

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE ESTUDIO DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO
ZOOTECNISTA

Análisis del registro genealógico del Caballo Peruano de Paso y estimación de parámetros poblacionales

Línea de Investigación

Conservación de la biodiversidad

Autor:

Upson Samoluk, Edward Joseph

Jurado Evaluador:

Presidente: Rojas Paredes, Marco Antonio

Secretario: Lozano Castro, Angélica Mery

Vocal: Izaga Inoñán, Mario

Asesor:

Cedano Castro, José Isaí

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7363-2541>

Trujillo – Perú

2024

Fecha de sustentación: 2023/12/22

Análisis del registro genealógico del Caballo Peruano de Paso y estimación de parámetros poblacionales

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %

INDICE DE SIMILITUD

7 %

FUENTES DE INTERNET

0 %

PUBLICACIONES

6 %TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1**repositorio.lamolina.edu.pe**

Fuente de Internet

4 %**2****hdl.handle.net**

Fuente de Internet

3 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Apagado

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, José Isaí Cedano Castro, docente del Programa de Estudio de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “Análisis del registro genealógico del Caballo Peruano de Paso y estimación de parámetros poblacionales”, autor Upson Samoluk, Edward Joseph, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 7%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 16 de noviembre del 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 16 de noviembre de 2023

Asesor: José Isaí Cedano Castro

Autor: Edward Joseph Upson Samoluk

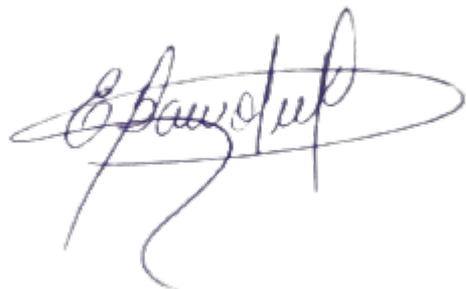
DNI: 45884509

DNI: 45395903

ORCID: 0000-0001-7363-2541

Firma:

Firma:



La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



Ing. Mg. Rojas Paredes, Marco Antonio
PRESIDENTE



MV. Mg. Lozano Castro, Angélica Mery
SECRETARIO



MV. Mg. Izaga Inoñán, Mario
VOCAL



Ing. Ph. D. José Isaí Cedano Castro
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre, que en todo momento me dio su apoyo y aliento.

A todos los criadores de la Asociación Nacional de Criadores y Propietarios del Caballo Peruano de Paso, que me brindaron su confianza para acceder a sus registros.

A mi novia Diana, que me apoyó y alentó en todo momento a seguir adelante.

A mi Juanito y hermanos, que siempre creyeron en mí.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis, el Ph. D. José Cedano Castro, por la orientación y ayuda brindada en la realización de mi tesis, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más.

Al señor Carlos Prella Melly, por su apoyo en la búsqueda y contacto con los criadores.

A mi familia, con su comprensión y estímulo constante, además de su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional.

Al Dr. Luis Enrique Navarrete Inga, por su colaboración dentro de la Asociación Nacional de Criadores y Propietarios del Caballo Peruano de Paso.

A todos mis amigos para los cuales estas líneas quedarían cortas, que de una u otra forma, me apoyaron en el desarrollo de mi trabajo de investigación.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. El Caballo Peruano de Paso.....	3
2.1.1. Población del Caballo Peruano de Paso.....	3
2.1.2. Características del Caballo Peruano de Paso.....	4
2.1.3. Concursos de Caballos Peruanos de Paso.....	6
2.2. Estructura genética de la población	8
2.3. Parámetros poblacionales.....	9
2.3.1. Profundidad del pedigrí.....	9
2.3.2. Intervalo generacional.....	10
2.3.3. Coeficiente de consanguinidad (F)	10
2.3.4. Tamaño efectivo de la población (N_e).....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Lugar de Ejecución de la investigación.....	14
3.2. Colección de datos	14
3.3. Análisis de datos.....	15
IV. RESULTADOS.....	17
4.1. Análisis del registro genealógico del Caballo Peruano de Paso	17
4.1.1. Incremento de la población del Caballo Peruano de Paso.....	17
4.1.2. Machos reproductores que tienen mayor número de descendientes .	17
4.1.3. Integridad de pedigrí y árbol genealógico del Caballo Peruano de Paso	18
.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de consanguinidad en diferentes razas de caballos	11
Tabla 2. Tamaño efectivo de la población en diferentes razas de caballos	13
Tabla 3. Número de criadores y de animales vivos por departamento que formaron parte del estudio.....	15
Tabla 4. Código y nombre de los 15 reproductores con mayor número de descendientes	18

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número total de Caballos Peruanos de Paso registrados a nivel nacional en los últimos 12 años.....	3
Figura 2. Caballo alazán capón de freno y espuela	5
Figura 3. Yegua castaña de freno y espuela.....	5
Figura 4. Caballo zaino capón de bozal.	5
Figura 5. Potrillo tordillo o moro al cabestro	5
Figura 6. Yegua palomina de freno y espuela	5
Figura 7. Pecho petral color blanco se le entrega a la reserva de campeón	8
Figura 8. Roseta color azul con filos dorados se les entrega a los primeros puestos de cada categoría.....	8
Figura 9. Pecho petral color verde se le entrega al campeón (a) del año	8
Figura 10. Pecho petral color verde con filos dorados se le entrega al campeón (a) de campeones.....	8
Figura 11. Roseta color rojo se le entrega al tercer puesto de cada categoría	8
Figura 12. Yegua castaña de freno y espuela	¡Error! Marcador no definido. 8
Figura 13. Roseta color amarillo se le entrega al sexto puesto de cada categoría	8
Figura 14. Porcentaje de padres conocidos del pedigrí del CPP elaborado con la información de los 53 criadores que formaron parte del estudio	18
Figura 15. Árbol genealógico de los 11213 Caballos Peruanos de Paso que formaron parte del presente estudio.....	20
Figura 16. Coeficiente de consanguinidad promedio por generación para la población de CPP empleada en el presente estudio.....	21

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Carta de autorización	30
Anexo 2. Resolución ministerial número 0097-2003-AG	31
Anexo 3. Descendencia de AV. SOL DE PAIJÁN	36
Anexo 4. Ejemplar AV. SOL DE PAIJÁN.....	37

RESUMEN

El Caballo Peruano de Paso tiene un valor histórico y cultural en nuestro país. Es una raza originada por el cruce de las razas de caballos Árabes, Berberisco y Andaluz, los cuales llegaron con los españoles durante la conquista. El interés en su crianza permitió la creación de la Asociación Nacional de Criadores y Propietarios del Caballo Peruano de Paso en 1947, desde entonces la asociación realiza el registro genealógico de ejemplares de esta raza en todo el país. Sin embargo, no existen referencias actuales sobre la caracterización genética de la raza, ni de la variabilidad genética que presenta la población del Caballo Peruano de Paso en Perú. El objetivo del presente estudio fue analizar el registro genealógico del Caballo Peruano de Paso y estimar los parámetros poblacionales. La base de datos empleada en el presente estudio comprende la genealogía de 5923 animales vivos registrados, pertenecientes a 53 criadores a nivel nacional. Se tuvo el registro de 11213 animales desde el año 1938 al 2022. Se emplearon los programas Pedigree Viewer y ENDOG v4.8 para preparar la base de datos y elaborar el árbol genealógico, identificar a los ejemplares con mayor número de crías, determinar la integridad del pedigrí, estimar el coeficiente de consanguinidad promedio y por generación, y el tamaño efectivo de la población. Se han identificado a 15 reproductores que en total tuvieron 1850 crías, y que 13 de ellos están emparentados con el caballo PN-00017 (AV. Sol de Paján). Además, se ha observado que contamos con el registro de más del 94% de los padres, 88% de los abuelos y 85% de los bisabuelos de los 11213 animales del registro empleado en el presente estudio. El coeficiente de consanguinidad promedio estimado fue de 6.48% y el tamaño efectivo de la población fue de 40.3 animales. Los resultados obtenidos indican la pérdida de variabilidad genética dentro de la población de Caballo Peruano de Paso empleada en el presente estudio, ello como efecto de los apareamientos consanguíneos realizados dentro de esta raza con el fin de fijar caracteres fenotípicos de interés para los criadores.

Palabras claves: consanguinidad, integridad de pedigrí, tamaño efectivo de la población.

ABSTRACT

The Peruvian Paso Horse has a historical and cultural value in our country. This breed was established through the crossing of the Arabian, Berberisco and Andalusian horse breeds, which were brought by the Spanish during the invasion. The interest on this breed allowed the establishment of the National Association of Breeders and Owners of the Peruvian Paso Horse in 1947, since then the association has carried out the pedigree registration of all horses and mares of this breed throughout the country. However, there are no current information about the genetic characterization and the genetic variability of this breed in Peru. The aim of this research was to analyze the pedigree record of the Peruvian Paso Horse and estimate the population parameters. The database used included the pedigree of 5923 alive horses, belonging to 53 breeders nationwide. The whole database contained the record of 11,213 animals from 1938 to 2022. The Pedigree Viewer and ENDOG v4.8 softwares were used to prepare the database and make the family tree, identify the stallions with the largest number of offspring, determine the integrity of the pedigree, estimate the average inbreeding coefficient and per generation, and the effective population size. 15 stallions had a total of 1850 offspring, and 13 of them are related to the horse PN-00017 (Sol de Paijan av.). Furthermore, our results showed that the 94% of the parents, 88% of the grandparents and 85% of the great-grandparents of the 11,213 animals in the pedigree used are known. The estimated average inbreeding coefficient was 6.48% and the effective population size was 40.3 animals. The results indicate the loss of genetic variability within the population of Peruvian Paso Horse used in this research, as an effect of inbreeding mating carried out within this breed to establish the main phenotypic traits in this breed.

Key words: inbreeding, pedigree completeness, effective population size.

I. INTRODUCCIÓN

El Caballo Peruano de Paso (CPP) tiene un valor histórico y cultural en nuestro país. Esta raza tuvo su origen en 1531 (Montenegro et al., 2018), y se cree que razas como La Española, Frisona y Berberisco, que llegaron con la conquista española, han contribuido al establecimiento del CPP (De Ascasubi, 1968; Montenegro et al., 2018). En los últimos 12 años se han registrado 6817 ejemplares en Lima y 6353 en Provincias; de estos últimos, los departamentos con más animales registrados en dicho periodo fueron La Libertad (1625), Arequipa (1084), Cajamarca (1086), Ica (1015) y Lambayeque (572). Oficialmente existen 39357 ejemplares registrados en todo el país hasta el 2023 (ANCPCPP, 2022).

El interés en la crianza del CPP permitió que el 18 de mayo de 1947 se establezca la Asociación Nacional de Criadores y Propietarios del Caballo Peruano de Paso. Desde entonces, se ha llevado a cabo trabajos que han permitido la vigencia de esta raza de caballos como representante del país. Se ha logrado establecer toda la logística para el registro de los animales en los libros genealógicos existentes, la organización de concursos donde los mejores ejemplares exhiben su garbo y belleza. Además, se ha generado conocimiento empírico sobre su entrenamiento, manejo, sanidad, reproducción y alimentación.

Sin embargo, aún es escasa la producción y difusión de trabajos científicos sobre las áreas antes mencionadas, y en especial en el área del mejoramiento genético, ello debido al limitado acceso a la información que maneja la Asociación y los criadores. Dicha data puede utilizarse para generar información básica que permita conocer un poco más sobre la raza de Caballo Peruano de Paso, sus características productivas o recreativas, y sus parámetros genéticos. Disponer libremente de la información genealógica de esta raza de caballos, permitiría conocer el estatus genético de la población de CPP del país, siendo ello una información relevante para los criadores y la asociación.

El desarrollo de investigación básica en el área de la mejora genética animal del CPP es importante para que los criadores o la asociación puedan

establecer protocolos, estrategias o programas de selección, apareamiento y diseminación de la genética de dicha especie. Ello, demanda de la aplicación de metodologías apropiadas que se ajusten a la realidad de cada criador en nuestro país. El análisis de la genealogía para determinar la integridad de esta, el número de apareamientos consanguíneos, y para estimar parámetros poblacionales como la consanguinidad y el censo efectivo de la población, permiten obtener información sobre la variabilidad genética en una población, y así caracterizar a una determinada raza o línea genética (FAO 1998; Duchev et al. 2006; Meuwissen 2009).

El presente estudio se realizó con el objetivo de analizar el registro genealógico del Caballo Peruano de Paso y estimar los parámetros poblacionales, como el coeficiente de consanguinidad y el tamaño efectivo de la población. Dichos parámetros nos permitirán conocer la variabilidad genética de la raza de Caballos Peruanos de Paso en nuestro país.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. El Caballo Peruano de Paso

2.1.1. Población del Caballo Peruano de Paso

Desde la fundación de la asociación hasta el año 2023 se han registrado 39357 Caballos Peruanos de Paso en todo el país. En los últimos 12 años se han agregado al registro genealógico 13170 animales, siendo Lima el departamento con más ejemplares registrados (6817 ejemplares), seguido de La Libertad (1625 caballos), Arequipa (1084 ejemplares), Cajamarca (1086 caballos), Ica (1015 ejemplares), y con menor cantidad de animales registrados, los departamentos de Lambayeque (572 animales), Piura (473 animales), Tacna (224 ejemplares) y Junín (109 caballos). Amazonas, Ancash, Apurímac, Ayacucho, Cusco, Moquegua, Pasco y Puno tienen registrados en total 165 animales (Figura 1) (ANCP CPP, 2022).

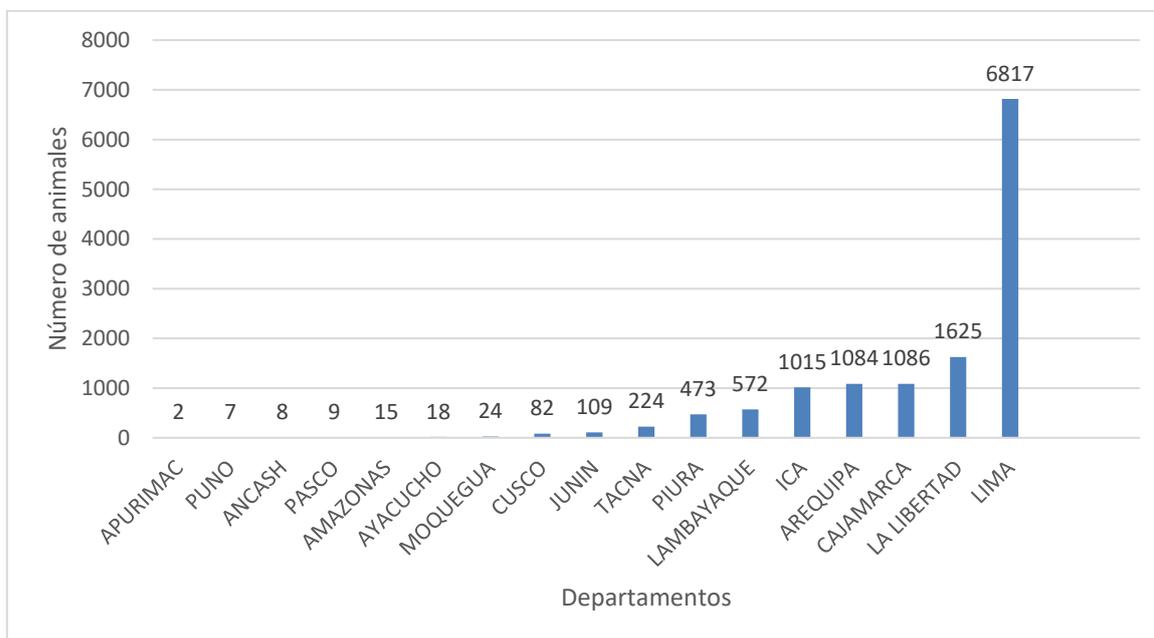


Figura 1. Número total de Caballos Peruanos de Paso registrados a nivel nacional en los últimos 12 años. Fuente: ANCP CPP, 2022

2.1.2. Características del Caballo Peruano de Paso

A inicios de la república el Caballo Peruano de Paso tomo gran importancia por su sobriedad, resistencia y elegancia al andar, empleándose por ello para recorrer largas distancias (Valle Riestra, 1961). El Caballo Peruano de Paso es el resultado del cruce de varias razas europeas y árabes, siendo las razas más influyentes sobre su constitución genética, la raza Española, Frisona y Berberisco (De Ascasubi, 1968). Por otro lado, el grado de sangre árabe en el Caballo Peruano de Paso ha sido escasa (Luna, 1985). No obstante, esta raza de caballos no solo es el producto del mestizaje de varias razas, sino que además es el resultado de un manejo largo y prolongado de selección, registro y entrenamiento.

La raza del Caballo Peruano de Paso es considerada única, por la comodidad excepcional que da al jinete al cabalgar, debido al equilibrio y conveniencia de su constitución. Todo ello está estrechamente relacionado a las características fenotípicas de este animal. Dichas características han sido oficialmente establecidas bajo resolución ministerial número 0097-2003-AG, Lima 4 de febrero del 2003 (ver Anexo 2)

El Caballo Peruano de Paso se caracteriza por tener una alzada a la cruz similar a la alzada de la grupa, ésta forma una línea recta entre la zona torácica y lumbar (Sañudo, 2012). Este caballo tiene una andadura particular de cuatro tiempos, en la que los miembros anteriores, los cuales son rectos, se arquean en forma lateral, y los posteriores, que son acodados, impulsan una zancada larga y recta, que le da la potencia y suavidad (Sánchez, 2006).

Las capas de pelaje son variadas, dentro de ellos tenemos el marrón con crines y cola clara, al que se les denomina alazán (Figura 2), el marrón con crines y cola negra se le denomina castaño (Figura 3), negro, zaino (Figura 4) este a diferencia del negro en los flancos tiene una coloración marrón. También tenemos al tordillo o moro (Figura 5) y al palomino (Figura 6), el cual es de un color casi dorado y con crines y cola claros (ANCPCPP, 2022).



Figuras 2, 3, 4, 5 y 6. Caballo alazán capón de freno y espuela (2). Yegua castaña de freno y espuela (3). Caballo zaino capón de bozal (4). Potrillo tordillo o moro al cabestro (5). Yegua palomina de freno y espuela (6).

2.1.3. Concursos de Caballos Peruanos de Paso

Los primeros concursos de Caballo Peruano de Paso se llevaron a cabo entre 1927 y 1929 en las Pampas de Amancaes, Rímac, Perú. A partir de la década de los cuarenta el concurso empieza a tener más relevancia entre los criadores y la población en general, debido a la publicidad que en esa época se empezó a realizar previa a los concursos. No obstante, no es hasta 1945 que se oficializa, a través del Ministerio de Agricultura, los concursos de Caballo Peruano de Paso. (ANCPCPP, 1988).

Los propietarios de CPP pueden inscribir a sus ejemplares para concurso en ocho diferentes categorías, según el sexo del animal, las cuales se describen a continuación:

- Si son machos, pueden concursar en tres categorías:
 - Potrillos de cabestro: animales de 1 a 3 años de edad.
 - Potrillos de bozal: animales de 3 a 4 años de edad.
 - Potros de freno y espuela: animales de 4 a más años.
- Si son hembras, pueden concursar en tres categorías:
 - Potrancas de cabestro: animales de 1 a 3 años de edad.
 - Potrancas de bozal: animales de 3 a 4 años de edad.
 - Yeguas de freno y espuela: animales de 4 a más años.
- Si son castrados o capones, pueden concursar en dos categorías:
 - Capones de bozal: animales de 3 a 4 años de edad.
 - Capones de freno y espuela: animales de 4 a más años.

En cada categoría se premian a los caballos que ocupen los 10 primeros puestos (ANCPCPP, 2018). Además, la ANCPCPP (2018) ha establecido tres etapas para desarrollar el juzgamiento de las categorías:

- Inspección, consiste en la observación de los ejemplares para apreciar las características lineales de la raza. Cuando los jueces terminan la inspección, la etapa se da por concluida.

- Selección, se realiza con los ejemplares en movimiento, esta prueba tiene una duración de 7 minutos. Los jueces califican la calidad de estos, los ejemplares que resulten seleccionados serán llamados para iniciar el recorrido en el orden que fueron seleccionados.

- Clasificación está constituida por las siguientes etapas:
 - Clasificación inicial en donde los ejemplares se desplazan en el orden que fueron llamados, esta etapa tiene una duración de 6 minutos.
 - Comprobación, esta etapa solo se puede evitar si hay unanimidad de los jueces en la etapa de "Clasificación inicial". En esta etapa se sanciona algún incumplimiento de chalanos y jaladores, al final de esta etapa se entregan los resultados y se premian a los ejemplares.

También hay premios especiales, donde el juzgamiento sigue el patrón ya detallado anteriormente, estos premios están divididos en dos:

- Premios especiales individuales
 - Campeón joven al cabestro
 - Campeón de bozal
 - Merito zootécnico
 - Premio de pisos
 - Campeón y reserva de campeón del año
 - Campeón de campeones

- Premios especiales de conjunto
 - Conjunto de potros
 - Conjunto de yeguas
 - Conjunto de capones
 - Premio progenie de padre
 - Premio progenie de madre
 - Premio madre e hija
 - Premio tres generaciones y afición



Figuras 7, 8, 9. Pecho petral color blanco se le entrega a la reserva de campeón (7). Roseta color azul con fillos dorados se les entrega a los primeros puestos de cada categoría (8). Pecho petral color verde se le entrega al campeón (a) del año (9).



Figuras 10, 11 y 12. Pecho petral color verde con fillos dorados se le entrega al campeón (a) de campeones (10). Roseta color rojo se le entrega al tercer puesto de cada categoría (11). Roseta color amarillo se le entrega al sexto puesto de cada categoría (12).

2.2. Estructura genética de la población

El análisis del registro genealógico permite conocer la estructura genética de una población, la cual nos brinda información sobre el número de genes que dieron origen a dicha población, el flujo que siguieron esos genes y la participación de ellos en la población actual. Todo ello nos permite caracterizar a dicha población a través del grado de variabilidad genética que presenta (Cervantes, 2008).

Actualmente, el uso de técnicas de genética molecular permite estudiar la diversidad genética de poblaciones de animales domésticos (Carneiro et al., 2007). Sin embargo, emplear los registros genealógicos disminuye los costos de ejecución y simplificar la labor de obtención de la información por lo que aún estos registros son ampliamente empleados en estudios de diversidad genética (Cleveland et al., 2005).

Los parámetros poblacionales más utilizados para caracterizar genéticamente a una población son el grado de profundidad del pedigrí o de la genealogía, el intervalo generacional, el coeficiente de consanguinidad, el tamaño efectivo de la población, la probabilidad de origen de los genes (número efectivo de fundadores, ancestros y de genomas fundadores) y los estadísticos de Wright (Falconer y Mackay, 1996).

2.3. Parámetros poblacionales

2.3.1. Profundidad del pedigrí

El grado de profundidad de pedigrí resulta del análisis de este. Teniendo en cuenta la cantidad de información que existe en los registros genealógicos o pedigrí, se puede determinar la pérdida de variabilidad genética a través de las generaciones. Por ello, siempre es importante referirse a la cantidad de información que contienen los registros genealógicos existentes (Boichard et al., 1997; Gutiérrez et al., 2003).

La ausencia de información sobre algunos padres o madres y la presencia de generaciones solapadas en las poblaciones impide analizar los datos en base a generaciones discretas. En el análisis del pedigrí se pueden determinar el número de generaciones completas, la cual se define como el número de generaciones que separan a la descendencia de la generación más lejana donde se conocen a ambos ancestros. También se puede reportar el número máximo de generación, la cual es definida como el número de generaciones que separan al individuo de su ancestro más lejano (Gutiérrez et al. 2005).

2.3.2. Intervalo generacional

Existen dos formas de calcular este intervalo generacional. Se puede estimar como la edad promedio de los padres al nacimiento de sus hijos que serán los progenitores de la siguiente generación. La segunda forma, consiste en estimarlo como la edad media de los padres al nacimiento de sus crías que serán o no los próximos progenitores (Gutiérrez et al., 2005).

En caballos se ha calculado el intervalo generacional en sus cuatro vías (Padre – Hijo, Padre – Hija, Madre – Hijo, Madre – Hija). Además, se han reportado la media del intervalo generacional tomando en cuenta dichas vías, calculado de las dos formas antes mencionadas. Es así que Pinheiro et al. (2013) reportó el valor promedio de 7.94 años de intervalo generacional para la raza de caballos Sorraia, raza que se considera en peligro de extinción. Además, Valera et al. (2005) presentó el valor promedio de 10.11 años para este parámetro en caballos de la raza Andaluz o Pura Raza Española. En caballos Cuarto de Milla se ha reportado un intervalo generacional de 9.6 años (Faria et al., 2018).

Por otro lado, existen dos estudios realizados en Caballo Peruano de paso, uno con los registros de animales de esta raza hasta el 2013 (Montenegro et al., 2018) y el segundo con registros de Caballo Peruano de Paso criado en Ecuador (Larrea et al., 2022), en ambos, se ha reportado en promedio 8 años para el intervalo generacional.

2.3.3. Coeficiente de consanguinidad (F)

Conocido también como coeficiente de endogamia, es la probabilidad de que dos alelos de cualquier gen en un individuo sean idénticos por descendencia (Falconer y Mackay 1996). Malécot (1948), lo define como la probabilidad de que dos alelos elegidos aleatoriamente sean idénticos por descendencia. Dicho coeficiente mide la asociación entre ambos alelos producida por apareamientos entre animales emparentados (Blasco 2021). Este coeficiente expresa también el grado de parentesco entre sus padres y se representa, al coeficiente de consanguinidad, con la F de Sewel Wright (Spike, 2009).

La tasa de consanguinidad promedio de una población, generalmente depende más del tamaño de esta, que de la práctica de aparear animales emparentado. Este coeficiente será alto si la población es pequeña o bajo si la población es grande (Calboli et al. 2008). Dicho coeficiente ha sido estimado para diferentes razas de caballos. La tabla 1 resume los valores promedio de este parámetro reportado por varios autores, donde la mayoría de las razas presentan valores alrededor del 10% para dicho coeficiente, a excepción del Caballo de raza Sorraia, que está en peligro de extinción, y presenta un coeficiente de casi 27%, y para la raza Cuarto de Milla se ha reportado un valor de alrededor del 1%, el valor más bajo según la información consultada.

Tabla 1. Coeficiente de consanguinidad en diferentes razas de caballos

Raza	Coeficiente de Consanguinidad (%)	Autor y Año
Andaluz	8.48	Valera et al. 2005
Caballo Árabe Español	7.0	Cervantes et al. 2008
Lusitano	9.92	Vicente et al. 2012
Sorraia	26.99	Pinheiro et al. 2013
Cuarto de Milla	1.07	Faria et al. 2018
Caballo Peruano de Paso	5.44	Montenegro et al., 2018
Caballo Peruano de Paso criado en Ecuador	5.97	Larrea et al., 2022

2.3.4. **Tamaño efectivo de la población (N_e)**

Conocido también como censo efectivo de la población, es el número de individuos reproductores que contribuyen con la misma tasa de consanguinidad o la misma tasa de cambio de la varianza genética, como la que se observa en una población estudiada, si dichos individuos reproductores se reprodujeran de la manera indicada en la población ideal (Caballero, 1994; Falconer y Mackay, 1996).

El tamaño efectivo de la población es importante en el estudio de poblaciones debido a que nos permite caracterizar un raza o línea genética de animales. Valores inferiores a los 50 animales indicaría que una población está en peligro de extinción (FAO 1998; Duchev et al. 2006; Meuwissen 2009).

Wright (1931) estableció ciertas características para una población ideal, como el de tener un tamaño infinito, con apareamientos aleatorios y un número constante de reproductores por generación; donde todos los individuos sobreviven desde el nacimiento hasta la edad adulta. Además, ambas muestras de gametos y su unión son aleatorias, con la excepción de que todos los individuos tienen las mismas oportunidades para la producción de progenes. También manifiesta que los cambios sistemáticos en las frecuencias alélicas se excluyen y las generaciones no se superponen.

Existen diversos métodos para estimar este parámetro, de los cuales se presentan los dos métodos más empleados, descritos por Leroy et al. (2013):

a. Proporción de machos y hembras

Para emplear este método se necesita conocer el número de reproductores hembras y machos de la población de referencia. El tamaño efectivo de la población se calcularía como el cociente entre cuatro veces la multiplicación del número de machos (M) y hembras (H) sobre la suma del número de machos y hembras (1). Este método se basa en el aumento de la consanguinidad y la variación del tamaño de la progenie bajo el supuesto de que el apareamiento es aleatorio, no existe selección, y la variación aleatoria de la progenie a través de los padres (Wright, 1931).

$$N_e = \frac{4MH}{M + H} \dots \dots \dots (1)$$

b. Cambio de la consanguinidad (ΔF) en dos generaciones sucesivas

Este método toma en cuenta la tasa de cambio de la consanguinidad (ΔF) en dos generaciones consecutivas. Falconer y Mackay (1996), proponen que la ΔF se puede calcular conociendo el promedio del coeficiente de consanguinidad

de la población de referencia (F_{t+1}) y el de sus padres (F_t), como se muestra a continuación:

$$\Delta F = \frac{F_t - F_{t-1}}{1 - F_{t-1}}$$

Con ello se puede estimar el tamaño efectivo de la población, como el cociente entre 1 y dos veces la tasa de cambio del coeficiente de consanguinidad:

$$N_e = \frac{1}{2 \Delta F}$$

Este parámetro ha sido reportado en el estudio de diversidad genética en varias razas de caballos. La Tabla 2 muestra valores estimados para el tamaño efectivo de la población reportado en caballos, de los cuales el caballo de raza Holsteiner y Caballo Peruano criado en Ecuador presentaron valores de N_e inferiores a 60 animales, el caballo Lusitano presentó un valor de 576 animales para dicho parámetro, superior a lo reportado en otras razas presentes en la Tabla 2.

Tabla 2. Tamaño efectivo de la población en diferentes razas de caballos

Raza	Tamaño efectivo de la población*	Autor y Año
Hannoveriano	372	Hamann y Distl 2008
Trakehner	150	Teegen et al. 2009
Caballo de Deporte Español	226	Bartolomé et al. 2011
Lusitano	576.70	Vicente et al. 2012
Holsteiner	55	Roos et al. 2015
Cuarto de Milla	195	Faria et al. 2018
Caballo Peruano de Paso criado en Ecuador	46.81	Larrea et al., 2022

*: Número de animales

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución de la investigación

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones de la Asociación de Criadores y Propietarios de Caballos de Paso de Trujillo. La cual está ubicada en la Vía de evitamiento kilómetro 569, distrito de Víctor Larco Herrera, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. En sus oficinas se llevaron a cabo la informatización de la información genealógica de todos los ejemplares que formaron parte de la presente investigación y se realizaron los análisis respectivos.

3.2. Colección de datos

Para la ejecución del presente estudio se solicitó el permiso a los criadores de Caballos Peruanos de Paso para acceder, manejar y analizar la genealogía de sus animales desde el año 2022 hasta el último pariente conocido. Se solicitaron el acceso a sus registros, principalmente, a criadores de los departamentos que cuentan con más registro de ejemplares, como son Lima, La Libertad, Cajamarca, Arequipa, Ica, Lambayeque, Piura, Tacna, Junín y Cusco.

Para obtener dicho permiso se realizaron entrevistas y llamadas telefónicas a criadores de dichos departamentos, donde se les mostró nuestro interés por desarrollar investigación haciendo uso del pedigrí de estos animales. Posterior a tener la aceptación verbal de su participación y autorización para el uso de sus datos, se envió solicitudes para formalizar dicho acuerdo (Anexo 1). De esta manera, se logró obtener el permiso de 53 criadores a nivel nacional (Tabla 3).

Tabla 3. Número de criadores y de animales vivos por departamento que formaron parte del estudio

Departamento	N° de criadores	N° animales vivos
Tacna	1	94
Cusco	1	8
Junín	1	11
Piura	3	178
Ica	4	589
Lambayeque	4	60
Arequipa	5	284
Cajamarca	10	414
Lima	11	1995
La Libertad	13	1401
*Otros	-	889
TOTAL	53	5923

*Otros: contiene el número de animales que presentan relación parental con los ejemplares de los criadores de los departamentos mencionados.

La base de datos contiene 1658 reproductores machos (padres) y 4395 hembras (madres), y en total se cuenta con el registro de 11213 animales hasta el año 2022, de los cuales 5923 animales están vivos en la actualidad.

La base de datos contiene el código del animal, de su padre, madre, fecha de nacimiento, sexo y estado (vivo o muerto). Los datos fueron manejados y analizados respetando la privacidad y el anonimato de los criadores.

3.3. Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó empleando los programas Pedigree Viewer (University of New England, 2009) y ENDOG v4.8 (Gutiérrez et al. 2010). El programa Pedigree Viewer se utilizó para reenumerar a todos los animales, con el objetivo de tener una base de datos adecuada a los requerimientos de formato del programa ENDOG v4.8. Además, con dicho programa se estimó el coeficiente de

consanguinidad individual y generacional, también se graficó el árbol genealógico de los animales que formaron parte del presente estudio.

ENDOG v4.8, se empleó para estimar y conocer:

- La integridad del pedigríe
- El número de apareamientos consanguíneos
- El tamaño efectivo de la población

Ambos programas cuentan con algoritmos que permiten estimar los parámetros antes mencionados. El programa Pedigree Viewer estima el coeficiente de consanguinidad empleando la siguiente fórmula:

$$F_x = \sum 0.5^{n_1+n_2+1} (1 + F_A)$$

Donde:

F_x = Coeficiente de consanguinidad del animal X.

n_1 = Número de generaciones desde un padre al antecesor común.

n_2 = Número de generaciones desde el otro padre al antecesor común.

F_A = Coeficiente de consanguinidad del antecesor A.

Por otro lado, ENDOG v4.8 estima el tamaño efectivo de la población de la siguiente manera:

$$N_e = \frac{1}{2 \Delta F}$$

Donde:

N_e = Tamaño efectivo de la población.

ΔF = Incremento de la consanguinidad

$$\Delta F = \frac{F_t - F_{t-1}}{1 - F_{t-1}}$$

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis del registro genealógico del Caballo Peruano de Paso

4.1.1. Incremento de la población del Caballo Peruano de Paso

Los registros empleados en el presente estudio permitieron observar que entre el año 1938 y el 2019 el registro de nacimientos de Caballos Peruanos de Paso ha incrementado. La Figura 13 muestra el crecimiento en el registro de animales (crías) nacidos por año, además del registro de ambos padres.

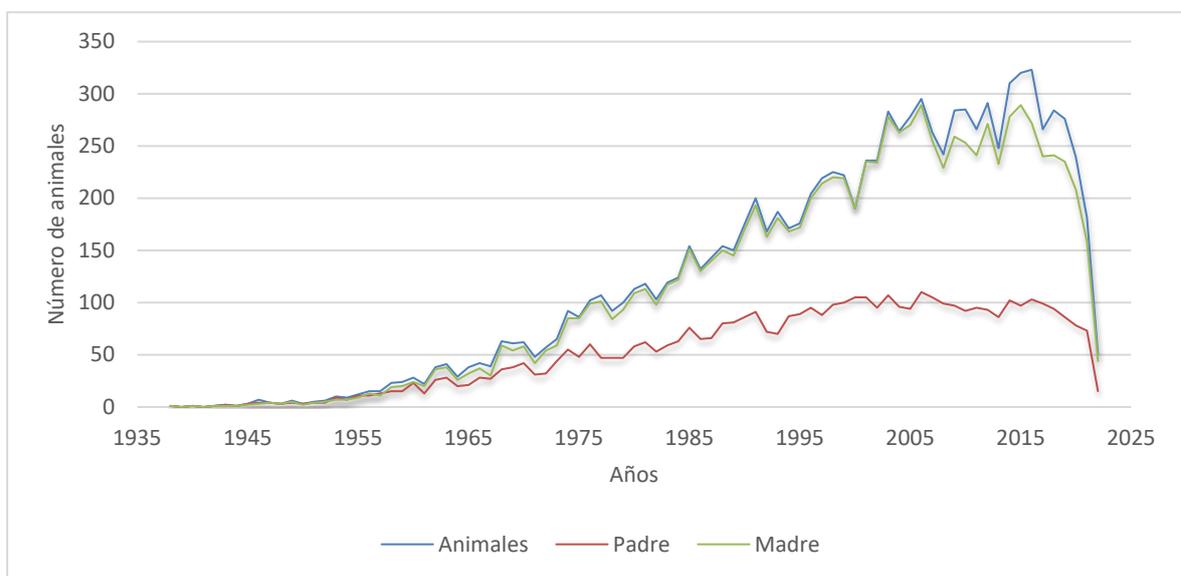


Figura 13. Número de Caballos Peruanos de Paso nacidos y registrados desde el año 1938 al año 2022

Por otro parte, el pedigrí construido con la información de los 53 criadores también contiene animales que no presentaron fecha de nacimiento (682), que no tienen el registro de ambos padres (566), y que no tienen fecha de nacimiento y no cuentan con ambos padres (478).

4.1.2. Machos reproductores que tienen mayor número de descendientes

La Tabla 4 muestra el código y los nombres de los 15 ejemplares con mayor número de crías del pedigrí empleado para el presente estudio. Observándose que los 15 ejemplares han tenido en total 1850 crías dentro de la base de datos empleadas en esta investigación.

Tabla 4. Código y nombre de los 15 reproductores con mayor número de descendientes

N°	Código	Nombre	Número de crías
1	PN-05813	LV. Actor	211
2	PN-00017	AV. Sol de Paiján	197
3	PN-03324	MSP. Telémaco	195
4	PN-08391	JEB. Dandy TE	164
5	PN-03675	AV. Ejecutivo	123
6	PN-03934	AEV. Dignatario	114
7	PN-01363	JRM. Resplandor	107
8	PN-02994	JRM. Retorno	104
9	PN-01216	AEV. Sol Radiante	102
10	PN-04336	ERM. Espontáneo	99
11	PN-04536	LV. Mandamás	96
12	PN-08704	AEV. Halcón	87
13	PN-05915	ERM. Elegido	86
14	PN-01656	AEV. Sol Real	83
15	PN-09094	LV. Ilustre TE	82
TOTAL			1850

4.1.3. Integridad de pedigrí y árbol genealógico del Caballo Peruano de Paso

La Figura 14 muestra el porcentaje de padres conocidos del pedigrí construido en el presente estudio. Se observa que contamos con el registro de más del 94% de los padres, 88% de los abuelos y 85% de los bisabuelos de los 11213.

Por otro lado, la Figura 15 muestra el árbol genealógico que comprende a todos los parientes de los 11213 que formaron parte del presente estudio.

4.2. Estimación de parámetros poblacionales del Caballo Peruano de Paso

4.2.1. Coeficiente de consanguinidad del Caballo Peruano de Paso

El presente estudio muestra como el coeficiente de consanguinidad, dentro de la población creada con los 53 criadores, ha incrementado sostenidamente a partir de la segunda generación (Figura 16), llegando a estimarse un coeficiente de consanguinidad promedio de 6.48%.

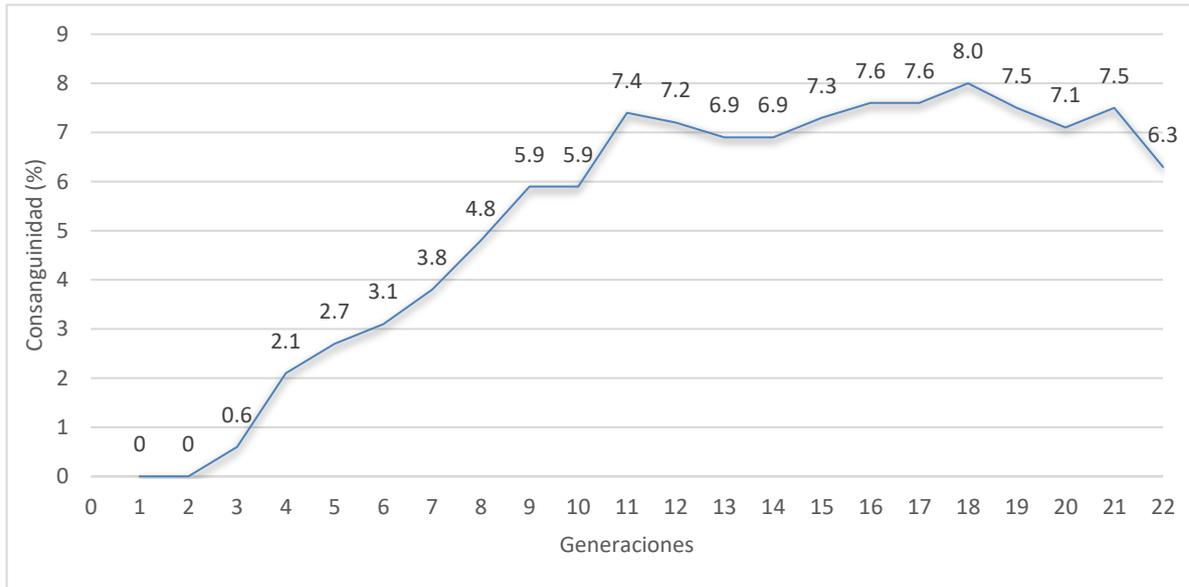


Figura 16. Coeficiente de consanguinidad promedio por generación para la población de CPP empleada en el presente estudio

4.2.2. Tamaño efectivo de la población (N_e)

El tamaño efectivo promedio de la población estimada vía incremento de la consanguinidad individual, en la presente investigación, fue de 40.27 ± 5.06 animales (promedio \pm desviación estándar).

V. DISCUSIÓN

4.3. Análisis del registro genealógico del Caballo Peruano de Paso

4.3.1. Incremento de la población del Caballo Peruano de Paso

El Caballo Peruano de Paso tiene una extensa historia y un pedigrí consistente y amplio, en el cual están registrados más de 40 mil ejemplares. El origen de esta raza parte con la asociación de 13 criadores destacados, sin embargo, actualmente existen más de 1500 asociados. En el presente estudio se emplearon los registros de 53 criadores y de acuerdo con dicha información el registro promedio anual de nacimientos, desde el año 1938 al 2022, de ejemplares de caballos de esta raza fue de 123.88 animales. Desde el año 1985 los nacimientos de Caballos Peruano de Paso han superado los 150 ejemplares por año, sin embargo, desde el año 2000 al 2019 se ha observado que el número promedio de nacimientos registrados se ha mantenido durante dicho periodo en 272 animales por año.

Actualmente, el registro del Caballo Peruano de Paso en nuestro país se realiza previa prueba de paternidad, para que no existan errores en el registro genealógico de dichos animales. Durante la pandemia del Covid 19 se limitaron todas las actividades a nivel mundial, afectando también el registro de los ejemplares de esta raza, debido al confinamiento total de las personas y al nulo acceso a pruebas de paternidad en caballos. Por ello, podemos observar que a partir del año 2020 hasta el 2022 el registro de los nacimientos de los caballos ha disminuido drásticamente.

La población de Caballos Peruano de Paso construida en el presente estudio muestra el registro de 1658 sementales y 4395 yeguas reproductoras durante los 84 años de registro. Un registro similar se observa en la raza de caballos Lucitano con 1000 sementales y 5000 yeguas reproductoras pero durante 41 años de registro (1967 al 2008) (Vicente et al., 2012). Sin embargo, en nuestro estudio se observa un mayor número de registro de yeguas reproductoras que en la raza Lipizzano (Curik et al., 2003). No obstante, existen razas de caballos que presentan más de 50 mil animales registrados, como la raza Pura Española con más de 60

mil hembras registradas (Azor, 2009) y la raza Pura Sangre Inglesa con más de 100 mil yeguas reproductoras registradas (Ricard et al., 2000).

4.3.2. Machos reproductores que tienen mayor número de descendientes

Las crías de los 15 ejemplares representan en total el 16.50% de la población total empleada en la presente investigación (11213 animales). Además, se puede observar que 13 de dichos animales tiene relación parental con el caballo PN-00017 (AV. Sol de Paiján) (Anexo 3), siendo en algunos casos padre (PN-01656 - AEV. Sol Real), abuelo materno o paterno (PN-03324 - MSP. Telémaco y PN-01363 - JRM. Resplandor, respectivamente). El parentesco con los demás ejemplares es de bisabuelo paterno o materno, o de tatarabuelo paterno o materno. Observándose en realidad que el 94.50% del total de crías de los 15 ejemplares tienen relación parental con el caballo AV. Sol de Paiján. Solamente el caballo PN-01216 (AEV. Sol Radiante) no tiene ninguna relación parental con dicho reproductor.

Dichos resultados muestran la importancia de AV. Sol de Paiján (Anexo 4) en la mejora genética del Caballo Peruano de Paso y en el mantenimiento de los caracteres lineales y de concurso de dicha raza. Dicho ejemplar sigue siendo considerado un extraordinario caballo reproductor y de concurso, esto último debido a su elegancia y a la calidad de pisos. AV. Sol de Paiján fue un caballo Laureado (3 veces ganador como Campeón de Campeones), y ha tenido crías en diversas partes del país y en el extranjero, como en Estados Unidos, Panamá y Guatemala, otorgándole por ello el rango distintivo de Embajador de Perú. Actualmente, sus restos descansan en Paiján, en el criadero del Señor Aníbal Vásquez Montoya.

4.3.3. Integridad de pedigrí y árbol genealógico del Caballo Peruano de Paso

Con la información disponible para el presente estudio se observó que el pedigrí elaborado presenta un porcentaje superior al 70% de trastatarabuelos conocidos (cuatro generaciones anteriores). Sin embargo, el nivel de integridad cae en algunos casos hasta un 54% cuando retrocedemos una generación más en el pedigrí. A pesar de no contar con toda la genealogía del Caballo Peruano de Paso a nivel nacional, nuestros resultados muestran un porcentaje alto de parientes conocidos en tres generaciones anteriores, comparándose a lo observado en la

raza Cuarto de Milla (96.2%, 92.0% y 83.6% para la 1era, 2da y 3era generación anterior, respectivamente) (Faria et al., 2018), en la raza Lucitano (98.78%, 97.80% y 97.08% para la 1era, 2da y 3era generación anterior, respectivamente) (Vicente et al., 2012) y en la raza Árabe Española (92.0%, 86.6% y 80.8% para la 1era, 2da y 3era generación anterior, respectivamente) (Cervantes et al., 2008).

Por otro lado, existen otras razas de caballos como la Andaluza (Valera et al., 2005) o la Pura Raza Española criada en México (Domínguez-Viveros et al., 2012), de la cual se conoce el 90% de parientes en la misma generación, o como la raza Lipizzano que se conoce el mismo porcentaje de parientes, pero en la décima generación anterior (Zechner et al., 2002). Nuestros resultados, evidentemente, podrían variar si se empleara el pedigrí completo de todos los caballos registrados a nivel nacional. Sin embargo, lo presentado en esta investigación nos brinda una clara imagen de lo que se espera encontrar en la población del Caballo Peruano de Paso.

4.4. Estimación de parámetros poblacionales del Caballo Peruano de Paso

4.4.1. Coeficiente de consanguinidad del Caballo Peruano de Paso

El coeficiente de consanguinidad estimado para la población del presente estudio fue inferior (6.48%) a lo observado en otras razas de caballos como la raza de caballo Andaluz (8.48%) (Valera et al., 2005), la raza Pura Española (8.2%) (Gómez et al., 2009), el Caballo Árabe Español (7.0%) (Cervantes et al., 2008), o la de una población de caballos de Pura Raza Española criada en México (7.3%) (Domínguez-Viveros et al., 2012).

El grado de parentesco entre individuos dependen del censo de la población, además, el cálculo del coeficiente de consanguinidad también dependerá del grado de integridad de pedigrí de dicha población (Falconer y Mackay, 1996). Es así que en el caso de la raza Sorraia, que es una raza que actualmente se encuentra en peligro de extinción, con pocos miembros de su especie, el coeficiente de consanguinidad estimado fue de 26.99% (Pinheiro et al., 2013). No obstante, valores inferiores se han estimado para caballos Cuarto de Milla (1.07%) (Faria et al., 2018) y para el Caballo Peruano de Paso criado en

Ecuador (5.97%) (Larrea et al., 2022) y para esta misma raza criada en Perú con registro hasta el 2018 (5.44%) (Montenegro et al., 2018).

4.4.2. Tamaño efectivo de la población (N_e)

Este parámetro es considerado un buen indicador del riesgo de la erosión genética (FAO, 1998). Nuestros resultados (40.27 ± 5.06) muestran que la población de Caballo Peruano de Paso empleada en el presente estudio presenta una elevada pérdida de variabilidad genética comparada con los reportes sobre el tamaño efectivo de la población en razas como Cuarto de Milla (167 animales) (Faria et al., 2018), o en el Caballo de Deporte Español (225.8 animales) (Bartolomé et al., 2011). No obstante, se han reportado estimas de tamaño efectivo similares e inferiores a nuestros resultados, como en las razas de Caballo Lusitano (41.24 animales) (Vicente et al., 2012) y en la raza de Caballo Árabe Español (35.1 animales) (Delgado et al., 2014), respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

- El número Caballos Peruano de Paso nacidos y registrados ha incrementado exponencialmente durante las 8 décadas que está vigente la Asociación Nacional de Criadores y Propietarios del Caballo Peruano de Paso
- El caballo AV. Sol de Paiján (PN-00017) ha sido un ejemplar único que ha tenido influencia sobre el mejoramiento de la raza y el mantenimiento de los caracteres deseables de la raza.
- El presente estudio cuenta con un pedigrí consistente debido al alto porcentaje (superior al 85%) de reproductores conocidos en las últimas tres generaciones.
- La población de Caballo Peruano de paso empleada en el presente estudio ha perdido variabilidad debido al alto coeficiente de consanguinidad y pequeño tamaño efectivo de la población, ello como efecto de los apareamientos consanguíneos realizados dentro de esta raza con el fin de fijar caracteres fenotípicos de interés para los criadores.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar el presente estudio con el registro completo del Caballo Peruano de Paso.
- Planificar los apareamientos de los ejemplares teniendo en cuenta el parentesco entre ellos.
- Realizar la divulgación de los presentes resultados para fomentar el interés por desarrollar investigación relacionada en esta raza.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ANCPCPP. (2018). Reglamento Único de Concursos del Caballo Peruano de Paso
- ANCPCPP. (2018). Reglamento Jueces y Juzgamiento del Caballo Peruano de Paso
- ANCPCPP, anuario 1988. Asociación de Criadores y Propietarios de Caballos de Paso.
- ANCPCPP. 2022. Asociación de Criadores y Propietarios de Caballos de Paso.
- Azor, P.J., 2009. Horse Biodiversity and their Contribution to Rural Development in Spain. EAAP. 60th Annual Meeting, Barcelona, Spain.
- Bartolomé E., Cervantes I., Valera M. y Gutiérrez J. P. 2011. Influence of foreign breeds on the genetic structure of the Spanish Sport Horse population. *Livestock Science*, 142(1–3), 70–79.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.06.021>
- Blasco, A. (2021). *Mejora Genética Animal*.
- Boichard, D.; Maignel, L. y Verrier, E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population, *Genet. Sel. Evol.* 29: 5-23.
- Caballero, A. 1994. Developments in the prediction of effective population size. *Heredity*. 73: 657-679
- Calboli F, Sampson J, Fretwell N, Balding J. 2008. Population structure and inbreeding from pedigree analysis of purebred dogs. *Genetics*. 179: 593 – 601.
- Cervantes, I., Molina, A., Goyache, F., Gutiérrez, J. P., & Valera, M. (2008). Population history and genetic variability in the Spanish Arab Horse assessed via pedigree analysis. *Livestock Science*, 113(1), 24–33.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.02.011>
- Carneiro, T.X.; Gonçalves, E.C. y Schneider, M.P.C. 2007. Diversidade genética e eficiência de DNA microssatélites para o controle genealógico da raça Nelore. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia*. 59:1257-1262.
- Curik, I., Zechner, P., Sölkner, J., Achmann, 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.
<https://doi.org/10.1093/jhered/esg029>
- Cleveland, M.; Blackburn, H.; Enns, M. y Garrick, D. 2005. Changes in inbreeding of US Herefords during the twentieth century. *Journal of Animal Science* 83:

992 - 1001.

- Delgado, J. F., De Andrés, N., Valera, M., Gutiérrez, J. P., & Cervantes, I. (2014). Assessment of population structure depending on breeding objectives in Spanish Arabian horse by genealogical and molecular information. *Livestock Science*, *168*, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.07.012>
- Domínguez-Viveros, J., Rodríguez-Almeida, F. A., Ortega-Gutiérrez, J. Á., & Santellano-Estrada, E. (2012). Análisis de la información genealógica y estimación de parámetros de poblaciones en bovinos de lidia y equinos de pura raza española de México. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*, *22*(5), 443–450.
- Duchev Z., Distl O., Groeneveld E. 2006. Early warning system for loss of diversity in European livestock breeds. *Archiv. Tierzucht*, *49*, 521 - 531
- De Ascasubi, L. 1968. El Caballo de Paso y su equitación. Asociación Nacional de Criadores y Propietarios del Caballo Peruano de Paso. Lima – Perú
- Falconer, D. S., & Mackay, T. F. C. (1996). *Introducción a la genética cuantitativa* (A. S.A. (ed.); 4th ed.).
- FAO. 1998. Secondary guidelines for the national farm animal genetic resources management plants: management of small populations at risk. FAO, Rome, Italy.
- Faria, R. A. S., Maiorano, A. M., Bernardes, P. A., Pereira, G. L., Silva, M. G. B., Curi, R. A., & Silva, J. A. I. V. (2018). Assessment of pedigree information in the Quarter Horse: Population, breeding and genetic diversity. *Livestock Science*, *214*(1780), 135–141. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.06.001>
- Gómez, M. D., Valera, M., Molina, A., Gutiérrez, J. P., & Goyache, F. (2009). Assessment of inbreeding depression for body measurements in Spanish Purebred (Andalusian) horses. *Livestock Science*, *122*(2–3), 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.08.007>
- Gutiérrez, J.P. y Goyache, F. 2005. A note on ENDOG: a computer program for analysis pedigree information. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, *122*: 172-176.
- Gutiérrez, J.P.; Altarriba, J.; Díaz, C.; Quintanilla, R.; Cañón, J. y Piedrafita, J. 2003. Genetic analysis of eight Spanish beef cattle breeds. *Genet. Sel. Evol.*, *35*, 43-64.
- Hamann H. y Distl O. 2008 Genetic variability in Hanoverian warmblood horses

- using pedigree analysis. *J. Anim. Sci.*, 86, 1503–1513.
- Larrea, C., Gómez, M., Landi, V., Hurtado, E., Macías, J., Vera, L., Lozada, E., & Cartuche, L. (2022). *Evaluación de la consanguinidad y variabilidad genética del Caballo Peruano de Paso registrado en Ecuador*.
- Leroy, G.; Mary-Huard, T.; Verrier, E.; Danvy, S.; Charvolin, E. y Danchin-Burge, C. 2013. Methods to estimate effective population size using pedigree data: Examples in dog, sheep, cattle and horse. *Genetics Selection Evolution* 45:1.
- Luna C. 1985. *El Caballo Peruano*. Fondo del Libro Banco Agrario del Perú. Lima, Perú. 359.pá
- Malécot G. 1948. *Les Mathématiques de l'He´re´dite*. Masson et Cie, Paris.
- Meuwissen T. 2009. Towards consensus on how to measure neutral genetic diversity? *J. Anim. Breed. Genet.* 126, 333–334.
- Montenegro, V., Vilela, J., & Wurzinger, M. (2018). Assessment of Generation Interval and Inbreeding in a Peruvian Alpaca Population. *World Congress of Genetics Applied to Livestock Production*, 1–3.
- Pinheiro, M., Kjöllérström, H. J., & Oom, M. M. (2013). Genetic diversity and demographic structure of the endangered Sorraia horse breed assessed through pedigree analysis. *Livestock Science*, 152(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.11.017>
- Ricard, A., Brums, E., Cunningham, E.P., 2000. Genetics of performance traits. In: Bowling, A.T., Ruvinsky, A. (Eds.), *The Genetics of the Horse*, CABI Publishing, UK, pp. 411–438.
- Roos L., Hinrichs D., Nissen T., Krieter J. 2015. Investigations into genetic variability in Holstein horse breed using pedigree data. *Livest. Sci.* 177, 25–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2015.04.013>
- Sánchez C. 2006. *Crianza y Manejo de Caballos*. Perú; 135pp
- Sañudo C. 2012. Zoofometría. Valoración morfológica de los animales domésticos. Pérez y Córdoba (Eds): p 171 – 94.
- Spike, P. 2009. *Applied Animal Breeding. Laboratory Manual*. 1ra ed. Iowa: Animal Science Department. Iowa State University. 268 p.
- Teegen R., Edel C., Thaller G. 2009. Population structure of the Trakehner Horse breed. *Animal*, 3, 6–15.
- University of New England. 2009. Pedigree Viewer. 6p. <http://www->

personal.une.edu.au/~bkinghor/pedi-gree.htm

- Valera, M., Molina, A., Gutiérrez, J. P., Gómez, J., & Goyache, F. (2005). Pedigree analysis in the Andalusian horse: Population structure, genetic variability and influence of the Carthusian strain. *Livestock Production Science*, 95(1–2), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.12.004>
- Valle Riestra J. 1961; Introducción al estudio del Caballo Peruano de Paso a fin de lograr su mejoramiento étnico. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina – Lima – Perú
- Vicente, A. A., Carolino, N., & Gama, L. T. (2012). Genetic diversity in the Lusitano horse breed assessed by pedigree analysis. *Livestock Science*, 148(1–2), 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.05.002>
- Wright, S. 1931. Evolution in Mendelian populations. 16: 97-159
- Zechner, P., Sölkner, J., Bodo, I., Druml, T., Baumung, R., Achmann, R., Marti, E., Habe, F., Brem, G., 2002. Analysis of diversity and population structure in the Lipizzan horse breed based on pedigree information. *Livest. Prod. Sci.* 77, 137–146.

ANEXOS

Anexo 1: Carta de autorización

Trujillo, 12 de febrero 2022

Señor:

Luis Vásquez Nacarino

Presidente de la Asociación de Criadores de Caballos de Paso de La Libertad

Presente.-

Asunto: Solicito acceder al registro genealógico de los Caballos de Paso de La Libertad

Mediante el presente documento, con todo respeto y consideración me presento ante usted. Soy el Bachiller en Medicina Veterinaria y Zootecnia EDWARD JOSEPH UPSON SAMOLUK de la Universidad Privada Antenor Orrego. Además, pongo en manifiesto mi interés, como profesional, en el desarrollo de la crianza del Caballo Peruano de Paso.

También hago de su conocimiento que me encuentro realizando todos los papeleos para poder obtener mi título profesional. Para ello, es necesario contar con un trabajo original de tesis. Actualmente, me gustaría trabajar en el área de genética animal en el Caballo Peruano de Paso. Cuento con el apoyo de profesionales especialistas en el área y con los cuales hemos planteado realizar, si usted lo permite, el estudio titulado "Variabilidad genética del Caballo Peruano de paso de La Libertad".

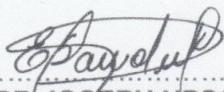
En ese sentido, solicito la autorización para acceder a los registros genealógicos de los Caballos de Paso de la Libertad. Eso permitiría hacer análisis estadísticos con la finalidad de llegar a estimar:

- Coeficiente e incremento de consanguinidad
- Tamaño efectivo de la población
- Número de fundadores
- Número efectivo de fundadores
- Número efectivo de ancestros

Dichos parámetros nos permitirá conocer el estatus de variabilidad genética de los animales que se integren al estudio.

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para expresarle mi especial consideración.

Atentamente,



EDWARD JOSEPH UPSON SAMOLUK
Bach. Medicina Veterinaria y Zootecnia



LUIS VÁSQUEZ NACARINO
Presidente de ACCPLL

Anexo 2: resolución ministerial número 0097-2003-AG, Lima 4 de febrero del 2003

RESOLUCIÓN MINISTERIAL
N° 0097-2003-AG
Lima, 4 de febrero del 2003

CONSIDERANDO:

Que, por Resolución Ministerial N° 0208-88-AG/DGG del 19 de abril de 1988, modificada por Resolución Ministerial N° 00411 90-AG/DGG de 25 de abril de 1990, se aprobó el Patrón del Caballo Peruano de Paso con las características morfológicas y funcionales adecuadas a la raza. Que, el Patrón de la Raza del Caballo Peruano de Paso se encuentra desactualizado por lo que es necesario establecer los parámetros de la raza con medidas zoométricas sustentadas en datos estadísticos;

Que, dada las sugerencias de actualización del Patrón del Caballo Peruano de Paso realizadas por la Asociación Nacional de Criadores y Propietarios de Caballos Peruanos de Paso, es conveniente adoptar un nuevo Patrón que asegure la calidad genética, como el proceso de mejoramiento genético de la raza;

Con la opinión favorable de la Dirección General de Promoción Agraria y de conformidad con el Decreto Ley N° 25919 y Decreto Supremo N° 017-2001-AG;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobar, el Patrón del Caballo Peruano de Paso que como anexo forma parte de la presente resolución.

Artículo 2°.- Deróguese la Resolución Ministerial N° 0208-88-AG/DGG del 19 de abril de 1988.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ÁLVARO QUIJANDRÍA SALMÓN
Ministro de Agricultura

ANEXO

PATRÓN DEL CABALLO PERUANO DE PASO

El Caballo Peruano de Paso, Raza Caballar propia del Perú, inició su desarrollo desde el momento en que llegaron al Perú los españoles y sus caballos.

Sus ancestros raciales combinados con la geografía, el medio ambiente, la función y la selección libre de cruces con razas ajenas, adecuaron los aires o pasos* derivados de la ambladura a sus características viajeras.

Esta raza es única por la comodidad que su andar otorga al jinete. El brío, la nobleza y la arrogancia, unidas a la buena disposición, son características propias de la raza.

El Caballo Nacional es un equino de silla de tipo mediolineo y armónico en sus formas, con buena correlación entre sus partes teniendo una alzada promedio de 1.48 m. para machos y 1.47 m. para hembras.

Las proporciones en sus formas, sumadas a las angulaciones características de la raza, permiten al Caballo Peruano de Paso desplazarse en sus aires característicos o pisos*, los cuales se realizan con predominancia de sus bípedos laterales y con los adornos de agudez (elevación), término y extensión

en los miembros anteriores y movimiento rasante en los posteriores. El Paso Peruano (Piso) es heredable y ha sido fijado por selección como característica propia de la raza, por lo tanto sus crías heredan esta mecánica de movimiento.

CABEZA

De construcción predominantemente subconvexa (con tendencia rectilínea) en su región frontonasal además de elegante, expresiva y descarnada, debiendo revelar su sexo en sus características generales. Tiene un largo entre 59 cm. y 61 cm. Entre la testera y el belfo superior, siendo el ancho entre las

orejas de 11 cm. a 13 cm. Y entre la apófisis orbitales de 16 cm. a 18 cm. Fuerte en su base, con carrillos bien definidos, fina y comprimida en su extremidad inferior, midiendo de 8 cm. a 9 cm. entre los extremos de los ollares y con una separación intermaxilar de 6 cm. a 9 cm. La frente es ancha y plana. Las orejas medianamente largas, móviles y finas. Los ojos ovalados de color oscuro y vivaces, colocados lateralmente a la cara en posición ligeramente oblicua. Los ollares, sinuosos, alargados,

orientados lateralmente y dilatables. La boca, de belfos turgentes, será proporcionada a la dimensión de la cabeza, con una comisura que oscila entre 8 cm. y 10 cm.

CUELLO

Debe ser definido según su sexo, de crines finas, abundantes, largas y lustrosas. El cuello, tiene una longitud promedio de 60 cm. medida del punto medio de la unión de la cabeza al cuello (atlas) y el punto medio de la escápula (espalda), una línea cervical marcadamente convexa en machos y levemente

en el caso de las hembras, siendo más corta y recta la línea inferior (ventral) para ambos sexos. El extremo inferior del cuello debe ser ancho y robusto, bien unido con la escápula y el pecho, presentando una unión en la articulación escápulo-humeral que permita flexibilidad y amplitud de movimiento.

CUERPO

El Caballo Peruano de Paso tiene un rango de alzada entre 1.44 m. y 1.51 m. para machos y 1.43 m. a 1.49 m. para hembras. El perímetro torácico es de 1.77 m. a 1.80 m., teniendo las hembras un perímetro mayor que los machos.

Los machos tienen una longitud cercana a la de la alzada, siendo estas medidas tomadas desde la unión escápulo-humeral (hombro) hasta la vertical trazada sobre el filo de la nalga.

La distancia de la cruz al esternón llamada profundidad, es similar a la altura subesternal (distancia entre él y el suelo), siendo las hembras algo más profundas que los machos. La cercanía a tierra es característica racial.

La cruz está reflejada en la unión de las escápulas, siendo la apófisis mayor (cruz) la que debe estar nivelada con la grupa formando una catenaria con relación al lomo de no más de 8 cm. de luz. El pecho debe ser amplio en un rango de 34 cm. a 36 cm., medido entre las puntas de los hombros, robusto y saliente sin exceso.

Dorso (Zona dorsal)

El dorso, medianamente corto, ligeramente recto y bien unido con el tercio anterior y la zona

lumbar. La caja ósea es amplia y profunda, con el costillar debidamente arqueado y con una región subesternal paralela al suelo.

Lomo o riñón (Zona lumbar)

El lomo debe ser de buena cobertura muscular, corto y bien unido tanto al dorso como a la grupa.

Grupa (Zona sacra)

De grupa redonda, proporcionada, amplia y con una inclinación que determina un nacimiento bajo de la cola, cuya inserción deberá estar debajo de la línea imaginaria que pasa horizontalmente por la punta del anca.

Nacimiento de cola (Zona coccígea)

El nacimiento de la cola es de inserción baja, con crines finas, largas y abundantes. Llevada quieta y bien pegada a las nalgas al andar, siendo éstas características propias de la raza.

LOS MIEMBROS

Miembros anteriores

La espalda debe ser de buena longitud e inclinación (58° a 62° respecto a la horizontal) y debe de estar unida al pecho por una sólida musculatura.

El brazo es corto y musculoso.

El antebrazo es largo y musculoso en la parte superior, afinándose hacia la parte inferior y de una longitud entre 39 cm. y 42 cm.

La rodilla debe ser bien definida en sus formas; amplia, sin desviaciones, bien moldeada y con la cara anterior ligeramente convexa. La arista posterior debe ser prominente y los laterales descarnados para permitir una buena inserción de los tendones.

La caña anterior (metacarpo) debe tener un largo que oscile entre los 26 cm. y 29 cm., con un perímetro entre 17 cm. a 19 cm., con tendones y ligamentos definidos.

Los nudos o menudillos son descarnados y de formas nítidas. Las ceamejas son poco pobladas, denotando finura.

Las cuartillas deben ser sólidas y su perímetro es un centímetro menor que el perímetro de la caña y con un largo referencial entre 9 cm. y 11 cm.

Miembros posteriores

Los miembros posteriores deben revelar en su conjunto poder y capacidad de contracción y extensión.

La nalga debe ser redondeada en armonía con el muslo.

El muslo debe ser medianamente musculado.

La pierna debe tener una musculatura destacada.

El corvejón (articulación tibio-metatarsiana) debe ser bien moldeado, definido y amplio teniendo una construcción ósea fuerte y en su contorno, guardando el equilibrio y la proporción de sus partes. En esta articulación se forma un ángulo interior nítida (acodo) cuya medida debe estar entre los 137° y 142° ,

siendo este ángulo una característica propia de la raza.

La caña posterior (metatarso) debe ser nítida, con tendones fuertes, bien implantados y definidos.

El perímetro de la caña posterior tiene entre 18 cm. y 20cm.

El nudo posterior es de características similares al anterior.

Las cuartillas posteriores, sólidas de un largo entre 9 cm. y 11 cm. y un perímetro de 17 cm. a 20cm.

LOS CASCOS

El casco debe ser de buen desarrollo, proporcionado al cuerpo del animal, coronado por un rodete destacado y prominente recubierto de pelos cortos. El casco en su cara plantar es cóncavo, de contornos regulares y con un candado largo, ancho y prominente, de córnea dura, oscura, resistente y brillante. La muralla del casco debe ser inclinada teniendo un ángulo que oscile entre

los 48° y 51° grados, siendo su eje una proyección de la cuartilla y con un largo de muralla entre 8 cm. y 10 cm. en los anteriores. En general, los cascos de los posteriores tienen pequeñas diferencias de tamaño e inclinación con relación a los anteriores.

APLOMOS

Vista frontal

Con el ejemplar en reposo, los ejes directrices de los anteriores deben ser una línea imaginaria perpendicular al suelo que pasa por la parte media del antebrazo, la rodilla, la caña, la cuartilla y el casco. Los cascos de los posteriores en esta raza están a menor distancia entre ellos que los cascos de los anteriores, formando en el suelo una figura trapezoidal.

Vista posterior

También los ejes directrices de los posteriores siguen la parte media del corvejón, la caña, la cuartilla y el casco.

Vista lateral

Los puntos de apoyo (cascos), deben estar bajo la masa corporal, definiendo una condición de caballo ligeramente "remetido" en los miembros anteriores y "acodado" en los posteriores, debiendo la perpendicular que pasa por el filo de la nalga tocar la punta del corvejón, constituyendo el conjunto otra figura trapezoidal.

Dichos aplomos por su carácter funcional, deberán mantenerse durante el desplazamiento de los ejemplares (apreciándoseles en forma frontal y posterior).

LOS COLORES

Las capas o pelajes son variados, existiendo ejemplares de pelajes simples y compuestos. Los animales con marcados factores de albinismo, son discriminados y son desechados los albinos, píos y overos.

PASO PERUANO (Pisos)

Los trabajos de hipometría efectuados definen a nuestro caballo en sus medidas, proporciones y angulaciones, que lo han adecuado a través de los siglos para sus andares naturales.

En estos andares, que caracterizan al Caballo Peruano de Paso y que lo diferencian de las otras razas, son los apoyos de los bípedos laterales los que dominan el movimiento, iniciando el desplazamiento por disequilibrio y en ambladura perfecta, para luego, al romper la ambladura, descomponerse formando los ocho cuadros clásicos del paso.

Estos andares tienen como complemento que los distinguen, los adornos de los miembros anteriores, agudez (elevación), término y extensión.

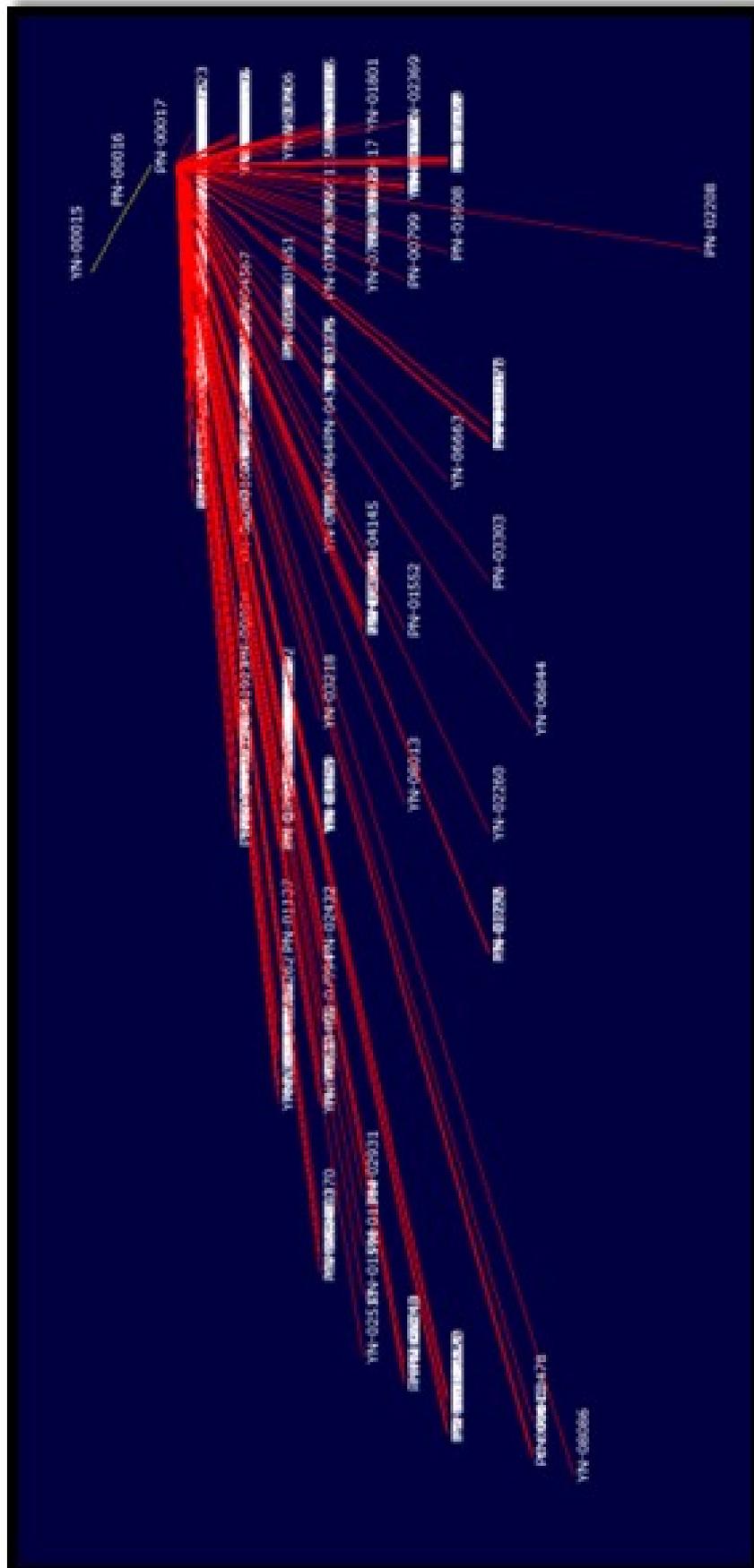
La naturalidad y armonía de su mecánica de movimiento, consecuencia de la correlación morfológico-funcional existente; el lucimiento en su andar; la ganancia de terreno en cada batida, producida por el atranque en sus diferentes grados, libre de movimientos verticales; lo convierten en un caballo de singular suavidad en la silla sin perder los adornos propios de la raza.

Son andares finos de la raza los que van desde la primera disociación de la ambladura hasta el isócrono de cuatro tiempos o paso llano natural. Siendo desechados toda la gama de andares que tienden al aire diagonal.

Las características fenotípicas, los pisos y el temperamento en su conjunto constituyen el Patrón de la Raza.

* Pisos.- Peruanismo que indica las modalidades de desplazamiento, derivados de la ambladura, características de la raza del Caballo Peruano de Paso (R.M. -0411- 90-AG/DGG).

ANEXO 3: Descendencia de AV. SOL DE PAIJÁN



ANEXO 4: Ejemplar AV. SOL DE PAIJÁN

