses. *Journal of Livestock Science*. 122: 149 – 155.
- González, G.R., Torres, H.G., & Castillo, A.M. (2002). Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. *Vet. Méx.*, 33: 443-453
- Gonzales-Recio, O., López de Maturana, E. & Gutiérrez, J. (2007). Inbreeding depression on female fertility and calving ease in Spanish dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 90: 5744 – 5752.
- Goodwin, D. (1975). *Producción y manejo del ganado ovino*. Zaragoza. España.
- Groeneveld, E., Kovac, M., Wang, T. (1990). A general purpose package for multivariate prediction and estimation. *Proceedings of the 4th. World Congress on Genetic applied to Livestock Production..* Edinburgh. 488-491.
- Gutiérrez, J. P., Altarriba, J., Díaz, C., Quintanilla, R., Cañon, J., Piedrafita, J. (2003). Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. *Journal of Genetics Selection and Evolution*. 35: 43 – 63.
- Gutiérrez, J. P., Goyache, F. (2005). A note on ENDOG: A computer program for analysing pedigree information. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 122: 172– 176.

- Gutiérrez, J. P., Fernández, I., Alvarez, I., Royo, L., Goyache, F. (2005). Sire x contemporary growth traits in the Asturiana de los Valles beef cattle breed. *Journal of Livestock Science*. 99: 61 – 68.
- Halverson, M., Skelly, D., Caccone, A. (2006). Inbreeding linked to amphibian survival in the wild but not in the laboratory. *Journal of Heredity*. 97(5): 499 – 507.
- Haqq, C., King, C., Ukiyama, E., Falsafi, S., Haqq, T., Donahoe, P., Weiss, M. (1994). Molecular basis of mammalian sexual determination: activation of Mullerian inhibiting substance gene expression by SRY. *Science* 266 1494–1500.
- Helman, M. (1952). *Ovinotecnia*. Ed. El Ateneo. Buenos Aires. Argentina.
- Holand, O., Askim, K., Roed, K., Weladji, R., Gjostein, H., Nieminen, M. (2007). No evidence of inbreeding avoidance in a polygynous ungulate: the reindeer (*Rangifer tarandus*). *Biology Letters*. 3: 36 – 39.
- Kaeuffer, R., Reale, D., Pontier, D., Chapuis, J., Coltman, D. (2008). Local effects of inbreeding on embryo number and consequences for genetic diversity in Kerguelen mouflon. *Biology Letters*. 4: 504 – 507.
- Keller, M., Visscher, J., Goddard, M. (2011). Quantification of inbreeding due to distant ancestors and its detection using dense single nucleotide polymorphism data. *Genetics*. 189: 237 – 249.
- Kim, H. S., Cheng, K., Ritland, C., Ritland, K., Silversides, F. (2007). Inbreeding in Japanese Quail estimated by pedigree and microsatellite analysis. *Journal of Heredity*. 98 (4): 378 – 381.

- König, S., Tsehay, F., Sitzenstock, F., Von Borstel, U., Schmutz, M., Preisinger, R., Simianer, H. (2010). Evaluation of inbreeding in laying hens by applying optimum genetic contribution and gene flow theory. *Poultry Science* 89: 658 – 667.
- Kuehn, L., Notter, D., Lewis, M. (2008). Assessing genetic gain, inbreeding and bias attributable to different flock genetic means in alternative sheep sire referencing schemes. *Journal of Animal Science*. 86: 526 – 535.
- Kushchenko, P. T. (1978). Effect of inbreeding on the reproductive performance of sheep. *Animal Breeding Abstract*. 46: 6033.
- Lasley, F. (1970). *Genética del mejoramiento del ganado*. Universidad de Missouri. Estados Unidos.
- Lax, J., Brown, G. H. (1968). The influence of maternal handicap, inbreeding, and ewe's body weight at 15–16 months of age on reproduction rate in Australian Merinos. *Australian Journal of Agricultural Research*.
- Lewis, R.M. & Simm, G. (2000). Selection strategies in sire referencing schemes in sheep. *Livestock Production Science*, 67:129-141.
- Li, M. H., Strandén, I., Kantanen, J. (2019). Genetic diversity and pedigree of the Finsheep breed. *Journal of Animal Science* 87:1598 – 1605.
- Loos, R., Derom, C., Eeckles, R., Derom, R., Vlietnik, R. (2001). Length of gestation and birthweight in dizygotic twins. *Lancet* 358 560–561.
- Mackinnon, K. M. (2003). *Analysis of Inbreeding in a Closed Population of Crossbred Sheep*. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia.

- Magofke, J., Mancilla, A., Neira, R. (1979). Conceptos en genética animal. Departamento de Ganadería y Producción Pratense. Publicación Docente N° 2. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago. Chile.
- Malécot, G. (1948). Les mathématiques de l'heredité. Ed. Cie. Paris. France.
- Malécot, G. (1969). The mathematics heredity. Ed. W.H Freeman and Company. San Francisco. United States of America.
- Márquez, G., Speidel, S., Enns, R., Garrick, D. (2010). Genetic diversity and population structure of American Red Angus cattle. *Journal of Animal Science*. 88: 59 – 68.
- Marshall, T., Coltman, D., Pemberton, J., Slate, J., Spalton, J., Guinness, F., Smith, J., Pilkington, G., Clutton-Brock, T. (2002). Estimating the prevalence of inbreeding from incomplete pedigree. *Proceedings of the Royal Society B*. 269: 1533 – 1539.
- McCurley, J., Butts, W., Bovard, K. (1984). Growth patterns of Angus, Hereford and Shorthorn cattle. I. Comparison of inbred and noninbred lines, changes in patterns over time and effects of level of inbreeding and reproductive performance. *Journal of Animal Science*. 59: 1194 – 1204.
- Mcdaniel, B.T. (2001). Uncontrolled Inbreeding. Department of Animal Science, North Carolina State University, Raleigh 27695.
- McNeil, M., Dearbon, D., Cundiff, L. (1989). Effects of inbreeding and heterosis in Hereford females on fertility, calf survival and preweaning growth. *Journal of Animal Science*. 67: 895 – 901.
- McParland, S., Kearney, F., Rath, M., Berry, D. (2007). Inbreeding trends and pedigree analysis of Irish dairy and beef cattle populations. *Journal of Animal Science*. 85: 322 – 331.

- Mellor, D. & Matheson, I. (1979). Daily changes in the curved crown-rump length of individual sheep fetuses during the last 60 days of pregnancy and effects of different levels of maternal nutrition. *Quarterly Journal of Experimental Physiology and Cognate Medical Sciences* 64 119–131.
- Meuwissen, T., Luo, Z. (1992). Computing inbreeding coefficients in large populations. *Genet. Sel. Evol.* 24:(4) 305-313.
- Michalczyk, L., Martin, O., Millard, A., Emerson, B., Gage, J. (2010). Inbreeding depresses sperm competitiveness, but not fertilization or mating success in male *Tribolium castaneum*. *Proceedings of The Royal Society B.* 277: 3483 – 3491.
- Miglior, F., Burnside, E., Hogenboken, W. (1994). Heterogeneity among families of Holstein cattle in inbreeding depression for production traits. En: 5th Congreso WCGALP. World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Guelph, Ontario. Vol. 16: 479 – 482.
- MINAG. (2007). Ministerio de Agricultura – MINAG. Oficina de Información Agraria. Dirección de Estadística. Lima - Perú.
- MINAG. (2013). Ministerio de Agricultura – MINAG. Oficina de Información Agraria. Dirección de Estadística. Lima - Perú.
- Mumtaz, G., Tamin, H., Kanaan, M., Khawaja, M., Khogali, M., Wakin, G., Yunis, K. (2007). Effect of consanguinity on birth weight for gestational age in a developing country. *American Journal of Epidemiology.* 165: 742 – 752.
- Muasya, T., Githinji, M., Mugambi, J., Ilatsia, E. (2006). Effect of inbreeding on growth performance of dual purpose goats in semi-arid Kenya. *Proceedings of Kenya*

- Agricultural Research Institute. 10th Bienal Scientific and Agricultural Forum. Nairobi, Kenya. 4 p.
- Neira, R. (1985). Introducción al estudio de la consanguinidad en animales. Departamento de Producción Animal. Publicación Docente N° 11. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago. Chile.
- Nicholas, F. (1987). Veterinary genetics. Ed. Butler & Tanner Ltd. New York. United States of America.
- Norberg, E., Sorensen, A. (2007). Inbreeding trend and inbreeding depression in the Danish populations of Texel, Shropshire and Oxford Down. Journal of Animal Science. 85: 299 – 304.
- Olbrich, W. (1975). Ovejeria intensiva. Ed. M. Sánchez & Cía. Ltda. Santiago. Chile.
- Panetto, J., Gutiérrez, J. P., Ferraz, J., Cunha, D., Golden, B. (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: 4902 – 4912.
- Phillips, R., Dawson, W. (1937). The relation of type and time of birth and birth weight of lambs to their survival, growth and suitability for breeding. Journal of Animal Science. 1937: 296 - 306
- Phillips, R. (1949). La cría del ganado en ambientes desfavorables. Ed. La Prensa Médica Mexicana. México.
- Pirchner, F. (1983). Population genetics in animals breeding. Ed. Plenum. New York. United States of America.

- Ponzoni, R. (1973). Aspectos modernos de la producción ovina. Ed. Departamento de Publicaciones. Montevideo. Uruguay.
- Quesada, M., C., Mcmanus, E. F. A., D'araujo, C. (2002). Efeitos genéticos e fenotípicos sobre características de produção e reprodução de ovinos deslanados no Distrito Federal. *Rev. Bras. Zootecn.*, 31: 342-349.
- Quinton, M., Smith, C., & Goddard, M. E. (1977). Comparison of selection methods at the same level of inbreeding. Department of Animal and Poultry Sciences, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Quinton, M., Smith, C., Goddard, E. (1992). Comparisson of selection methods at the same level of inbreeding. *Journal of Animal Science*. 70: 1060 – 1067.
- Reid, J., Arcese, P., Keller, L., Elliott, K., Sampson, L., Hasselquist, D. (2007). Inbreeding effects on immune response in free-living song sparrows (*Melospiza melodia*). *Proceedings of the Royal Society*. 274: 697 – 706.
- Reyes, P. (1980). *Bioestadística Aplicada*. Editorial Trillas. México D.F. 1980.
- Robinson, J. J. (1977). The influence of maternal nutrition on ovine foetal growth. *Proceedings of the Nutrition Society* 369–16.
- Robinson, J. J., Mcdonald, I., Fraser, C., Crofts, R. M. (1977). Studies on reproduction in prolific ewes. I. Growth of the products of conception. *J. Agrie. Sci., Camb.* 88: 539-552.
- Robinson, J. J., Sinclair, K.D. & Mcevoy, T.G. (1999). Nutritional effects on foetal growth. *Anim.Sci.*, 68: 315-329.
- Romagosa, J. (1976). *Selección de ovejas*. Ed. Pons. Madrid. España.

- Russell A.J. (1971). Relationships between energy intake and productivity in hill sheep. Proceedings of the Nutrition Society 30:197–204.
- Russell, A., Foot, J. Z., Vvliite, I. R. (1981). The effect of weight at mating and nutrition during mid-pregnancy on the birth weight of lambs from primiparous ewes. J Agric. Sci. 97-:723-729.
- Sánchez, L., Toro, M., García, C. (1999). Improving the efficiency of artificial selection: More selection pressure with less inbreeding. Genetics. 151: 1103 – 1114.
- Santana, M., Oliveira, P., Eler, J., Gutiérrez, J., Ferraz, J. (2012). Pedigree analysis and inbreeding depression on growth traits in brazilian Marchigiana and Bonsmara breeds. Journal of Animal Science. 90: 99 – 108.
- SAS Institute Inc., (2009). SAS/STAT ® 9.0 Users Guide (N. Cary Ed. Second Ed.)
- Schmidt, C.R. (2006). The European Endangered Species Programme (EEP) for vicuñas. En: Gerken M. & Renieri C. 2006. South American Camelids research. Volumen I. 4th European Symposium on South American Camelids/DECAMA European Seminar, Gottingen, Alemania. 65-74.
- SENAMHI (2016). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Planilla Climatología. Puno. Perú.
- Simm, G. (1998). Genetic Improvement of cattle and sheep. Primera Edición. Farming Press, Tonbridge, Reino Unido. 432 p.
- Spike, P. (2009). Applied animal breeding. Lab Exercises. Iowa State University Book Store. Iowa, Estados Unidos.
- Stonaker, H. (1977). La Genética en el mejoramiento animal Ed Herrero Unos. México.

- Torrent, M. (1986). La oveja y sus producciones. Ed. Aedos, Barcelona. 290 p.
- Uribe, H. A. (1997). Genética ganadera. Apuntes de Clases Instituto de Zootecnia. Universidad Austral de Chile Valdivia Chile.
- Vega, M., García, X., Mansilla, A. (1980). Efectos ambientales y genéticos sobre características de peso corporal y peso del vellón en ovinos Corriedale VII Congreso Mundial de Criadores de Corriedale, Febrero 1980. Magallanes. Chile.
- Vilela, J. (2015). Estimación de coeficientes de consanguinidad y su efecto sobre peso al nacimiento y peso de vellón en una población de alpacas. Tesis Mg. Cs Animal. Unidad de Posgrado. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Vogt, D., Swartz, H., Massey, J. (1993). Inbreeding: its meaning, uses and effects on farm animals Agricultural Publication G02911. [Http //muextension.missouri.edu/xplor/agguides/ansci/g02911 htm](http://muextension.missouri.edu/xplor/agguides/ansci/g02911.htm).
- Whitlock, M. (2002). Selection, load and inbreeding depression in a large metapopulation. *Genetics*. 160: 1191 – 1202.
- Wright, S. (1921). A Systems of mating: I The biometric relations between parent and offspring. *Genetics* 6: 111-123
- Wurzinger, M., Willam, A., Delgado, J., Nürnberg, M., Zárate, A., Stemmer, A., Ugarte, G. & Sölkner, J. (2008). Design of a village breeding programme for a llama population in the High Andes of Bolivia. *J. Anim. Bred. Genetic*. 125:311-319.

Anexos

Tabla 8: Análisis de varianza para peso al nacimiento de las crías consanguíneas de la raza Corriedae en el Centro Experimental Chuquibambilla.

F.V.	g.l.	SC	CM	Fc	Signif.
Sexo	1	0.148337531	0.14837531	0.22	0.6390 (n.s.)
Padre	3	0.89857081	0.29952360	0.45	0.7203 (n.s.)
Consanguinidad	3	4.36946098	1.45648699	2.17	0.0949 (n.s.)
Error experimental	125	89.30812030	0.67113371		
Total	132	89.30812030			